東北大学

電気通信研究所

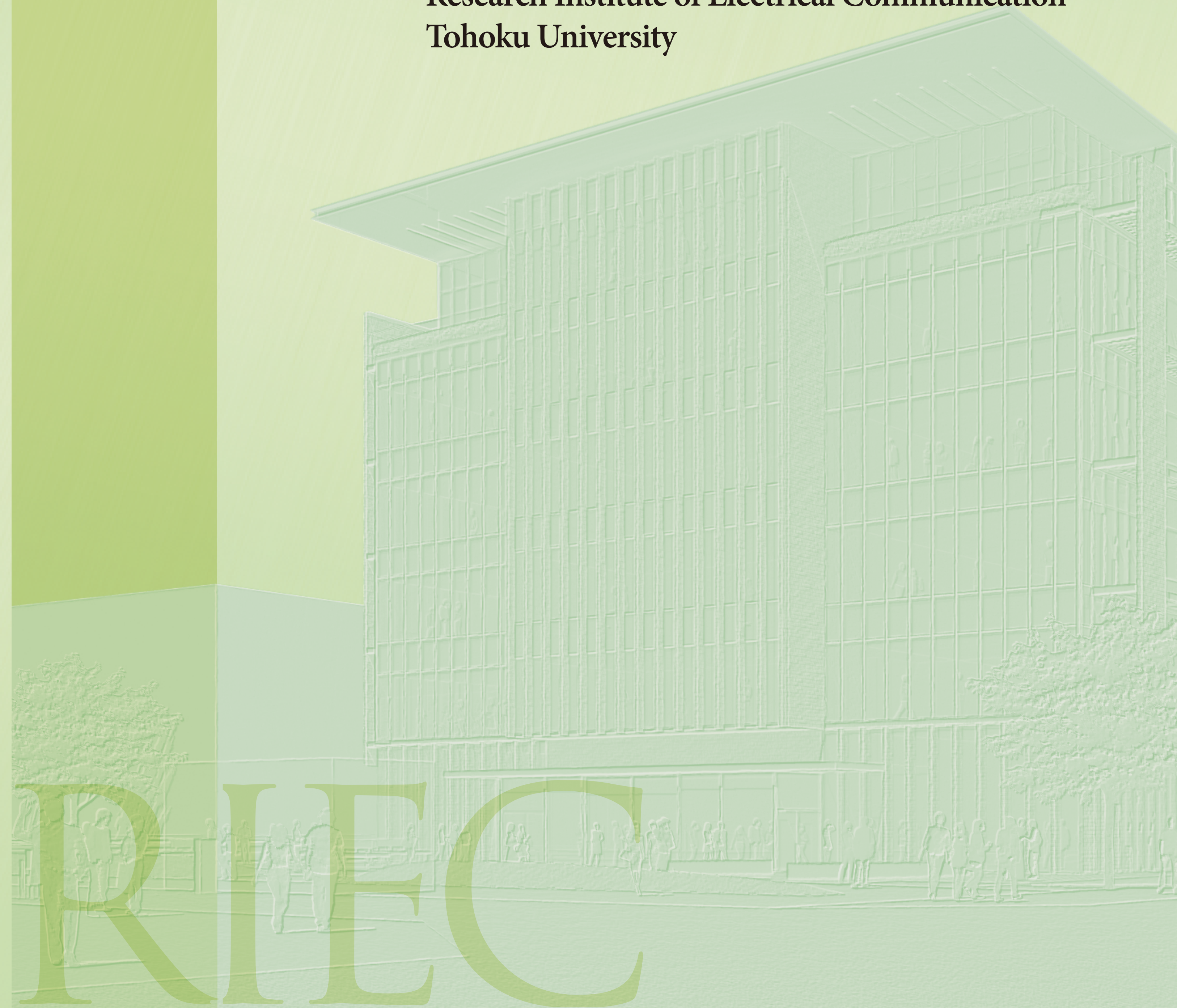
研究活動報告

自己点検評価報告書

第21号（2014年度）

Annual Report 2014

Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University



研究活動報告　自己点検評価報告書　Vol.21　（二〇一四年版）

東北大学電気通信研究所

東北大学電気通信研究所
Research Institute of Electrical Communication Tohoku University

〒980-8577　仙台市青葉区片平二丁目1-1
TEL：022-217-5420　FAX：022-217-5426
http://www.riec.tohoku.ac.jp

目　　次

【本編】

第１章　はじめに ……………………………………………………………… 1

第２章　組織・運営
１．組織図 ……………………………………………………………… 3
２．運営協議会委員名簿 ……………………………………………… 4
３．共同研究組織 ……………………………………………………… 5
４．教育組織 …………………………………………………………… 6

第３章　研究活動
１．情報デバイス研究部門の目標と成果 …………………………… 7
(1) ナノフォトエレクトロニクス研究室 …………………………… 8
(2) 量子光情報工学研究室 ………………………………………… 10
(3) 固体電子工学研究室 …………………………………………… 12
(4) 誘電ナノデバイス研究室 ……………………………………… 14
(5) 物性機能設計研究室 …………………………………………… 16
２．ブロードバンド工学研究部門の目標と成果 …………………… 18
(1) 超高速光通信研究室 …………………………………………… 20
(2) 応用量子光学研究室 …………………………………………… 22
(3) 先端ワイヤレス通信技術研究室 ……………………………… 24
(4) 情報ストレージシステム研究室 ……………………………… 26
(5) 超ブロードバンド信号処理研究室 …………………………… 28
３．人間情報システム研究部門の目標と成果 ……………………… 30
(1) 生体電磁情報研究室 …………………………………………… 32
(2) 先端音情報システム研究室 …………………………………… 34
(3) 高次視覚情報システム研究室 ………………………………… 36
(4) ユビキタス通信システム研究室 ……………………………… 38
４．システム・ソフトウェア研究部門の目標と成果 ……………… 40
(1) ソフトウェア構成研究室 ……………………………………… 42
(2) コンピューティング情報理論研究室 ………………………… 44
(3) コミュニケーションネットワーク研究室 …………………… 46
(4) 情報コンテンツ研究室 ………………………………………… 48
５．ナノ・スピン実験施設の目標と成果 …………………………… 50
(1) ナノ集積デバイス・プロセス研究室 ………………………… 54
(2) 半導体スピントロニクス研究室 ……………………………… 56
(3) ナノ分子デバイス研究室 ……………………………………… 58

６．　ブレインウェア研究開発施設の目標と成果……………………………………………… 60
(1) 認識・学習システム研究室……………………………………………………………… 62
(2) 知的ナノ集積システム研究室…………………………………………………………… 64
(3) 新概念ＶＬＳＩシステム研究室………………………………………………………… 66
(4) 実世界コンピューティング研究室……………………………………………………… 68
７．　２１世紀情報通信研究開発センターの目標と成果………………………………………… 70
(1) 研究開発部 モバイル分野………………………………………………………………… 72
(2) 研究開発部　ストレージ分野……………………………………………………………… 74
８．　安全衛生管理室 ……………………………………………………………………………… 76
９．　やわらかい情報システムセンター…………………………………………………………… 78
10.　研究基盤技術センターの目標と成果………………………………………………………… 80

第４章　独創的研究支援プログラム

１．Dirac 電子系の新奇な物性制御法の開拓…………………………………………………… 83

第５章　共同プロジェクト研究

１．　共同プロジェクト研究の理念と概要…………………………………………………………… 87
H24/A02　薄膜電解質を用いた固体酸化物形燃料電池の開発……………………………………… 90
H24/A03　グラフェンの精密な界面制御とナノデバイス応用……………………………………… 93
H24/A04　プラズマナノバイオ・医療の基礎研究…………………………………………………… 95
H24/A06　Ⅳ族半導体量子ヘテロ構造の高集積化のための原子層制御プラズマ CVD プロセスの
開発 ……………………………………………………………………………………………… 99
H24/A07　ランガサイト系圧電単結晶の 1000℃までの高温用音響センサーデバイスの
設計・評価と作製 ……………………………………………………………………………… 102
H24/A10　共鳴トンネル素子を用いた THz 送受信システムの研究………………………………… 105
H24/A11　前庭情報による音空間歪みに関する研究…………………………………………………… 108
H24/A12　情動ネットワーキングシステムに関する基礎的研究……………………………………… 111
H24/A13　人工脂質二分子膜の形成とバイオ情報デバイスへの応用………………………………… 114
H24/A15　超分散環境におけるコンテンツ指向コンピューティングに関する研究………………… 117
H24/A16　共生コンピューティングのためのリポジトリ型マルチエージェントフレームワークの
協調機構に関する研究………………………………………………………………………… 120
H25/A01　カルコゲナイドナノ構造の作製と物性探索およびメモリー応用………………………… 123
H25/A02　InGaAs　HEMT を用いた大電力テラヘルツ信号源の研究 ………………………………… 126
H25/A03　IV 族半導体-金属合金化反応制御による強磁性ナノドットの
高密度・自己組織化形成と磁気的特性……………………………………………………… 129
H25/A04　強磁性形状記憶合金をはじめとする機能性磁性材料の電子構造と
物性発現機構の解明…………………………………………………………………………… 132
H25/A05　大規模超伝導量子検出器の実用化に関する研究…………………………………………… 135
H25/A06　感性情報を高精度に伝達する音声情報通信システムの研究……………………………… 138
H25/A07　脳内の多チャネル色情報表現に関する研究………………………………………………… 141

H25/A08　非線形時変特性を持つ聴覚情報表現による音声処理技術の開発…………………… 144
H25/A09　視覚モデル構築のための協調的環境に関する研究……………………………… 147
H25/A10　包囲型スピーカアレイを利用した音空間レンダリングの評価…………………… 149
H25/A11　ブレインウェアの情報原理とその応用の研究…………………………………… 152
H25/A12　不定な環境における適応能の階層横断的解明と工学的応用……………………… 155
H25/A13　「場」と対人コミュニケーションに関する研究………………………………… 158
H25/A15　ネットワークの知的管理のための情報取得・活用に関する研究………………… 161
H26/A01　グラフェンを用いた光電子デバイスの研究……………………………………… 164
H26/A02　走査型非線形誘電率顕微法による層状構造圧電薄膜の極性評価………………… 166
H26/A03　プラズマプロセスによる各種 high-k/Ge 構造の作製と界面近傍のトラップの評価……… 168
H26/A04　強誘電体障壁を有する Fe4N 基トンネル接合素子の開発………………………… 171
H26/A05　磁性体／半導体ハイブリッド構造の形成とナノデバイスへの応用に関する研究……… 174
H26/A06　Ｇｅベース高度歪異種原子層配列Ⅳ族半導体形成とナノデバイスへの
応用に関する研究 ……………………………………………………………… 176
H26/A07　2 次元半導体薄膜の構造制御合成と物性解明 …………………………………… 179
H26/A08　スピントルクオシレーターを用いた高感度磁気センサーの基礎検討…………… 182
H26/A09　超大規模マルチバンドリフレクトアレーの高速設計技術の研究開発…………… 184
H26/A10　ディペンダブル・エア実現に向けた無線ネットワークアーキテクチャの開発……… 186
H26/A11　大脳神経回路の組織化に関する研究……………………………………………… 189
H26/A12　ハイブリッド脳開発に向けた培養神経回路網の再構成………………………… 192
H26/A13　動的手がかりを考慮した音空間知覚に関する研究……………………………… 195
H26/A14　ロングパスエコー下での伝送パラメータを用いない音声了解度推定…………… 197
H26/A15　膜面法線磁場制御で発現する高機能薄膜デバイスの研究……………………… 200
H26/A16　ナノ構造体ハイブリッド太陽電池の開発………………………………………… 203
H26/A17　錯視効果を利用した立体物のデザインにおける，空間的構造の類型とその主観評価…… 206
H26/A18　デザイン学の手法に基づく 3 次元インタラクティブ技術の医学教育への応用展開……… 209
H26/A19　情報の流れに着目した新世代情報処理基盤技術に関する研究…………………… 211
H26/A20　心的状況共有のための共感デバイス協調機構の研究…………………………… 214
H26/A21　カメラ画像に基づく耳介の音響伝達関数の高精度推定………………………… 217
H26/A22　磁性半導体・酸化物の磁性とスピン輸送に関する研究………………………… 220
H26/A23　テラヘルツセンシングデバイスに関する日西国際共同研究……………………… 222
H26/A24　ダイレクトディジタル RF 変復調技術の研究…………………………………… 224
H26/A25　色名に関する文化差および個人差の研究………………………………………… 227
H26/A26　細かい手の操作の機械学習と HCI への応用……………………………………… 229
H26/A27　3 次元ナチュラルユーザインタフェースの新展開 ………………………………… 231
H24/B01　プラズマ流による高機能性発現と反応場形成の基礎と応用…………………… 233
H24/B02　免許不要帯無線通信方式………………………………………………………… 236
H24/B03　知的ナノ集積システムの課題と展望…………………………………………… 240
H24/B05　災害復興エンタテインメントコンピューティング……………………………… 243
H24/B06　アジア太平洋地区におけるＨＣＩ分野の新学会設立…………………………… 246

H24/B07　酸化物表面の機能化ナノ・デバイスへの応用 …… 249
H24/B08　光ファイバーネットワークを利用した地震・津波・地殻変動の面的な計測技術に関する研究 …… 252
H24/B10　高次元ニューラルネットワークの情報処理能力 …… 255
H24/B11　人間の知覚認識系および意志決定系の理解に関する研究 …… 258
H24/B12　超高速コンピューティング新概念要素技術の国産実用化展開 …… 261
H24/B13　ディジタルコンテンツの高付加価値化技術に関する研究 …… 264
H25/B01　非平衡スピン・ゆらぎの精緻な制御と観測による新規ナノデバイスの開拓研究 …… 267
H25/B02　微粒子プラズマ物理に基づいた新規ナノ材料創成 …… 270
H25/B03　次世代通信機器用磁性材料ならびに磁性デバイスに関する研究 …… 273
H25/B04　磁性の電界制御の物理と応用 …… 276
H25/B05　新しい光科学の創成とナノ情報デバイスへの展開 …… 279
H25/B06　低炭素エネルギー社会を実現する電磁波技術に関する研究 …… 282
H25/B07　物体の表面属性の視知覚に関わる脳内メカニズムの研究 …… 285
H25/B08　身体性に基づく人間の適応的運動機能の理解 …… 288
H25/B09　マイクロ波およびレーザ応用合成開口レーダの開発と民生応用 …… 291
H25/B10　メタプログラムに対する論理学的アプローチ …… 294
H26/B01　高性能圧電材料の開発と通信・計測デバイスへの応用 …… 297
H26/B02　ナノ材料とシリコン技術の融合による新概念デバイスに関する研究 …… 301
H26/B03　ナノ半導体材料とそのデバイス・回路による電子システムに関する研究 …… 304
H26/B04　マイクロ波磁性材料とそのナノ情報デバイスへの応用 …… 307
H26/B05　ハイブリッドセミコンダクタ回路技術とその応用 …… 309
H26/B06　マルチキャリア光波による先進通信・計測システムに関する研究 …… 312
H26/B07　コトミメティクス学創成：バイオミメティクスの新展開 …… 315
H26/B08　多感覚統合への自己身体運動の寄与 …… 318
H26/B09　ブレインウェアＬＳＩ国際共同研究 …… 321
H26/B10　高信頼・高スケーラビリティメニーコア並列計算基盤 …… 324
H26/B11　人と移動体のセンシング・コミュニケーション技術に関する研究 …… 327
H24/S1　人間の機能を取り込んだ革新的新概念による共感計算機構 …… 331
H26/S1　未来のコヒーレント波科学技術基盤構築プロジェクト …… 335
H26/S2　スピントロニクス学術連携 …… 338
H26/S3　ナノエレクトロニクスに関する連携研究 …… 341

第６章　国際会議・シンポジウム等

１．　通研国際シンポジウム
(1) 第 12 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ …… 345
12th RIEC International Workshop on Spintronics
(2) 2014 年マイクロ波磁気工学に関する国際会議 …… 346
The IEEE International Conference on Microwave Magnetics 2014
(3) RIEC International Symposium on Perception and Communication …… 347

(4) アジア・パシフィックマイクロ波会議 2014 ･･･ 348
2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014)
(5) 第三回 脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウム ･･････････････････････････････････････ 349
The 3nd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
(6) 2015 年脳型 LSI に関する国際シンポジウム ･･･ 350
2015 International Symposium on Brainware LSI
(7) 第９回バイオ・医療・ナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウム･･････････････････････････ 351
第６回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ
The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics,
6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
(8) RIEC International Symposium on Vision and Cognition･･･････････････････････････････････ 352

２． 国際会議等の開催状況
(1) 第７回 SiGe テクノロジー＆デバイス国際会議･･･ 353
(2) 第６回 ECS SiGe, Ge, 関連化合物：材料・プロセス・デバイス国際会議 ････････････････････････ 354
(3) 第８回新 IV 族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ＆
日本学術振興会研究拠点形成事業ジョイントセミナー“高集積原子制御プロセス･･････････ 355
国際共同研究拠点の形成”
(4) 第 3 回情報通信とエネルギーの効率化に関するスマートテクノロジの国際会議･･･････････････ 356
(5) 第 7 回アジアにおけるコンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術に
関する国際会議 ･･ 357
(6) 国際シンポジウムワイヤレスセンサネットワーク 2014 ･･ 359
(7) 国際シンポジウム 大学の国際化 2014 ･･ 360
-いかにスキルのある学生・若手の技術者を育てるか-
(8) 国際セミナー IEEE 標準化推進セミナー･･･ 361

３． 工学研究会･･ 362
(1) 伝送工学研究会 ･･ 363
(2) 音響工学研究会 ･･ 369
(3) 仙台“プラズマフォーラム” ･･ 370
(4) ＥＭＣ仙台ゼミナール ･･･ 370
(5) コンピュータサイエンス研究会･･･ 371
(6) システム制御研究会 ･･ 371
(7) 情報バイオトロニクス研究会･･･ 372
(8) スピニクス研究会 ･･ 373
(9) ニューパラダイムコンピューティング研究会･･･ 374
(10) 超音波エレクトロニクス研究会･･ 375
(11) ブレインウェア工学研究会･･･ 377
(12) 情報・数物研究会 ･･ 378
(13) 生体・生命工学研究会 ･･･ 378
(14) ナノ・スピン工学研究会･･ 379
(15) 先進的情報通信工学研究会･･ 380

４．　通研講演会
(1) 橘　　誠　　　「歌声合成技術の最新動向とその応用」…………………………… 381
(2) 石上　忍　　　「省エネルギー機器からの電磁波による電磁雑音障害の原因と測定」…… 382
(3) 本村　禎　　　「エバハート LVAS 世界展開：米国進出篇」…………………………… 382
(4) 岩田　博夫　　「Cell LEGO-Recent Advances」…………………………………… 383
(5) 藤島　実　　　「低消費電力テラヘルツ CMOS 無線通信」…………………………… 383
(6) 大関　真之　　「Decimation algorithm によるスパース解再構成」……………… 384
(7) 山川　宏　　　「汎用人工知能の実現アプローチとしての全脳アーキテクチャ」……… 385
(8) MEZIANI,Yahya Moubarak
「テラヘルツプラズモンデバイスとそのイメージング応用」………… 386

第７章　通研教員が中核的役割を果たす他部局組織等
１．設立に関与した組織
(1) 省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター………………………… 387
(2) 電気通信研究機構 ……………………………………………………………… 388
(3) 国際集積エレクトロニクス研究開発センター……………………………………… 389
(4) スピントロニクス連携推進室………………………………………………… 390
２．参画する事業・プログラム
(1) 博士課程教育リーディングプログラム………………………………………… 391
(2) イノベーション戦略推進本部 革新的イノベーション研究機構……………………… 392
(3) スピントロニクス国際共同大学院プログラム………………………………… 393

第８章　評価と分析
運営協議会報告 ……………………………………………………………… 395

【資料編】
第１　　人事 ……………………………………………………………………… 411
①教員　②客員外国人教員　③客員教員　④非常勤研究員　⑤各種研究員
⑥客員外国人教員（外国人研究員）　⑦教育研究支援者　⑧学振特別研究員
⑨教員以外の研究員（ポスドク）の転出先 ⑩支援職員
第２　　予算 ……………………………………………………………………… 416
①電気通信研究所における予算の推移　②外部資金受入状況
第３　　教育 ……………………………………………………………………… 418
①学部学生・大学院生　②留学生　③研究所等研究生・特別訪問研修生
④論文題目一覧（修士・博士）
第４　　研究 ……………………………………………………………………… 423
①研究成果の掲載･公表状況　②トピックス一覧
③科学研究費助成事業採択一覧（平成 26 年度研究代表者）　④競争的資金状況
⑤受賞・表彰件数　⑥受賞・表彰者一覧　⑦発表論文数

第５　　共同プロジェクト研究 ……………………………………………… 433

①共同プロジェクト研究件数　②共同プロジェクト研究者数　③共同プロジェクト研究予算額
④共同プロジェクト研究から発展したプロジェクト研究

第６　　国際活動 ……………………………………………… 439

①電気通信研究所国際シンポジウム　②本研究所教員が編集委員をしている国際ジャーナル
③本研究所教員が組織委員をつとめた最近の国際会議件数　④国際学会における招待講演数
⑤国際共同研究の実施状況　⑥国際共同研究一覧　⑦外国人研究者の招へい状況
⑧研究者の海外派遣状況　⑨国際学術交流協定一覧

第７　　社会貢献 ……………………………………………… 452

①東北大学電気・情報東京フォーラム、仙台フォーラム参加者数　②通研一般公開参加者数
③学会名誉会員及びフェローの状況　④学会名誉会員及びフェロー一覧　⑤学会役員の状況
⑥学会役員一覧　⑦各省庁、地方自治体、公益法人、学協会等への貢献

第８　　産学官連携 ……………………………………………… 455

①発明届出件数、特許出願数、特許登録数　②電気通信研究所における技術的相談、指導件数

第９　　広報活動と情報公開 ……………………………………………… 456

付　録　職員 ……………………………………………… 457

第　1　章　　はじめに

は じ め に

電気通信研究所は、八木・宇田アンテナやマグネトロンなどの先駆的研究を受けて 1935 年に設立されました。以来、情報通信の基盤となる多くの研究成果を世に先駆けて挙げ、世界をリードする活動を続けてきました。本年は創立 80 周年にあたり、また、延床面積 13.513 ㎡地上 6 階、地下 1 階の本館も竣工したことから、6 月に創立 80 周年記念式典と本館開所式を挙行しました。新たな研究場所を得た喜びは一入ですが、私たちは 30 年前の 50 周年記念式典で当時の西澤潤一所長が言われた「学問というものはまだ名前がつかないうちに始めるようでなければいけない、東北大学電気通信研究所および電気系全体として、これを持って精神の基礎となす」という言葉を忘れてはいけません。この伝統の上に、人間性豊かなコミュニケーション実現のための科学技術を発展、進化させ、これからも世界を先導する活動を続けていく所存です。

本研究所の体制は、平成 16 年度(2004 年度)から情報デバイス、ブロードバンド工学、人間情報システム、システム・ソフトウェアの 4 つの研究部門と、ナノ・スピン実験施設およびブレインウェア研究開発施設の 2 つの施設、21 世紀情報通信研究開発センターの 1 センターの組織からなっています。それぞれ研究部門は長期(20 年)、施設は中期(10 年)、センターは短期(5 年)の研究スパンを念頭におき研究を進めています。さらに、大学院工学研究科、情報科学研究科および医工学研究科の本学電気・情報系と密接に連携し、幅広い最先端研究分野をカバーすると共に、優れた研究者、技術者を輩出するための体制を整えています。

本研究所はまた、文部科学省から情報通信共同研究拠点として、共同利用・共同研究拠点の認定を平成 22 年度(2010 年度)に受けました。国内外の情報通信コミュニティのさらなる発展に資するため、産官学の外部研究者・技術者との共同プロジェクト研究を組織的に進めています。

情報通信が不可欠の社会基盤となった今日、より高速・大容量の情報通信を省エネルギーで実現したいという要求がますます強くなっています。重要な社会基盤には耐災害性も要求されることを東日本大震災の経験は改めて認識させました。さらに、省エネルギーで高速・大容量の情報処理や情報通信を基盤に、

人と人との意思疎通に資する、これまでとは質的に異なった高次の情報処理やコミュニケーションを実現することも期待されています。本研究所は、これらの社会的な要請を受けとめ、大学附置の研究所という強みを最大限に発揮して、時代に先駆けたコミュニケーションの新しい世界を開くと共に、それらを通じた教育を今後とも進めて参ります。

本研究所では、研究、教育、及び社会貢献にわたる諸活動を広く社会に公開して点検し、研究活動等の改善と今後の発展に資するため、毎年「研究活動報告」を発行してまいりました。内容は、本編が各部門、附属施設などの研究活動と、共同プロジェクト研究、国際活動、社会貢献などの活動、通研シンポジウム、工学研究会活動、通研講演会などに関する活動報告です。なお、資料編には過去5年間の各種活動のデータを掲載しています。

本報告をご高覧いただいた皆様には、電気通信研究所の活動について忌憚のないご意見をお願い申し上げると共に、今後ともご指導、ご鞭撻をどうぞよろしくお願い申し上げます。

平成27年5月1日

電気通信研究所 所長

大　野　英　男

第　2　章　　組織・運営

2．1 組　　織　　図

- 所　長
  - 運営協議会
  - 副 所 長
  - 教授会
  - 研 究 部 門
    - 情報デバイス研究部門
      - ナノフォトエレクトロニクス研究室　（上原、片野研究室）
      - 量子光情報工学研究室　（枝松、三森研究室）
      - 固体電子工学研究室　（末光（眞）、吹留研究室）
      - 誘電ナノデバイス研究室　（長研究室）
      - 物性機能設計研究室　（白井研究室）
      - 磁性デバイス研究室　（客員）
    - ブロードバンド工学研究部門
      - 超高速光通信研究室　（中沢、廣岡、吉田研究室）
      - 応用量子光学研究室　（八坂研究室）
      - 先端ワイヤレス通信技術研究室　（末松、亀田研究室）
      - 情報ストレージシステム研究室　（村岡、グリーブス研究室）
      - 超ブロードバンド信号処理研究室　（尾辻、末光（哲）、ボーバンガ研究室）
      - ブロードバンド通信基盤技術研究室　（客員）
    - 人間情報システム研究部門
      - 生体電磁情報研究室　（石山、枦研究室）
      - 先端音情報システム研究室　（鈴木、坂本研究室）
      - 高次視覚情報システム研究室　（塩入、栗木、松宮（兼）研究室）
      - ユビキタス通信システム研究室　（加藤研究室）
      - マルチモーダルコンピューティング研究室　（客員）
    - システム・ソフトウェア研究部門
      - ソフトウェア構成研究室　（大堀研究室）
      - コンピューティング情報理論研究室　（外山、青戸研究室）
      - コミュニケーションネットワーク研究室　（木下、北形研究室）
      - 情報コンテンツ研究室　（北村研究室）
      - 情報社会構造研究室　（白鳥客員研究室）
  - 附属研究施設
    - ナノ・スピン実験施設
      - ナノ集積デバイス・プロセス研究室　（佐藤、櫻庭研究室）
      - 半導体スピントロニクス研究室　（大野研究室）
      - ナノ分子デバイス研究室　（庭野研究室）
      - ナノスピンメモリ研究室
    - ブレインウェア研究開発施設
      - 認識・学習システム研究室　（塩入（兼）、松宮、坂本（兼）研究室）
      - 実世界コンピューティング研究室　（石黒研究室）
      - 知的ナノ集積システム研究室　（中島研究室）
      - 新概念ＶＬＳＩシステム研究室　（羽生研究室）
    - 21世紀情報通信研究開発センター
      - 企画開発部
      - 研究開発部
        - モバイル分野　（坪内、高木、平技術開発室）
        - ストレージ分野　（中村技術開発室）
        - 知能アーカイブ分野　（客員）
  - 安全衛生管理室
  - 共通研究施設
    - やわらかい情報システムセンター
  - 研究基盤技術センター
  - 事　務　部
    - 総務係
    - 研究協力係
    - 図書係
    - 経理係
    - 用度係
    - 機構支援室

省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター

電気通信研究機構

国際集積エレクトロニクス研究開発センター

2．2　運営協議会委員名簿

運営協議会は、東北大学電気通信研究所長の諮問に応じ、共同利用・共同研究拠点としての活動に関する重要事項、その他研究所長が必要と認める事項について協議する組織である。

赤　木　正　人	（委　員）	北陸先端科学技術大学院大学　情報科学研究科　教授
伊　藤　公　平	（〃）	慶應義塾大学　理工学部　教授
潮　田　資　勝	（〃）	独立行政法人　物質・材料研究機構　理事長
江　村　克　己	（〃）	日本電気株式会社　執行役員
大久保　　明	（〃）	独立行政法人　情報通信研究機構　理事
小野寺　　正	（委員長）	KDDI 株式会社　代表取締役会長
金　山　敏　彦	（委　員）	独立行政法人　産業技術総合研究所　副理事長
黒　田　　徹	（〃）	日本放送協会　放送技術研究所長
小　畑　秀　文	（〃）	独立行政法人　国立高等専門学校機構　理事長
財　満　鎭　明	（〃）	名古屋大学　大学院工学研究科　教授
柴　田　　直	（〃）	公益社団法人　応用物理学会　物理系学術誌刊行センター 専任編集長　（東京大学名誉教授）
中小路　久美代	（〃）	京都大学　学際融合教育研究推進センター　特定教授 株式会社 SRA 先端技術研究所　所長
松　島　裕　一	（〃）	早稲田大学　研究戦略センター　教授
村　瀬　　淳	（〃）	日本電信電話株式会社　先端技術総合研究所　所長
渡　辺　美代子	（〃）	独立行政法人　科学技術振興機構　執行役
早　坂　忠　裕	（〃）	東北大学　大学院理学研究科長
金　井　　浩	（〃）	東北大学　大学院工学研究科長
徳　山　　豪	（〃）	東北大学　大学院情報科学研究科長
高　梨　弘　毅	（〃）	東北大学　金属材料研究所長
河　村　純　一	（〃）	東北大学　多元物質科学研究所長
小　林　広　明	（〃）	東北大学　サイバーサイエンスセンター長
川　又　政　征	（〃）	東北大学　大学院工学研究科　教授

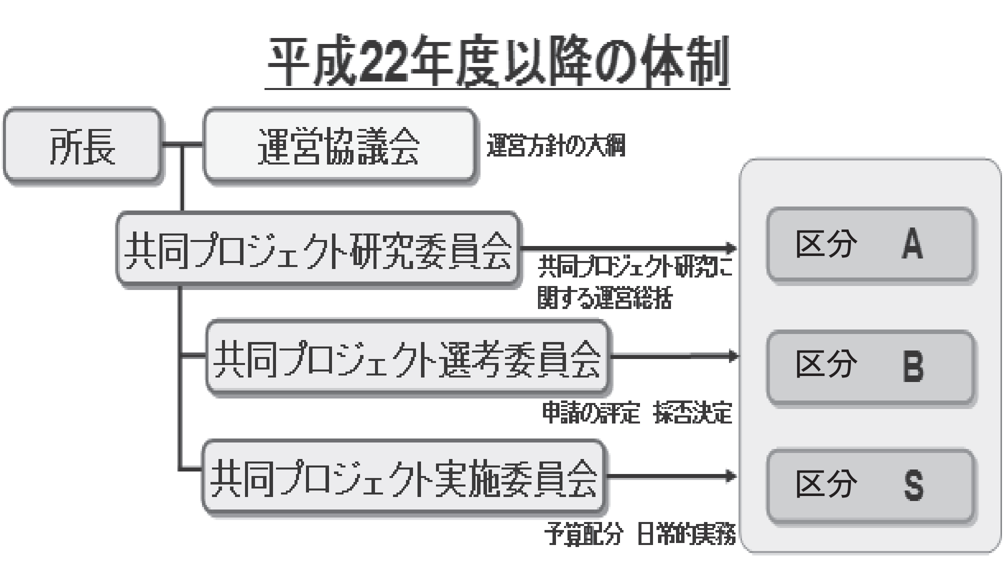
2．3　共同研究組織

本研究所は平成６年に国立大学附属の共同利用研究所に改組され、全国唯一の情報通信に関する共同利用研究所となった。本研究所はこれまで半導体材料、デバイス、磁気記録、光通信、電磁波技術、超音波技術、音響通信、非線形物理工学、生体情報、情報システム、コンピュータソフトウェアなどの諸領域において数々の世界的業績を上げてきた。また、「超微細電子回路実験施設」は改組を機として「超高密度・高速知能システム実験施設」、さらに平成 16 年の改組に伴い、「ナノ・スピン実験施設」と「ブレインウェア実験施設（平成 26 年 4 月に「ブレインウェア研究開発施設」に名称変更）」の 2 施設として設備を充実し発足した。実験施設ではこれらの技術を発展させると共にそれぞれの先導的研究開発を目指すことになった。また平成 14 年には、産学連携による新情報通信産業の創生を目指した「附属二十一世紀情報通信研究開発センター」が設置された。その後本研究所は平成 22 年に共同利用・共同研究拠点に認定された。

本研究所の各分野・実験施設の各部の充実により、情報通信に関する研究環境が一層整備されつつある。これを背景として、本研究所の各研究分野・部の研究者は研究所の目的達成のための基礎研究に加えて、全国の情報通信の科学技術の研究に携わる研究者と有機的な連携をとりながら、本研究所を中核とする総合的な共同プロジェクト研究を、共同利用・共同研究拠点の活動の一環として行っている。

共同プロジェクト研究の研究組織は次のような手続きを経て構成される。まず毎年所内の研究組織が研究者の英知を集めるためにユーザーの要望など所内外から広くご意見を頂き、それを基に「共同プロジェクト研究」を立案する。それを「共同プロジェクト研究委員会」が審査し、課題を企画する。この課題は「事務部研究協力係」より全国の国公私立大学及び研究機関に通知され、各共同プロジェクト研究への参加者を公募する。なお、共同プロジェクト研究の採択に際し審査を厳格に行うため、平成１９年度に外部委員を含めたプロジェクト選考委員会を設置した。これにより応募研究者を含めた共同プロジェクト研究組織が編成される。これを研究所内外の委員からなる「共同プロジェクト研究委員会」に諮問し、その意見を尊重して「教授会」が最終的に共同プロジェクト研究実行案を承認し、実行に移される。

運営協議会は、本研究所の「共同プロジェクト研究」に関する運営の大綱について所長の諮問に応じて審議する。



2．4　教育組織

東北大学電気通信研究所(以下、通研と省略)は、発足時から設立母体である電気工学科と協力体制をとり、教育・研究の成果を挙げてきた。その後、通信工学科、電子工学科、情報工学科が順次設立されるとともに、これらの電気・情報系 4 学科との「一体運営」の協力関係が維持構築された。

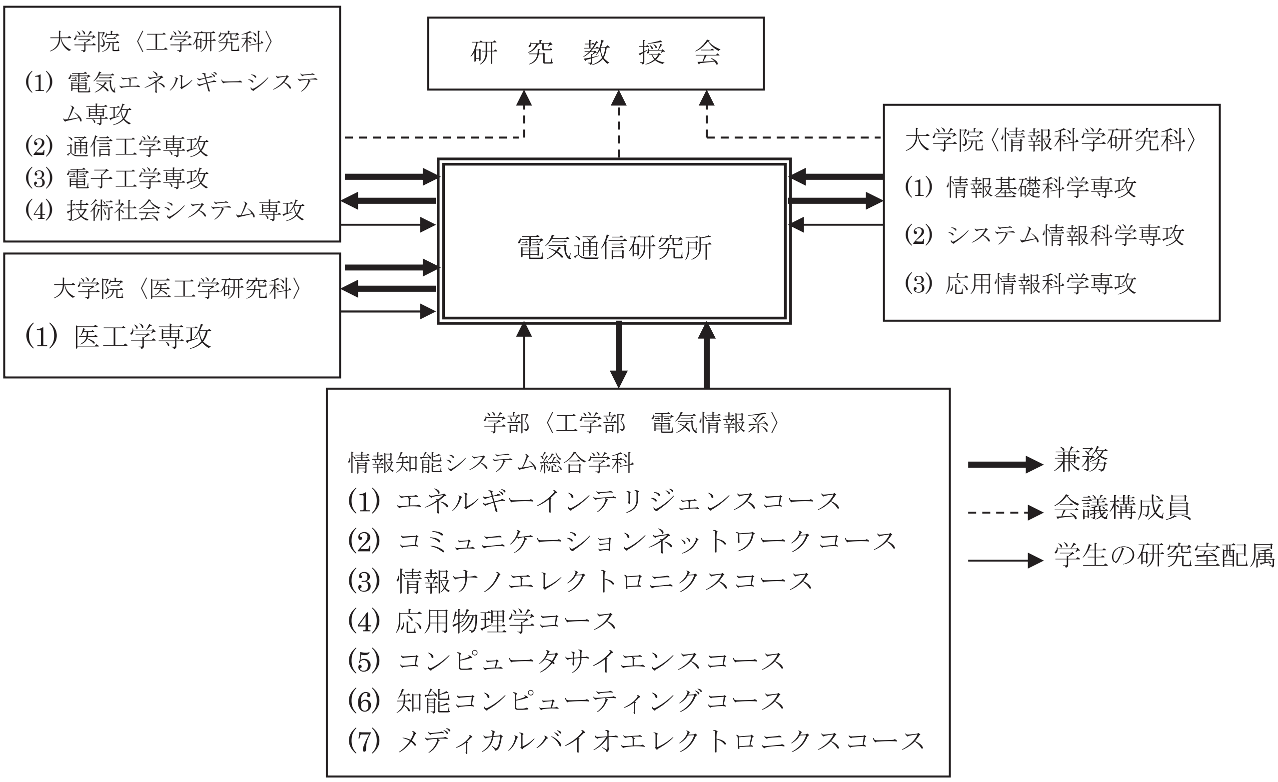
現在、通研と電気・情報系との間には下図に示す相互教育関係が維持されている。2004 年、電気・情報系 4 学科は応用物理学科と合同の大学科，電気情報・物理工学科となった。2007 年には情報知能システム総合学科と改称し，そのなかの 6 コースが電気・情報系と位置づけられている。2012 年には、工学研究科の電気・通信工学専攻が電気エネルギーシステム専攻及び通信工学専攻に改められた。

2014 年度は、通研の 25 研究室のうち 2 研究室が工学研究科電気エネルギーシステム専攻に、6 研究室が通信工学専攻に、10 研究室が電子工学専攻に、2 研究室が情報科学研究科情報基礎科学専攻に、4 研究室がシステム情報科学専攻に、1 研究室が応用情報科学専攻に、3 研究室が大学院医工学研究科医工学専攻に、それぞれ所属し、通研で研究指導を受けた大学院学生の総数は 163 名、一研究室当たり平均 7 名に達している。

通研と電気・情報系学科の関係で特徴的な点は、全教員が兼務として互いに協力し合っていることである。通研の教授・准教授は学部学生に対する講義を担当し、助教は実験を指導して教育に協力している。一方、電気・情報系の教員も通研兼務であり、学部学生も通研の各研究室に配属されている。これにより学生にとっても研究室選択の幅が広がり、世界最先端の研究指導が受けられるようになっている。一方、通研にとっても若い行動力は重要であり、研究活動が活性化される。通研が電気通信の分野で多くの成果をあげてきた理由には、このような教育面での協力関係に因るところが大きい。

通研と電気・情報系の運営の中核には両組織の教授で構成される研究教授会がある。教授会通則に基づく会議とは別の性格の、部局を横断して形成された会議であって、教育問題など相互に関連する重要事項はここで審議される。教育上の具体的な事項の実行、運用に関しては、大学院に工学研究科電通・電子専攻教員会議、電気･情報系 7 コースに大学院教務委員会があり、通研からも委員が参加している。

通研は工学研究科、情報科学研究科、医工学研究科の関連研究分野と密接な協力体制をとり、研究のみならず教育でも COE、卓越した大学院拠点等重要な一翼を担っている。



第　3　章　　研究活動

３．１　情報デバイス研究部門の目標と成果

本部門は「物理現象を活かしたナノ情報デバイスの創成」という大きな目標の下に，材料設計，評価，プロセス，デバイス，システムにわたる研究を実施している．この部門で展開している研究は本研究所の設置目的達成のための重要な基礎となるもので，次世代情報処理通信工学の基盤となる未開拓の新機能情報デバイスの実現を図ることを目的としている．そのために、次世代情報処理機能デバイス実現の基盤となる，ナノスケール光電変換機能，量子スピン機能制御などの新しい量子物性機能や構造機能の実現を図ると共に，これらの新しい機能を活用したフォトニックデバイス，再構成可能論理デバイス，誘電情報デバイス，電子・光相関効果電子デバイス，量子効果デバイスなどを実現することを目標とする．

目標に到達するために，下記の６研究室を設置し，さらにナノ・スピン実験施設の１研究室であるナノ集積デバイス・プロセス研究室と有機的連携を保ちつつ研究を行っている．

1. ナノフォトエレクトロニクス研究室
2. 量子光情報工学研究室
3. 固体電子工学研究室
4. 誘電ナノデバイス研究室
5. 物性機能設計研究室
6. 磁性デバイス研究室 (客員研究室)

各分野の目標ならびに2014年度の研究活動の成果の概要を，次ページ以降に記述する．なおナノ集積デバイス・プロセス研究室の目標・成果については，後述のナノ・スピン実験施設の節で述べる．

ナノフォトエレクトロニクス研究室

ナノ構造物性の探索とデバイス応用

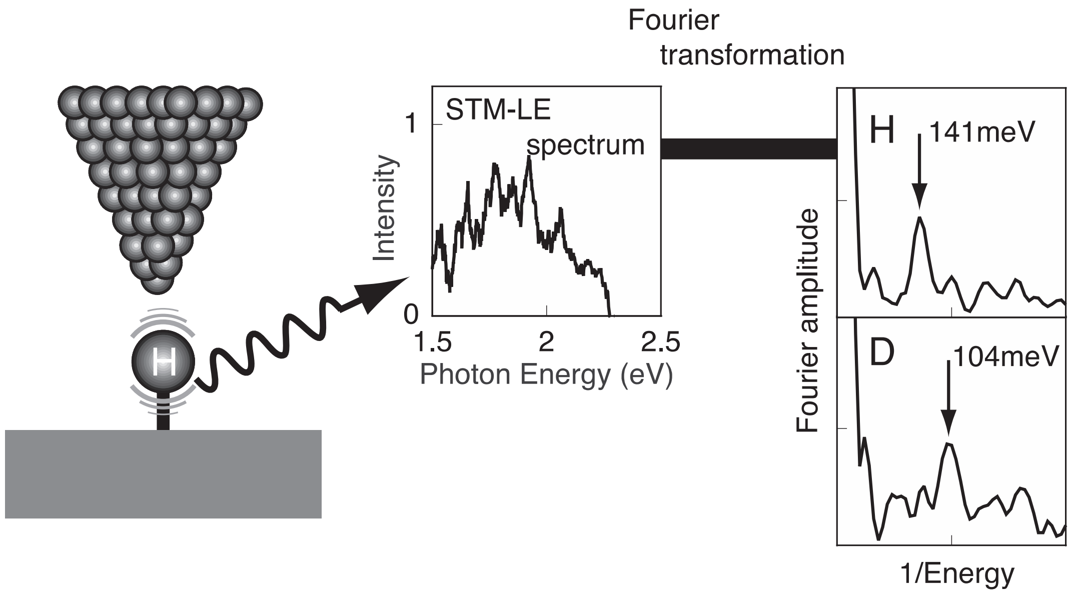


図１　STM発光分光による個々の吸着種の振動分光

ナノフォトエレクトロニクス研究分野　教授　上原　洋一
ナノ光分子エレクトロニクス研究分野　准教授　片野　諭

＜研究室の目標＞

本分野の研究目標はナノメートル領域における新規な物理・化学現象の探索とナノフォトエレクトロニック・デバイスへの応用にある。光と電子の作用場としてのナノ構造に着目し、そこで生起する新規な光・電子物性を探索発見し、次世代ナノ量子デバイスへ応用展開を目指す。走査プローブ顕微鏡を用いた局所分光（走査トンネル顕微鏡 (STM) 発光分光、走査トンネル分光（STS）、探針増強ラマン分光，原子間力顕微鏡など）、レーザー分光、光電子分光などの測定手法と分子吸着や蒸着、レーザー・アブレーションなどの孤立ナノ構造作製手法を組み合わせ、個々の分子や孤立ナノ構造の有する物性を研究している。また、新規な物性探索のための新しい計測手法の開発も分野の研究目標に含まれる。図１は本分野で開発したSTM発光分光による個々の表面吸着種の振動分光の概略図である。

＜2014 年度の主な成果＞

１．ピコ秒レーザーにより誘起されるカルコゲン合金の電子状態ダイナミクス

Sb_2Te_3を始めとするカルコゲン合金は光記録媒質や熱電素子の原材料として古くから知られており、その物性はよく研究されてきた。実際の光記録装置ではこの２つの状態間の変移を熱過程として行わせるが、最近、フェムト秒レーザーを用いた高速レーザー分光法により、光学過程でも類似の変化がサブピコ秒の時間領域において誘導されうることが指摘されている。すなわち、フェムト秒レーザー光照射による電子励起が引き金になり格子変形が起こりうることやこの変化にフォノンダイナミクスが強く関与していることが指摘されている。我々は、ピコ秒照射下におけるSb_2Te_3のSTM発光スペクトルにバンド間遷移とフォノンとの相互作用に起因する微細構造が重畳されることを以前の研究で明らかにした。本年度、ポンプ-プローブ配置でSTM発光を観測することにより、ギャップエネルギーとフォノンエネルギーの過渡的変化をピコ秒の時間分解能で明らかにする研究を行った。遅延時間がゼロの場合のSTM発光は光子エネルギー1.62 eV近辺に観測された。しか

しながら、ポンプ光照射後のSTM発光は200 meV程度高エネルギー側にブルーシフトし、ピコ秒レーザーパルスに誘起される電子状態の変化は15 ps程度で緩和することがわかった。

２．酸化グラフェンのナノ微細構造と局所電子状態の解明

酸化グラフェン(GO)が蛍光・消光機能を有することを示す研究例が報告され、透明電極やバイオセンサーなどへの応用利用に多くの注目を集めている。このようなGO特有の光・電子物性は、導電性のsp^2ドメインと酸化により形成された絶縁性のsp^3ドメインのナノスケール構造によって支配されていると考えられている。本年度、我々はGO表面のナノ構造および局所電子状態を明らかにすることを目的として、アルカンチオール自己組織化単分子膜(SAM)/ Au(111)表面上におけるGOのSTM観察を行った。SAM上に吸着させたGOのSTM測定を行ったところ、Au(111)基板に由来する単原子ステップやテラス構造に加えて、単層GOに帰属されるナノシート構造を観察することができた。さらに、GO上でSTS測定を行ったところ、sp^2ドメインに由来される電子構造を高い空間分解能で明らかにすることに成功した。

３．走査トンネル顕微鏡を用いた単一銀ナノ微粒子の形状制御

貴金属のナノ微粒子に光や電子を照射するとナノ微粒子に局在化したLSPが励起され、著しく増強された電場が発生する。LSPの電場増強は粒子の大きさや近傍に位置する別の微粒子までの距離に強く依存し、それらを精密に制御することは、金属ナノ微粒子を電場増強の空間場として利用する上で必要不可欠である。我々は銀探針を用いた電圧パルス印加により、銀ナノ微粒子をSi(111)基板上の探針直下の任意の位置に作製できることを以前の研究で明らかにした。本年度、このようにナノスケールで精密に配置した銀ナノ微粒子の大きさ及び形状を単一微粒子スケールで制御することができないか検討を行った。STM探針で形成した銀ナノ微粒子に正の電圧パルスを印加すると、探針直下の銀ナノ微粒子が探針側に引き延ばされた形状に変形することがわかった。このような銀ナノ粒子の形状変化は、銀ナノ粒子の電界蒸発により誘起されると考えられる。

＜職員名＞

教　授　上原　洋一（2005年より）

准教授　片野　諭（2012年より）

＜プロフィール＞

上原 洋一 1979年3月　大阪府立大学工学部電子工学科卒業、1986年3月　同大学大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了（工学博士）。1986年4月 東北大学電気通信研究所助手。1992年4月 同助教授。2005年6月　同教授、現在に至る。電子ならびに光学的分光手法による表面ナノ物性の研究に従事。レーザー学会論文賞（1986年）、日本学術振興会167委員会・ナノプローブテクノロジー賞（2006年）。

片野 諭 2003年3月 東京工業大学大学院総合理工学研究科物質電子化学専攻博士後期課程修了。2003年4月　独立行政法人 理化学研究所中央研究所 博士研究員。2006年8月　東北大学電気通信研究所助手。2007年4月　同助教。2012年5月　同准教授、現在に至る。固体表面における吸着原子・分子の表面物理化学およびナノ光物性研究に従事。第23回応用物理学会講演奨励賞（2008年）。

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] Y. Uehara, M. Kuwahara, and S. Katano, "Measurement of Phonon Energy of Sb_2Te_3 by Scanning Tunneling Microscope Light-emission Spectroscopy", *Solid State Commun.*, **177**, 29-32 (2014).

[2] Y. Uehara, S. Katano, M. Kuwahara, and T. Suzuki, "Electromagnetic effects of STM tip–sample gap in the THz spectral range", *22nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy*, Atagawa Heights, Japan (2014).

[3] S. Katano, Y. Kim, M. Kawai, and M. Trenary, "Surface Hydrogenation Reactions at the Single-Molecule Level", *Chem. Rec.*, **14**, 819-826 (2014).

[4] S. Katano, M. Hori, Y. Kim, and M. Kawai, "Site-dependent Electronic Structures of a Single Molecule on a Metal Surface Studied by Scanning Tunneling Microscopy and Spectroscopy", *Chem. Phys. Lett.*, **614**, 117-122 (2014).

[5] S. Katano, H. M., and Y. Uehara, "STM tip-Induced Selective Formation of Nano Structures on Si(111) Surface", *13th European Vacuum Conference*, University of Aveiro, Portugal, (2014).

量子光情報工学研究室

電子と光子を用いた量子情報通信デバイスの開発

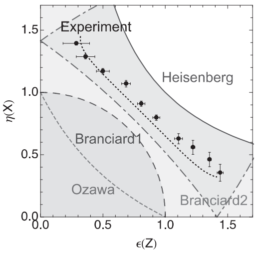


図１．光子の偏光測定における誤差と擾乱の不確定性関係の計測結果（黒丸）と理論不等式の下限値（曲線）。計測結果はハイゼンベルクの不等式（青線）を破り，小澤（赤）およびブランシアード（紫，緑）の不等式を満たす領域にある。

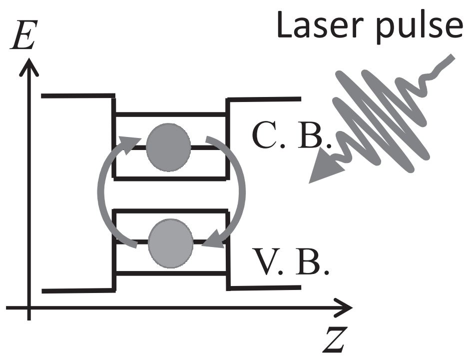


図 2．半導体量子ドット中の電子・正孔対の光学的コヒーレント制御の概念図。

量子光情報工学研究分野　教　授　枝松 圭一
量子レーザー分光工学研究分野　准教授　三森 康義

＜研究室の目標＞

現在の情報処理・通信技術は，信号を電圧や周波数などの古典的でマクロな物理量に対応させて様々な処理を行っているが，近い将来，情報の高密度化と高速化に限界が訪れることが指摘されている。これに対し，個々の電子や光子などのミクロな量に情報を保持させ，量子力学の原理を直接応用することによって，従来の限界を打ち破る性能を持ちうる量子情報通信技術の実用化が強く期待されている。本研究分野は，電子および光子を用いた量子情報通信デバイスの実用化を目指し，未来の量子情報通信の中核となるべき極限技術の開発に積極的に挑戦する。

＜2014 年度の主な成果＞

⑴ 量子測定における誤差と擾乱の不確定性関係の実験的検証

量子測定における，ある物理量の測定誤差と他の物理量の擾乱との間の不確定性関係は，量子論の本質的性質であるのみならず，量子計測，量子通信への応用上も重要な意味をもつ。本研究室では，光子の偏光の一般化測定における誤差・擾乱の不確定性関係を検証する実験研究を行い，ハイゼンベルクの誤差・擾乱の関係式が破れ，近年新たに提唱された関係式（小澤の不等式およびブランシアードの不等式）が成立していることを明らかにした（図 1）。また，ハイゼンベルクの不等式の成立条件を検証した。

⑵ 半導体量子ドット，半導体量子構造を用いた量子情報通信デバイスの開発

量子情報通信への応用を目指し，半導体量子ドット等の半導体量子構造の光物性および量子光学

的な性質を研究している。本年度は半導体量子ドットにおいて励起子ラビ振動を測定することにより，励起子分極の縦電場成分に起因する局所電場効果を観測し，数値計算による解析を行う事で，その出現過程に関して明らかにした。また，半導体薄膜，半導体微小共振器中の励起子分子において高速時間分解分光法を用いた時間軸上から光学応答を測定した結果，薄膜，微小共振器中の励起子分子の発光過程にはパーセル効果が強く関与していることを明らかにした。

＜職員名＞

教授　　枝松圭一（2003 年より）
准教授　三森康義（2011 年より）
秘書　　長岡亜紀子

＜プロフィール＞

枝松圭一　1987 年東北大学大学院理学研究科博士課程修了，東北大学工学部助手，California Institute of Technology 客員研究員，東北大学大学院工学研究科助教授，大阪大学大学院基礎工学研究科助教授，2003 年 1 月より現職

三森康義　1998 年東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了，日本学術振興会特別研究員，NTT 基礎研究所研究員，東京工業大学大学院非常勤講師，独立行政法人通信総合研究所専攻研究員，東北大学電気通信研究助教，2011 年 7 月より現職

＜2014 年度の主な発表論文等＞

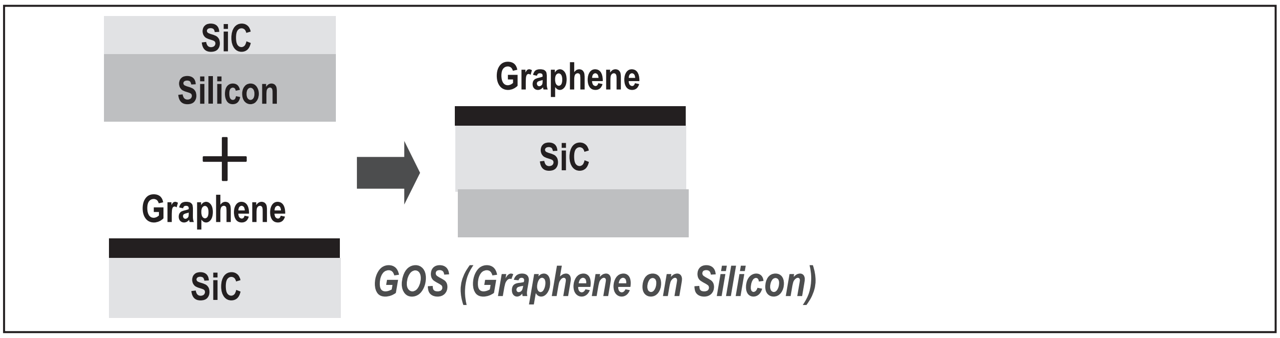
[1]　枝松圭一，シャイな量子の不確定性関係，応用物理 **83**, No.5, 390-393 (2014).

[2]　枝松圭一，偏光と量子ビット，量子もつれ -光子の偏光と量子情報- 光アライアンス **25**, No.11, 1-5 (2014).

[3]　枝松圭一，金田文寛，So-Young Baek，小澤正直，量子測定における誤差・擾乱の計測と不確定性関係，日本物理学会誌 **70**, No. 3, 188-193 (2015).

固体電子工学研究室

グラフェンをシリコン・テクノロジーに



固体電子工学研究分野　教　授　末光　眞希
固体電子物性工学研究分野　准教授　吹留　博一

＜研究室の目標＞

グラフェンは炭素原子の蜂の巣状二次元ネットワークである。シリコンの百倍という速さで電子が走る、まさに夢の材料と言える。固体電子工学研究室では、このグラフェンをシリコン基板の上に形成することに世界で初めて成功し、世界の注目を集めている。現在、このグラフェンを高周波トランジスタや光デバイスに応用する研究を進めている。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　Si 基板上 3C-SiC 薄膜の高品質化

Si 基板上に AlN 薄膜を挿入することで、Si 基板上に高品質な立方晶(3C-)SiC 薄膜を形成し、同薄膜上のグラフェン成膜の大幅な高品質化に成功した[1]。また、Si 基板上の微細加工により局所的に GOS 構造を形成し、面方位によるグラフェンの物性変調を同一基板上において初めて実現し[2]、成長用基板表面の欠陥密度制御によるグラフェンの位置選択的成長法を新たに確立した[4]。

２．　グラフェン中の超高速キャリアダイナミクスの観測

フェムト秒光パルスにより励起された非平衡キャリアダイナミクスを超高速（フェムト秒）角度分解光電子分光により観測し、非平衡状態においてもキャリアの有効質量がゼロであることを初めて明らかにした。[3]。

３．　Si(110)基板上 3C-SiC111)薄膜回転エピ成長機構の解明

Si(110)基板上に結晶方位の回転した 3C-SiC(111)薄膜が成長する現象に対し、表面組成及び表面水素終端の有無に依存する表面エネルギーの結晶方位依存性が背景にあるとする機構を提案した[6]。

４．　グラフェントランジスタのオペランド観察

グラフェンデバイスの更なる高性能化を目指して、光電子顕微鏡（PEEM）を用いたゲート電圧印加下にあるグラフェン・トランジスタをその場観察した [5]。ゲート電圧及びグラフェン-金属電極間電荷移動によるフェルミ準位シフトにより誘起される多体効果（励起子効果・Anderson 直交性崩壊）を通して伝導帯の状態密度が変化することを初めて見出した。

＜職員名＞

教　授　末光 眞希（2008 年より）
准教授　吹留 博一（2008 年より）
客員教授　長澤　弘幸（2013 年より）
技術補佐員　波入　久美
産学連携研究員　Sai Jiao
産学連携研究員　Venugopal Gunasekaran

＜プロフィール＞

末光　眞希　1975 年 3 月　東北大学工学部電子工学科卒業。1980 年 3 月　同大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了。1980 年 4 月　同大電気通信研究所助手。1990 年 4 月　同大電気通信研究所助教授。2003 年 4 月　同大学際科学国際高等研究センター教授、2008 年 4 月同大電気通信研究所教授、現在に至る。半導体薄膜表面工学の研究開発に従事。第 30 回熊谷記念真空科学論文賞受賞（2005 年 11 月)。総長教育賞受賞（2010 年 3 月)。2009 年度 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, Paper of the Year 賞受賞。2011 年度表面科学会論文賞受賞（2011 年 12 月)。

吹留　博一　1995 年 3 月　大阪大学基礎工学部合成化学科卒業。2000 年 3 月　同大学院基礎工学研究科化学系専攻博士後期課程修了。米国ベル研究所、理化学研究所等を経て、2008 年 12 月　東北大学電気通信研究所助教。2012 年 4 月　同大電気通信研究所准教授。二次元 Dirac 電子系の結晶成長、MEMS、オペランド顕微分光及びデバイス応用の研究に従事。日本表面科学会論文賞受賞（2011 年)。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] S. Jiao, Y. Murakami, H. Nagasawa, T. Nakabayashi, M. Suemitsu, “High quality graphene formation on 3C-SiC/4H-AIN/Si heterostructure,” Materials Science Forum, 806, pp.89-93, 2014.
[2] Hirokazu Fukidome, Takayuki Ide, Yusuke Kawai, Toshihiro Shinohara, Naoka Nagamura, Koji Horiba, Masato Kotsugi, Takuo Ohkochi, Toyohiko Kinoshita, Hiroshi Kumighashira, Masaharu Oshima, Maki Suemitsu, “Microscopically-tuned band structure of epitaxial graphene through interface and stacking variations using Si substrate microfabrication,” Scientific Reports, 4, pp 5173-1-6, 2014.
[3] T.Someya, F. Fukidome, Y. Ishida, R. Yoshida, T. Iimori, R. Yukawa, K. Akikubo, Sh. Yamamoto, S. Yamamoto, T. Yamamoto, T. Kanai, K. Funakubo, M. Suemitsu, J. Itatani, F. Komori, S. Shin, I. Matsuda,”Observing hot carrier distribution in an n-type epitaxial graphene on a SiC substrate” Applied Physics Letters, 104, pp. 161103-1-4, 2014.
[4] Maki Suemitsu, Sai Jiao, Hirokazu Fukidome, Yasunori Tateno, Isao Makabe, Takashi Nakabayashi, “Epitaxial graphene formation on 3C-SiC/Si thin films,” Journal of Physics D: Applied Physics, 47, pp. 094016-1-11, 2014.
[5] H. Fukidome, M. Kotsugi, K. Nagashio, M. Suemitsu, T. Kinoshita, “Orbital-specific tunability of many-body effects in bilayer graphene by gate bias and metal contact,” Scientific Reports, 4, pp. 3713-1-5, 2014.
[6] S. Sambonsuge, L.N. Nikitina, Yu. Yu. Hervieu, M. Suemitsu, S.N. Filimonov,“Silicon Carbide on Silicon (110): Surface Structure and Mechanisms of Epitaxial Growth,” Russian Physics Journal, 56, 1439-1444, 2014.
[7] Hirokazu Fukidome, Kousuke Nagashio, Naoka Nagamura, Keiichiro Tashima, Kazutoshi Funakubo, Koji Horiba, Maki Suemitsu, Akira Toriumi, Masaharu Oshima, “Pinpoint operando analysis of the electronic states of a graphene transistor using photoelectron nanospectroscopy,” Applied Physics Express, 7, pp.065101-1-4.
[8] M. Suemitsu, “Graphene based Electronic & Photonic Devices, Circuits and Systems, EXMATEC 2014 (invited), June 19, 2014.
[9] M. Suemitsu, “Epitaxial Graphene on Silicon Substrates: Tailoring the Properties through Crystal Faces,” 2014 Tsukuba Nanotechnology Symposium (TNS'14) (invited), July 26, 2014.
[10] H. Nagasawa, “Controlling Planar Defects in 3C–SiC: Ways to Wake it upDevelop 3C-SiC as a Practical Semiconductor, “ECSCRM2014: European Conf. on Silicon Carbide and Related Materials, (invited Key Note Talk), Sept. 22, 2014.

誘電ナノデバイス（長）研究室

強誘電体，圧電体材料などの評価・開発とそれを用いた高機能信号処理及び超高密度記憶素子の研究

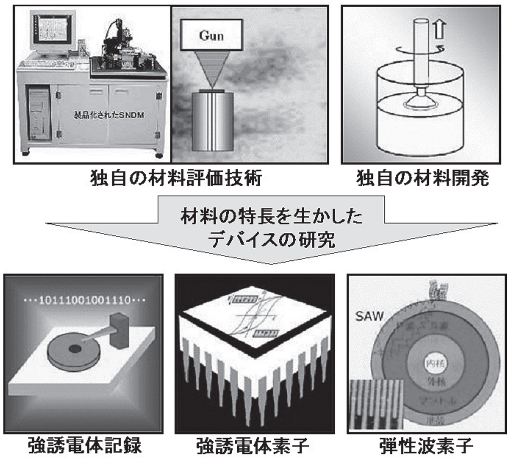


図 1. 誘電ナノデバイス研究分野の目標

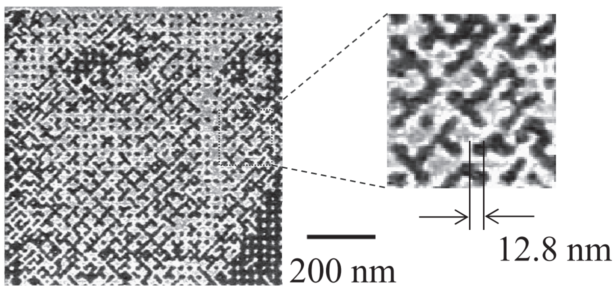


図 2. 強誘電体単結晶記録媒体上に 4 Tbit/inch^2 の密度で記録されたディジタル情報

誘電ナノデバイス研究分野　教　授　長 康雄

＜研究室の目標＞

本研究室では，強誘電体や圧電体などの機能性材料を評価・作製する独自技術の開発と，それらを通して明らかとなった材料の特長を生かした通信用誘電・圧電デバイス・誘電体記録デバイスの研究を行っている。具体的には，超音波や光及び Fe-RAM 等に多用されている強誘電体単結晶や薄膜の分極分布や，様々な結晶の局所的異方性を高速かつ高分解能に観測できる非線形誘電率顕微鏡(SNDM)の研究・開発を行っている。この顕微鏡は残留分極分布の計測や結晶性の評価を純電気的に行える世界で初めての装置であり，既に実用化に成功している。現在は半導体のドーパントプロファイルの観測や固体中の単一双極子モーメントの可視化など SNDM の高機能・高分解能化を目指した研究を行っている。更に SNDM は強誘電体ドメインをナノレベルで観測・制御できるため，次世代超高密度誘電体記録への応用研究も推進している。

＜2014 年度の主な成果＞

１．NC-SNDM による原子レベル極性判別

非接触 SNDM（NC-SNDM）法を用いて Si(100) 2×1 表面および SiC(0001)上グラフェンの双極子モーメント分布を原子レベルで観察した。また SNDP 法を用いて Si(111) 7×7 の表面電位分布の原子スケール観察を行った。

２．超高次非線形誘電率計測による半導体デバイスの評価

超高次非線形誘電率顕微法を用いて、SiC-MOS デバイスのドーパントプロファイル測定を行った。

また、アモルファス Si 太陽電池デバイスのドーパント分布の可視化にも成功した。

３． 超高密度強誘電体記録デバイスの研究開発

強誘電体プローブデータストレージ方式において HDD 型試験装置を用いたビットの書き込みの実験を行い、3.4 Tbit/inch^2 の記録密度でドット列の書き込みが行えることを実証した。また、PZT 薄膜媒体の開発では、イオンビーム照射による表面層の除去を行い、特性改善が見られることを明らかにした。

＜職員名＞

教 授 長 康 雄（２００１年より）
助 教 平永 良臣 助 教 山末 耕平
技術職員 我妻 康夫

＜プロフィール＞

長 康雄 1980 年 3 月 東北大学工学部電気工学科卒業。1986 年 3 月 同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士後期課程修了。1985 年 4 月 同大電気通信研究所助手。1990 年 3 月 山口大学工学部助教授。1997 10 月 東北大学電気通信研究所助教授 2001 年 7 月 同教授、現在に至る。走査型非線形誘電率顕微鏡及び超高密度強誘電体記録の研究開発に従事。市村学術賞功績賞受賞（2004 年）、藤尾フロンティア賞受賞（2005 年）、ドコモ・モバイル・サイエンス賞（2006 年）、ISIF^2 2009 OUTSTANDING ACHIEVEMENT AWARD 受賞（2009 年）、服部報公賞（2014 年）

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] S. Hong, S. Tong, W. I. Park, Y. Hiranaga, Y. Cho and Andreas Roelofs, “Charge gradient microscopy”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol.111, p.6566, 2014

[2] Y. Cho, “Nano-Domains and Related Phenomena in Congruent Lithium Tantalate Single Crystals Studied by Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy”, IEEE TRANSACTION ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, Vol.61, p. 1368, 2014

[3] N. Chinone, T. Nakamura, and Y. Cho, “Cross-sectional dopant profiling and depletion layer visualization of SiC power double diffused metal-oxide-semiconductor field effect transistor using super-higher-order nonlinear dielectric microscopy”, J. Appl. Phys, Vol. 116, p.084509, 2014

[4] M. Suzuki, K. Yamasue, M. Abe, Y. Sugimoto, and Y. Cho, “Improved study of electric dipoles on the Si(100)-2×1 surface by non-contact scanning nonlinear dielectric microscopy”, Appl. Phys. Lett. Vol. 105, p.101603, 2014

[5] K. Yamasue, M. Abe, Y. Sugimoto and Y. Cho, “Atomic-dipole-moment induced local surface potential on Si(111)-(7×7) surface studied by non-contact scanning nonlinear dielectric microscopy”, Appl. Phys. Lett. Vol. 105, p. 121601, 2014

[6] Y. Hiranaga and Y. Cho, “Pb (Zr, Ti)O_3 recording media for probe data storage devices prepared by rf magnetron sputtering”, Jpn. J. Appl. Phys, vol.53, p.09PA05, 2014

[7] S. Inoue, T. Ariga, S. Matsumoto, M. Onoue, T. Miyasako, E. Tokumitsu, N. Chinone, Y. Cho, and T. Shimoda, “Investigation of solution-processed bismuth-niobium-oxide films”, J. Appl. Phys, Vol. 116, p. 154103, 2014

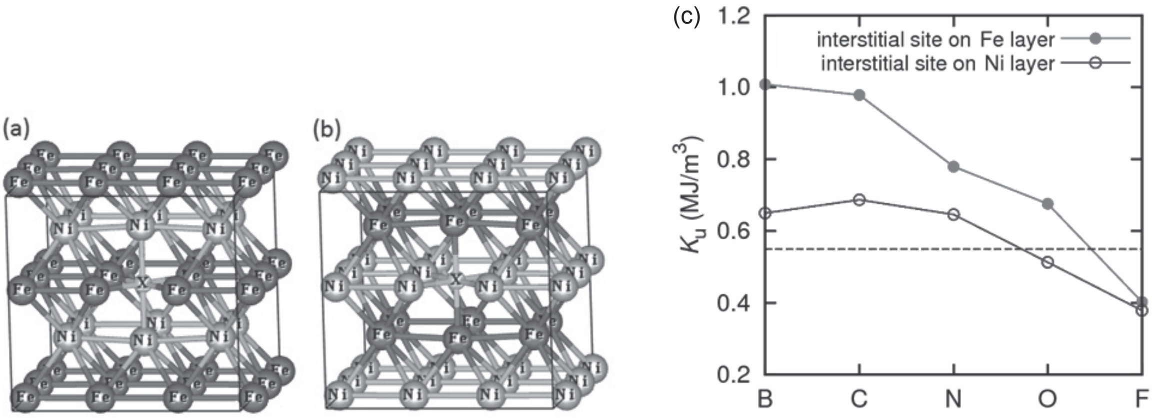
[8] K. Yamasue, H. Fukidome, K. Funakubo, M. Suemitsu, Y. Cho: “Comparative Study on Pristine and Hydrogen-Intercalated Graphene on 4H-SiC(0001) Surface Using Noncontact Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy”, 2014 MRS fall meeting, 2014

[9] K. Hirose, N. Chinone and Y. Cho, “Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy for Visualization of Dopant Distribution in Amorphous Silicon Solar Cells”, ICSPM22, 2014

[10] R. Takahashi,Y. Cho, and M. Lippmaa, “Interfacial capacitance between a ferroelectric Fe_3O_4 thin film and a semiconducting Nb:$SrTiO_3$ substrate”, J. Appl. Phys, Vol. 117, p. 014104, 2015

物性機能設計研究室

次世代スピンデバイス創製のための物性・機能の理論設計



(a) Fe または (b) Ni 原子層の格子間八面体位置に軽元素 (X) を添加した $L1_0$ 型 FeNi 規則合金の結晶構造。(c) 軽元素 (X = B, C, N, O, F) を 2.6 at%添加した FeNi 規則合金の一軸磁気異方性エネルギー (K_u)。破線は軽元素を添加していない FeNi 規則合金の K_u を表す。

物性機能設計研究分野　教　授　白井 正文

＜研究室の目標＞

本研究室では、次世代情報デバイスの基盤となる材料やナノ構造において発現する量子物理現象を理論的に解明し、デバイス性能の向上につながる新しい機能を有する材料やナノ構造を理論設計することを研究目標としている。同時に大規模シミュレーション技術を駆使した画期的な物性や機能の設計手法を確立することを目指している。

現在は、スピントロニクス研究の一環として、高スピン偏極材料を用いたデバイス構造におけるスピン依存電気伝導の理論解析と、垂直磁気材料の磁気異方性の電界制御を利用した超低消費電力デバイス創製を目指した理論研究に取り組んでいる。これからは超大型計算機を利用した大規模シミュレーション技術ならびにデータ駆動型の新物質・材料設計手法の研究を進める。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　高磁気異方性規則合金における軽元素添加の影響評価

高い磁化と一軸磁気異方性を有する $L1_0$ 型 FeNi 規則合金は、希少金属を含まない磁石材料として注目されている。FeNi 規則合金の磁気特性向上のため、軽元素 (B, C, N, F, O) 添加による磁性への影響を評価した。その結果、B, C, N を格子間サイトに添加した規則合金では垂直磁気異方性の向上が得られた。効果の大きかった C 添加では、2.6 at%添加により一軸結晶磁気異方性エネルギー (K_u) が 5.5 MJ/m^3 から 9.8 MJ/m^3 へ大幅に増大した（上図参照）。また、軽元素添加に伴う Fe 3d 軌道を占有する電子数の増加が、K_u の増加の要因となっていることを明らかにした。

２． 埋もれた強磁性体のスピン分解電子状態の新検出手法提案

従来の光電子分光法では観測が困難であった埋もれた強磁性膜からのスピン分解電子状態の検出に初めて成功した。強磁性金属薄膜上に作製した Au キャップ層における光電子のスピン依存前方 Mott 散乱を利用することで、従来のスピン検出器を用いることなく高効率に光電子をスピン分解検出することが可能になった。磁気デバイス中に埋もれた強磁性材料のスピン分解電子構造を観測する手法として有望である[1]。

３． 強磁性体／酸化物界面における電子構造と磁気異方性の解析

X 線磁気円二色性（XMCD）測定および第一原理計算を用いて MgO/CoFeB 界面の電子状態を調べることにより、この界面が示す大きな垂直磁気異方性の起源を解明した。強磁性 CoFeB 膜厚の異なる試料に対して XMCD 測定を行ったところ、膜厚の薄い試料において直入射と斜入射での XMCD スペクトルの顕著な相違が観測された。スペクトルの解析および第一原理計算の結果から、界面 Fe 原子の軌道磁気モーメントの異方性は Co に比べて大きく、界面 Fe 原子が垂直磁気異方性に寄与していることを明らかにした[3]。

＜職員名＞

教　授　白井 正文（2002 年より）　助　教　阿部 和多加、辻川 雅人

＜プロフィール＞

白井 正文　1988 年 3 月　大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻博士後期課程中退。1988 年 4 月　大阪大学基礎工学部技官（教育職）。同助手・助教授を経て、2002 年 4 月　東北大学電気通信研究所教授、現在に至る。工学博士。第一原理計算に基づくスピン機能材料の理論設計に関する研究に従事。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] S. Ueda, M. Mizuguchi, T. Kojima, S. Ishimaru, M. Tsujikawa, M. Shirai, and K. Takanashi, “Detection of spin-resolved electronic structures from a buried ferromagnetic layer utilizing forward Mott scattering,” Appl. Phys. Lett., Vol. 104, No. 13, Article No. 132402, pp.1-5, 2014

[2] H. Nishihara, K. Suzuki, R. Y. Umetsu, T. Kanomata, T. Kaneko, M. Y. Zhou, M. Tsujikawa, M. Shirai, T. Sakon, T. Wada, K. Terashima, and S. Imada, “Magnetic properties of Ni_2N,” Physica B, Vol. 449, pp.85-89, 2014

[3] S. Kanai, M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, F. Matsukura, and H. Ohno, “Magnetic anisotropy in Ta/CoFeB/MgO investigated by x-ray magnetic circular dichroism and first-principles calculation,” Appl. Phys. Lett., Vol. 105, No. 22, Article No. 222409, pp.1-4, 2014

[4] M. Shirai, “Magneto-crystalline anisotropy of $L1_0$-ordered FeNi alloy: A first-principles study” (Invited), US-Japan Bilateral 1st Meeting on Rare Metals, Tsukuba, Japan (20 May, 2014)

[5] Y. Miura, S. Tanibayashi, and M. Shirai, “A first-principles study on electronic structures and transport properties of magnetic tunnel junctions with $D0_{22}$-type Mn-based tetragonal Heusler alloys” (Invited), International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, Toyonaka, Japan (1-3 June, 2014)

[6] M. Tsujikawa and M. Shirai, “Electric-field control of the perpendicular magnetic anisotropy at ferromagnet/oxide interfaces: A first-principles study” (Invited), International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, Toyonaka, Japan (1-3 June, 2014)

[7] M. Tsujikawa, Y. Miura, and M. Shirai, “Perpendicular magnetic anisotropy in MgO/Co-based Heusler alloy junctions: A first-principles study,” 15th IUMRS International Conference in Asia, Fukuoka, Japan (24-30 August, 2014)

[8] M. Shirai, “First-principles study on electric-field modulation of interfacial magnetic anisotropy” (Invited), 2nd Japan-EU Open Workshop on Heusler Alloy Replacement for Iridium, Sendai, Japan (12 September, 2014)

[9] K. Moges, Y. Honda, T. Uemura, M. Yamamoto, Y. Miura, and M. Shirai, “Effect of nonstoichiometry on the half-metallicity of Co_2(Mn,Fe)Si thin films investigated through saturation magnetization,” 59th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Honolulu, Hawaii, USA (3-7 November, 2014)

3．2 ブロードバンド工学研究部門の目標と成果

将来の大容量情報通信に柔軟に対応する電子デバイスと高速通信技術の未来システムの構築を目的に、マイクロ波、ミリ波・サブミリ波、テラヘルツ波、光波の広範な領域での各種情報信号の発生、伝送、処理、情報ストレージ技術の研究開発を行っている。

(1)先端ワイヤレス通信技術研究室

（目標）高信頼な情報ネットワークである「ディペンダブル・エア」の実現を目指して、先端ワイヤレス通信技術に関する研究を、信号処理回路・デバイス・実装技術から変復調・ネットワーク技術に至るまで、一貫して研究・開発を行っている。

（成果）我々は通信品質をマップ化し位置情報と組み合わせることで効率的にネットワークを選択する異種無線システムのネットワーク選択手法を提案した。さらに，ユーザの移動経路を予測し、高スループットが期待される経路上のネットワークに対してパケット伝送のスケジューリングを行い、スモールセルネットワークを有効活用する「トラフィックナビゲーション」のコンセプトを提案した。高速無線通信用に、10GHzを超える周波数のサンプルホールド回路などのRFICやフェーズドアレーアンテナモジュールの開発を行った。

(2)超ブロードバンド信号処理研究室

（目標）いまだ未開拓な電磁波領域であるミリ波・テラヘルツ波帯の技術を開拓し、次世代の情報通信・計測システムへ応用することを目的として、新しい集積型のミリ波・テラヘルツ波電子デバイスの創出と、それらを応用した超ブロードバンド信号処理技術に関する研究開発を推進している。

（成果）単原子層炭素材料：グラフェンを利得媒質とする新原理テラヘルツレーザーを提案し、増幅自然放出ならびに誘導放出の室温観測に成功するとともに、表面プラズモンポラリトンによる巨大利得増強作用を理論的に発見し、実験実証にも成功した。また、プラズモン共鳴を原理とする超高感度・低雑音テラヘルツ波検出デバイスの開発を推進し、自ら達成した室温世界最高感度特性をもとに周波数依存性理論モデルの実験実証に成功した。

(3)超高速光通信研究室

（目標）光・量子エレクトロニクスならびに伝送工学をもとにして、超高速光通信の基盤となる光パルスの発生・伝送・受光技術、短パルスレーザ技術、ならびにデジタルコヒーレント光信号処理技術および高精度光計測の研究を行い、グローバルな超高速光ネットワークの構築を目指している。

（成果）光ナイキストパルスが有する時間軸上の直交性を活かして、光ナイキストパルスを局発光としても用いる新たな時間多重分離技術を提案した。本手法を用いて、従来の光パルスでは困難であった高速化(1.92 Tbit/s/ch)と周波数利用効率の拡大(10.6 bit/s/Hz)を同時に実現することに初めて成功した。また、狭線幅エルビウムファイバレーザの光注入同期を用いた簡便で且つ高精度な光位相同期回路を実現し、256 QAM (80 Gbit/s)コヒーレント伝送に成功した。

(4)応用量子光学研究室

（目標）高性能・高機能な半導体デバイス実現へ向け、超高速動作可能な光制御型半導体光源、高機能半導体光変調器の研究を進めている。また、新原理に基づく新機能半導体光デバイス創出を目的として、高機能半導体光デバイス及び新機能半導体光集積回路の研究を進めている。

(成果)外部共振器構造を付与した半導体レーザ光源のモード利得を外部信号光で制御することで飛躍的な帯域拡大(> 80 GHz)が実現可能であることを明らかにした。また、単一モード半導体レーザに光フィルタを周波数弁別器とした簡便な光負帰還回路を付与することで、線幅を 1/1,000 の 6 kHz にまで低減できることを実験的に実証した。さらに、半導体マッハツェンダ変調器を用いて強度ばらつき 0.5 dB 以下の超平坦な光周波数コムブロック発生が可能であることを明らかにした。

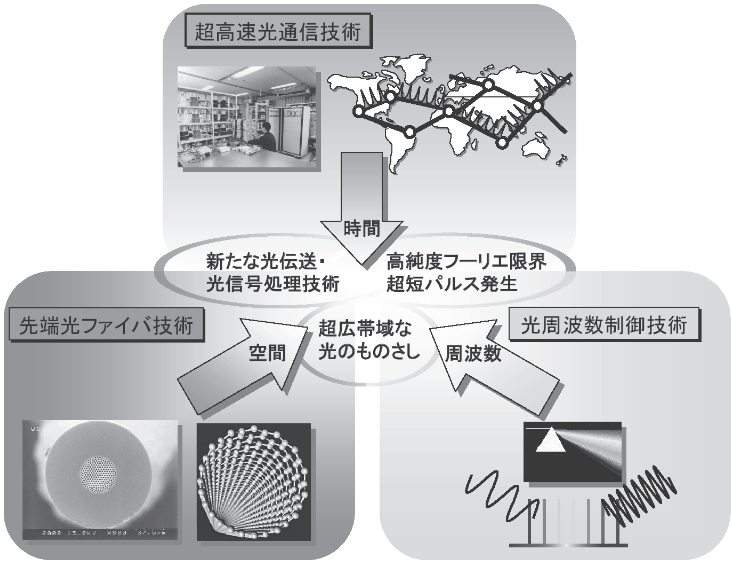
(5)情報ストレージシステム研究室

(目標)次世代型垂直磁気記録によるハードディスク装置の高速・密度化の実現と、大容量ストレージのシステム化技術の研究を行っている。

(成果)現在の 5 倍の高面密度に相当する 5Tbit/inch^2(1 平方インチ当たり 5 兆ビット)の高密度ストレージがビットパターン型垂直媒体と熱補助記録の併用で可能になることを示してきた。今年度はビットパターン媒体のコンセプトを現行のグラニュラ型の垂直磁気記録媒体に取り入れて、磁性粒子の位置相関を導入することでジッタノイズを低減でき記録面密度を向上できた。また、新たな信号処理方式により複数のトラックの情報を同時読み出しすることでデータ転送の倍速化を図った。現在、文科省より未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発より「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」を受託している。

超高速光通信研究室

次世代超高速光通信技術に関する研究



光伝送研究分野 教　授　中沢　正隆
光信号処理研究分野 准教授　廣岡　俊彦　　高精度光ファイバ計測研究分野 准教授　吉田　真人

＜研究室の目標＞

インターネットや携帯で扱われる情報が多彩になり、また利用者が広がるにつれ、快適なコミュニケーション環境を提供する大容量・超高速ネットワークの実現が大変重要になってきている。超高速光通信技術はそのネットワークを支える中核技術である。本研究分野では、光・量子エレクトロニクスと伝送工学を駆使して、超高速光通信の基盤となる超短光パルス発生・伝送技術、ソリトンを中心とする非線形波動技術、超高速レーザ技術、デジタルコヒーレント光信号処理技術の研究を行い、21 世紀のグローバルな超高速光ネットワークの構築を目指している。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　超高速光伝送技術に関する研究

本研究室では、スペクトル広がりを抑えつつ高速伝送を実現できる新たな光パルス「光ナイキストパルス」を提案している。2014 年度は、光ナイキストパルスが時間軸上の直交性という優れた性質を有することを見出し、この特徴を活かして光ナイキストパルスを局発光としても用いる新たな時間多重分離技術を提案した。本手法を用いて、従来の光パルスでは困難であった高速化(1.92 Tbit/s/ch)と周波数利用効率の拡大(10.6 bit/s/Hz)を同時に実現することに初めて成功した。

２．　コヒーレント光 QAM 伝送技術に関する研究

本研究室では QAM (Quadrature Amplitude Modulation)方式によるコヒーレント超多値光伝送技術に取り組んでいる。2014 年度は、狭線幅エルビウムファイバレーザの光注入同期を用いた簡便で且つ高精度な光位相同期回路を実現した。本手法では、データ信号と同時にパイロットトーン信号を伝送させ、これを局発光への注入光として用いており、これにより従来の OPLL (Optical Phase

Locked Loop)を用いたときと同程度の低位相雑音特性(0.2 deg.)を達成している。その結果、注入同期法では初めて256 QAM (80 Gbit/s)コヒーレント伝送に成功した。

＜職員名＞

教　授　中沢 正隆（2001年より） 准教授　廣岡 俊彦（2007年より）
准教授　吉田 真人（2011年より） 助教（プロジェクト特任）葛西 恵介　秘　書　篠崎 頼子

＜プロフィール＞

中沢 正隆　1980年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了（工学博士）。同年日本電信電話公社入社、茨城電気通信研究所。1984～1985年MIT客員研究員。2001年4月より東北大学電気通信研究所教授。光ファイバ中の非線形光学効果、ソリトン通信、フェムト秒パルスレーザ、光ファイバ増幅器の研究に従事。IEEE Daniel E. Noble Award (2002年)、OSA R. W. Wood Prize (2005年)、Thomson Scientific Laureate (2006年)、産学官連携功労者表彰内閣総理大臣賞(2009年)、紫綬褒章(2010年)、IEEE Quantum Electronics Award (2010年)、日本学士院賞(2013年)、OSA Charles Townes Award (2014年)など受賞。IEEE、OSA、電子情報通信学会および応用物理学会フェロー。2008年本学Distinguished Professor、2010~2012年本研究所所長、2012~2013年国際高等研究教育機構長。2011年より電気通信研究機構長。

廣岡 俊彦　2000年3月大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年4月コロラド大学博士研究員。2002年4月東北大電気通信研究所助手。2007年10月同准教授、現在に至る。超高速光通信、非線形ファイバ光学の研究開発に従事。電子情報通信学会学術奨励賞、光科学技術研究振興財団研究表彰、文部科学大臣表彰若手科学者賞、RIEC Awardなど受賞。

吉田 真人　2001年3月東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年4月東北大電気通信研究所助手。2011年7月同准教授、現在に至る。ファイバレーザ、コヒーレント光伝送の研究に従事。電子情報通信学会学術奨励賞、とやま賞、ELEX Best Paper Award、電子情報通信学会論文賞など受賞。

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] M. Yoshida, T. Hirooka, K. Kasai, and M. Nakazawa, "Adaptive 4~64 QAM real-time coherent optical transmission over 320 km with FPGA-based transmitter and receiver," Opt. Express vol. 22, no. 13, pp. 16520-16527, June (2014).

[2] M. Nakazawa, “Exabit optical communication explored using 3M scheme,” Jpn. J. Appl. Phys. vol. 53, 08MA01 (2014).

[3] M. Nakazawa, M. Yoshida, and T. Hirooka, “The Nyquist laser,” Optica vol. 1, no. 1, pp. 15-22, July (2014).

[4] Y. Wang, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, “60 Gbit/s, 64 QAM LD-based injection-locked coherent heterodyne transmission over 160 km with a spectral efficiency of 9 bit/s/Hz,” IEICE Electron. Express vol. 11, no. 17, 20140601, September (2014).

[5] D. O. Otuya, K. Kasai, M. Yoshida, T. Hirooka, and M. Nakazawa, “Single-channel 1.92 Tbit/s, Pol-Mux-64 QAM coherent Nyquist pulse transmission over 150 km with a spectral efficiency of 7.5 bit/s/Hz,” Opt. Express, vol. 22, no. 20, pp. 23776-23785, October (2014).

[6] K. Harako, D. O. Otuya, K. Kasai, T. Hirooka, and M. Nakazawa, “High-performance TDM demultiplexing of coherent Nyquist pulses using time-domain orthogonality,” Opt. Express, vol. 22, no. 24, pp. 29456–29464, December (2014).

[7] M. Nakazawa, M. Yoshida, and T. Hirooka, “Measurement of mode coupling distribution along a few-mode fiber using a synchronous multi-channel OTDR,” Opt. Express, vol. 22, no. 25, pp. 31299-31309, December (2014).

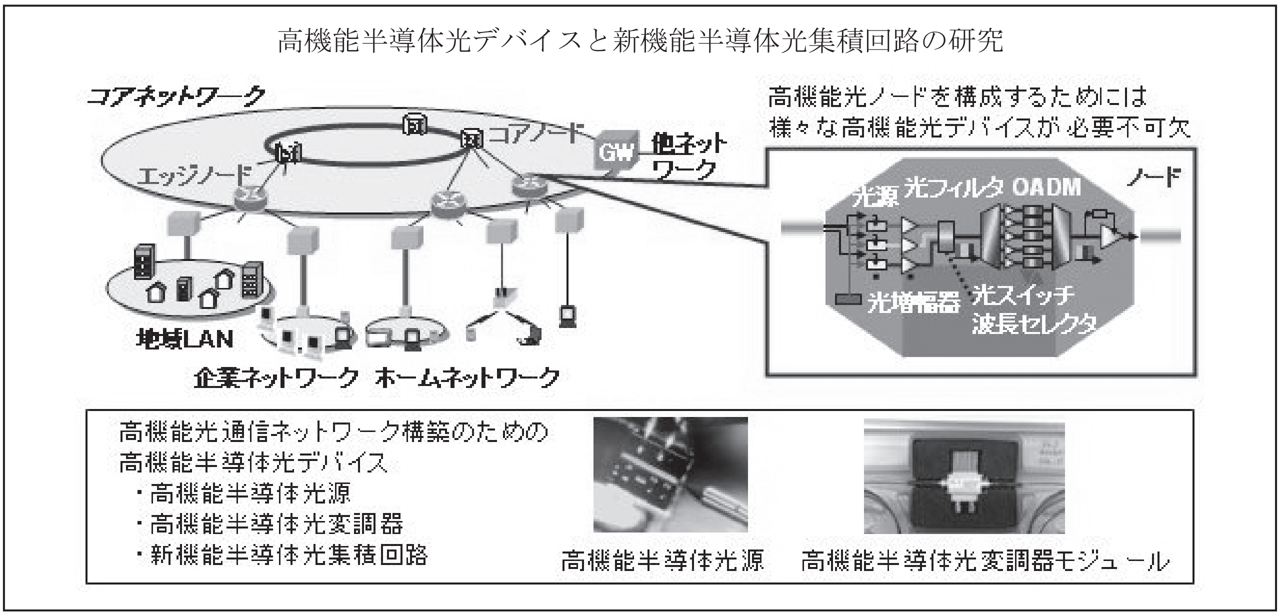
[8] Y. Wang, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, “120 Gbit/s injection-locked homodyne coherent transmission of polarization-multiplexed 64 QAM signals over 150 km,” Opt. Express, vol. 22, no. 25, pp. 31310-31316, December (2014).

[9] A. Fujisaki, S. Matsushita, K. Kasai, M. Yoshida, T. Hirooka, and M. Nakazawa, “An 11.6 W output, 6 kHz linewidth, single-polarization EDFA-MOPA system with a $^{13}C_2H_2$ frequency stabilized fiber laser,” Opt. Express, vol. 23, no. 2, pp. 1081-1087, January (2015).

[10] S. Beppu, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, "2048 QAM (66 Gbit/s) single-carrier coherent optical transmission over 150 km with a potential SE of 15.3 bit/s/Hz," Opt. Express, vol. 23, no. 4, pp. 4960-4969, February (2015).

応用量子光学研究室

革新的光通信用高機能半導体光デバイスの創出に関する研究



高機能フォトニクス研究分野　教　授　八坂　洋

＜研究室の目標＞

新世代光通信ネットワークを構築する上で必要不可欠な高性能・高機能な半導体光源実現へ向け、超高速動作可能な光制御型半導体光源、高機能半導体光源/光変調器の研究を進めている。また、新原理に基づく新機能半導体光デバイス創出を目的として、高機能半導体光デバイス及び新機能半導体光集積回路の研究を行っている。光の強度、位相、周波数、偏波を自由に操ることのできる半導体光デバイス・光集積回路を実現することで、超大容量、高機能光通信ネットワークシステムの実現を目指している。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　光制御型超高速光半導体デバイス

超高速・超大容量光通信ネットワークを構築する上で、光信号で直接高速制御可能な高機能半導体光デバイスの実現が必須である。光信号でモード利得を直接制御する利得制御型高速半導体レーザ光源の研究を推進し、外部共振器構造を付与した半導体レーザ光源のモード利得を外部信号光で制御することで飛躍的な帯域拡大（> 80 GHz）が実現可能であることを明らかにした。試作した LD 部共振器長 350 μm、外部共振器長 220 μm の外部共振器付き利得変調半導体レーザ光源の入力信号光に対する応答帯域を評価することで、3dB 帯域が 40GHz 以上に拡大されたことを確認し、本原理に基づく光制御型超高速光半導体デバイスの実現可能性を明らかにした。

２．　小型狭線幅半導体レーザ光源

近年注目されているデジタルコヒーレント光通信システムへの応用を目指し、簡便な構成の光学

的負帰還回路による半導体レーザの線幅狭窄化の研究を進めた。単一モード半導体レーザの片出力側に光フィルタを設置し、この光フィルタを周波数弁別回路として機能させることで光負帰還回路を構成した。単一モード半導体レーザ、レンズおよび光フィルタ(ファブリペロエタロン)で光負帰還型半導体レーザ光源を構成して原理検証実験を行い、単体動作時に 6 MHz であった単一モード半導体レーザの線幅を 1/1,000 の 6 kHz まで狭窄することに成功した。また、光源のシステム応用に向けた構造設計を進めるとともに更なる線幅の狭窄化、光源の安定動作を目指した検討を進めた。

３． 半導体光変調器を用いた平坦な光周波数コムブロック発生光源

超平坦な光周波数コムブロック発生光源は、チャンネルブロック一括切り替え機能を付与した次世代フォトニックネットワーク構築に不可欠な波長可変多波長光源への応用が期待でき、また超精密光計測用光源への応用も期待できる光源である。本光源実現へ向け、小型で低駆動電圧動作可能な半導体マッハツェンダ変調器を用いた超平坦な9チャンネル光周波数コムブロック発生の研究を進めた。研究を通して、強度ばらつき 0.5 dB 以下の超平坦な光周波数コムブロック発生が可能であることを明らかにした。さらなるコム平坦化とスペクトル形状制御を目指し、数値解析および実験を通した新光変調器構造・駆動法の研究を進めた。

＜職員名＞

教　授　八坂　洋　（2008 年より）
助　教　横田　信英

＜プロフィール＞

八坂　洋　1983 年 3 月　九州大学理学部物理学科卒業。1985 年 3 月　同大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程修了。1985 年 4 月　日本電信電話（株）入社、NTT 厚木電気通信研究所、NTT 光エレクトロニクス研究所、NTT 光ネットワークシステム研究所、NTT フォトニクス研究所勤務。1993 年 12 月　工学博士（北海道大学）。2008 年 4 月　東北大電気通信研究所教授、現在に至る。光通信用高機能半導体光デバイスの研究開発に従事。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] S. Mieda, S. Shiratori, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "High-speed Optically Controlled Semiconductor Light Source with an External Cavity," 2014 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP2014), TuEB-6, Oct., 2014.

[2] K. Aoyama, R. Yoshioka, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "Narrow-linewidth Laser Diode with Compact Optical-feedback System," 2014 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP2014), TuEA-2, Oct., 2014.

[3] S. Mieda, S. Shiratori, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "High-Bandwidth Operation of Optically Controlled Semiconductor Laser with External Cavity," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 26, No. 23, pp. 2319-2322, 2014. (Dec.) - DOI 10.1109/LPT.2014.2354672

[4] K. Aoyama, R. Yoshioka, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "Experimental demonstration of linewidth reduction of laser diode by compact coherent optical negative feedback system," Applied Physics Express, vol. 7, No. 12, 122701, 2014. (Dec.) - DOI 10.7567/APEX.7.122701

[5] K. Aoyama, R. Yoshioka, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "Optical Negative Feedback for Linewidth Reduction of Semiconductor Lasers," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 27, No. 4, pp. 340-343, 2015. (Feb.) - DOI 10.1109/LPT.2014.2371074

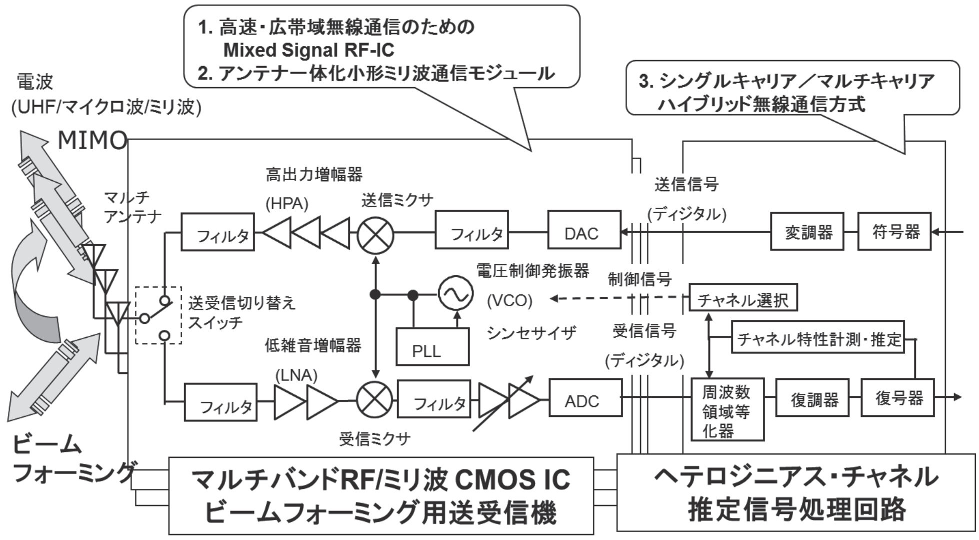
[6] S. Mieda, S. Shiratori, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, "Ultra-high-speed Operation of Laser Diode with External Cavity by Cross-gain Modulation," Applied Physics Express, vol. 8, No. 2, 022701, 2015 (Feb.) - DOI 10.7567/APEX.8.022701

先端ワイヤレス通信技術研究室

次世代無線通信ネットワークの実現へ向けて

広帯域ワイヤレス通信用 1 チップ送受信機の研究

信号処理回路・デバイス・実装技術の研究として，シリコン CMOS 技術を用いた超高周波帯 RF パワーアンプ・シンセサイザ・ミキサなどの設計・開発，超小型アンテナモジュールの開発を行っている．さらに，これらのシリコン RF デバイス，アンテナモジュールなどのワイヤレス通信端末に必要な回路の特性をディジタル回路技術を用いて補償するディジタルアシステッド RF アナログ回路の研究・開発を行っている．



先端ワイヤレス通信技術研究分野　　　　　教　授　末松　憲治
先端ワイヤレスネットワーク技術研究分野　准教授　亀田　　卓

＜研究室の目標＞

人々の交流や情報のやりとりが世界規模に広がった昨今の高度情報化社会は，ユビキタス化・ブロードバンド化が進むネットワークの進化とともに発展してきた．このネットワークのさらなるユビキタス化・ブロードバンド化には無線通信技術がますます重要となる．無線通信技術の中でも，特に信号処理回路・デバイス・実装技術と変復調・ネットワーク技術はその実現に必要不可欠な両輪である．当研究室では高度情報ネットワークの実現を目指して，先端ワイヤレス通信技術（Advanced Wireless IT）に関する研究を，信号処理回路・デバイス・実装技術から変復調・ネットワーク技術に至るまで，一貫して研究・開発を行っている．

＜2014 年度の主な成果＞

１．位置情報を用いた異種無線システムのネットワーク選択手法

急増する移動通信トラヒックを収容するため，異種無線ネットワークを融合し大容量通信を実現する無線通信システムが提案されている．大容量化のためには無線 LAN やミリ波 PAN などのスモールセルネットワークを高密度に置局することが有効であるが，カバレッジが極端に狭いためト

ラヒック発生時に在圏する可能性が低く有効活用されないという問題がある．我々は通信品質をマップ化し位置情報と組み合わせることで効率的にネットワークを選択する手法を提案した．さらに，ユーザの移動経路を予測し，高スループットが期待される経路上ネットワークに対してパケット伝送のスケジューリングを行い，スモールセルネットワークを有効活用するトラフィックナビゲーションを提案した．

２．高速・広帯域無線通信のためのアナログ・RF-IC／モジュールの研究

無線通信端末の伝送速度高速化・小型化・低消費電力化を目指し，ミリ波帯無線通信端末用サンプルホールド回路やフェーズドアレイモジュール，ダイレクト・ディジタル RF 変換器，などの検討を 90nm シリコン CMOS プロセスを用いて行い，これらを実現した．

＜職員名＞

教　授　末松 憲治（2010 年より）
准教授　亀田　 卓（2012 年より）
助　教　本良 瑞樹（2014 年より）　技術補佐員　千葉 記子

＜プロフィール＞

末松 憲治　1987 年 3 月早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了．博士 (工学) (2000 年)．1987 年 4 月三菱電機 (株) 入社．1992 年 9 月～1993 年 9 月英国リーズ大学客員研究員．2008 年 4 月～2010 年 3 月東北大学電気通信研究所客員教授．2010 年 4 月教授．1997 年，2006 年，2009 年関東地方発明表彰発明奨励賞，2002 年第 50 回電気科学技術奨励賞 (オーム技術賞)，2009 年文部科学大臣表彰科学技術賞 (開発部門) , 2012 年電子情報通信学会エレクトロニクス賞各受賞. 電子情報通信学会，日本エレクトロニクス実装学会，IEEE 各会員．

亀田　 卓　1997 年 3 月東北大学工学部電子工学科卒業．2001 年 9 月同大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了．博士 (工学)．2001 年 10 月同電気通信研究所助手，2007 年 4 月同助教，2012 年 4 月同准教授．2001 年第 16 回電気通信普及財団賞（テレコムシステム技術学生賞），2005 年 FPGA/PLD Design Conference ユーザプレゼンテーション審査員特別賞，2008 年電子情報通信学会ソフトウェア無線研究会研究奨励賞，2012 年同研究会技術特別賞各受賞．電子情報通信学会，IEEE 各会員．

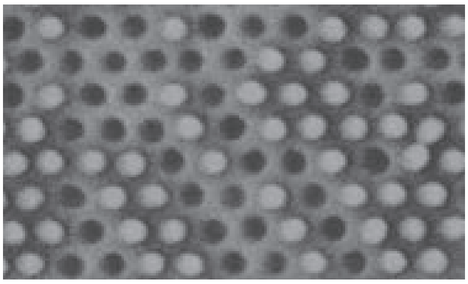
＜2014 年度の主な発表論文等＞

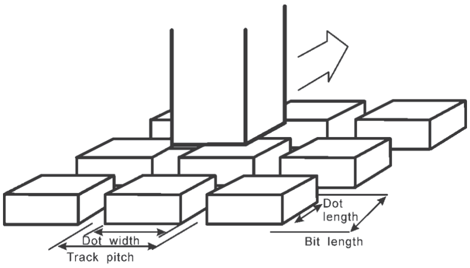
[1] N. Suematsu, *et al.*, "A 60-GHz-Band 2 x 4 Planar Dipole Array Antenna Module Fabricated by 3-D SiP Technology," IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 61 (2014) 012036 (Invited).
[2] M. Huang, *et al.*, "A Proposal of WLAN Control Scheme Using Separated Channel," The 7th International WDN Workshop on Cooperative and Heterogeneous Cellular Networks (WDN-CN2014), Sept. 2014.
[3] J. Kuboniwa, *et al.*, "A Novel Cell Selection Scheme Using Positioning Information for Heterogeneous Wireless System," The 7th International WDN Workshop on Cooperative and Heterogeneous Cellular Networks (WDN-CN2014), Sept. 2014.
[4] S. Kameda, *et al.*, "Development of Satellite-Terrestrial Multi-Mode VSAT Using Software Defined Radio Technology," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), TH1A-5, Nov. 2014.
[5] T. Koizumi, *et al.*, "A Series/Shunt Switching Type Sample and Hold CMOS IC for 1GHz-Band Direct RF Under Sampling Reception," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), TH1B-5, Nov. 2014.
[6] N. Suematsu, *et al.*, "Multi-Mode Portable VSAT for Disaster-Resilient Wireless Networks," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), TH2E-4,Nov. 2014 (Invited).
[7] D. Banda, *et al.*, "1/2fs Direct RF Under Sampling Reception in Different RX Channels," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), TH3G-23, Nov. 2014.

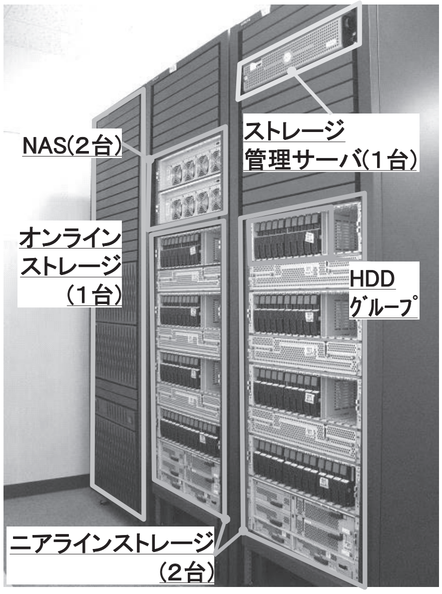
情報ストレージシステム研究室

次世代型垂直磁気記録と情報ストレージのシステム研究

大規模ストレージシステム研究分野　教授　村岡　裕明
記録理論コンピューテーション研究分野　准教授　サイモン　グリーブス







（左）ビットパターン媒体と垂直ヘッド記録の概念図。（右）分散ファイルシステムによる HDD 並列転送による高速化の効果。

＜研究室の目標＞

IT 技術の進展とともに飛躍的な情報量の増大が続いている。この膨大な情報の蓄積を担うのがデータセンターであり、その中心的な技術がハードディスク装置を代表とするストレージ装置である。増大する情報量に対応して磁気ディスクの高密度記録化による記録容量の増加への努力が行われており、本分野では 5-10 Tbits/inch^2 を目指して研究を続けている。このためにコンピュータシミュレーションを含めた記録再生理論の検討と実ヘッドディスクを用いた高密度記録再生の実験を通して、今後の高速データ転送速度と高面密度記録を実現するための記録再生方式の確立に取り組んでいる。また、ハードディスクドライブを応用した大容量高速ストレージシステムのシステム化技術の研究も行っている。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　垂直磁気記録ハードディスクの記録再生理論の研究

上記の 1 Tbit/inch^2 の記録密度でのビット面積は 25.4 nm×25.4 nm に相当する。このような超微細ビットでは熱エネルギーによる磁化擾乱のために記録ビット減磁する影響が大きくなる。本研究室では、これを回避できるように記録層をリソグラフィで加工してビットを物理的に分離したビット

パターン媒体による高密度化を検討してきた。昨年度はビットパターン媒体の熱安定性について新しいモデリング手法を用いて明らかにしてきた。一方、ナノサイズの磁性粒子の性状を考慮しないと高密度度記録を達成できなくなってきている。昨年度は、これまで検討してきたビットパターン媒体の知見から記録媒体を形成する磁性粒子位置をランダムから相関を与えた場合の性質を議論しこれまで高密度化を制約していたジッタ性の記録媒体ノイズを低減する記録理論を示した。

２． コンピュータシミュレーションによる超高密度記録の研究

本研究室では、超高密度記録の実験に先行して検討を進めるために、磁気スピンの歳差運動を表現してナノ領域の磁化挙動を動的に解析でき、高密度記録に重要な熱擾乱現象をモデル化したマイクロマグネティックシミュレーションを用いた検討を進めている。これまでの熱補助記録の解析に加えて今年度は、高周波磁界を印加するを行うために新たに開発した昇温した磁性体の振る舞いを正確に表現したシミュレーション手法を用いて上記の 5 Tbit/inch^2 を目指した高密度記録のシミュレーションを行った。

３．高速大容量ストレージシステムのシステム化の研究

インターネットの情報量の急速な拡大が続いており、ハードディスクにはクラウドデバイスとして大規模データストレージの重要性が増している。昨年度はそれまで検討した分散ファイルシステムを用いてIT棟から2号館のネットワークでの並列にHDDから送受することでの高速データ転送化を検討した。

＜職員名＞

教　授　村岡 裕明（2000年より）
准教授　サイモン・J・グリーブス（2003年より）
秘　書　渡辺 智絵

＜プロフィール＞

村岡 裕明　1981年　東北大学大学院工学研究科電気及び通信工学専攻博士課程修了。同年松下通信工業（株），1991年電気通信研究所助手，1993年同助教授，2000年同教授。高密度磁気記録理論，磁気記録デバイス及び記録方式，情報ストレージ方式，等の研究・開発に従事。電子情報通信学会業績賞（2003年）。IEEE Fellow (2008年)。

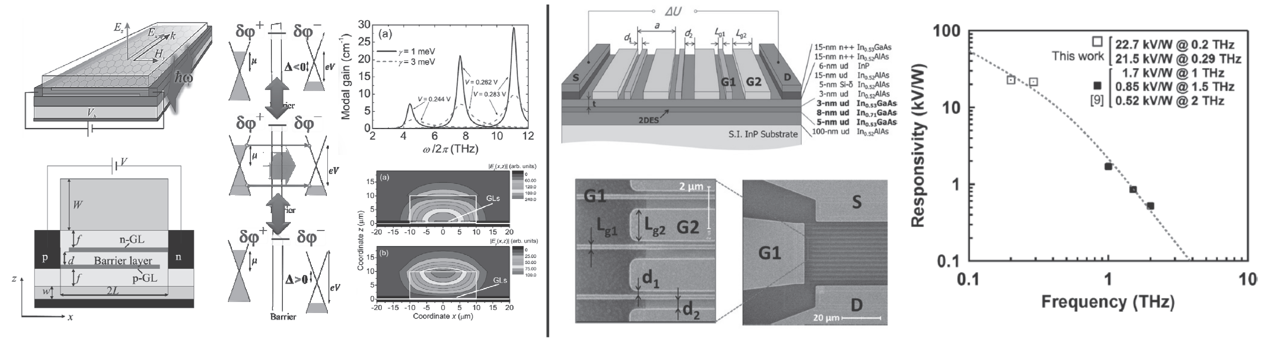
サイモン グリーブス 1993年英国サルフォード大学大学院物理学科修了。同年英国ウェールズ大学助手。2000年 HOYA株式会社。2003年東北大学助教授。高密度磁気記録理論、大規模コンピュータシミュレーション、等の研究に従事。

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] Moulay Rachid Elidrissi, Kheong Sann Chan, Simon Greaves, Yasushi Kanai, and Hiroaki Muraoka, “Skew Angle Effects in SMR System with double/triple reader head array,” J. Appl. Phys., 115, 17B53, May 2014
[2] Akihiro Hara and Hiroaki Muraoka, “Jitter noise reduction by improving grain uniformity in granular media,” J. Appl. Phys., 115, 17B730, May 2014.
[3] 佐藤拓巳、中村隆喜、村岡裕明、“シーケンシャルアクセス転送速度を改善するアクセス局所性非依存型ハイブリッドストレージシステム方式の提案”　電気学会 論文誌C、Vol. 134、No. 11、2014

超ブロードバンド信号処理研究室

ミリ波・テラヘルツ波帯電子デバイスの創出と
その情報通信への応用に関する研究



グラフェンおよび化合物半導体における二次元プラズモンのテラヘルツ(THz)デバイス応用
(左：グラフェン二重層ナノキャパシタ構造体におけるプラズモンポラリトン共鳴とプラズモンアシスト共鳴トンネルの二重共鳴現象による巨大テラヘルツ利得の実現、右：独自の非対称二重回折格子ゲート InP 系プラズモン HEMT 試作素子とそのテラヘルツ帯検出感度特性の実測値と理論計算結果。)

超ブロードバンドデバイス・システム研究分野　教　授　尾辻　泰一
極限高速デバイス研究分野　准教授　末光　哲也
超ブロードバンドデバイス物理研究分野　准教授　ボーバンガトンベット ステファン

＜研究室の目標＞

本研究分野では，いまだ未開拓な電磁波領域であるミリ波・テラヘルツ波帯の技術を開拓し，次世代の情報通信・計測システムへ応用することを目的として，半導体ヘテロ接合構造内に凝集した二次元電子系の分散特性や緩和応答を利用した新しい集積型のミリ波・テラヘルツ波電子デバイスの創出と，それらを応用した超ブロードバンド信号処理技術に関する研究開発を推進している。

＜2014 年度の主な成果＞

1．超ブロードバンドデバイス・システム研究分野

未踏テラヘルツ電磁波領域の技術を開拓するために、新材料・新構造・新原理を駆使した新しいテラヘルツ帯電子デバイス・回路システムの創出と、それらの情報通信・計測システムへの応用に関する研究を推進している。今年度は、単原子層炭素材料:グラフェンを利得媒質とする新原理テラヘルツレーザー創出に向けた研究を継続推進し、h-BN 原子層薄膜をグラフェンで挟んだグラフェン二重層構造においてプラズモンポラリトンと共鳴トンネルの二重共鳴現象による巨大テラヘルツ利得の発現とその電流注入レーザー発振の可能性を理論発見した。また，プラズモン共鳴を原理とするテラヘルツ検出デバイスの開発を推進し、昨年度までに実現した世界最高検出感度の周波数依存性を理論的に明らかにした。

2．極限高速電子デバイス研究分野

ミリ波からサブミリ波へ，電子デバイスの動作速度の極限を追求すると共に，それらの特性を活かした集積回路応用を目指した研究を推進している。電子移動度が高く高速･高周波特性に優れた InGaAs 系化合物半導体を用いて，トランジスタの極限高速性能を追求すると共に，ミリ波帯における高効率電力増幅器への応用を進めている。今年度は、高耐圧･高出力動作が期待される GaN 系高電子移動度トランジスタにおいて、独自の傾斜フィールドプレート構造を開発し，高速・高耐圧化への有効性を実証した。

＜職員名＞

教　授　尾辻　泰一　　（2005年より）
准教授　末光　哲也　　（2006年より）
准教授　ボーバンガトンベット　ステファン　　（2013年より）
助　教　佐藤　昭　　（2010年より）
助　教　鷹林　将　　（2012年より）
客員教授　RYZHII Victor　　（2012年より）
研究支援者 DOBLOIU Adrian　　（2012年より）
研究支援者 渡辺　隆之　　（2014年より）　　秘　書　上野　佳代

＜プロフィール＞

尾辻泰一　1982年3月　九州工業大学工学部電子工学科卒業。1984年3月　同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。1984年4月　電電公社厚木電気通信研究所入所。1999年4月　九州工業大学情報工学部助教授。2001年9月　同教授。2005年4月　東北大学電気通信研究所教授，現在に至る。テラヘルツデバイスとその超ブロードバンド信号処理への応用に関する研究開発に従事。IEEE GaAs IC Symposium 最優秀論文賞受賞（1998年）。IEEE Fellow，OSA Senior Member, MRS, SPIE, 電子情報通信学会，応用物理学会，各会員。

末光哲也　1992年3月　早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1994年3月　同大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。1994年4月　日本電信電話(株)入社。2002年1月～2003年1月　MIT客員研究員。2006年9月　東北大学電気通信研究所助教授，2007年4月　同准教授，現在に至る。化合物半導体超高速トランジスタの研究開発に従事。第1回応用物理学会講演奨励賞受賞（1996年）、電子通信学会論文賞受賞（2003年）。ELEX Best Paper Award 受賞（2007年）。応用物理学会，日本物理学会，IEEE，APS各会員。

ボーバンガトンベット ステファン　2003年8月　ナリアン　ヌアビ大学（コンゴ共和国）理学部物理学科卒業。2004年8月　モンペリエ第二大学大学院（仏）理学研究科基礎物理学専攻修士課程修了。2005年8月　同大学院固体物理学および凝縮系物理学専攻Diplomaコース修了。2008年11月　同大学院同専攻博士課程修了。2009年12月　東北大学電気通信研究所日本学術振興会外国人特別研究員。2011年1月　同研究所教育研究支援者。2011年10月　ルーアン大学（仏）CNRS物理材料グループ物理コンサルタント。2012年2月　ロスアラモス国立研究所（米）CINTポスドク研究員。2013年6月　東北大学電気通信研究所准教授、現在に至る。半導体ヘテロ構造二次元電子ガス・カーボンナノチューブ・グラフェンにおけるテラヘルツ帯プラズモンおよびテラヘルツ帯磁気光学的現象に関する研究に従事。

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] D. Svintsov, T. Otsuji, V. Mitin, M.S. Shur, and V. Ryzhii, "Negative terahertz conductivity in disordered graphene bilayers with population inversion," Appl. Phys. Lett., Vol. 106, pp. 113501-1-5, 2015.
[2] S. Takabayashi, M. Yang, T. Eto, H. Hayashi, S. Ogawa, T. Otsuji, and Y. Takakuwa, "Controlled oxygen-doped diamond-like carbon film synthesized by photoemission-assisted plasma," Diamond and Related Materials, Vol. 53, pp. 11-17, 2015.
[3] M.Y. Morozov, A.R. Davoyan, I.M. Moiseenko, A. Satou, T. Otsuji, and V.V. Popov, "Active guiding of Dirac Plasmons in graphene," Appl. Phys. Lett., Vol. 106, pp. 061105-1-5, 2015.
[4] T. Kawasaki, K. Sugawara, A. Dobroiu, T. Eto, Y. Kurita, K. Kojima, Y. Yabe, H. Sugiyama, T. Watanabe, T. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, Y. Fukada, J. Kani, J. Terada, N. Yoshimoto, K. Kawahara, H. Ago, and T. Otsuji, "Graphene-channel FETs for photonic frequency double-mixing conversion over the sub-THz band," Solid State Electron., Vol. 103, pp. 216-221, 2015.
[5] D. Svintsov, V. Ryzhii, A. Satou, T. Otsuji, and V. Vyurkov, "Carrier-carrier-scattering and negative dynamic conductivity in pumped graphene," Opt. Express, Vol. 22, pp. 19873-19886, 2014.
[6] K. Kobayashi, S. Hatakeyama, T. Yoshida, Y. Yabe, D. Piedra, T. Palacios, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Improved breakdown voltage and RF characteristics in AlGaN/GaN high electron mobility transistors achieved by slant field plates," Appl. Phys. Express, Vol. 7, pp. 096501-1-4, 2014.
[7] S.A. Boubanga Tombet, Y. Tanimoto , A. Satou , T. Suemitsu , Y. Wang , H. Minamide , H. Ito , D. V. Fateev , V.V. Popov , and T. Otsuji, "Current driven detection of terahertz radiation in dual-grating-gate plasmonic detector," Appl. Phys. Lett., Vol. 104, pp. 262104-1-4, 2014.
[8] Y. Kurita, G. Ducournau, D. Coquillat, A. Satou, K. Kobayashi, S.A. Boubanga-Tombet, Y.M. Meziani, V.V. Popov, W. Knap, T. Suemitsu, T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive sub-terahertz detection by InP-based asymmetric dual-grating-gate high-electron-mobility transistors and their broadband characteristics," Appl. Phys. Lett., Vol. 104, pp. 251114-1-4, 2014.
[9] T. Yoshida, K. Kobayashi, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Impact of T-gate stem height on parasitic gate delay time in InGaAs-HEMTs," Solid State Electron., Vol. 102, pp. 93-97, 2014.
[10] V. Ryzhii, T. Otsuji, V. Ya Aleshkin, A.A. Dubinov, M. Ryzhii, V. Mitin, and M.S. Shur, "Voltage-tunable terahertz and infrared photodetectors based on double-graphene-layer structures," Appl. Phys. Lett., Vol. 104, pp. 163505-1-4, 2014.

３．３　人間情報システム研究部門の目標と成果

情報通信システムの高度化のためには，人間の情報処理過程の仕組みの解明とその応用，いつでも・どこでも通信できる環境の実現が重要である。本部門は，生体情報生成の解明，音声・視覚を中心とした人間情報処理過程の解明を進め，情報通信環境の最適化を行うことにより，人間によりフレンドリーな高度情報通信システム，更には人間が通信していることを全く感じずに自然に使える無意識通信システムを実現するための要素技術とシステム技術開発を目標としている。

この目標達成のため，本部門は次の 4 研究分野で研究を進めている：(1) 生体と情報通信環境について有用な情報の創成と制御システム実現を目指す生体電磁情報研究分野，(2) 聴覚認識情報処理過程の解明と高次音環境及びマルチモーダル情報の認識・符号化・提示システムの研究開発を行う先端音情報システム研究分野，(3) 視覚を中心とした脳の情報処理機構の解明と視環境・情報環境評価などの応用的展開の研究を行う高次視覚情報システム研究分野，(4)いつでもどこでもユビキタスに通信手法を意識することなく通信できる環境の実現を目指すユビキタス通信システム研究分野。

2014 年度の各分野の研究目標と成果の概要を以下に示す。

(1) 生体電磁情報研究分野

(目標)磁気的微細構造を制御した磁性体を利用し，磁気が本質的に有する特徴を活かしたデバイスを開発することで，生体あるいは電気機器の発する電磁界を情報として捕らえるための超高感度センサ並びにシステムの確立，ならびに生体情報を能動的に取得するためのシステムの確立を目指して研究を遂行した。

(成果)超高感度センシングシステムに関して，磁歪の逆効果を検出原理とする超高感度ひずみセンサの開発を行い、金属歪ゲージに比べて 10000 倍の感度を有するセンサを実現した。新機能磁性材料の開発においては、ナノ粒子の電気泳動と電析を組み合わせた新しい手法によりナノコンポジットと呼ばれる複合材料が実現できることを明らかにし、それを利用して高機能永久磁石薄膜材料が実現できることを見出した。またモータコアや変圧器等に用いられる高透磁率磁性材料の応力分布を利用した新しい損失低減手法を提案し、将来の製品化を目指して鉄鋼メーカーや他大学研究者とプレコンペティティブな共同研究を開始した。医療応用アクチュエータに関しては医療機器メーカーとの共同研究を開始し、血管内に設置可能な超小型血流補助ポンプの基礎検討を行った。

(2) 先端音情報システム研究分野

（目標）ヒトの最重要情報処理過程の一つである聴覚系の情報処理過程と，聴覚を含む複合感覚情報処理過程を明らかにするとともに，その知見を応用して，臨場感あふれる音響通信システムやユーザインターフェイス等の開発を行っている。

（成果）将来のマルチモーダル，マルチメディア通信システムの実現に重要な人間のマルチモーダル知覚情報処理過程を，特に，聴覚を含む複数の感覚情報の時空間統合の観点から明らかにする研究を強力に進めている。本年度は，聴取者が直線上に移動している場合に関する実験を進め，前者については前方と後方では異なる様相が見られることを示した。また聴取者の回転時の3次元音空間知覚についても検討し，回転速度がたとえ遅くとも静止中にくらべ音像定位精度がかなりの劣化を示すことを示した。これは，聴取者に運動を許すと音像定位精度が大きく改善するという従来からの知見と相反し，人間の音空間知覚過程の解明に向けて興味のある結果である。また，3次元音空間制御手法の研究を進め，その鍵となる頭部伝達関数(HRTF)に関して，仰角方法の知覚手がかりと音色知覚の関連を明ら

かにするとともに，100ch以上の超多チャネル高次アンビソニックス(HOA)型聴覚ディスプレイの高精度化の研究を進めた。集音システムについては，我々が提案している超多チャネル小型収音システムSENZIの252chの実時間化を達成するとともに，低周波数域の精度を高める技術を開発した。

(3) 高次視覚情報システム研究分野

（目標）人間の視覚に関する脳内の情報処理機構を解明する事により，人間に適した視環境・情報環境の設計や，情報機器の評価などの応用的展開を目標として研究を行っている。

（成果）2014 年度は，以下の成果を得た。1）行動のための視覚処理の中で，眼球と頭部の協調運動の役割について検討し，連続的に視線移動を行う環境では，一回の頭部運動中に複数回の眼球運動が生じることを明らかにした。これは眼球−頭部の協調運動が視覚認知機能と深く関連することを意味する重要な研究成果といえる。2）色の見え方は「表面色／光源色」の区別に依存する事が知られている．光を発する対象（画像）から受ける「質感」が色の見えのモードに影響を及ぼす事を，心理物理学的実験によって示した．ディスプレイと印刷物の間での見え方の違いもモードによるものと考えられているが，質感の与え方によってその違いが解消できる可能性を示唆する重要な研究成果である．

生体電磁情報研究室

生体との良好なコミュニケーションを目指して

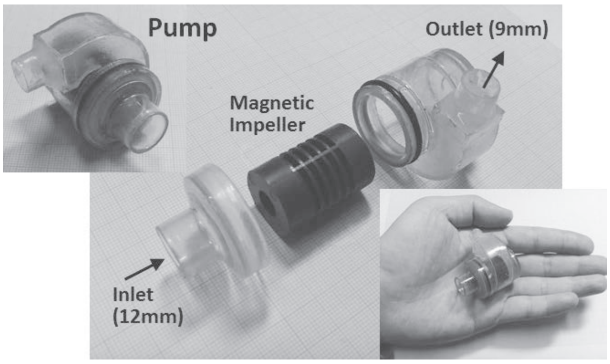


図 1　射出成型磁石インペラを用いたワイヤレス駆動が可能な補助人工心臓ポンプの試作品

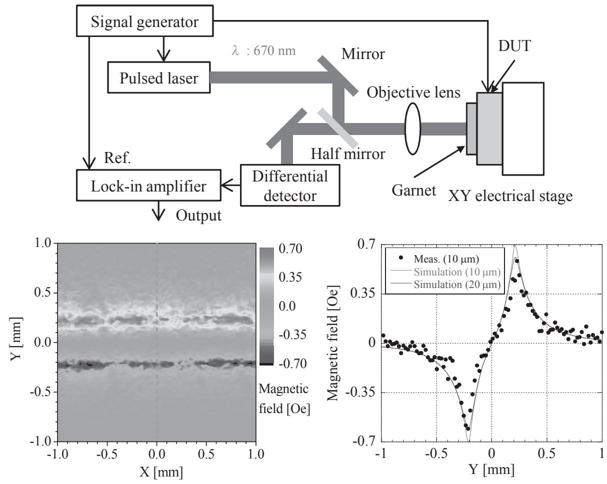


図 2　磁気光学結晶プローブとパルスレーザーを用いた高周波磁界分布計測システム

生体電磁情報研究分野　教　授　石山　和志
生体電磁材料研究分野　准教授　枦　修一郎

＜研究室の目標＞

磁気的微細構造を制御した磁性体を利用し、磁気が本質的に有する特徴を活かしたデバイスを開発することで、生体あるいは電気機器の発する電磁界を情報として捕らえるための超高感度センサ並びにシステムの確立、ならびに生体情報を能動的に取得するためのシステムの確立を目指して研究を遂行する。これらの研究を通じて、生体の発する情報を受け取る技術ならびに生体に対して働きかけを行う技術の確立を目指す。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　次世代医療機器に関する研究

ワイヤレス駆動可能な磁気アクチュエータの特徴を生かした、生体内に完全埋め込み可能な補助人工心臓用ポンプの高効率且つ低消費電力なモバイル型のワイヤレス駆動機構に関する検討を行い。小型のバッテリーでも長時間のポンプ駆動が可能な機構を実現した[1]。

２．　高感度センサ素子開発に関する研究

磁界センサ素子の素子形状を様々に変化させ、素子に用いる磁性薄膜に付与される誘導磁気異方性の大きさとセンサ感度の関係について検討し、センサの高感度化に関わる誘導磁気異方性制御のための知見を得た[4]。また半導体プロセスや MEMS 技術との融合によるセンサ素子の実用化のため、Si 基板上で高性能なセンサ素子が実現可能なことを示した[6][7]。

３．　ワイヤレス磁気モーションキャプチャシステムに関する研究

LC 共振を利用した小型ワイヤレス磁気マーカの三次元位置を検出するモーションキャプチャシ

ステムにおいて、高速ADコンバータを用いた多チャンネル化と制御アルゴリズムの最適化により、両手の指に装着した10個の磁気マーカを100Hzの高速且つ同時検出可能なシステムを実現した。

４． 電磁鋼板の低損失化に関する研究

モータコアや変圧器等に用いられる高透磁率磁性材料の応力分布を利用した新しい損失低減手法を提案し、実際の試験用サンプルにおいてその有効性を確認した。また、鋼板表面に溝を形成した電磁鋼板において、シミュレーションによりその効果の定量的な見積もりを行った[5]。

＜職員名＞

教　授　石山 和志（2007年より）
准教授　枦 修一郎（2010年より）
助　教　金 性勲（2012年より）

＜プロフィール＞

石山 和志　1986年3月　東北大学工学部電気工学科卒業。1988年3月　同大学院工学研究科電子工学専攻博士前期課程修了。1988年4月　同大電気通信研究所助手。1993年1月　博士(工学)学位取得。2003年1月　同助教授。2003年4月から2005年3月まで内閣府総合科学技術会議事務局参事官補佐(兼務)。2007年4月　東北大学電気通信研究所教授、現在に至る。磁気工学ならびに磁気応用に関する研究開発に従事。電気学会優秀論文発表賞(1991)、原田研究奨励賞(1996)、Best Paper Award on International Conference on Ferrites (2000)、生体医工学シンポジウムベストリサーチアワード(2004)、日本応用磁気学会論文賞(2005)。

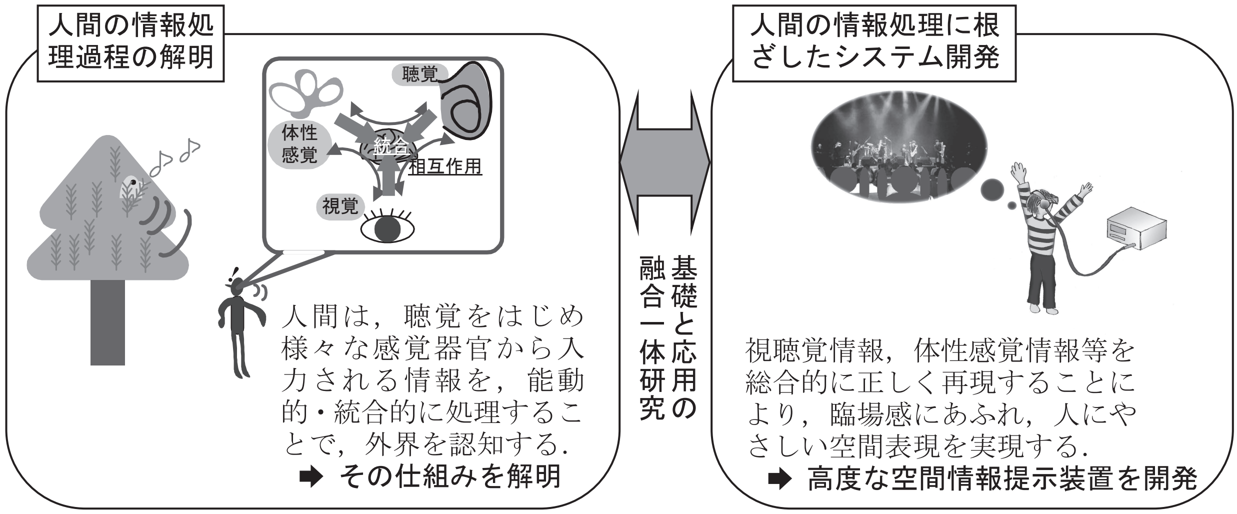
枦 修一郎　1990年3月　琉球大学工学部電気工学科卒業。1992年3月　同大学院工学研究科電気情報工学専攻修士課程修了。1992年4月　本田技研工業（株）入社。1998年3月　東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻博士後期課程修了。1998年4月　医薬品機構派遣研究員。2000年7月　岐阜大学工学部助手。2007年4月　同大工学部助教。2008年4月　東北大学電気通信研究所助教。2010年6月　同大電気通信研究所准教授、現在に至る。磁気計測および磁性材料に関する研究開発に従事。

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] S. H. Kim, K. Ishiyama, “Hybrid Speed Control of a DC Motor for Magnetic Wireless Manipulation Based on Low-Power Consumption: Application to a Magnetic Wireless Blood Pump,” IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 50, No. 4, p. 5000307, April (2014).
[2] T. Fukushi, S. H. Kim, S. Hashi, K. Ishiyama, “Preliminary validation of SmFeB-magnetic silicone rubber for a flexible magnetic actuator,” Smart Materials and Structures, Vol. 23, No. 6, 067001, June (2014).
[3] S. H. Kim, K. Ishiyama, “Magnetic Robot and Manipulation for Active-locomotion with Targeted Drug Release,” IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 19, No. 5, pp. 1651-1659, October (2014).
[4] J. Shin, Y. Miwa, K. H. Kim, S. Hashi, K. Ishiyama, “Observation of the magnetic properties according to changes in the shape of thin-film giant magnetoimpedance sensor,” IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 50, No. 11, p. 4005603, November (2014).
[5] K. Iwata, M. Fujikura, S. Arai, K. Ishiyama, “Prediction method of basic domain structure in Fe3%Si(110) single crystal with grooved surface,” Journal of Applied Physics, Vol. 115, No. 17, p. 17A341, May (2014).
[6] Y. Miwa, J. Shin, Y. Hayashi, S. Hashi, K. Ishiyama, “Basic study of fabricating high sensitive strain sensor using magnetostrictive thin film on Si wafer,” IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 51, No. 1, p. 2000604, January (2015).
[7] H. Kikuchi, S. Kamata, K. Takahashi, T. Nakai, S. Hashi, K. Ishiyam, “Investigation of driving power dependence on GMI properties of thinfilm elements with uniaxial anisotropy,” IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 51, No. 1, p. 4001204, January (2015).

先端音情報システム研究室

高次音響情報通信システムの実現を目指して



本分野での研究テーマのイメージ図

先端音情報システム研究分野　教　授　鈴木　陽一
聴覚・複合感覚情報システム研究分野　准教授　坂本　修一

＜研究室の目標＞

本分野の研究目標は，人間の知覚情報処理系の中で最重要な情報処理過程の一つである“聴覚”における情報処理過程を明らかにすることである．さらに，聴覚情報と視覚・体性感覚情報とのマルチモーダル処理過程についても研究を行っている．これらの知見を応用し，高度な音響情報通信システムやユーザインターフェース，さらには臨場感にあふれ快適な3次元音空間表現を実現する．

＜2014 年度の主な成果＞

１．　聴覚および聴覚を含むマルチモーダル感覚情報処理過程の解明

人間は複数の感覚情報を統合並列処理することで外界をより安定・正確に認識している．本分野ではマルチモーダル感覚情報処理過程における聴覚情報の役割に着目して研究を進めている．2014 年度は，自己運動中の音空間知覚に関する研究を精力的に進め，視覚情報のみにより誘起される自己運動（ベクション）中に知覚される音空間が，実際に提示される物理的な音空間とは異なるという興味深い知見を発見し，国際論文に投稿した[1]．さらに，視覚情報だけでなく聴覚情報も自己運動知覚に影響を及ぼすことも実験的に明らかにした[2]．このほかにも，頭部運動と音空間知覚に関する実験を進めて国際学会で発表するなど，数多くの知見が得られた．

２．　3 次元音空間認識と制御・再現手法の研究

3 次元音空間技術は，高臨場感など高次の感性情報に基づくコミュニケーションシステムを構築するうえで，重要な要素技術である．本分野では，多チャネルマイクロホンを用いた音空間の高精度収音技術の開発や，多チャネルスピーカを用いた音空間再現手法に関する研究を精力的に行って

いる．2014 年度は，本研究分野が開発した球状マイクロホンアレイを用いた音空間高精度収音・再生技術 SENZI について基本技術を論文化[3]するとともに，円筒型マイクロホンアレイを用いた新しいアンビソニックス技術についても開発を進め，国際論文に発表した[4]

３． ユニバーサルコミュニケーション指向の音声コミュニケーション技術の開発

高度なディジタル信号処理を用いて快適な音環境を構築することは，次世代マルチメディアシステムの基盤となるだけでなく，高齢者や難聴者のディジタルデバイドを解決するといった点においても重要な要素技術である．2014 年度は防災行政無線の屋外拡声システムの高度化を念頭に，ノイズやロングパスエコーに頑健な情報提示手法の開発を行い，実際に津波警報用サイン音を設計して発表を行った[5].

＜職員名＞

教　授　鈴木 陽一（1999 年より）
准教授　坂本 修一（2011 年より）
助　教　大谷 智子，トレビーニョ ホルヘ
研究員　崔 正烈
技術職員　齋藤 文孝　　事務補佐員　小野寺 美紀

＜プロフィール＞

鈴木　陽一　1976 年 3 月　東北大学工学部電気工学科卒業．1981 年 3 月　同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士後期課程修了．1981 年 4 月　同大電気通信研究所助手．1987 年 4 月　同大大型計算機センター助教授．1989 年 7 月　同大電気通信研究所助教授．1999 年 8 月　同教授，現在に至る．音の大きさおよび音色，騒音の評価，3 次元音空間知覚と制御，音信号のディジタル信号処理手法等，人間の聴覚の解明とその工学応用の研究に一貫して従事．日本音響学会佐藤論文賞受賞（1992 年，1994 年），（社）日本音響学会会長（2005 年 5 月から 2007 年 5 月まで）．アメリカ音響学会フェロー．

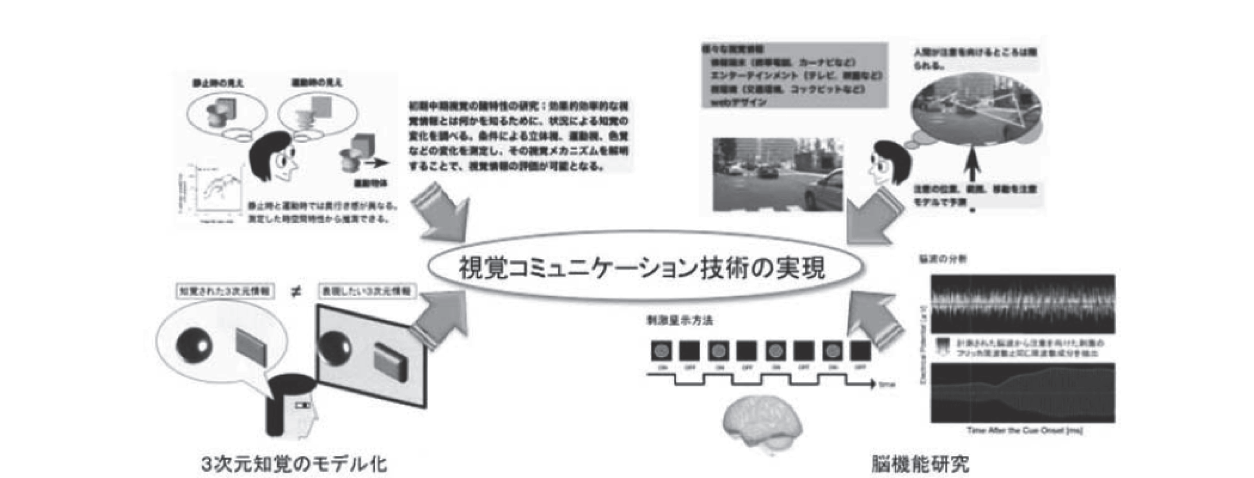
坂本　修一　1995 年 3 月　東北大学工学部情報工学科卒業．1997 年 3 月　同大学院情報科学研究科システム情報科学専攻博士前期課程修了．2000 年 10 月　東北大学電気通信研究所助手，2011 年 7 月　同准教授，現在に至る．この間，2004 年 3 月に東北大学大学院工学研究科電気及び通信工学専攻博士後期課程修了．2007 年　McGill University 客員研究員．聴覚を含む複数感覚情報処理過程の解明，および，その工学応用に関する研究に従事．日本音響学会粟屋潔学術奨励賞（2005 年）受賞．

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] W. Teramoto, Z-L. Cui, S. Sakamoto and J. Gyoba, “Distortion of auditory space during visually induced self-motion in depth,” Frontiers in Psychology, 5, 848 (2014).
[2] 崔正烈，柳生寛幸，坂本修一，岩谷幸雄，鈴木陽一，“回転する聴覚刺激が回転ベクション感覚に及ぼす影響，” 電子情報通信学会論文誌, J97-D(4), 891-894 (2014).
[3] S. Sakamoto, S. Hongo and Y. Suzuki, “3D sound-space sensing method based on numerous symmetrically arranged microphones,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E97-A(9), 1893-1901 (2014).
[4] J. Trevino, S. Koyama, S. Sakamoto and Y. Suzuki, “Mixed-order Ambisonics encoding of cylindrical microphone array signals,” Acoustical Science and Technology, 35(3), 174-177 (2014).
[5] 崔正烈，増見洋治，岩谷幸雄，勝本道哲，坂本修一，鈴木陽一，“長距離伝搬に頑健な津波警報候補音の作成，” 日本感性工学会論文誌，13(3)，459-469（2014）.

高次視覚情報システム研究室

視覚コミュニケーションのための視覚機能理解



もののの見え方は様々な要因で変化し，画像や環境のどこを見るかで視覚情報の効果は変わる．それらを予測するためには，視覚の特性を理解しモデルを構築する必要がある。それらの研究に基づき，真の視覚コミュニケーションが実現できる．

高次視覚情報システム研究分野　教　授　塩入　諭
知覚脳機能研究分野　准教授　栗木　一郎
（適応的認知行動システム研究分野　准教授　松宮　一道）

＜研究室の目標＞

人間の脳機能は，環境に柔軟に適応できるシステムによって実現されている．このような脳機能を知ることは，工学を含め我々を取り巻く環境のデザインや評価にとってもっとも重要な課題のひとつである．本研究分野では，脳機能について特に視覚系の働きの研究から探求し，その成果を情報通信における人間工学，画像工学など へ展開することを目的としている．人間の視覚特性を知るための心理物理学的実験を中心に脳機能測定やコンピュータビジョン的アプローチを利用して，視覚による立体認識，運動認識、色認識、注意や眼球運動による選択機構の研究を行っている．

＜2014 年度の主な成果＞

1. 眼球−頭部の協調運動への視覚認知の影響

行動のための視覚処理の中で，眼球と頭部の協調運動の役割について検討し，連続的に視線移動を行う環境では，一回の頭部運動中に複数回の眼球運動が生じることを明らかにした。これは，従来一回の視線移動からは知ることができない知見であり，より日常生活に近い状況において，眼球−頭部の協調運動が視覚認知機能と深く関連することを意味する重要な研究成果といえる。

2. 質感認識に伴う色の見えの評価への影響

茶色や灰色が光源（ランプ）には存在せず物体表面にしか感じられないように，色光の色の見え

方は「表面色／光源色」の区別（「色の見えのモード」と言う）に依存する事が知られている．光を発する対象（画像）から受ける「質感」が色の見えのモードに影響を及ぼす事を，心理物理学的実験によって示した．ディスプレイと印刷物の間での見え方の違いもモードによるものと考えられているが，質感の与え方によってその違いが解消できる可能性を示唆する重要な研究成果である．

＜職員名＞

教　授　塩入　　諭（2005年より）
准教授　栗木　一郎（2006年より）
准教授　松宮　一道（2005年より）(兼務)
産学連携研究員：羽鳥 康裕、教育研究支援者：方 昱，学振SPD：金子 沙永，事務補佐：今野 亜未

＜プロフィール＞

塩入　諭　1986年 東京工業大学・大学院総合理工学研究科博士課程修了．その後1989年5月までカナダ・モントリオール大学心理学科において博士研究員として勤務．カナダより帰国後，1990年4月までATR視聴覚機構研究所で勤務．1991 年 5 月より千葉大学工学部画像工学科・助手。情報画像工学科・助手，助教授，同大学メディカルシステム工学科教授を経て，2005年3月より東北大学電気通信研究所・教授．運動視，立体視，色覚を中心とした初期視覚処理と，眼球運動および注意による視覚情報の選択過程のメカニズムの解明とその応用を目的に，視覚現象の調査，視覚処理の諸特性を測定，それに基づく定量的モデルの構築などの研究に従事．1988.5 Fight for Sight 賞(ARVO 1987 best poster)受賞，1993.3応用物理学会光学論文賞受賞,1999.7照明学会論文賞受賞，2000.5，映像情報メデェア学会丹生高柳著述賞受賞，2010 Distinguished Contributed Paper of the 2010 Society for Information Display (SID) International Symposium.

栗木一郎　1996年，東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了．その後，東京工業大学理工学部像情報工学研究施設助手，東京大学大学院 工学系研究科 計数工学専攻 助手，NTTコミュニケーション科学基礎研究所研究員を経て，2006年１月より東北大学電気通信研究所助教授（2007年４月より同准教授）．知覚と脳活動の対応に着目した視覚情報処理のメカニズムに関する研究に従事．また2010年４月から2012年３月まで JST 研究開発戦略センターに勤務(兼務) し，電子情報通信分野の俯瞰と研究開発戦略の立案に関与．1996年８月照明学会論文賞，2001年３月応用物理学会光学論文賞を受賞．

＜2014年度の主な発表論文等＞

[1] Fang, Y., Nakashima, R., Matsumiya, K., Kuriki, I. & Shioiri, S. Eye-head coordination for visual cognitive processing. *PloS one* **10**, e0121035 (2015).

[2] Fang Y, Emoto M, Nakashima R, Matsumiya K, Kuriki I, Shioiri S: Eye-position distribution depending on head orientation when observing movies on ultrahigh-definition television. ITE Transactions on Media Technology and Applications 3(2), 149-154, 2015

[3] Horiuchi, K., Kuriki, I., Tokunaga, R., Matsumiya, K. & Shioiri, S. Chromatic induction from surrounding stimuli under perceptual suppression. *Visual neuroscience* **31**, 387-400 (2014).

[4] Matsumiya, K. & Shioiri, S. Moving one's own body part induces a motion aftereffect anchored to the body part. *Current biology : CB* **24**, 165-169 (2014).

[5] Nakashima, R. & Shioiri, S. Why do we move our head to look at an object in our peripheral region? Lateral viewing interferes with attentive search. *PloS one* **9**, e92284 (2014).

[6] Kuriki, I. (2015). Lightness dependence of achromatic point loci in color-appearance coordinates. *Frontiers in Psychology*, **6**:67, 2015. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00067

[7] Kuriki, I. Effect of material perception on mode of color appearance. *Journal of Vision, 15* (accepted).

ユビキタス通信システム研究室

ワイヤレス・ハーネスシステム 及び 広域ワイヤレス・センサーネットワークの実現

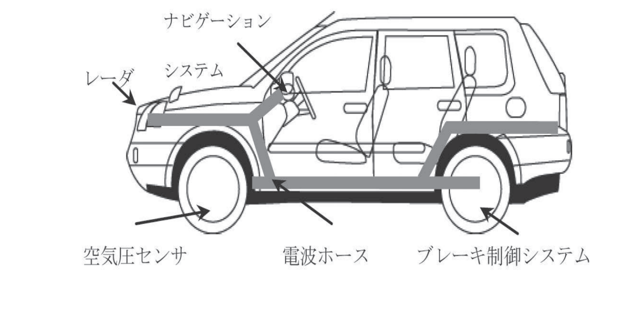


図１　ワイヤレス・ハーネスシステム

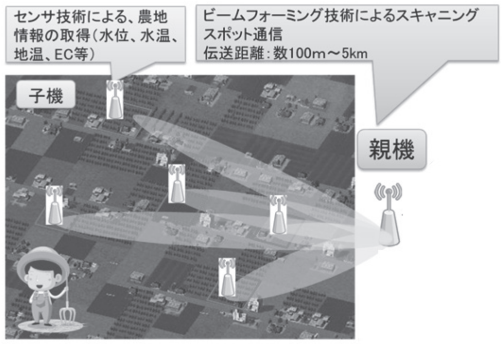


図２　広域ワイヤレスセンサーネットワークのイメージ

ユビキタス通信研究分野　教　授　加藤 修三

＜研究室の目標＞

ユビキタス通信の目標は何時でも、どこでも、誰とでも手段を意識することなく通信出来る通信環境を実現することです。この目標実現のために、本年度はマルチ Gbps の車内通信を軽量かつ柔軟に実現するワイヤレス・ハーネスシステムの実用化検証、及び広域(～5 km)のワイヤレス・センサネットワークの研究を進め、日本発技術の国際(IEEE)標準化にも、IEEE 標準化プロモーションセミナーの主催等で貢献します。

＜2014 年度の主な成果＞

コア技術の研究・開発を進め 60GHz 帯の応用として従来のワイヤード方式に比較し、重量 1/10 以下に軽量化を図り、伝送速度を 1 万倍以上に高速化し、かつ高信頼な**ワイヤレス・ハーネスシステム実現の見通しを得た。**また、900MHz 帯を使用した 広域ワイヤレス・センサシステム要素技術の開発を進め、フィールド(郊外の環境)で 5km の高信頼送受信が出来る(90 %)ことを確認し、実用化の見通しを得た。

1）**高信頼ワイヤレス・ハーネスシステムの実現**

ワイヤレス・ハーネスシステム(図 1)で現行のハーネスをリプレースすべく、本年度は直径 6.5mm 以下の“小口径ワイヤレスハーネス”を種々の材料を用いて開発し、その伝送特性を明らかにした。その結果、小口径ワイヤレスハーネスシステムは軽量・高信頼で高速な自動車内通信に適した方式であることを明らかにした。また、各種材質の異なるホースの伝搬特性への影響を明らかにし、実用化へ大きく前進した。

2）**広域ワイヤレスセンサーネットワークの実現**

郊外、準都市部、都市部における伝搬特性を明らかにし、郊外にて直接拡散符号長 1023 の符号を用いれば、5 km を 99%の確率で伝送できることを明らかにした。また、直接拡散方式に対応した短時間で引き込み可能な同期方式、低 C/N 下で安定に動作する変復調器を開発し、低 C/N でも十分動作することを確認した。さらに、広域に点在するセンサーを効率良く・低干渉でカ

バーするためにビームフォーミングアンテナを開発し、フィールドでその特性を確認した。これらより、実用上望まれていた半径 5 km の広域センサーネットワークを実用化できる見通しを得た(図 2)。

＜職員＞

教　授　加藤　修三（2008 年より）
研究員　タンサ　ベーカス(~8/E/ 2014)、　技術補佐員　相澤なお美 (~ 7/E/2014)

＜プロフィール＞

加藤　修三　1977 年 3 月　東北大学大学院工学研究科博士課程修了(工博)、研究開発，製造，品質保証，製品開発，マーケティング、販売，人材の採用，経理，日本及び米国にまたがる技術開発センタ，会社の設立から経営，及びミリ波通信システムの IEEE 標準化リードと幅広いクロス・カルチヤラルマネジメントで数多くの成功体験を有するマネージャ・研究・技術者。発表論文 300 件以上、取得特許 100 件以上（内 1 件は米国 DOD 標準となる(1998)），IEEE および電子情報通信学会フエロー。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

1. T. Baykas and S. Kato. “On the Spectrum Efficiency of Mesh and Star Topology Wider Area Wireless Sensor Networks", Proc. of PIMRC2014, 2014, Washington DC, USA.
2. Yosuke Sato、 Shuzo Kato、“Small and Low Side Lobe Beam-forming Antenna Composed of Narrow Spaced Patch Antennas for Wireless Sensor Networks”, SENSORCOMM 2014 November, 2014 Lisbon Portugal
3. Yosuke Sato, Ith Vansith Shuzo Kato、“60GHz Radio Hose for Wireless Harness Communication Systems”, SENSORCOMM 2014 November, 2014, Lisbon Portugal
4. Yosuke Sato、Shuzo Kato、“Easy Implementation Beam-forming Antenna Composed of Odd Number Element Double Slot Array Antennas”、 GSMM 2014 May 2014, Seoul, Korea
5. Yasutaka Tada and Shuzo Kato,”High Deployability of IEEE 802.15.4k DSSS Systems in Interference Dominated Bands” SENSORCOMM 2014 November, 2014 Lisbon Portugal

3．4 システム･ソフトウェア研究部門の目標と成果

システム･ソフトウェア研究部門は「だれもが、いつでも、どこからでも、だれとでも、どんな情報でも」自由にしかもリアルタイムでコミュニケーションできるユビキタス環境の構築を目的としている。そこで本部門は、通信とコンピュータを融合した高度なシステム・ソフトウェア・コンテンツに関して高信頼・高機能ソフトウェアの研究を行うソフトウェア構成研究室、新しいソフトウェアの基礎理論の研究を行うコンピューティング情報理論研究室、共生コンピューティングの研究を行うコミュニケーションネットワーク研究室、インタラクティブコンテンツを実現するための技術の研究を行う情報コンテンツ研究室の４基幹研究室と情報社会構造研究室（客員）から構成される。以下、基幹研究室における 2014 年度の研究活動成果の概要を述べる。

（１）ソフトウェア構成研究室

高信頼プログラミング言語の基礎理論および実装技術の確立、さらに基礎研究成果を活かした次世代プログラミング言語の実現を目指し、理論と実践の両面から研究を行ってきた。理論研究では、オブジェクト指向言語 Ruby を題材に、操作的意味論をより小さな計算系への分割とそれらの系統的な合成で表すことで、複雑になりがちな実用プログラミング言語の意味論をより明解に説明できることを示すなどの成果を上げた。実践面では、本研究分野で推進している次世代高信頼プログラミング言語 SML#の開発を進め、最新の 64 ビットプラットフォームへの対応や、変数参照関係を抽出するコードリーディング支援機能の開発などを行った。

（２）コンピューティング情報理論研究室

書き換えシステムは、等式に基づく柔軟な計算と効率的な推論を与える数学的理論である。本研究室では、書き換えシステムの基礎理論と定理自動証明、代数的仕様記述、関数・論理型言語などへの応用について研究を進めている。本年度の主な研究成果は以下のとおりである。(i) 変数束縛をもつ高階書き換えシステムの枠組みである名目書き換えシステムの新しい形式化を提案した。この形式化に基づいて多くの名目書き換えシステムの合流条件を実際に検証することが可能となる。(ii) さまざまな証明手法に基づいて項書き換えシステムの合流性検証器 ACP の開発を進め、第 3 回合流性コンペティション(CoCo 2014)において第 1 位の成績を収めた。

（３）コミュニケーションネットワーク研究室

能動的情報資源の利活用に関する研究では、耐災害ネットワーク・システムにおいて、動的に配置される複数の ICT ユニットを対象とした管理手法を開発した。また、異種コンテンツの自律的連携機構を適用した利用者指向情報提供システムのプロトタイプを開発した。更に、災害時／平常時の双方を指向したメッシュ型ネットワークの利活用に関する研究を開始し、当該ネットワークを基盤とした地域型サービスの個人化の方式検討を行った。また、マルチエージェントに基づくセンサ管理基盤の研究開

発では、IoTデバイスのエージェント化方式を開発し、プロトタイプ試作を通してその有効性を検証した。一方、発展型エージェントシステムの研究では、システム監視のための動作観測指標を提案し、その有用性を検証した。また、分散環境上にエージェントプラットフォームを動的に配備する発展型プラットフォームの検討を開始した。

（4）情報コンテンツ研究室

人との相互作用によって新たな価値を創造するインタラクティブなコンテンツに関して，それらを実現するさまざまな新しい技術の開発と，その評価に関する研究を進めている．本年度は特に，画面内外をシームレスにつないでスクロール操作を行えるタッチディスプレイを試作し，評価実験を行った．また，空間内で作業や会話を行う複数の人の状況を認識し，それに応じて複数の机が連携して移動することによって快適なコミュニケーション空間を提供する研究も進めた．さらに，大量のデジタルコンテンツをインタラクティブにかつ柔軟に表示する我々の基本アルゴリズムについては，それを応用するための民間企業との共同研究が軌道に乗り，商品として発売されることとなった．

ソフトウェア構成研究室

次世代高信頼プログラミング言語の理論と実装

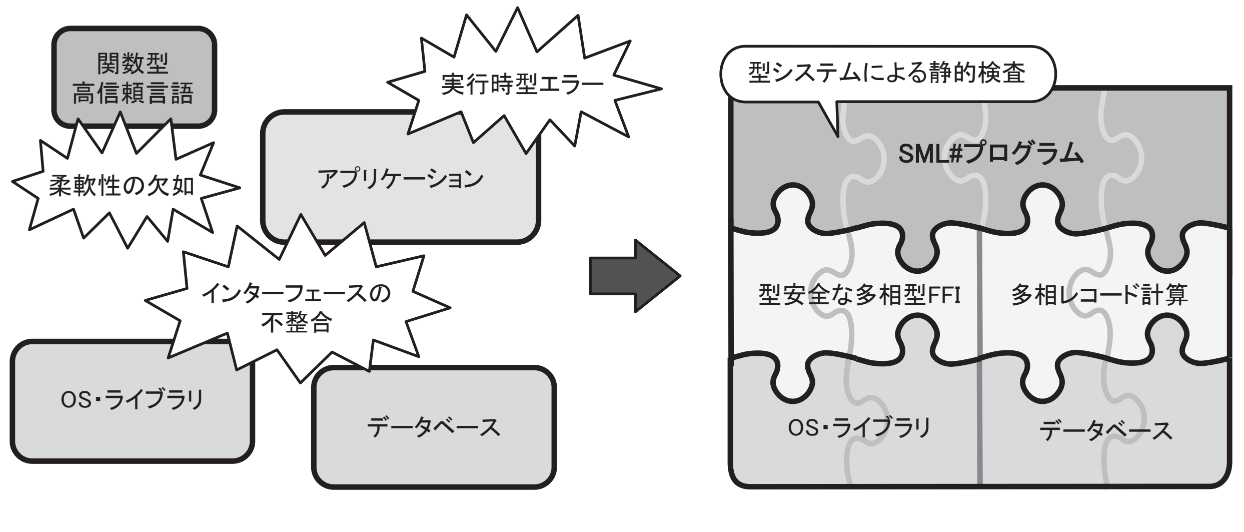


図１：SML#による高信頼言語と既存言語を統合した次世代プログラミング環境の実現

ソフトウェア構成研究分野　教　授　大堀 淳

＜研究室の目標＞

今実現しつつある高度情報化社会が，従来通りの信頼性と安全性を確保しながら発展していくためには，高信頼ソフトを効率よく構築する技術の確立が必須である．高信頼プログラミング言語の開発は，その中核をなす重要な課題である．そこで，当研究室では，高信頼プログラミング言語の基礎理論および実装技術の研究，さらに，基礎研究成果を活かした次世代プログラミング言語の実現を目指している．具体的には，これまでに我々の基礎研究によって得られたレコード多相性などの先端機能を装備した次世代高信頼プログラミング言語SML#の開発を進めるとともに，より堅牢で信頼性の高いソフトウェア構築原理の確立を目指し，コンパイルの論理学的基礎の確立，低レベルコードの検証理論の構築，高信頼コンポーネントフレームワークのための型理論の構築などの基礎研究を進めている．

＜2014 年度の主な成果＞

１．SML#コンパイラの開発

SML#は，当研究室で設計・開発している高信頼プログラミング言語であり，以下の特徴を持つ．

(1) 多相型レコード演算やランク１多相性等の先端機能を初めて実現，

(2) C などの既存言語やデータベースなどのシステムとの高い相互運用性，

(3) Standard ML と上位互換性を持つ．

これらの特長およびSML#コンパイラに含まれる諸機能は，我々の基礎研究成果によって可能となった最先端のものと評価されている．

本年度の主な開発項目は以下の 2 点である．(1) 64 ビット環境への対応．昨年度に達成された LLVM への対応により，SML#コンパイラにはすでに 64 ビットコード生成器が組み込まれている．これに加え，本年度は，コンパイラフロントエンドへの変更，自動メモリ管理や例外処理での新プラットフォームへの対応，基本ライブラリの変更などを加えることで，SML#コンパイラを 32 ビットおよび 64 ビット環境の両方に対応するマルチターゲットコンパイラに拡張した． (2) コードリーディング支援ツールの開発．関数型プログラムはデータフローによって計算を行っており，データフローは変数に代表される名前の依存関係によって表現される，との洞察に基づき，SML#コンパイラを用いて SML#プログラムから名前の参照関係を抽出する機能を開発した．この機能を利用し，名前の参照位置からその定義位置へエディタ上でカーソルを移動させるツールを開発した．

２． 実用プログラミング言語 Ruby の形式的意味論の構築

Ruby は，簡潔かつ自然にプログラムを書くために設計された，日本発の実用プログラミング言語である．Ruby は，イテレータやリフレクションなどの高度な機能を有し，生産性の高い言語として広く普及している一方，これら高度な機能のために，Ruby の意味論は複雑かつ難解である．Ruby の更なる発展のためには，明解かつ簡潔な Ruby の理解が必須である．しかし，実用本意で開発・拡張されてきた Ruby の仕様を，簡潔な構造にまとめることは困難である．本研究では，Ruby 全体を単純な計算系とその拡張に分解し，それらの単純な合成として Ruby 全体を再構築することで，Ruby の高水準な操作的意味論を構築した．本研究の洞察は，他の計算系を抽象する評価規則に導入することで，相互依存する言語機能を直交する計算系に切り分けることができる，というものである．本研究では，この洞察に基づくオラクル関係を導入することで， Ruby のオブジェクト機能と制御機構を，それぞれ独立した２つの計算系として表現することを可能にした．

＜職員名＞

教　授　大堀 淳（2005 年より）
助　教　上野 雄大

＜プロフィール＞

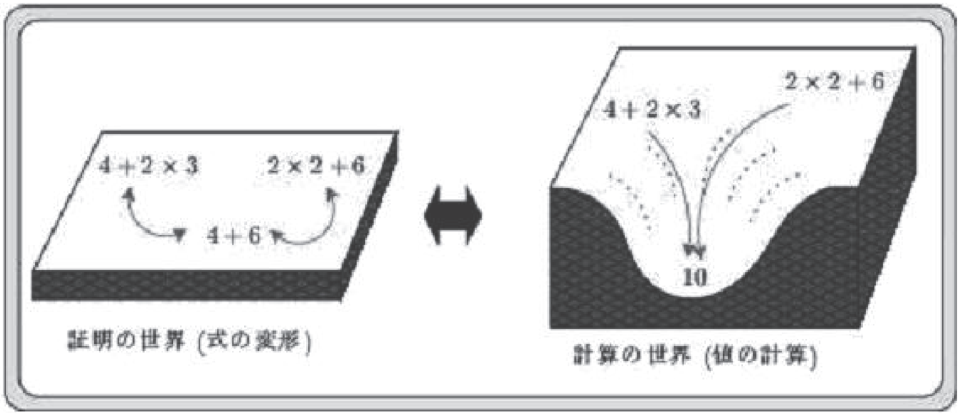
大堀 淳　１９５７年生．１９８１年東京大学文学部哲学科卒業．同年沖電気工業（株）入社．１９８９年ペンシルバニア大学大学院計算機・情報科学科博士課程修了．Ph. D．その後，英国王立協会特別研究員（グラスゴー大学），沖電気工業（株）関西総合研究所特別研究室長，京都大学数理解析研究所助教授，北陸先端科学技術大学院大学教授を経て，２００５年４月より東北大学電気通信研究所教授．プログラミング言語およびデータベースの基礎研究に従事．１９９６年第１０回日本ＩＢＭ科学賞受賞．

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] Atsushi Ohori, Katsuhiro Ueno, Kazunori Hoshi, Shinji Nozaki, Takashi Sato, Tasuku Makabe, Yuki Ito. SML# in Industry: A Practical ERP System Development. In Proceedings of The 19th ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming, 2014.
[2] Katsuhiro Ueno, Yutaka Fukasawa, Akimasa Morihata, Atsushi Ohori. The Essence of Ruby. In: Programming Languages and Systems, 12th Asian Symposium, APLAS 2014, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8858, pp. 78-98, 2014.
[3] 遠藤誠典，百足勇人，森畑明昌，上野雄大，大堀淳．変数参照関係を用いた関数型プログラムのコードリーディング支援．コンピュータソフトウェア, 32(1), pp.1_194-212, 2015.

コンピューティング情報理論研究室

計算と証明の融合によるソフトウェア構成原理



コンピュータが扱う多くの問題では『証明の世界』と『計算の世界』の間に自然な結び付きがあります。この結び付きをうまく用いることによって、専門知識のない人でも簡単に利用できる自動証明システムやプログラミングシステムが実現できます。

コンピューティング情報理論研究分野　教　授　外山　芳人
コンピューティング論理システム研究分野　准教授　青戸　等人

＜研究室の目標＞

本研究室では、証明と計算を融合した新しいソフトウェアの構成原理について研究している。ソフトウェアの形式的開発や検証では、ソフトウェアの効率のみでなく、その論理的な正当性も問題となる。書き換えシステムを基礎とした計算・証明モデルは、証明の世界と計算の世界を統一的な枠組みで取り扱えるため、新しい構成原理に基づくソフトウェアの実現が可能である。我々は、書き換えシステムに基づく関数型言語を対象に、与えられたプログラムから効率的なプログラムへの自動変換、仕様からのプログラム自動合成などの基礎研究を行っている。さらに高階書き換えシステム、プログラムの帰納的性質の自動証明法、関数・論理型言語と定理自動証明システムの融合など、書き換えシステムに基づく計算・証明パラダイムの理論的および実験的研究を進めている。

研究テーマ

（1） 書き換えシステムの基礎理論	（3）関数・論理融合型言語
（2） プログラム検証・変換・合成	（4）定理自動証明システム

＜2014 年度の主な成果＞

1. 合流性自動証明法の研究

項書き換えシステムの永続性と型情報を利用した新しい合流性証明法に基づいて、従来は困難であった非線型項書き換えシステムの合流性自動証明手法を提案した。さらに、本研究室で開発している合流性自動証明システム ACP へ提案手法を組み込み、実験をとおしてその有効性を確認した。

2. 検証のためのプログラム変換の研究

自動検証を目的とした項書き換えシステム自動変換法を提案し，変換の正当性を理論的に証明するととも

に、変換を用いた帰納的定理自動証明法の有効性を実験によって明らかにした。

3. 高階書き換えシステムの研究

束縛変数をもつ高階書き換えシステムである名目書き換えシステムの新しい形式化を行い、その合流性を保証するための十分条件を明らかにするとともに、合流性自動証明手続きの実装と実験を行った。

＜職員名＞

教　授　外山　芳人（2000 年 4 月より）
准教授　青戸　等人（2003 年 1 月より）
助　教　菊池健太郎
秘　書　寒河江香子

＜プロフィール＞

外山　芳人　1952 年生。1977 年東北大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年、日本電信電話公社（現 NTT）武蔵野電気通信研究所入所。1991 年 NTT コミュニケーション科学研究所　主幹研究員。1993 年北陸先端科学技術大学院大学　情報科学研究科　教授。2000 年より東北大学　電気通信研究所　教授。この間、プログラム理論、定理自動証明の基礎研究に従事。1997 年第 11 回日本 IBM 科学賞受賞。

青戸　等人　1969 年生。1997 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年、同大学情報科学研究科助手、1998 年群馬大学工学部助手、2003 年東北大学電気通信研究所講師。2004 年同助教授。2007 年より同准教授。博士(情報科学)。書き換えシステム、定理自動証明、ソフトウェア基礎の研究に従事。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1]佐藤洸一, 菊池健太郎, 青戸等人, 外山 芳人,項書き換えシステムの変換を利用した帰納的定理自動証明, コンピュータソフトウェア, Vol.32, No.1, pp.179-193, 2015.

[2]Kentaro Kikuchi , Takafumi Sakurai , A Translation of Intersection and Union Types for the λμ-Calculus, In Proceedings of the 12th Asian Symposium on Programming Languages and Systems, LNCS 8858, pp.120-139, 2014.

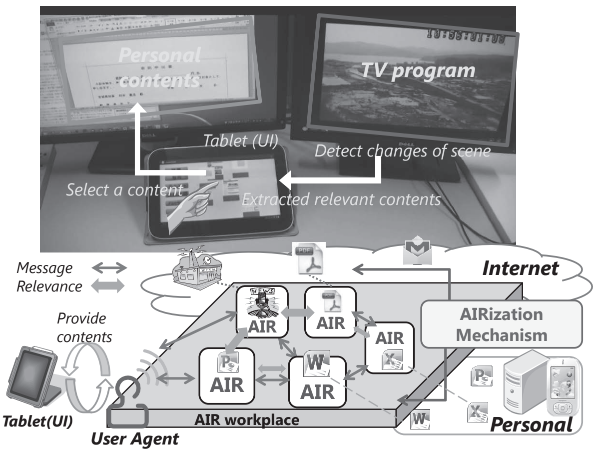
[3]Takahito Aoto , Sorin Stratulat , Decision procedures for proving inductive theorems without induction , In Proceedings of 16th International Symposium on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP 2014), Canterbury, UK, September 2014, pp.237-248, ACM Press.

[4]中嶋辰成, 青戸等人, 外山芳人 , 書き換え帰納法に基づく帰納的定理の決定可能性 , コンピュータソフトウェア, Vol.31, No.3, pp.294-306, 2014.

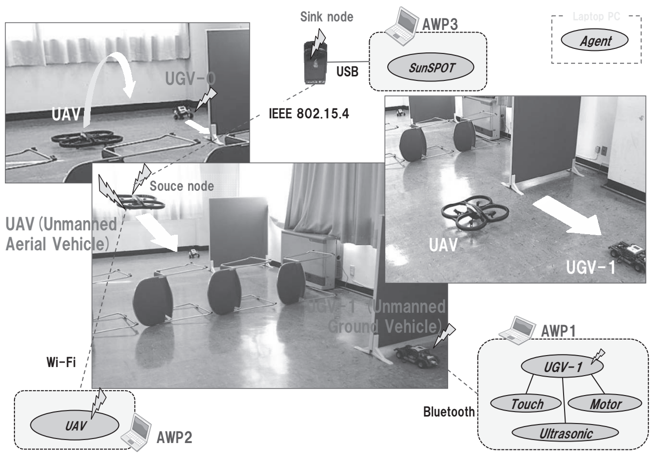
[5]Takahito Aoto, Yoshihito Toyama and Kazumasa Uchida, Proving confluence of term rewriting systems via persistency and decreasing diagrams, Proceedings of Joint 25th International Conference on Rewriting Techniques and Applications and 12th International Conference on Typed Lambda Calculi and Applications (RTA-TLCA 2014), Vienna, Austria, LNCS 8560, pp.46-60, 2014.

コミュニケーションネットワーク研究室

人間とシステムの協働とコミュニケーションの支援



能動的情報資源による利用者指向情報提供システム



マルチエージェントによるIoTデバイスの連携

インテリジェントコミュニケーション研究分野　教授　木下 哲男
インテリジェントネットワーク研究分野　准教授　北形 元

＜研究室の目標＞

社会の隅々まで浸透してきた様々なネットワークシステム、及び、これらをもとに構築される各種システムは、人々の日常生活や仕事を支援し、新しいライフスタイルや社会を生み出す上で重要な役割を担うシステムとして期待されている。本研究室では、その実現に向けた基礎から応用に至る研究に取り組む。

＜2014 年度の主な成果＞

１．耐災害 ICT ユニットのための知識型管理運用支援

耐災害ネットワークシステムにおいて、動的に配置される複数の ICT ユニットを対象とした管理手法を開発した。特に、ネットワークやサーバの稼働状況を検出し、拠点 ICT ユニット間の接続や提供されるサービスの変化に対して自律的に追従可能な管理運用方式を提案し、有効性を確認した。

２．異種コンテンツの自律的連携機構を適用した利用者指向情報提供システム

利用者の要求や状況に応じて、様々な情報コンテンツ群が能動的情報資源として連携し、情報提供を行うための連携機構に関する研究開発を行い、コンテンツを能動的情報資源として生成するための仕組みと能動的情報資源の関連性およびライフサイクルを考慮した連携機構の開発を行った。

３．マルチエージェントに基づくセンサ管理基盤と IoT デバイスの連携方式

分散環境上の多種多様なセンサを管理する基盤とセンサや家電、ロボットなどを含めた IoT

(Internet of Things)デバイス群の連携方式、センサ管理基盤のエージェントと連携する IoT デバイスのエージェント化方式を開発し、プロトタイプシステムを用いた実験により有効性を確認した。

＜職員名＞

教　授　木下 哲男（2010 年より）
准教授　北形　 元（2012 年より）
助　教　高橋 秀幸（2011 年より）、笹井 一人（2012 年より）
事務補佐員　今野 亜未

＜プロフィール＞

木下 哲男　1979 年 3 月 東北大学大学院工学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。同年 4 月 沖電気工業（株）入社。1996 年 8 月 東北大学電気通信研究所助教授。2001 年 4 月 同大情報シナジーセンター教授。2010 年 4 月 電気通信研究所教授。現在に至る。工博（1993 年 3 月・東北大学）。知識工学、エージェント工学、知識応用システム・エージェント応用システムなどの研究開発に従事。情報処理学会平成元年度研究賞 (1989 年)および平成 8 年度論文賞 (1997 年)、電子情報通信学会平成 13 年度業績賞 (2001 年)、東北総合通信局長表彰 (2004 年)、INTELEC2009 Outstanding Paper Award (2009 年)など受賞。電子情報通信学会および情報処理学会フェロー。

北形　元　2002 年 3 月 東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。同年 4 月、東北大学電気通信研究所助手。2007 年 5 月 同准教授。現在に至る。博士（情報科学）。エージェント指向コンピューティング、やわらかい情報システム、インテリジェントネットワークの研究に従事。平成 13 年度電子情報通信学会学術奨励賞。平成 18 年度 情報処理学会山下記念研究賞。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] 南野謙一, 田村亘, 木下哲男, "大学全入時代の多様な学生を対象とした研究活動支援のための協調的な学習方式," 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J97-D, No.5, pp.914-922, May 2014.

[2] W. Wei, A. Takahashi, T. Kinoshita, "Design and Evaluation of Energyconsumption-aware Evolutional Agent System for Portable Devices," Journal of Information Processing, No.22, Vol.4, pp.660–668, Oct. 2014.

[3] K. Sasai, "A Review of Morphological Computation from a Perspective of Hetearchy," In Helmut Hauser, Rudolf M. Füchslin, Rolf Pfeifer (eds.), Opinions and Outlooks on Morphological Computation, ISBN 978-3-033-04515-6, 2014.

[4] G. Kitagata, Y. Karakama, T. Ito, H. Takahashi, K. Sasai, T. Kinoshita, "An Automatic VLAN Discovery Method based on IP Subnet Estimation," Proc. of International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), pp.11-18, Aug. 2014.

[5] K. Sasai, Y.-P. Gunji, T. Kinoshita, "Heterarchical Interaction Model for Auction-based Multiagent Negotiation Mechanism," The 2014 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT2014), Aug. 2014.

[6] K. Sasai, H. Takahashi, G. Kitagata, T. Kinoshita "AIR-space: Cognitive Cooperation Space for Active Information Resources based Network Management System," Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.482-489, Aug. 2014.

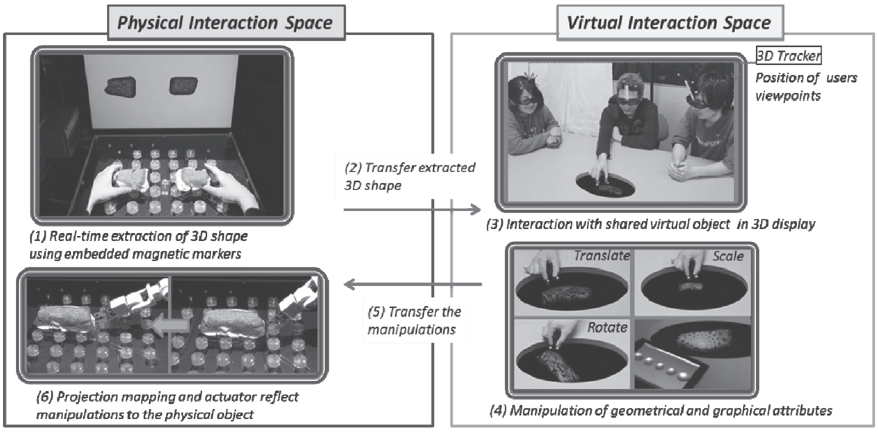
[7] L. Sinapayen, K. Nakamura, K. Nakadai, H. Takahashi, T. Kinoshita "Sound Source Localization with an Autonomous Swarm of Quadrocopters," Proc. of the workshop on Modular and Swarm Systems - from Nature to Robotics of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2014), Sep. 2014.

[8] Y. Hachiya, S. Kotato, H. Takahashi, T. Kinoshita "Cooperation Mechanism of Heterogeneous Contents in User-Oriented Information Delivery System," Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.24-25, Oct. 2014. (Outstanding Student Paper Award)

[9] T. Kinoshita, H. Takahashi, K. Sasai, G. Kitagata, "User-Oriented Information Delivery System Using Active Information Resources," Advanced and Applied Convergence Letters (AACL 03), pp.240-243, Nov. 2014.

情報コンテンツ研究室

インタラクティブコンテンツを実現する技術の研究開発



Coupled-Clay: 実物体を用いた遠隔地間遠隔協調作業システム

インタラクティブコンテンツ研究分野　教　授　北村 喜文

＜研究室の目標＞

コンテンツは，私たちの生活を豊かにしてくれる．その中でも，人とのやりとりによって提供されるインタラクティブコンテンツは，利便性や快適性だけではなく，感動や幸せな気持ちや喜びなど，さまざまなポジティブな要因を与えてくれるため，最近，さまざまな場面で利用される機会が増えてきている．さらに，コンテンツは必ずしも 1 人で利用するものではなく，複数の人との作業で利用したり，皆で一緒に楽しんだりする事も多くある．またその質は，空間的要素にも影響を受ける．そこで，人，コンピュータ上のコンテンツ，入出力装置やインタラクションに加えて，それらを取り巻く空間までも考慮して，インタラクティブコンテンツに関する研究を進めている．

＜2014 年度の主な成果＞

１．　メディア空間とコミュニケーション

情報コンテンツの提示と対人コミュニケーションの質との間の関係を調べるため、様々なセンサデバイスと，壁面や床ディスプレイ，自律移動ディスプレイ等によって構成されるメディア空間を試作し，実験を行っている．本年は特に，複数の自律移動インタラクティブデジタルテーブルを新たに開発し，その有効性を検証した[1]．

２．　インタラクティブで柔軟な情報表示

多くの写真を同時にインタラクティブかつ動的に表示することができるインタフェースを試作し，評価実験を行った[2]．

３．　積木型ユーザインタフェース

加速度センサを内蔵した積木システムを試作し，それを用いた遊びの最中の積木の動きを解析することで，子供のストレス軽減効果の検討を行った[3]．

４． ディスプレイと 3 次元インタラクション

壁面やテーブルなど複数のディスプレイをシームレスにつないで利用するジェスチャインタフェースを提案し，評価実験を行った[4]．また，実物体を用いた遠隔地間遠隔協調作業システムを試作した[5]．

＜職員名＞

教　授　北村 喜文
助　教　高嶋 和毅

＜プロフィール＞

北村 喜文　1987 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了．同年キヤノン株式会社情報システム研究所，1992 年 ATR 通信システム研究所，1997 年大阪大学大学院工学研究科助教授，2002 年同大学大学院情報科学研究科助教授／准教授．2010 年東北大学電気通信研究所教授，現在に至る．博士（工学）．1997 年電子情報通信学会論文賞，2006 年日本バーチャルリアリティ学会貢献賞，2007 年日本バーチャルリアリティ学会論文賞，2008 年情報処理学会インタラクション ベストペーパー賞などを受賞．3 次元ユーザインタフェース，バーチャルリアリティ，エンタテインメントコンピューティング，インタラクティブコンテンツなどの研究に従事．日本バーチャルリアリティ学会フェロー．

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] 浅利 勇佑, 坂本 登, 高嶋 和毅, 横山ひとみ, エフッド シャーリン, 北村 喜文, 自律移動型インタラクティブデジタルテーブルの設計と評価, インタラクション 2015, pp. 54-63, 2015 年 3 月.

[2] Chi Thanh Vi, Kazuki Takashima, Hitomi Yokoyama, Gengdai Liu, Yuichi Itoh, Sriram Subramanian, Yoshifumi Kitamura, A dynamic flexible and interactive display method of digital photographs, Entertainment Computing, Volume 5, Issue 4, pp. 451-462, November 2014.

[3] 細井 俊輝, 佐藤 裕美, 高嶋 和毅, 伊藤 雄一, 足立 智昭, 北村 喜文, 加速度センサを用いた積み木による子供のストレス軽減効果に関する一検討, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 16, No. 4, pp. 91-96, 2014 年 7 月.

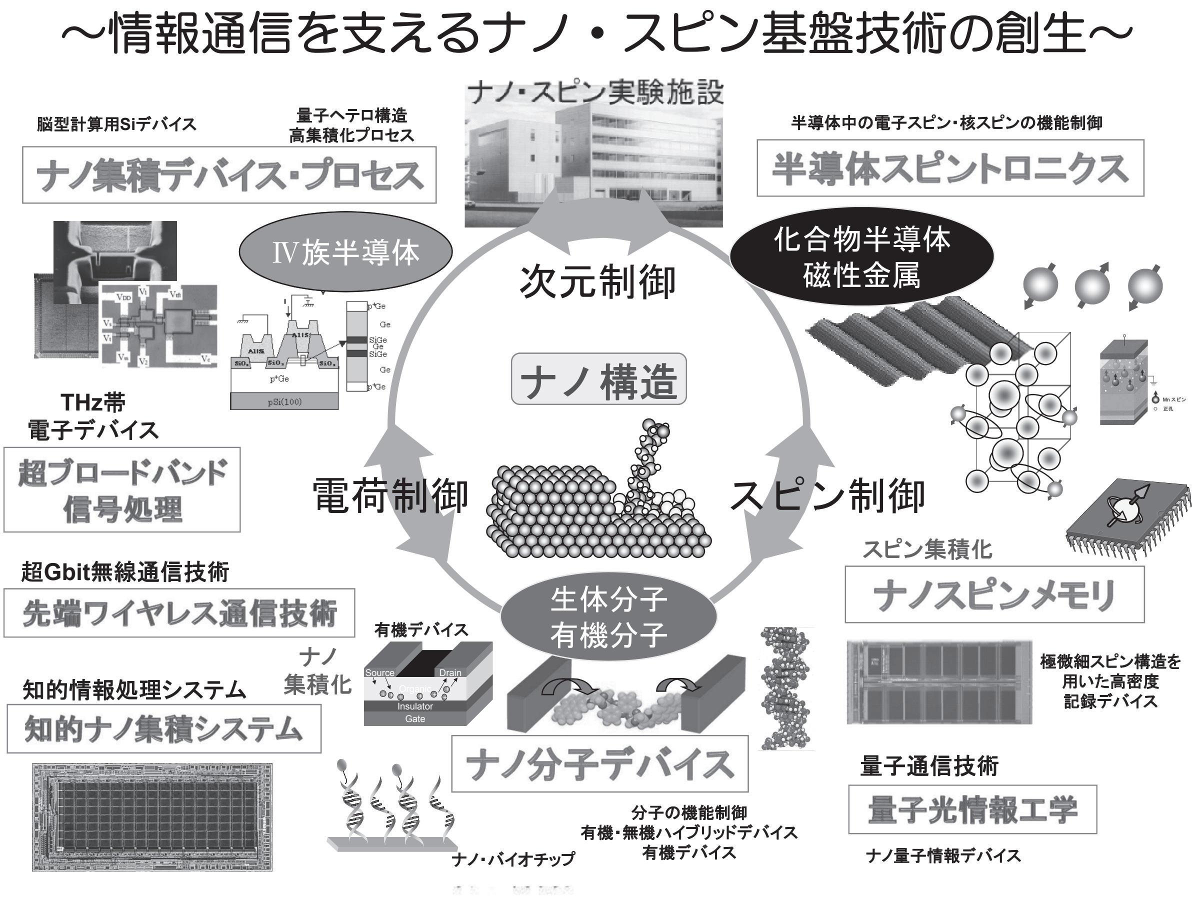
[4] 高嶋 和毅, 深澤 遼, ガース シューメイカー, 伊藤 雄一, 北村 喜文, シームレスに統合された複数ディスプレイ環境におけるジェスチャインタフェースの比較，電子情報通信学会論文誌，Vol.J97-D No.7, pp.1166-1176, 2014 年 7 月.

[5] Kasim Ozacar, Takuma Hagiwara, Jiawei Huang, Kazuki Takashima, Yoshifumi Kitamura, Coupled-Clay: Physical-Virtual 3D Collaborative Interaction Environment, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2015, March 2015.

３．５　ナノ・スピン実験施設の目標と成果

「ナノ・スピン実験施設」は、本研究所附属研究施設として平成１６年４月１日に設置された。その目的は、情報通信を支えるナノエレクトロニクス・スピントロニクス基盤技術を創生することにある。これを実現するため、「ITプログラムにおける研究開発推進のための環境整備」によって整備されたナノ・スピン総合研究棟とその主要設備を用いて、本研究所および本所と密接な関係にある本学電気・情報系の各研究分野と共にナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピンを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究開発を進め、さらに全国・世界の電気通信分野の研究者の英知を結集した共同プロジェクト研究を推進する。

現在、ナノ・スピン総合研究棟では、「ナノ・スピン実験施設」が推進するナノ集積デバイス・プロセス、半導体スピントロニクス、ナノ分子デバイスの各基盤技術を担当する施設研究室と施設共通部、及び知的ナノ集積システム研究室、量子光情報工学研究室、超ブロードバンド信号処理研究室が入居し連携して研究を進めている。これらの陣容で、上記基盤技術を創生し、ナノエレクトロニクス・スピントロニクスにおける世界のCOEとなることを目標としている。



以下に、施設研究部と利用研究室の平成 26 年度の研究成果のハイライトを記す。

ナノ集積基盤技術関連

● ナノ集積デバイス・プロセス（佐藤茂雄・櫻庭政夫）

(1) 量子ナノデバイスの実現を目的として、単一原子を操作しうる水素レジストを用いた STM リソグラフィーに関する研究を行った。溶存酸素濃度を低減した NH4F 水溶液により水素終端された Si 表面において、STM 探針からの電子注入により水素脱離を確認した。その結果、バイアス電圧 3.1V 以上で水素脱離が引き起こされること、注入電流と脱離面積が比例することなどを明らかにした。

(2) 基板非加熱 ECR プラズマ CVD による Si(100)上への歪 SiGe 混晶のエピタキシャル成長について実験研究を進め、Ge 比率とともに増加する SiH_4 と GeH_4 の反応速度定数は、原料ガス分圧領域によって増加傾向がことなることを見いだした。また、これまでより原料ガス分圧を小さくすることにより、X 線回折ピーク強度の増大とともに明瞭なフリンジ状の干渉模様が観察され、表面・界面の平坦性・急峻性を有する Si／歪 SiGe 混晶／Si ヘテロ構造のエピタキシャル成長が可能なことがわかった。

(3) 運動立体視による空間認識システムの構築を目的として、その第一ステップである局所運動検出を行う LSI を設計した。スループット向上のために 3 段パイプラインを構築し、動作周波数 100 MHz でフレームレート 70 fps が得られることを RTL (Register Transfer Level)シミュレーションにより確認した。

● 知的ナノ集積システム（中島康治）

(1) 提案した高速数値解析を実現する逆関数ゼロ遅延ニューロモデルと DS-Net との組み合わせにより、それを TSP-LIB 中の問題に適用して 51 都市問題までの解析に成功した。また QAP へも適用しこの問題に対しても 100%の正解率を達成した。(2) 逆関数ゼロ遅延モデルを逆伝搬学習に適用して高い成功率を実現し、それが学習時における極小値からの脱出に相当することを解析的に示した。(3)超伝導量子干渉デバイスによるシュミッドトリガーインバーターを構成し、その動作特性を実測により確認した。

半導体スピントロニクス基盤技術関連

● 半導体スピントロニクス（大野英男）

固体中のスピンと電荷の自由度を使った省エネルギかつ高機能なスピントロニクス素子への応用を目的として研究を行い、以下の成果を得た。(1) 強磁性半導体(Ga,Mn)As に Li を共添加することにより格子位置 Mn の固溶度を上昇させ、これ迄で最高の磁化の大きさを持つ(Ga,Mn)As を作製した。(2) 強磁性半導体(Ga,Mn)Sb の電気伝導率とホール伝導率の関係は(Ga,Mn)As のものと異なることを明らかにした。(3) 直径 40 nm の垂直磁化容易 CoFeB-MgO 磁気トンネル接合(MTJ)において、2 段パルスによる電界と電流を併用することによる高速・低消費電力・信頼性の高い磁化反転手法を提案・実証した。(4) CoFeB/MgO/CoFeB 構造を有する直径 35 nm から 100 nm の微細 MTJ の磁気特性を強磁性共鳴法により調べ、見かけのダンピング定数が素子の微細化ともに増大することを示した。(5) 世界最小となる直径 11 nm までの 2 重 CoFeB-MgO 界面を有する垂直磁化容易磁気トンネル接合の熱安定性と閾値電流のサイズ依存性を明らかにした。(6) 幅 20 nm までの磁壁移動素子において、素子の不揮発性を維持しながら微細化によって書き込み動作特性を向上させられることを実証した。

・連携研究

1. 文部科学省「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の委託研究である「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術開発」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) MgO-CoFeB-Ta 構造において、CoFeB 膜厚、Ta 膜厚、熱処理条件により、CoFeB 中の B 組成を制御することで、CoFeB 膜の磁気特性を制御できることを明らかにした。(2) Ta/CoFeB/MgO 接合において、エックス線磁気円二色性を用いて Fe と Co それぞれの磁気異方性への寄与を調べ、垂直磁気異方性は接合界面の Fe が担っていることを明らかにした。(3) CoFeB/MgO/CoFeB 構造を有する直径 40 nm の垂直 MTJ の磁気異方性の直流バイアス電圧依存性を電界誘起強磁性共鳴により調べ、電界による磁気異方性変調は界面磁気異方性の変調によるものであることを示し、その変調量を決めた。(4) Ta/CoFeB/MgO を含む電界効果素子のゲート電圧印加下での磁気特性をマイクロ波磁界誘起の強磁性共鳴により調べ、電界による磁気異方性変調は界面磁気異方性の変調によるものであるという(3)と同様の結果を得た。

2. 内閣府「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」の委託研究である「スピントロニクス集積回路を用いた分散型 IT システム」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) CoFeB-MgO 細線における電流および磁界誘起の磁壁クリープを測定し、電流と磁界の場合で異なる Universality class に属することを明らかにした。(2) 2 重 CoFeB-MgO 界面構造を有する垂直磁化容易磁気トンネル接合において、半導体標準後工程で必要となる 400 度の熱処理耐性の実証に成功した。

● 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一･末光哲也･ステファン ボーバンガトンペット）

1. 超ブロードバンドデバイス・システム研究分野

ミリ波・テラヘルツ帯での動作が可能な新規電子デバイスおよびそのシステムを研究する。具体的には、半導体ヘテロ接合構造やグラフェンに発現する 2 次元プラズモン共鳴を利用した新しい動作原理のテラヘルツ帯レーザーや高速トランジスタの創出を目指す。さらに、これら世界最先端の超ブロードバンドデバイス・回路を応用して、超高速無線通信や安心･安全のための新たな計測技術の開発を進めている。

2. 極限高速電子デバイス研究分野

本研究分野では、キャリア輸送特性に優れた半導体材料に微細加工技術を駆使してトランジスタ性能の極限高速化を追求する。具体的には、ミリ波・テラヘルツ波帯動作のトランジスタ実現をめざして、高い電子移動度が実現できるインジウム砒化ガリウム（InGaAs）系材料や、高い電子飽和速度が期待される窒化ガリウム（GaN）系材料によるヘテロ接合型電界効果トランジスタおよびそれらを用いた集積回路の開発を推進している。

3. 超ブロードバンド・デバイス物理研究分野

III-V 化合物ヘテロ構造やグラフェンにおけるプラズモン関連現象の理論的・実験的研究を行い、将来の情報通信・計測システムへ応用可能なミリ波・テラヘルツ帯プラズモンデバイスの創出を目指す。

● 量子光情報工学（枝松圭一・三森康義）

1. 量子測定における誤差と擾乱の不確定性関係の実験的検証

量子測定における、ある物理量の測定誤差と他の物理量の擾乱との間の不確定性関係は、量子論の本質的性質であるのみならず､量子計測､量子通信への応用上も重要な意味をもつ。

本研究室では、光子の偏光の一般化測定における誤差・擾乱の不確定性関係を検証する実験研究を行い、ハイゼンベルクの誤差・擾乱の関係式が破れ、近年新たに提唱された関係式（小澤の不等式およびブランシアードの不等式）が成立していることを明らかにした。また、ハイゼンベルクの不等式の成立条件について検証した。

2. 半導体量子ドットの超高速コヒーレント制御

半導体量子ドット中の電子状態のラビ振動によるコヒーレント制御法の開発は量子情報処理を目指す固体デバイスを実現する上で必要不可欠な技術開発である。本年度は、単一量子ドット中の励起子分極に対して共鳴発光を測定することにより、励起子ラビ振動を観測し、量子ドットの新しい光学効果である局所電場効果を観測した。

ナノ分子デバイス基盤技術関連

● ナノ分子デバイス（庭野道夫）

1. 有機・無機ハイブリッド型ナノ構造体の形成と太陽電池への応用

新しく開発した溶剤蒸気雰囲気下塗布法により、無機ナノチューブ構造体の中に多層有機薄膜構造を形成することに成功した。この構造体を太陽電池に応用することにより短絡電流とシリーズ抵抗を大幅に改善できた。（Mater. Res. Express 誌に発表）。このハイブリッドナノ構造形成法は、太陽電池ばかりでなくコンデンサや各種センサにも応用可能である。

2. 電気化学有機トランジスタ（OECT）の特性向上に関する研究

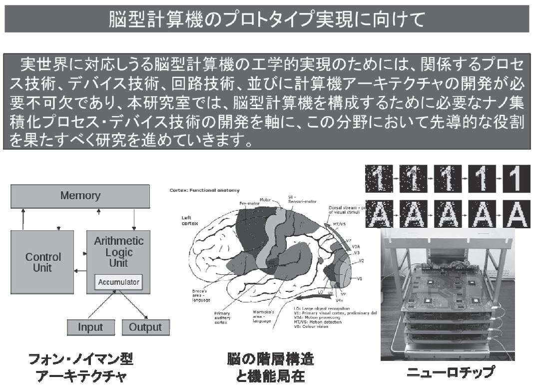
有機ポリマーP3HT とイオン液体からなる電気化学有機トランジスタを作製し、P3HT 薄膜形成時のアニーリング温度とアニーリング遍歴が薄膜の結晶性とトランジスタの特性に与える影響を詳細に調べた。アニーリング温度を P3HT のガラス点付近まで上げ、更に冷却速度を下げることにより、P3HT 薄膜の結晶性が良くなり、P3HT OECT の特性も向上することが分かった。（ECS 226th meeting で発表）

3. 視覚野神経回路におけるシナプス組織化に関する研究

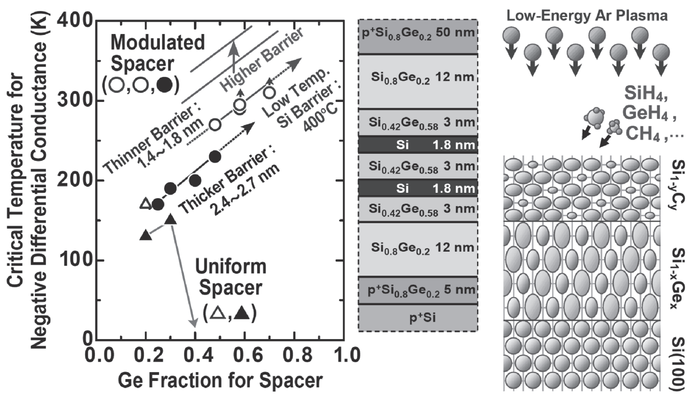
フィードフォワード、フィードバック結合を含んだ視覚系神経回路のモデルを構築し、臨界期の開始と終了がどちらもフィードフォワード結合の発達によりもたらされることを示した。フィードバック結合は臨界期の開始や終了に関わらない細胞に関連があることを示した。単眼遮蔽のシミュレーションによりフィードフォワード結合が大きくなるほど結合強度の大小関係の逆転が起こらなくなることとその原因を発火統計から示し、臨界期の終了の原因がフィードフォワード結合の発達によることを示した。これらの成果は一次視覚野のみならず神経回路の発達の研究を考える上で有用な考えとなり、神経科学の発展に大いに寄与するものと期待される。（Neurocomputing 誌に発表）

ナノ集積デバイス・プロセス研究室

従来技術の限界を打ち破るナノ集積化技術の研究



脳型計算機のプロトタイプ実現に向けて



量子ヘテロ構造高集積化プロセスの構築に向けて

ナノ集積デバイス研究分野　教　授　佐藤 茂雄
量子ヘテロ構造高集積化プロセス研究分野　准教授　櫻庭 政夫

＜研究室の目標＞

従来の高速性や大容量性に加え、低炭素社会実現へ向けた低消費電力性や災害時でも動作するロバスト性など多様な要求に対応できる次世代情報通信基盤技術の開発に向けて、3 次元ナノプロセス技術を駆使したシリコン系半導体デバイスの高機能・高性能化と、それらを用いた大規模集積回路の実現が重要な課題である。デバイスの高機能・高性能化においては、新材料や立体構造を導入した新トランジスタ素子・新メモリ素子の開発、量子効果など新しい原理によって動作する新原理動作デバイスの開発、これらに必要な 3 次元プロセス技術の開発を進める。併せて、3 次元集積化実装技術の開発、アナ・デジ混在ディペンダブル大規模集積回路の実現、非ノイマンアーキテクチャの実現に取り組む。

現在の具体的な研究課題として、ナノ集積デバイス研究分野では、不揮発性メモリと乗算機能を有するシナプスデバイスの開発、自励機能などを有する高機能ニューロン回路の設計・製作、3 次元実装されたトポロジー可変型ニューラルネットワークの開発、並びに脳型計算機プロトタイプ実現を当面の目標とする。併せてこれらの製作に必要な各種プロセス技術、各種デバイス技術の確立を図る。また、量子ヘテロ構造高集積化プロセス研究分野では、低損傷基板非加熱プラズマ CVD 表面反応などを駆使してナノメートルオーダ極薄領域における高度歪ヘテロ構造形成の原子精度制御を可能にするとともに、量子現象を含めた電荷の移動現象を学問的に体系化し、新規電子物性を探索する。同時に、IV 族半導体量子ヘテロナノ構造において顕在化する量子現象を制御し、Si 集積回路への大規模集積化が可能な IV 族半導体の量子ヘテロ構造および高性能ナノ構造デバイスの実現を図る。

＜2014 年度の主な成果＞

1. ナノ集積デバイス

量子ナノデバイスの実現を目的として、単一原子を操作しうる水素レジストを用いた STM リソグラフィーに関する研究を行った。溶存酸素濃度を低減した NH4F 水溶液により水素終端された Si 表面において、STM 探針からの電子注入により水素脱離を確認した。その結果、バイアス電圧 3.1V 以上で水素脱離が引き起こされること、注入電流と脱離面積が比例することなどを明らかにした。また、運動立体視による空間認識システムの構築を目的として、その第一ステップである局所運動検出を行う LSI を設計した。スループット向上のために 3 段パイプラインを構築し、動作周波数 100 MHz でフレームレート 70 fps が得られることを RTL (Register Transfer Level)シミュレーションにより確認した。

2. 量子ヘテロ構造高集積化プロセス

基板非加熱 ECR プラズマ CVD による Si(100)上への歪 SiGe 混晶のエピタキシャル成長について実験研究を進め、Ge 比率とともに増加する SiH4 と GeH4 の反応速度定数は、原料ガス分圧領域によって増加傾向がことなることを見いだした。また、これまでより原料ガス分圧を小さくすることにより、X 線回折ピーク強度の増大とともに明瞭なフリンジ状の干渉模様が観察され、表面・界面の平坦性・急峻性を有する Si／歪 SiGe 混晶／Si ヘテロ構造のエピタキシャル成長が可能なことがわかった。

＜職員名＞

教　授　佐藤 茂雄（2012 年より）
准教授　櫻庭 政夫（2002 年より）
助　教　佐藤 信之（2014 年より）
助　教　秋間 学尚（2013 年より）

＜プロフィール＞

佐藤 茂雄　1989 年 3 月　東北大学工学部電子工学科卒業。1994 年 12 月　同大学院情報科学研究科システム情報科学専攻博士後期課程修了。日本学術振興会特別研究員を経て、1996 年 4 月　同大電気通信研究所助手。2002 年 10 月　同大電気通信研究所助教授。2007 年 4 月　同准教授。2012 年 4 月　同教授、現在に至る。脳型計算機や量子計算機に関する研究に従事。IEICE 論文賞受賞（2000 年）、石田記念財団研究奨励賞受賞（2005 年）。

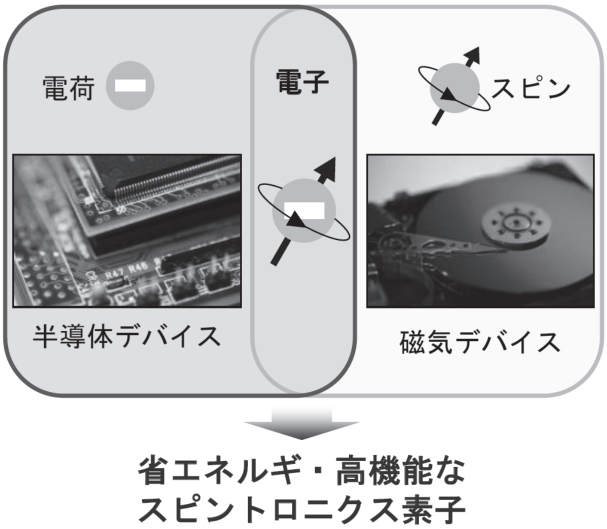
櫻庭 政夫　1990 年 3 月　東北大学工学部電気工学科卒業。1995 年 3 月　同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士後期課程修了。1995 年 4 月　同大電気通信研究所助手。2002 年 8 月　同大電気通信研究所助教授。2007 年 4 月　同准教授、現在に至る。IV 族半導体高度歪量子ヘテロ構造の高集積化プロセスの研究に従事。固体素子材料（SSDM）国際会議 Young Researcher Award 受賞（1992 年）、第 12 回トーキン科学技術振興財団研究奨励賞受賞（2002 年）。

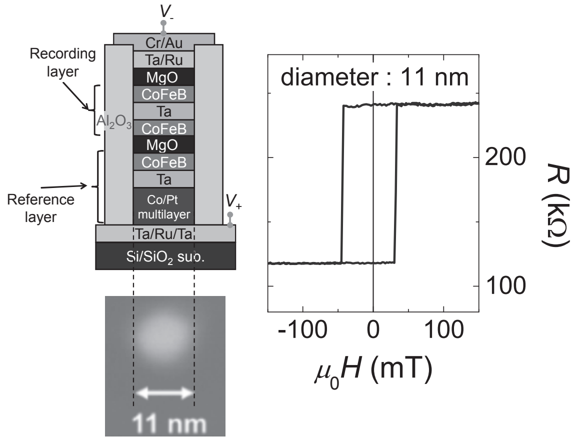
＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] “Epitaxial Growth of B-Doped Si on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition in a SiH4-B2H6-H2 Gas Mixture without Substrate”, Y. Abe, M. Sakuraba and J. Murota, Thin Solid Films, 557, 10-13, 2014.
[2] “Measurement of large low-order aberrations by using a series of through-focus Ronchigrams”, H. Akima, T. Yoshida, Microscopy, 63, 325-332, 2014.
[3] "Izhikevich neuron circuit using stochastic logic", S. Sato, H. Akima, K. Nakajima, M. Sakuraba, Electronics Letters, 50, 1795-1797, 2014.

半導体スピントロニクス研究室

スピントロニクスを用いた省エネルギ・高機能な素子の創生





世界最小(直径 11 nm)の MTJ の模式図と走査型電子顕微鏡像、およびその素子動作特性。(文献 5)

スピン機能工学研究部　　　　　　教　授　大野 英男

＜研究室の目標＞

固体中のスピンと電荷の自由度を使った省エネルギかつ高機能なスピントロニクス素子への応用を目的として、半導体、磁性半導体、金属磁性体におけるスピン現象、及びそれらを利用した新規スピントロニクス素子の創生に関する研究を行っている。具体的には、分子線エピタキシやスパッタリング法を用いたスピントロニクス材料や構造の作製、電界や電流を用いた磁化反転などのスピン機能物性の評価と理解、それらを利用した新規スピントロニクス素子の開発、そしてスピントロニクス素子を利用した種々の集積回路応用に関する研究を進めている。

＜2014 年度の主な成果＞

- 強磁性半導体(Ga,Mn)As に Li を共添加することにより格子位置 Mn の固溶度を上昇させ、これ迄で最高の磁化の大きさを持つ(Ga,Mn)As を作製した(文献[8])。また、強磁性半導体(Ga,Mn)Sb の電気伝導率とホール伝導率の関係は(Ga,Mn)As のものと異なることを明らかにし(文献[7])、磁性半導体の物性の理解が深まった。
- 世界最小となる直径 11 nm までの 2 重 CoFeB-MgO 界面を有する垂直磁化容易磁気トンネル接合(MTJ)の熱安定性と閾値電流のサイズ依存性を明らかにした(文献[5])。MgO-CoFeB-Ta 構造において、CoFeB 膜厚、Ta 膜厚、熱処理条件により、CoFeB 中の B 組成を制御することで、CoFeB 膜の磁気特性を制御できることを明らかにした(文献[2])。また、CoFeB/MgO/CoFeB 構造を有する直径 35 nm から 100 nm の微細 MTJ の磁気特性を強磁性共鳴法により調べ、見かけの磁気緩和定数が素子の微細化に伴い増大することを示した(文献[3])。さらに幅 20 nm までの磁壁移動素子において、素子の不揮発性を維持しながら微細化によって書き込み動作特性を向上させられることを実証した(文献[4])。不揮発性磁気メモリを構成するこれらの微細スピントロニクス

デバイスの動作原理の解明により、そのメモリ応用・論理集積回路応用に向け大きく前進した。

- Ta/CoFeB/MgO を含む電界効果素子の磁気特性のゲート電圧印加下での変化を強磁性共鳴により調べ、電界による磁気異方性変調は界面磁気異方性の変調によるものであることを明らかにした(文献[6])。また、2 段パルスによる電界と電流を併用することによる高速・低消費電力・信頼性の高い MTJ の磁化反転手法を提案・実証した(文献[1,9])。電界による磁性制御の起源を実験的に明らかにしたことに加え、MTJ の磁化反転において高信頼性と高速性を両立する新規手法を実証した。

＜職員名＞

教　授　大野 英男(1994 年より）
助　教　山ノ内 路彦、金井 駿
研究員　中山 裕康

＜プロフィール＞

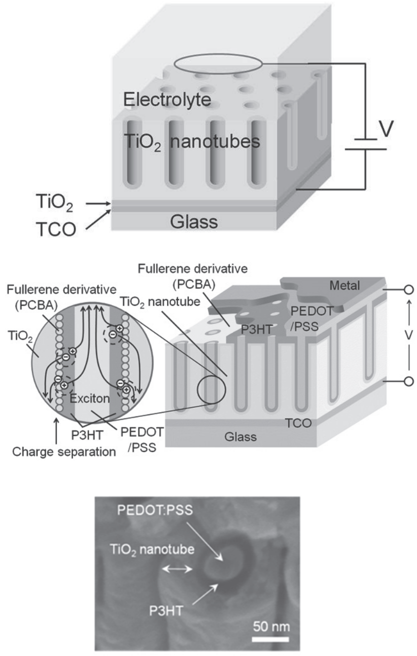
大野 英男　1982 年東京大学工学系研究科電子工学専攻修了。工学博士。1982 年北海道大学講師、1983 年北海道大学助教授、1988-1990 年 IBM T. J. Watson 研究所客員研究員、1994 年より東北大学教授。第 12 回日本 IBM 科学賞、2003 年度 The IUPAP Magnetism Prize、平成 17 年度日本学士院賞、東北大学総長特別賞、The 2005 Agilent Technologies Europhysics Prize、2011 年トムソン・ロイター引用栄誉賞、第 12 回応用物理学会業績賞(研究業績)受賞。The Institute of Physics (IOP) Fellow。中国科学院半導体研究所名誉教授号。応用物理学会フェロー。米国物理学会フェロー。東北大学ディスティングイッシュトプロフェッサー。IEEE Magnetic Society, Distinguished Lecturer for 2009。応用物理学会、日本結晶成長学会、日本物理学会、電子情報通信学会、IEEE、AVS 会員。

＜2014 年度の主な発表論文＞

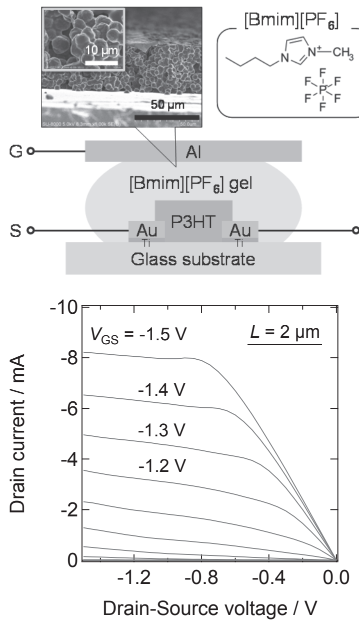
[1] F. Matsukura, Y. Tokura and H. Ohno, "Control of magnetism by electric fields," Nature Nanotechnology **10**, 209 (2015).
[2] K. Watanabe, S. Ishikawa, H. Sato, S. Ikeda, M. Yamanouchi, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Dependence of magnetic properties of MgO/CoFeB/Ta stacks on CoFeB and Ta thicknesses," Japanese Journal of Applied Physics **54**, 04EM04 (2015).
[3] E. Hirayama, S. Kanai, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Ferromagnetic resonance in nanoscale CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions," Journal of Applied Physics **117**, 17B708 (2015).
[4] S. Fukami, M. Yamanouchi, S. Ikeda, and H. Ohno, "Domain Wall Motion Device for Nonvolatile Memory and Logic – Size Dependence of Device Properties," IEEE Transactions on Magnetics **50**, 3401006 (2014).
[5] H. Sato, E.C.I. Enobio, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, S. Kanai, F. Matsukura, and H. Ohno, "Properties of magnetic tunnel junctions with a MgO/CoFeB/Ta/CoFeB/MgO recording structure down to junction diameter of 11nm," Applied Physics Letters **105**, 062403 (2014).
[6] A. Okada, S. Kanai, M. Yamanouchi, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-field effects on magnetic anisotropy and damping constant in Ta/CoFeB/MgO investigated by ferromagnetic resonance," Applied Physics Letters **105**, 052415 (2014).
[7] H.W. Chang, S. Akita, F. Matsukura, H. Ohno, "Electric-field effects on magnetic properties of molecular beam epitaxi grown thin (Ga,Mn)Sb layers," Journal of Crystal Growth **401**, 633 (2014).
[8] S. Miyakozawa, L. Chen, F. Matsukura, and H. Ohno, "Properties of (Ga,Mn)As codoped with Li," Applied Physics Letters **104**, 222408 (2014).
[9] S. Kanai, Y. Nakatani, M. Yamanouchi, S. Ikeda, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Magnetization switching in a CoFeB/MgO magnetic tunnel junction by combining spintransfer torque and electric field-effect," Applied Physics Letters **104**, 212406 (2014).
[10] T. Dietl and H. Ohno, "Dilute ferromagnetic semiconductors: Physics and spintronic structures," Reviews of Modern Physics **86**, 187 (2014).

ナノ分子デバイス研究室

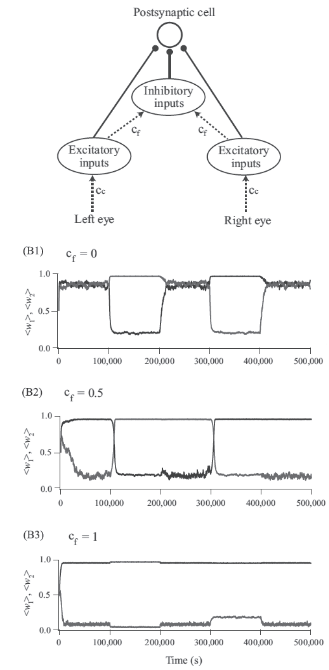
分子情報デバイスの表面・界面のナノスケール制御と新機能デバイスの創製



酸化チタンナノチューブ内の多層有機薄膜構造の形成と有機・無機ハイブリッド型高効率太陽電池。



イオン液体を用いた電気化学有機トランジスタ。有機薄膜のアニーリング処理によりトランジスタの特性が向上。



視覚野神経回路における単眼遮蔽効果解明のためのニューロン回路モデルと単眼遮蔽におけるシナプス結合強度の変化。

ナノ分子デバイス研究分野　教　授　庭野 道夫

＜研究室の目標＞

これまで、デバイスの小型化、高機能化等は、フォトリソグラフィ技術に代表される半導体微細加工技術に支えられてきた。また、近年のナノテクノロジーやバイオテクノロジーの進展は、従来の方法では困難であった、電気的・光学的特徴を有する生体分子や超分子およびナノ構造体の合成・利用を実現可能なものとしている。これらの技術や新規材料を融合することにより、高次情報処理を可能にするナノスケール、分子スケールの様々な電子デバイスの実現を目指す。

＜2014 年度の主な成果＞

１．　有機・無機ハイブリッド型ナノ構造体の形成と太陽電池への応用

新しく開発した溶剤蒸気雰囲気下塗布法により、酸化チタンナノチューブ構造体の中に多層有機薄膜構造を形成することに成功した。この構造体を太陽電池に応用することにより短絡電流とシリーズ抵抗を大幅に改善できた。（Mater. Res. Express 誌に発表）。

この有機・無機ハイブリッドナノ構造形成法は、今後、太陽電池ばかりでなく大容量コンデンサやガスセンサにも応用可能である。

２． 電気化学有機トランジスタ（OECT）の特性向上に関する研究

有機ポリマーP3HT とイオン液体からなる電気化学有機トランジスタを作製し、P3HT 薄膜形成時のアニーリング温度とアニーリング遍歴が薄膜の結晶性とトランジスタの特性に与える影響を詳細に調べた。アニーリング温度を P3HT のガラス点付近まで上げ、更に冷却速度を下げることにより、P3HT 薄膜の結晶性が良くなり、P3HT OECT の特性も向上することが分かった。（ECS 226th meeting で発表）。

３． 視覚野神経回路におけるシナプス組織化に関する研究

フィードフォワード、フィードバック結合を含んだ視覚系神経回路のモデルを構築し、臨界期の開始と終了がどちらもフィードフォワード結合の発達によりもたらされることを示した。フィードバック結合は臨界期の開始や終了に関わらない細胞に関連があることを示した。単眼遮蔽のシミュレーションによりフィードフォワード結合が大きくなるほど結合強度の大小関係の逆転が起こらなくなることとその原因を発火統計から示し、臨界期の終了の原因がフィードフォワード結合の発達によることを示した。これらの成果は一次視覚野のみならず神経回路の発達の研究を考える上で有用な考えとなり、神経科学の発展に大いに寄与するものと期待される。（Neurocomputing 誌等に発表）。

＜職員名＞

教　授　庭野 道夫（1998 年より）

＜プロフィール＞

庭野 道夫　1980 年　東北大学大学院理学研究科博士課程修了. 理学博士. 1980 年　宮城教育大学助手，1986 年　東北大学電気通信研究所助手，1988 年　同助教授，1998 年　同教授，現在に至る．これまで固体光物性，半導体表面物性，半導体材料工学，表面化学の研究に従事．最近の研究課題は，赤外分光による表面物性の研究や分子デバイスの開発研究など．所属学会は，応用物理学会，日本表面科学会，日本物理学会，電気情報通信学会，電気学会.

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] A. Hirano-Iwata, R. Matsumura, R. Tezuka, M. Niwano, T. Bliss, M. Sugawara: “Interference between field excitatory postsynaptic potentials and simultaneously recorded chronoamperometric L-glutamate currents in mouse hippocampal slices”, Electrochemistry Communications **45** (2014) 1-4.

[2] I. Sakurai, S. Kubota, M. Niwano, “A Model for Ocular Dominance Plasticity Controlled by Feedforward and Feedback Inhibition”, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences E97A (2014) 1780-1786.

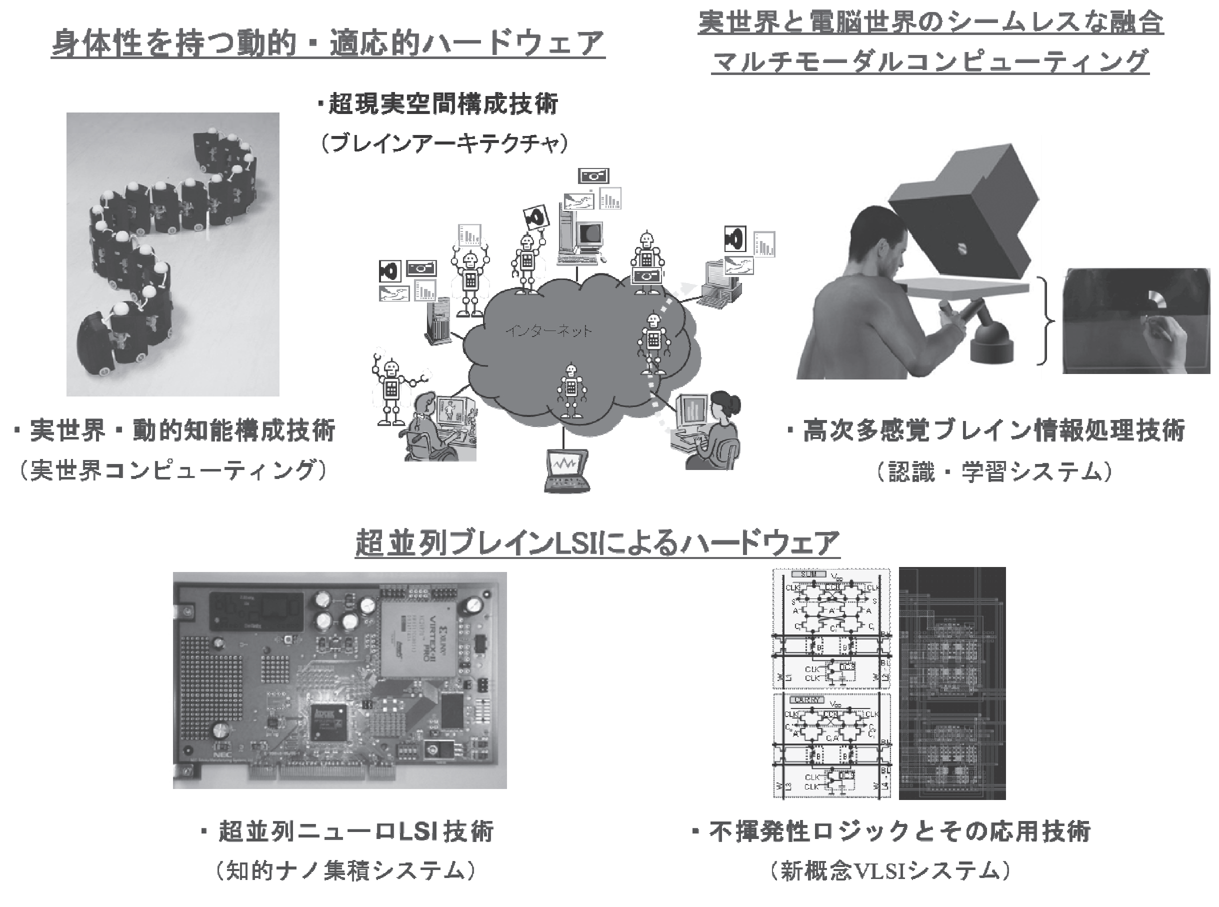
[3] I. Sakurai, S. Kubota, M. Niwano, “The onset and closure of critical period plasticity regulated by feedforward inhibition”, Neurocomputing 143 (2014) 261-268.

[4] Teng Ma, Ryota Kojima1, Daisuke Tadaki, Jinyu Zhang, Yasuo Kimura and Michio Niwano, “Fabrication of polymer/TiO2-nanotube-based hybrid structures using a solvent-vapor-assisted coating method”, Materials Research Express 1 (2014) 045048.

３．６ ブレインウェア研究開発施設の目標と成果

ブレインウェア研究開発施設は、本研究所附属研究施設として平成１６年４月の研究組織の改組・再編と同時にブレインウェア実験施設として新設され、その後、平成２６年度概算要求の採択を機に、平成２６年４月にブレインウェア研究開発施設と名称変更した。その目的は、電脳世界と時々刻々複雑に変化する実世界をシームレスに融合する次世代情報システムを、世界に先駆けて実現する基盤技術の創製とその応用分野を展開することである。そのために、本研究所及び本所と密接な関係にある本学電気・情報系の各研究分野の研究成果と全国のブレインウェア分野の研究者の英知を結集して研究を行う。

この施設は、適応的認知行動システム研究部（認識・学習システム研究室）、自律分散制御システム研究部（実世界コンピューティング研究室）、脳型 LSI システム研究部（新概念 VLSI システム研究室、知的ナノ集積システム研究室）の３研究部構成に加えて、ブレインアーキテクチャ研究部の整備が予定されており、関連各研究分野の協力の下に、研究及び施設の運営を行う。



＜施設の目標＞

実世界コンピューティング研究室：生物は、自身の身体に持つ膨大な自由度を巧みに操り、自己組織的に振る舞いを生成することで、非構造的かつ予測不能的に変動する実世界環境に対してリアルタイムで対処している。本研究室では、自律分散制御を中核的な概念に据え、生物のようにしなやかかつレジリアントに実世界環境に適応可能な「生き生きとしたシステム」の設計原理の理解とその知的人工物システムへの実装方策の構築を目指す。

新概念VLSIシステム研究室：配線数、電力消費及び材料特性ばらつきに起因する信頼性低下が超微細VLSIにおいて益々問題となる。そこで本研究室では、従来の延長上にはない新しい概念に基づくVLSIアーキテクチャに関する研究、すなわち不揮発記憶機能を有する新デバイスを演算回路に分散配置させることで高性能性・多機能性と高信頼性の両立を可能にする不揮発性ロジックインメモリVLSIアーキテクチャなど、高性能VLSIプロセッサの実現に関する研究を推進し、従来技術の問題を全く新しい視点から解決する新概念VLSIコンピューティングパラダイムの実現を目指す。

知的ナノ集積システム研究室：集積回路の大規模化とディジタルデバイスの高速化は情報処理性能を飛躍的に高め、知的な柔軟性のある高速処理の実現に向けて研究開発が行われている。本研究室ではこの方向に向かって、しかしデジタル素子の高速化のみではなく、回路・システムレベルからの広い可能性を加えて検討し、ブレインライクな知的情報処理システムの構成的研究とそれに向けた新しいデバイスの開発による次世代知的ハードウェアシステムの構築を目標としている。

認識・学習システム研究室：人間は、環境の中で頻繁に自らの身体部位を動かしながら、視覚情報や触覚情報といった複数の感覚情報から外界を認識し、その認識に基づいて複雑で多様な行動を効率的かつ適応的に行うことができる。本研究室では、このような人間の認知行動システムが示す適応的な情報処理原理とその機能を実験的に解明し、その知見に基づいて脳内で認識・学習する過程のモデル構築を目指す。

＜2014 年度の主な成果＞

実世界コンピューティング研究室：2014 年度の主たる研究成果は以下の通りである：(1)脚数によらず脚式ロコモーションの歩容を定量的に計測可能な指標を提案した。(2)クモヒトデが示すレジリアントな腕間協調メカニズムに関する新たな自律分散制御則を提案した。(3)環境の不均一性を活用して推進するヘビの振る舞いに内在する自律分散制御則を提案した。(4)足底感覚情報を用いた２脚歩行制御のための新しい CPG モデルを提案した。(5)6 脚ロコモーションにおける脚間協調メカニズムを説明する制御モデルを提案した。

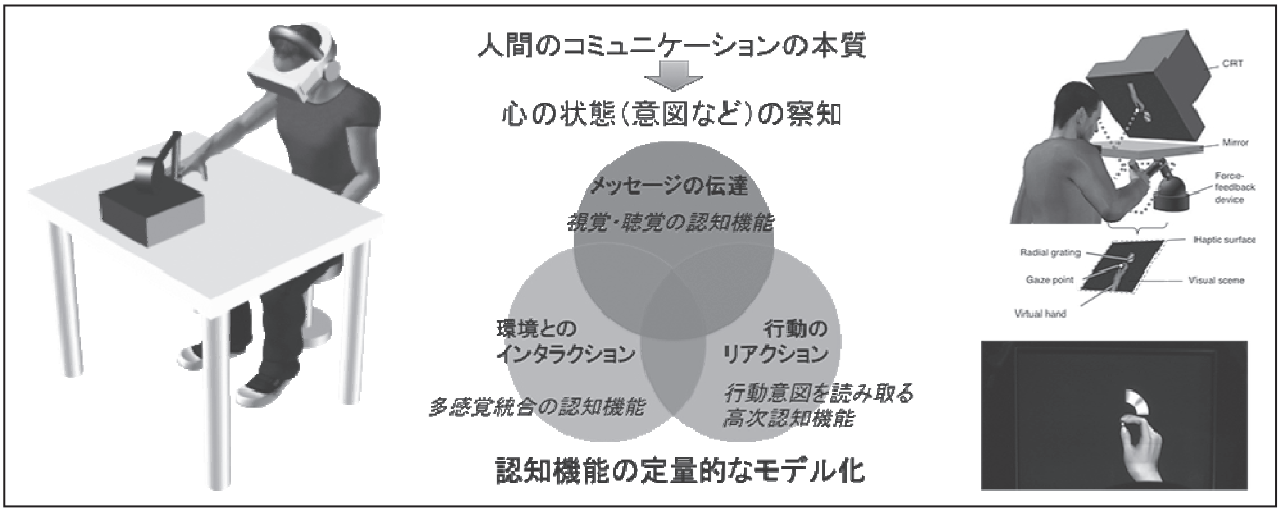
新概念 VLSI システム研究室：2014 年度の主な研究成果は以下の通りである：(1)Magnetic Tunnel Junction (MTJ) 素子の出力電圧変化をモニタし、書込み完了後直ちに自動停止する新しい書込み回路方式を考案した。書込み電流パス上の PMOS および NMOS トランジスタの配置・電圧モニタポイントを最適化することで、MTJ 素子の出力電圧変化モニタの高感度に成功するとともに、ダイナミック形回路構成を駆使するなど、書込み制御回路全体の小型化も達成した。(2) 情報表現の無駄を排除しつつ情報検索の並列性を保つ新しい検索アルゴリズム「Sparse clustered network(SCN)」を考案した。また、本方式の実現に際して、不揮発性ロジックインメモリ構造を利用することで、入力データと記憶情報とのパターンマッチング演算回路のコンパクト化に成功した。(3) 不揮発性ロジックインメモリ LSI 向けセルライブラリ、回路シミュレーションツールおよび遅延・電力解析ツールを従来の CAD ツールに統合することで構築した自動設計フローを用い、画像処理プロセッサの設計を行なった。本フローを用いることで、今まで困難であったランダムロジックベース大規模不揮発ロジックインメモリ LSI の設計・試作が一般的な集積回路と同様の方法で行えることを示した。

知的ナノ集積システム研究室：(1) 提案した高速数値解析を実現する逆関数ゼロ遅延ニューロモデルと DS-Net との組合せにより、それを TSP-LIB 中の問題に適用して 51 都市問題までの解析に成功した。また QAP へも適用しこの問題に対しても 100%の正解率を達成した。(2) 逆関数ゼロ遅延モデルを逆伝搬学習に適用して高い成功率を実現し、それが学習時における極小値からの脱出に相当することを解析的に示した。(3)超伝導量子干渉デバイスによるシュミッドトリガーインバータを構成し、その動作特性を実測により確認した。

認識・学習システム研究室：自己の手を中心とする空間知覚表象をもつ運動機構の順応を反映する運動残効を発見した。この現象を通して、自己の手に対する空間位置を表現する神経細胞の存在を示唆し、そのような空間表現を脳内に構築することで効率的な手の行動を実現しているというモデルを提案した。また、顔表情知覚において網膜部位に特化した処理過程が存在することを発見した。顔表情残効とよばれる現象を利用して、順応顔とテスト顔の間の網膜空間上での距離が増大すると残効量が系統的に減少することを見出し、顔知覚は位置不変性をもつと考えられてきたが、それでは説明できない新たな機構の存在を明らかにした。

認識・学習システム研究室

人間の認識・学習機構の理解



（高次視覚情報システム研究分野　教　授　塩入　諭）
適応的認知行動システム研究分野　准教授　松宮　一道
（聴覚・複合感覚情報システム研究分野　准教授　坂本　修一）

＜研究室の目標＞

情報通信技術は，社会活動の基盤となるコミュニケーションを支えている．近年の情報通信技術の急速な進歩に伴い，人の行動に内在する意図や感情も考慮した新たな情報通信環境による，質的に異なったコミュニケーションの実現が期待されている．このような情報通信環境の構築には人間の外界認識に関わる認知機能の理解が必要不可欠である．本研究室では，外界から入力される様々な情報を人間が統合処理し脳内で認識・学習する過程を明らかにし，その知見に基づいてこれまでとは質的に異なった情報通信環境を構築するための感覚情報提示の設計原理の確立，および，脳型 LSI など神経細胞を模擬するハードウェアへの実装を目指して研究を進めている．

＜2014 年度の主な成果＞

１．　自己の手を中心とする空間知覚表象をもつ運動視機構

人間は手を使って様々な物体を操作する．物体操作を行うには手周囲の視空間を知覚することが重要であることが示唆されていたが，この知覚機能がどのように働くかは未解明であった．従来，視覚をはじめとする感覚知覚処理には，得られる刺激に基づき外界を認識する受動的な処理過程であると仮定されていたが，我々は能動的な自己の手の動きが視知覚に影響を与えることを世界で初めて明らかにした．本研究は，自己の手を中心とする空間知覚表象をもつ運動機構の順応を反映する運動残効の存在を示した．この運動残効は，見えている手が自己の手であると認識でき，さらに能動的に動かしているときだけ生じた．これらの結果は自己の手に対する空間位置を表現する神経細胞の存在を示唆する．したがって，そのような空間表現を脳内に構築することで効率的な手の行動を実現

していると考えられる．

２．　顔表情知覚の網膜部位局在性

ある特定の顔の表情に順応した後，中立顔を見ると順応顔の反対の表情を持った顔として知覚されることが知られている（顔表情残効）．この顔表情残効は順応顔とテスト顔が網膜上で一致していなくても生じることから，脳内の高次視覚野にある顔選択性細胞がもつ非網膜部位局在性を反映していると考えられている．しかし，本研究では，順応顔とテスト顔の網膜上での距離に依存して顔表情残効の大きさが系統的に変化することを明らかにした．これは，顔表情知覚には非網膜部位局在性のシステムだけでなく網膜部位局在性のシステムも存在することを示唆する．

３．　視覚受容野を模擬したガボールフィルターのハードウェア実装の試み

脳内の第一次視覚野にある単純型細胞の受容野はガボール関数で近似できることが知られている．我々は，羽生研究室との共同研究により，確率的演算回路を用いて一次元のガボール関数を生成することに成功した．今後は，確率的演算回路を二次元のガボール関数に拡張し，第一次視覚野に存在する複雑型細胞まで考慮した立体視のモデル化を検討する予定である．

＜職員名＞

教　授　塩入 諭（2005 年より）
准教授　松宮 一道（2014 年より）
准教授　坂本 修一（2011 年より）

＜プロフィール＞

松宮 一道　2000 年 3 月　東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻博士課程修了。同年 4 月　カナダ・ヨーク大学視覚研究所博士研究員。2002 年 1 月　東京工業大学大学院工学研究科像情報工学研究施設研究機関研究員。2004 年 1 月　ATR 人間情報科学研究所専任研究員。2005 年 4 月　東北大学電気通信研究所助手。2007 年 4 月　同助教。2014 年 7 月　同准教授、現在に至る。視知覚と行動の相互作用に関する心理物理学的研究に従事。Distinguished Contributed Paper Award of Society for Information Display (2010 年)。日本視覚学会・鵜飼論文賞受賞（2012 年）。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] Matsumiya K, Shioiri S: Moving one's own body part induces a motion aftereffect anchored to the body part. Current Biology 24(2), 165-169, 2014.

[2] Matsumiya K: Retinotopy of facial expression adaptation. Multisensory Research 27(2), 127-137, 2014.

[3] Onizawa N, Katagiri D, Matsumiya K, Gross WJ, Hanyu T: Gabor filter based on stochastic computation. IEEE Signal Processing Letters 22(9), 1224-1228, 2015.

知的ナノ集積システム研究室

集積化知的情報処理システムの基盤技術の研究

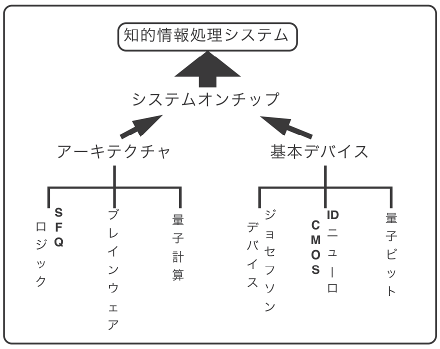


図１． 知的ナノ集積システム研究部の研究目標

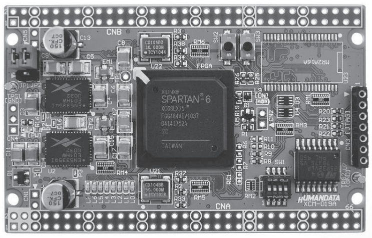


図２． FPGA による HC-ID モデルの実装

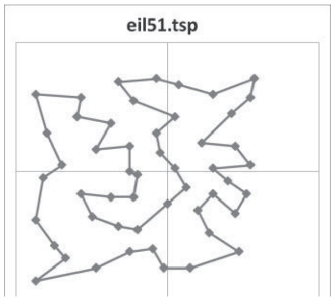


図３． TSP-LIB の 51 都市の配置図と最適ルート

知的ナノ集積システム研究部　　教　授　中島 康治

＜研究室の目標＞

集積回路の大規模化とディジタルデバイスの高速化は情報処理性能を飛躍的に高め、知的な柔軟性のある高速処理の実現に向けて研究開発が行われている。本研究部ではこの方向に向かって、しかしディジタル素子の高速化のみではなく、回路・システムレベルからの広い可能性を加えて検討し、ブレインライクな知的情報処理システムの構成的研究とそれに向けた新しいデバイスの開発による次世代知的ハードウェアシステムの構築を目標としている。これまで百万シナプスのブレインライクシステムの集積化や、組み合わせ最適化問題である TSP や QAP の NP 完全、NP 困難な問題に 100%の解答を与えるアクティブブレインシステムの提案を行い、さらにプロトタイプをシリコンチップ上に作り出し、それを高次のシステムへと展開する方向を開発している。また集積化超伝導素子を用いた FFT の構成や量子計算へのニューロ的手法の導入などの提案も行っている。

＜2014 年度の主な成果＞

［組み合わせ最適化問題に対応するブレインコンピュータの研究］

提案した高速数値解析を実現する逆関数ゼロ遅延ニューロモデルとDS-Netとの組み合わせにより、それをTSP-LIB中の問題に適用して51都市問題までの解析に成功した。またQAPへも適用しこの問題に対しても100%の正解率を達成した。 さらに連想記憶に関しても逆関数ゼロ遅延ニューロモデルを採用したネットワークにおいて記憶容量とベイスンサイズが増大することをFPGAへ埋め込んだシステムにより確認した。

[ダイナミック知的記憶システムの研究]

逆関数ゼロ遅延モデルを逆伝搬学習に適用して高い成功率を実現し、それが学習時における極小値からの脱出に相当することを解析的に示した。

[磁束量子データプロセッサの研究]

超伝導量子干渉デバイスによるシュミッドトリガーインバーターを構成し、その動作特性を実測により確認した。

＜職員名＞

教　授　中島 康治（1995 年より）

助　教　小野美 武　　　　　　　　　　秘　書　平塚　愛、栗原　郁子

＜プロフィール＞

中島 康治　1972 年 3 月　東北大学工学部電気工学科卒業。1978 年 3 月　同大学院博士課程修了。東北大学電気通信研究所助手、助教授を経て 1995 年より同研究所教授。ジョセフソン能動伝送線路に関する研究で博士の学位を取得、その後磁束量子・反磁束量子のソリトンとしての相互作用の直接観測に成功、その結果を基に量子力学的な位相の概念に基づく電子計算機システムを提案し、基本集積回路の試作と動作の検証を行った。さらにシリコン集積回路による知的情報処理の研究に進み、現在は連想記憶システムやニューラルネットワークによる知的情報処理システムの実現を目指している。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] K. Nakajima, “Over View from Josephson Transmission Line to SFQ Logic Circuit and Inverse Function Delay-Less Model ,” Proceedings of Superconducting SFQ VLSI Workshop SSV 2014, pp.8-9, Ookubo Sannomiya Japan, Dec. 2014

[2] Yuta Horiuchi, Yoshihiro Hayakawa , Takeshi Onomi, and Koji Nakajima, “Back Propagation Learning Based on an IDL Model,” Proceedings of the 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2014), Luzern, Switzerland, Sep. 17, 2014.

[3] Chunyu Bao, Takeshi Onomi , Yoshihiro Hayakawa, Shigeo Sato, and Koji Nakajima, “Performance Analysis of Bidirectional Associative Memories by Using the Inverse Function Delay-less Model,” Proceedings of the 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2014), Luzern, Switzerland, Sep. 17, 2014.

[4] K. Nakajima (Invited), "Over View from Josephson Transmission Line to SFQ Logic Circuit and Inverse Function Delay-Less Model" The 7th Superconducting SFQ VLSI Workshop (SSV 2014), National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Kobe, Japan, December 1st and 2nd, 2014.

[5] 中島康治。Josephson 伝送線路から逆関数ゼロ遅延神経回路への足跡とその周辺、超伝導エレクトロニクス第１４６委員会、第９３回研究会、学士会館本館、2014 年 10 月 29 日

[6] DS-net と IDL モデルを用いた最適化問題解探索、電子情報通信学会非線形問題研究会、NLP2013-137 , pp. 45-50, Jan. 2014, 倶知安、渡邊裕斗、早川吉弘、佐藤茂雄、中島康治　(2014 年 1 月 21 日)

新概念 VLSI システム研究室

新概念 VLSI コンピューティングパラダイムの実現

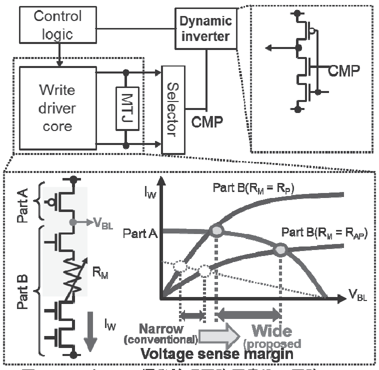


図1. MTJベース不揮発論理回路用書込み回路：MTJ素子出力電圧モニタの最適化により書込み終了状態検知の高感度を達成．また，ダイナミック回路の利用により回路のコンパクト化にも成功．従来方式と比較して70%の書込みエネルギー削減を達成．

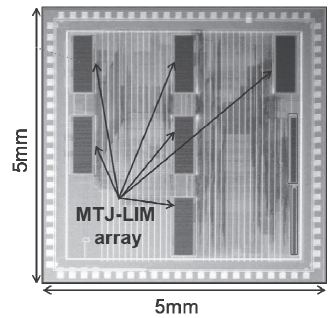


図2. SCNベース低消費電力情報検索エンジンLSI：データベースの記憶に不揮発性素子であるMagnetic-Tunnel-Junction(MTJ)素子を活用し，さらに入力データとのマッチング処理を一体化したLogic-in-Memory(LIM)構造を取ることで，従来方式と比較して89%のエネルギー削減を達成．

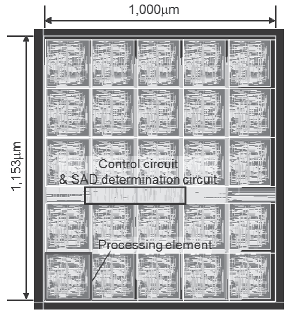


図3.高位合成フローを用いて自動設計された不揮発性ロジックインメモリ画像処理LSI：単位プロセッサ毎に電力供給を細かく制御することで，演算時の不要な消費電力を1/4に削減．

新概念 VLSI システム研究分野　教　授　羽生 貴弘
新概念 VLSI デザイン研究分野　准教授　夏井 雅典

＜研究室の目標＞

現在の VLSI（Very Large Scale Integration）においては，素子間の配線に起因するメモリと演算器間のデータ転送ボトルネック，プロセス微細化に伴うリーク電流がもたらす消費電力の増大，および材料特性ばらつきに起因する信頼性の低下といった様々な要因がシステム性能を向上させる上で深刻な問題となっている．これらの問題を全く新しい視点から解決する新概念 VLSI コンピューティングパラダイムの実現を目的とし，本研究室では，従来の延長上にはない新しい概念に基づく VLSI アーキテクチャに関する研究，すなわち不揮発記憶機能を有する新デバイスを演算回路に分散配置させることで高性能性・多機能性と高信頼性の両立を可能にする不揮発性ロジックインメモリ VLSI アーキテクチャなど，高性能 VLSI プロセッサの実現に関する研究を行っている．

＜2014 年度の主な成果＞

１．MTJ ベース不揮発論理集積回路向け省エネルギー書込み回路の考案（図 1）

MTJ ベース不揮発論理集積回路を実現する上で重要な MTJ 素子書込み回路では，MTJ 素子への書換え遅延にばらつきを考慮し、従来までは最悪遅延で律速された長い書込み電流パルスを利用していた。これを解決するため、本研究では MTJ 素子の出力電圧変化をモニタし、書込み完了後直ちに自動停止する新しい書込み回路方式を考案。提案回路では書込み電流パス上の PMOS および NMOS トランジスタの配置・電圧モニタポイントを最適化することで、MTJ 素子の出力電圧変化モニタの高感度に成功。また、ダイナミック形回路構成を駆使するなど、書込み制御回路全体の小型化も達成した。提案方式の採用により、最悪遅延で律速された書込み方式と比較して 70%の書込みエネルギー削減、さらに書込み自動停止機能を有する従来方式と比較して 60%の素子数削減を達成した。

２．SCN ベース低消費電力情報検索エンジン LSI の開発　(図 2)

従来の情報検索用ハードウェア（Content-Addressable Memory(CAM)）は総当り検索のため，高速であるが検索時の動的電力が大きいことが問題であった．そこで，情報表現の無駄を排除しつつ情報検索の並列性を保つ新しい検索アルゴリズム「Sparse clustered network(SCN)」を考案した．また，本

方式の実現に際して，不揮発性ロジックインメモリ構造を利用することで，入力データと記憶情報とのパターンマッチング演算回路のコンパクト化に成功した．実際，同等機能の従来方式と比較して 89%のエネルギー削減を達成した．

3. 高位合成フローに基づく不揮発性ロジックインメモリ画像処理 LSI の開発（図 3）

不揮発性ロジックインメモリ LSI けセルライブラリ，回路シミュレーションツールおよび遅延・電力解析ツールを従来の CAD ツールに統合することで構築した自動設計フローを用い，画像処理プロセッサの設計を行なった．本フローを用いることで，今まで困難であったランダムロジックベース大規模不揮発ロジックインメモリ LSI の設計・試作が一般的な集積回路と同様の方法で行えるようになったことを示すとともに，単位プロセッサ毎に電力供給を細かく制御することで，演算時の不要な消費電力を 1/4 に削減できることを確認した．

＜職員名＞

教　授　羽生 貴弘（2002 年 4 月より）　准教授　夏井 雅典（2008 年 4 月より）
助　教　鬼沢 直哉（2013 年 12 月より）　助　教　鈴木 大輔　（2014 年 4 月より）

＜プロフィール＞

羽生 貴弘　1984 年 3 月東北大学工学部電子工学科卒．1989 年 3 月同大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程了．1989 年 3 月同大工学部助手．1993 年 2 月同大助教授．2002 年 4 月同大学電気通信研究所教授，現在に至る．不揮発性ロジック，電流モード非同期 NoC 技術とその応用に関する研究に従事．IEEE ISMVL Best Paper Award（1986 年，1988 年），丹羽記念賞（1988 年），坂井記念賞（2000 年），LSI デザイン・オブ・ザ・イヤー審査員特別賞（2002 年），ASP-DAC2007 Special Feature Award（2007 年），応用物理学会 JJAP 論文賞（2009 年），電子情報通信学会優秀論文賞（2010 年），市村学術賞貢献賞（2010 年），IEEE ISVLSI Best Paper Award（2010 年），SSDM Paper Award（2012 年）などを受賞．IEEE Senior Member.

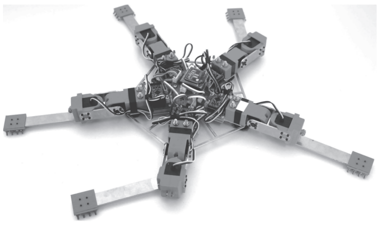
夏井 雅典　2000 年 3 月東北大学工学部情報工学科卒．2005 年 3 月同大学院情報科学研究科基礎科学専攻専攻博士後期課程了．2005 年 4 月豊橋技術科学大学情報工学系助手．2008 年 4 月東北大学電気通信研究所助教．2014 年 7 月東北大学電気通信研究所准教授，現在に至る．自動回路設計，不揮発性ロジック，多値電流モード回路技術とその応用に関する研究に従事．電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ論文賞（2010 年），Kenneth C. Smith Early Career Award for Microelectronics Research (2015 年)などを受賞．IEEE Member.

＜2014 年度の主な発表論文等＞

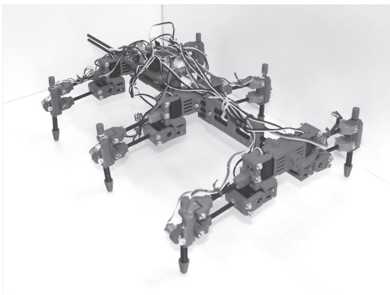
[1] Daisuke Suzuki, et al., “Cost-Efficient Self-Terminated Write Driver for Spin-Transfer-Torque RAM and Logic," IEEE Trans. Magn., vol. 50, no. 11, pp. 3402104~1-3402104~4, Nov. 2014.
[2] Hooman Jarollahi, et al., “A Non-Volatile Associative Memory-Based Context-Driven Search Engine Using 90 nm CMOS/MTJ-Hybrid Logic-in-Memory Architecture," IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol. 4, no. 4, pp. 460-474, Dec. 2014.
[3] Daisuke Suzuki and Takahiro Hanyu, “Magnetic-Tunnel-Junction Based Low-Energy Nonvolatile Flip-Flop Using An Area-Efficient Self-Terminated Write Driver," Journal of Applied Physics (JAP), vol. 117, pp. 17B504-1~17B504-3, Jan. 2015.
[4] Masanori Natsui, et al., “Nonvolatile Logic-in-Memory LSI Using Cycle-Based Power Gating and its Application to Motion-Vector Prediction,” IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC), vol. 50, no. 2, pp. 476-489, Feb. 2015.
[5] Takahiro Hanyu, et al., “Spintronics-Based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture Towards an Ultra-Low-Power and Highly Reliable VLSI Computing Paradigm,” *Proc. 2015 Design, Automation, and Test in Europe (DATE) Conference*, pp. 1006-1011, Mar. 2015 (invited).　(他 学術論文 5 編，国際学会論文 18 編)

実世界コンピューティング研究室

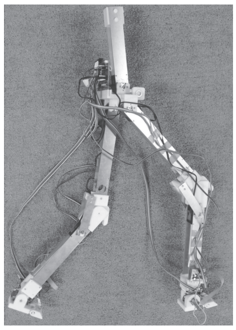
生き物のようにレジリアントな知能システムの創成



レジリアントな振る舞いを示すクモヒトデ型ロボット．



四脚動物の様々な歩容を再現可能な自律分散制御則を実装した６脚ロボット



柔軟な足部から得られる足底感覚情報を活用する二足歩行ロボット

実世界コンピューティング研究分野　教　授　石黒　章夫

＜研究室の目標＞

実世界コンピューティング研究室では，生物のようにしなやかかつタフに実世界環境に適応可能な「生き生きとしたシステム」の設計原理の理解を目指した研究を進めている．その中核となる概念が「自律分散制御」である．自律分散制御とは，比較的単純な認知・判断・運動機能を持つ要素（自律個）が多数存在し，それらが相互作用することによって，個々の要素の単純性には帰着できないような非自明な大域的特性（機能）を自律個集団から創発させるという，「三人寄れば文殊の知恵」をまさに地でいくような制御方策である．本研究室では，ロボティクスや数理科学，生物学，物理学といったさまざまな学問領域を縦横無尽に行き来しながら，「ハードでリジッド」なシステムを基盤とする既存技術では決して達成し得ない，生物のような「しぶとさ」や「したたかさ」，「打たれ強さ」，「多芸多才さ」といった知を有する，「ソフトでウェット，コンティニュアム」な知的人工物システムの創成を目指す．

＜2014 年度の主な成果＞

１．　脚式ロコモーションの歩容計測のための指標の提案

脚を持つ動物やロボットがどのような歩容（ロコモーションパターン）を示しているのかを表現する新しい指標を提案した．これにより，脚数によらず，どのような歩容を示しているのかを定量的に示すことができるようになった．本研究の成果は，ロボット工学のみならず，生物学にとっても多いに資することが期待される．

２．　足底感覚情報を用いた二脚歩行の CPG 制御

２脚歩行においては足部の可変形性と面接地が鍵となる．本年度は柔らかい足部と環境との相互作用から生み出される力覚情報を活用した新奇な CPG 制御法を提案した．シミュレーションの結

果，足底部の力覚取得位置に応じてフィードバックの働きを身体支持と蹴り出しと分けることで，ロバストな振る舞いが発現できることが明らかになった．本成果は，提案する手法が二脚歩行のCPG 制御において新しいアプローチとなり得ることを強く示唆している．

３． クモヒトデの腕間協調メカニズムに関する新しい数理モデルの構築

クモヒトデは残存する腕の数に応じて，ロコモーションパターンを瞬時に自己組織化する能力を有している．本年度は，この能力を生み出す腕間協調メカニズムに関する新しい数理モデルを提案した．シミュレーションとロボット実機を用いた実験の結果，行動観察実験と整合する動きを実現することに成功した．本研究の成果は，既存技術では達成し得ないような高いレジリアンスを有するロボットの実現に際しての基盤技術となることが期待される．

＜職員名＞

教　授　石黒　章夫（2011 年より）
助　教　大脇　大　（2011 年より）
助　教　加納　剛史（2011 年より）
助　教　坂本　一寛（1993 年より）
秘　書　才田　昌子（2011 年より）

＜プロフィール＞

石黒　章夫　1991 年 3 月　名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了（工学博士）. 1991 年 4 月　名古屋大学工学部助手．1997 年 5 月　名古屋大学大学院工学研究科助教授．2006 年 4 月　東北大学大学院工学研究科教授．2011 年 4 月　東北大学電気通信研究所教授, 現在に至る. 生物規範ロボティクス，数理生物システム論に関する研究に従事. IEEE/RSJ IROS Best Paper Award（2004 年）、IEEE/RSJ IROS Best Paper Award Nomination Finalist（2003 年，2009 年）、Ig Nobel Prize（2008 年），IEEE/RSJ NTF Award Finalist for Entertainment Robots and Systems（2011 年）。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[１] T. Kano, D. Owaki, and A. Ishiguro, “A Simple Measure for Evaluating Gait Patterns during Multi-legged Locomotion”, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, vol. 7, no. 4, pp. 214-218, 2014

[２] T. Kano, H. Date, and A. Ishiguro, "Simple Decentralized Control Scheme Can Reproduce Versatile Gait Patterns of Snakes", The 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2014), pp. 20-23, 2014

[３] D. Owaki and A. Ishiguro, "CPG-based Control of Bipedal Walking by Exploiting Plantar Sensation”, 17th International Conference on Climbing and Walking Robots, pp. 335-342, 2014.

[４] D. Owaki and A. Ishiguro, "Mechanism of Quadruped Gait Transition”, Dynamic Walking 2014, 2014.

３．７　２１世紀情報通信研究開発センターの目標と成果

産学官連携による実用化技術の研究開発 ～モバイルとストレージ～

＜センターの目標＞

電気通信研究所がこれまでに蓄積してきた情報通信技術（IT）に関する実績を，産学官連携研究開発体制により，5 年間の期間をもって実用化技術として完成させることを目的とする．大学の保有する基本技術をコアとして，社会が求めるアプリケーションニーズとマッチングをとり，設計・実装・評価まで行うことで，製品化へ適応可能な実用化技術を完成させる．プロジェクトの推進には，産業界からの技術者を多く受け入れ，大学の保有する先端技術，先端設備を研究開発現場にて体験することで，若手技術者の教育・社会人技術者の再教育センターとしての役割を果たす．また，開発した技術を用いた新しいビジネスモデルの創出と有力企業との産学連携などを通じて，全国並びに東北地区の産業と学術の振興に貢献することを目標としている．

＜2014 年度の主な成果＞

現在は，2 プロジェクト体制とし，センター専任としてモバイル分野・ストレージ分野を設置し，民間からプロジェクト担当教授を招聘した．平成 14 年度から平成 18 年度まで，文部科学省 IT プログラム（RR2002）のプロジェクトとして，「次世代モバイルインターネット端末の開発」と「超高速高密度ハードディスクの開発」を受託し，研究開発を進めてきたが，平成 19 年度からはこれらの研究成果をさらに発展させた「ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発」と平成 24 年度から東日本大震災で明らかになったストレージの耐災害性の不備を向上させる「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」を実施している．各プロジェクトの概要と平成 26 年度の成果を以下に示す．

１．ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発

平成 19 年度に JST の CREST タイプ研究「ディペンダブル VLSI システムの基盤技術」に対して，新規プロジェクト「ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発」を提案し，採択された．提案プロジェクトは, ディペンダビリティの高い広域･超高速ワイヤレスネットワークである Dependable Air の実現を目指している．平成 26 年度までの研究期間（当初計画より 2 年間延長）の中で，複数の無線通信システムを統合し，伝送距離・通信速度・消費電力・QoS の最適制御を行うことが可能となる無線通信端末である DWS （Dependable Wireless System）の実現を目指す．本年度は主に，QZSS ロケーション･ショートメッセージ同期 SS-CDMA 通信とミリ波帯近距離･超広帯域通信のための RF フロントエンドモジュールを中心に研究開発を行った．

２．超高速大容量ストレージシステムの開発

本分野では，平成 24 年度より，大容量化したネットワークストレージサーバの耐災害性を向上させ

る新たなストレージプロジェクトとして「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」に取り組んでいる．本プロジェクトは東日本大震災に匹敵する広域大災害下において，多数のストレージ機器が被災した場合でも重要な情報を喪失することなくアクセスを続けることのできる技術の確立を目指している．特に半数の機器が損壊しても90%の情報を保全できることが目標である。今年度は被災リスクを考慮する高可用性ストレージサーバ系の基本試作を行い必要な可用性を満たすことを確認し実証試験を行った．

＜職員名＞

センター長・教授　村岡　裕明

企画開発部
客員教授　古西　真

研究開発部
<u>モバイル分野</u>
客員教授　坪内　和夫
客員教授　高木　直

<u>ストレージ分野</u>
准教授　中村　隆喜
産学官連携研究員　原田　正親

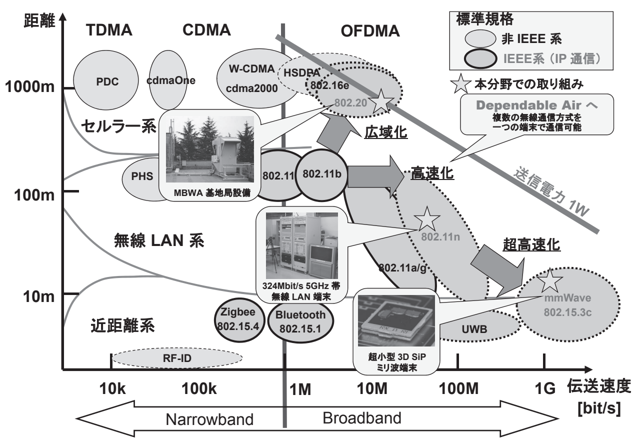
運営委員

本研究所教授	村岡　裕明		
	長　康雄	大学院工学研究科教授	安達　文幸
	末松　憲治		川又　政征
	鈴木　陽一	大学院情報科学研究科教授	加藤　寧
	外山　芳人	本研究所事務長	伊藤　保春
	庭野　道夫		
	羽生　貴弘		

IT21 センター　モバイル分野

ディペンダブル・エアの実現へ向けて

図面説明:
ディペンダブル・エア
現在規格化されている無線通信システムの通信速度と通信距離の関係を示したものである．通信距離に応じて，広域系・無線 LAN 系･近距離系の三種類のシステムが存在する．ユーザ端末には，電池の容量や人体への影響から 1W の送信電力制限があると考えると，2GHz 帯では図中の線のように通信距離と伝送速度との間にトレードオフが存在し，各々のシステムの高速化には限界が存在する．当分野では，これら複数のシステムを統合することによって，最適な通信距離・伝送速度で通信を行うことができるような小型・低消費電力無線通信端末の実現を目指す.



客員教授　坪内 和夫
客員教授　高木　 直
准 教 授　平　 明徳

＜研究室の目標＞

無線通信技術は、光ファイバによる超高速バックボーンネットワークとともに、IT 社会の根幹を支える情報基盤技術である。世界のリーダシップを担うわが国の無線通信技術は、日本経済を支える原動力としてますます発展する必要がある。IT-21 センター・モバイル分野では、広い周波数帯域にわたるヘテロジニアス無線通信接続環境をユーザのために最適化することで、災害時でも必ずつながり、市民生活に革新をもたらす情報通信ネットワークとして、異種無線通信方式の統合による高信頼・高速無線ネットワークであるディペンダブル・エアの実現を目標としている。

JST CREST タイプ研究プロジェクト「ディペンダブルワイヤレスシステム･デバイスの開発」（研究期間: 平成 19～26 年度）により、ディペンダブル・エアを実現するための研究開発を行った。

- ワイヤレスネットワークのディペンダビリティ追求の成果（ディペンダビリティ評価指標）: 既存の評価手法にとらわれない高信頼・高安定な無線通信ネットワーク評価指標の追求することで、無線通信ネットワークの設計指針を明らかにする。
- ディペンダブル・エアを実現するネットワーク・信号処理技術: 複数の異種無線通信方式を統合するために必要となるネットワーク・信号処理技術技術についての研究開発を行う。
- ディペンダブル・エアの進化を支えるデバイス技術: 複数の異種無線通信方式に対応する端末・基地局を実現するために必要となるマルチモード・マルチバンド RF／アナログ信号処理デバイスの研究開発を行う。

＜2014 年度の主な成果＞

１．QZSS ロケーション・ショートメッセージ同期 SS-CDMA 通信

QZSS（準天頂衛星システム）を用いたロケーション・ショートメッセージ SS-CDMA（スペクトラム拡散・符号分割多元接続）方式に関して，時間・周波数同期を用いた高密度・長周期拡散符号 SS-CDMA 方式の検討を行った。QZSS 高精度測位信号を利用することで全無線局を高精度に時間・周波数同期し、上りリンクで拡散符号直交を実現する。今年度は実衛星信号を用いて時刻同期性能の実測評価を行い、その結果を反映させ提案方式の評価を行った。その結果、目標値である 1 時間あたり 300 万ユーザの収容が可能であることを示した。

２．ミリ波帯近距離・超広帯域通信のための RF フロントエンドモジュールの研究開発

これまで以上に高周波数帯を活用する第 5 世代携帯電話システムへの適用が期待されるミリ波帯を用いた近距離・広帯域通信への応用を目指し、ミリ波帯無線通信端末用 RF フロントエンドモジュールの研究開発を行った。今年度は三次元 SiP（システム・イン・パッケージ）構造を用いたミリ波帯ビームフォーミング用 IF 帯受信モジュールや高効率・低消費電力増幅器などの試作・評価を行った。

＜職員名＞

客員教授　　坪内 和夫（2010 年より）・高木　 直（2010 年より）
准 教 授　　平　 明徳（2013 年より）
技術補佐員　中山 英太・富澤 幸恵

＜プロフィール＞

坪内 和夫　1974 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。1974 年 4 月東北大学電気通信研究所助手。1982 年 4 月～10 月米国パーデュ大学客員助教授。1983 年 3 月東北大学電気通信研究所助教授、1993 年 3 月同教授、2010 年 4 月名誉教授・客員教授、現在に至る。日本物理学会、応用物理学会、電気学会、電子情報通信学会、日本エレクトロニクス実装学会、IEEE 会員。

高木　 直　1973 年 3 月東京工業大学理学部物理学科卒業。1995 年静岡大学・博士（工学）取得。1973 年三菱電機(株) 入社。以来、マイクロ波・ミリ波帯 MMIC 及び半導体高出力増幅器の研究開発に従事。2005 年より東北大学電気通信研究所教授、2010 年客員教授、現在に至る。広帯域無線通信システムの研究に従事。IEICE フェロー、IEEE 会員。

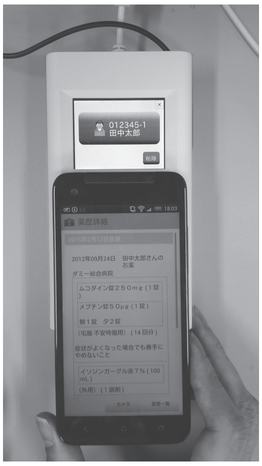
平　 明徳　1996 年 3 月早稲田大学大学院理工学研究科電子情報通信学専攻博士前期課程修了。2008 年 3 月早稲田大学・博士（工学）取得。1996 年三菱電機(株) 入社。広帯域移動体通信システム、ディジタル変復調方式に関する研究開発に従事。2013 年より東北大学電気通信研究所准教授。IEICE シニア会員。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] K. Tsubouchi, “Extended Dependable Air: Heterogeneous Wireless Network for Surface, Space and Sea,” APMC2014, TH3A-1, Nov. 2014 (Invited).
[2] A. Taira *et al.*, “System Stability of SS-CDMA Location and Short Message Communication Using QZSS,” APMC2014, TH3G-24, Nov. 2014.
[3] K. Terajima *et al.*, “A 2.0 GHz CMOS Triple Cascode Push-Pull Power Amplifier with Second Harmonic Injection for Linearity Enhancement,” EuMW2014, EuMC/EuMIC01-04, Roma, Oct. 2014.

IT21 センター　ストレージ分野

高可用性ストレージシステムの実現



高可用ストレージシステムと連動中の
電子お薬手帳スマホアプリ

高可用ストレージシステム実証実験の様子

准教授　中村 隆喜
客員教授　松岡 浩

＜研究室の目標＞

デジタルカメラで撮った写真のファイルや、チケット発券サービスのデータベース等の電子情報を記録するストレージは、情報サービスの要である。ストレージは、将来世代に情報を伝達する手段として、過去においても、未来においてもその重要性は変わらない。

IT21 センターストレージ分野では、ストレージ技術に関する研究開発を産学官連携で継続的に推進している。平成 14 年度から平成 18 年度までの 5 年間では、IT プログラム「超小型大容量ハードディスクの開発」を、平成 19 年度から平成 23 年度の 5 年間では、次世代 IT 基盤構築のための研究開発「超高速大容量ストレージシステム」をそれぞれ文科省の委託事業として推進し、大きな成果を上げてきた。

近年、社会システム、情報システムの複雑化に伴い、ストレージの研究分野はデバイス、ドライブに加えて、システムの研究がますます重要になっている。そのような背景のなか、本技術開発室では新たに、次世代 IT 基盤構築のための研究開発「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」を文科省の委託事業として、平成 24 年度より 5 年間の予定で推進する。ストレージシステム関連企業とも連携することで、IT21 センターのミッションである研究成果の 5 年以内の実用化を目指す。

＜2014 年度の主な成果＞

１． 高可用シミュレータによる可用性の継続検証

高可用シミュレータを用いて、提案方式である「リスクアウェア複製」による可用性向上の効果を昨年度に引き続き確認した。「リスクアウェア複製」は、国や県、市内などの限定した範囲内で地理的に分散した複数のストレージ装置からなるストレージシステムにおいて、同時被災する可能性の低い拠点にバックアップデータを複製する技術である。今年度は拠点毎に複製数を変化させるリスクベース反復複製手法の評価を行った。90%の可用性を実現するため、従来は 1 拠点あたり 2 の複製数が必要だったケースにおいて、提案手法の適用により 1 拠点あたりの平均複製数を 1.1 から 1.5 程度に押さえられることを確認した。

２． 高可用性ストレージシステムと電子お薬手帳アプリケーションによる第一次実証実験

「リスクアウェア複製」技術を適用した 24 台のストレージ装置からなる高可用性ストレージシステムを構築した。昨年度に試作した電子お薬手帳アプリサーバのデータ格納先を同高可用性ストレージシステムとして動作させ、10 万人規模のユーザからのアプリ動作を模擬することにより、第一次実証実験を実施した。この結果、従来のストレージシステムに比べて高いデータ可用性が得られることを確認した。

＜職員名＞

准教授　中村 隆喜（2012 年より）
客員教授　松岡 浩（2014 年より）
産学官連携研究員　原田 正親（2012 年より）

＜プロフィール＞

中村 隆喜　1996 年 3 月 大阪大学工学部精密工学科卒業。1998 年 3 月 同大学大学院工学研究科精密科学専攻博士前期課程修了。同年 4 月 (株)日立製作所入社。中央研究所，システム開発研究所を経て，横浜研究所勤務。2012 年 11 月 東北大学電気通信研究所 准教授、現在に至る。博士(情報科学)。ストレージシステムの研究開発に従事。

＜2014 年度の主な発表論文等＞

[1] 中村隆喜、「大規模災害下でのサービス継続を実現する分散ストレージシステムの研究開発」、第 36 回インターネット技術第 163 委員会研究会 -ITRC meet36- (倉吉市国民宿舎 グリーンスコーレせきがね、鳥取)、11 月 25 日、2014.

[2] 中村隆喜、「大規模災害下でのサービス継続を実現する分散ストレージシステムの研究開発」【招待講演】、情報処理学会、第 160 回マルチメディア通信と分散処理研究発表会(平泉ホテル武蔵坊)、7 月 24-25 日、2014.

[3] S. Matsumoto, T. Nakamura, and H. Muraoka, "Risk-based Method for Data Redundancy Determination to Improve Replica Capacity Efficiency," The 3rd Asian Conference on Information Systems (ACIS2014) (Nha Trang, Viet Nam), December 1-3, 2014.

[4] H. Kamei, O. Yashiro, and T. Nakamura, "A Method of Shared File Cache for File Clone Function for Fast Virtual Machine Boot," The 3rd Asian Conference on Information Systems (ACIS2014) (Nha Trang, Viet Nam), December 1-3, 2014.

[5] 亀井仁志、矢代 收、中村隆喜、「ファイルクローン機能向けファイルキャッシュ共有方式」、第 59 回電気学会電子・情報・システム部門情報システム研究会（東北大学電気通信研究所）、8 月 5-6 日、2014.

[6] 佐藤 拓巳、中村隆喜、村岡裕明、「シーケンシャルアクセス転送速度を改善するアクセス局所性非依存型ハイブリッドストレージシステム方式の提案」、電気学会論文誌 C、Vol. 134、No. 11、1746-1754 頁、11 月、2014.

３．８ 安全衛生管理室
安全で快適な環境の実現と維持による研究支援


安全衛生講習会


応急手当講習会

＜安全衛生管理室の概要＞

安全衛生管理室は研究所で働く職員や学生の安全と健康を維持することを目的とした組織である。研究所における研究活動においては、薬品、高圧ガス、放射線などが使われており、危険性を伴う作業が少なくない。安全衛生管理室では所内での研究活動が安全かつ円滑に行われるように、各種活動を通して研究室や実験施設、研究基盤技術センターの安全衛生管理のサポートを行っている。

＜研究所における安全衛生管理体制と安全衛生管理室の役割＞

研究所の組織は、管理組織である所長および教授会、研究活動を行っている各研究室、その支援組織である実験施設や研究基盤技術センターおよび事務機構からなる。所長および教授会が研究所全体の運営管理をおこない、個々の研究室および施設等の運営管理は管理担当者である教授、運営委員会などが行っている。研究所の安全衛生管理においては、所長、研究所の職員、産業医から構成される安全衛生委員会が所内の安全衛生管理体制の整備や安全衛生に関するさまざまな事項を審議し、所長および教授会に勧告を行う。所長および教授会は勧告の内容にしたがって方針を決定し、各研究室、施設などが安全衛生管理の実際の作業を行うことになる。安全衛生管理室はこれら組織との連携の下に安全衛生に関する実務を担当し、研究所での研究活動が安全かつ快適に行われるよう活動している。

＜安全衛生管理室の活動内容＞

所内での実際の安全衛生管理では、まず安全衛生委員会が研究所における安全管理の基本的方針

を示し、次に安全衛生管理室がそれに基づく具体的な行動内容の策定と実行を行っている。大学の組織は各部署（研究室など）の独立性が高いために、通常の会社組織と異なりトップダウン型の安全管理は不向きであり、各部署の自立性に即した対応が必要である。また、教職員以外に学生、研究員などさまざまな形で研究活動に携わっている構成員に対する配慮が必要である。さらに、本研究所では、薬品、高圧ガス、Ｘ線装置などの危険性の高い材料、設備を使用しており、作業環境もクリーンルームなどの特殊な作業場が存在するために、これらに対応した安全管理が必要になる。したがって、安全衛生管理室では、所内の各部署における状況や特性を把握し、実態に即した管理方法や改善対策の策定と勧告、および実行の支援を行い、安全衛生管理を効率的かつ実効性のあるものにするために活動している。本年度における主な活動内容は以下の通りである。

○ 研究所内の職員、学生を対象とした安全衛生講習会の開催（参加者 258 名）
○ 高圧ガス保安講習会の開催（参加者 91 名）
○ 研究所内の安全衛生管理体制、作業環境などの点検、および改善の支援
○ 局所排気装置の定期自主点検の支援
○ 応急手当講習会の開催（参加者 21 名）
○ 危険物質総合管理システムの管理、および支援
○ 安全衛生関係の法令の調査および安全衛生管理に関する情報の収集
○ 各部署の安全管理担当者へのアドバイスや情報の提供
○ 学内の他部局や監督官庁との連絡調整
○ Ｗｅｂページによる関連情報の提供

＜職員名＞

室　　長（教授）	塩入　諭
副 室 長（教授）	上原　洋一
助　　教	佐藤　信之
技術職員	阿部　真帆
事務補佐員	菊田　恵子

３．９　やわらかい情報システムセンター
やわらかい情報システムの開発と所内情報システムの管理運用

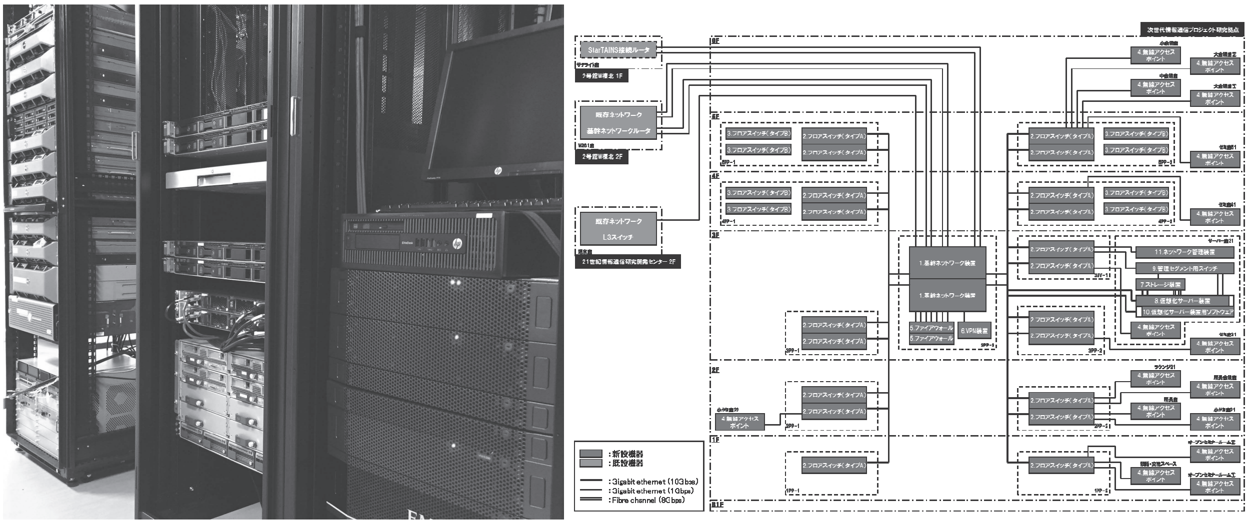


図１　電気通信研究所ネットワークシステム（システムの様子（左），構成図（右））

＜センターの目標＞

現在のコンピュータに代表される情報システムは、前もって決められた使い方で固定的な処理や機能のみを提供するいわゆる「かたい」システムである。本センターの目的は、これまでの「かたい」情報処理原理を超えて、人間の意図や環境に合わせて柔軟な情報処理を行い、柔軟な人間の思考に対応できるような「やわらかい」情報処理の考え方に基づき、通研所内の円滑な研究活動を支えるための情報ネットワーク、および情報システムを管理・運用することにある。

また、情報ネットワーク、および情報システムの実際の運用を通じて得た技術的ノウハウを活用し、学術情報の高度な組織化、利用、管理・運用、発信を支援する先進的なシステムを設計・構築を行っている。

１．情報の収集・組織化・利用・発信及び研究支援環境の構築
２．ネットワークの高度な保守・管理・運用
３．研究所の情報ネットワークおよび情報システムに関する技術的支援

＜2014 年度の主な成果＞

（１） 所内情報システムの管理・運用

やわらかい情報システムセンターでは，電気通信研究所における学術・研究の基盤となる情報通信ネットワークを管理運用している．

本年度の主な成果として，以下に挙げる取り組みを行った．

・「情報セキュリティ講習会」の開催

・所に関係するシンポジウム・講演会・講習会などの動画コンテンツ作成と公開
・通研ホームページのリニューアル
・会議参加登録システムなどの構築
・各研究室からのネットワーク使用に関する相談対応
・セキュリティインシデントへの対応

（2） 電気通信研究所ネットワークシステムの導入

電気通信研究所本館の竣工に伴い，電気通信研究所基幹ネットワークおよび本館内ネットワークを敷設するものとして，電気通信研究所ネットワークシステムを導入した．図1に外観と構成図を示す。また、本システムの特徴を以下に示す.

・基幹ネットワークを 10Gbps にて接続
・高機能ファイアウォールによるセキュリティの確保
・SSL-VPN によるリモートアクセス機能の提供
・信頼性のサーバ仮想化システムによる安定したサービス提供

（3） 研究室ネットワーク移転の支援

本館への研究室移転に際して，上記（2）で説明したネットワークシステムへの接続が必要となる．各研究室変の情報設備移転，およびそれに伴う研究室情報誌ステムの見直しなどについて，各種相談受付，技術的支援などを行った.

＜職員名＞

(1) 運営委員会
教授　木下 哲男 (2000 年より)　鈴木 陽一（2000 年より）　外山 芳人（2000 年より）
　　　白井 正文 (2003 年より)　大堀 淳（2007 年より）　菅沼 拓夫（2011 年より)
(2) 実施委員会
教授　外山 芳人 (2007 年より) 菅沼 拓夫（2010 年より，ｻｲﾊﾞｰｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ所属）
准教授　吉田 真人 (2012 年より) 北形 元（2007 年より）
助教　小野美 武　大脇 大　上野 雄大　笹井 一人
技術職員　佐藤 正彦　太田 憲治
研究支援推進員　谷口 恵子　三嶋 由美子（2014 年より）
(3) 常勤職員
准教授　北形 元（2007 年より）
助教　笹井 一人
技術職員　佐藤 正彦　太田 憲治
研究支援推進員　谷口 恵子　三嶋 由美子（2014 年より）

＜プロフィール＞

センター長・木下哲男教授のプロフィールは，インテリジェントコミュニケーション研究分野を参照.
実施委員長・外山芳人教授のプロフィールは，コンピューティング情報理論研究分野を参照.

3．10　研究基盤技術センターの目標と成果

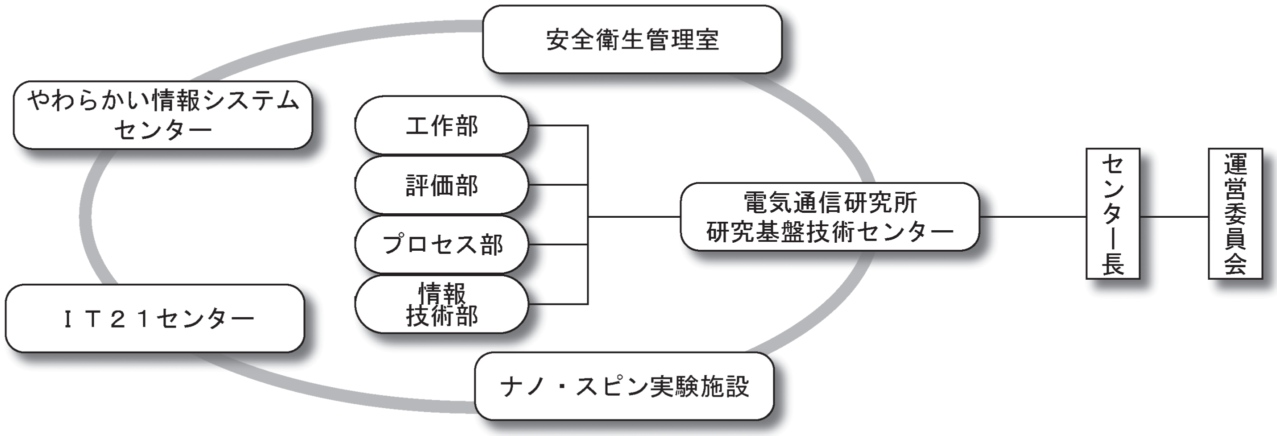


図１　研究基盤技術センター　概略図

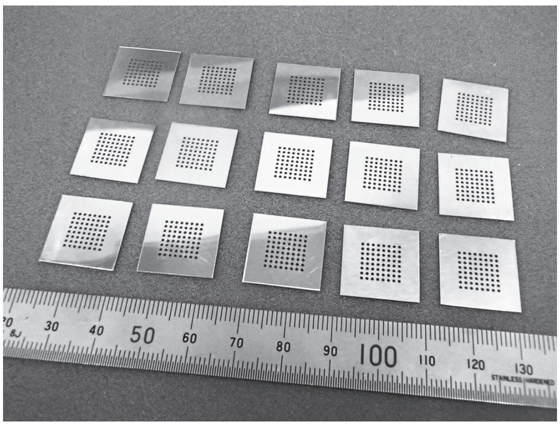


図２　工作部の主な作製品（マルチウェルチップ）

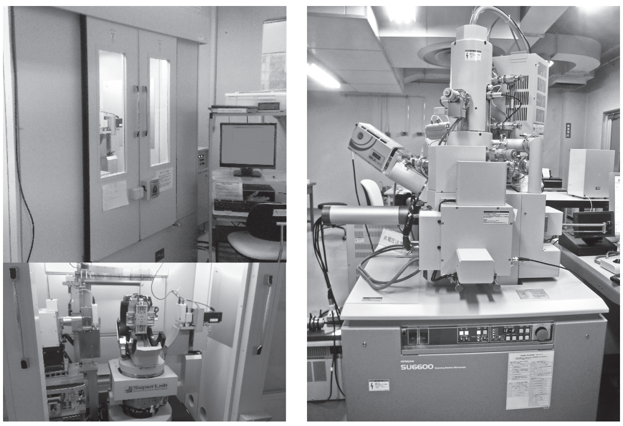


図３　評価部保有の分析装置（左：X 線回折装置、右：電子ビーム蛍光 X 線元素分析装置）

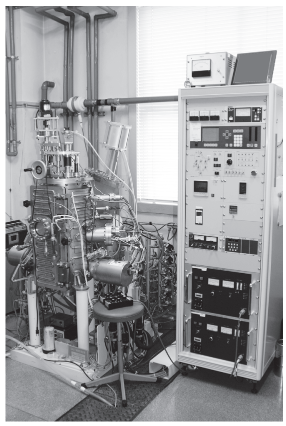


図４　プロセス部保有の加工装置（電子ビーム蒸着装置）

＜分野の目標＞

図 1 は研究基盤技術センターの組織図である。工作部、評価部、プロセス部、情報技術部の 4 部を通して、研究所内の様々な研究開発活動に対して、高度な専門知識と技術に基づいた幅広い技術支援を行っている。今年度の活動は次のようにまとめられる。なお、齋藤技術職員と我妻技術職員の活動は先端音情報システム研究分野と誘電ナノデバイス研究分野にそれぞれ記載される。

＜2014 年度の主な成果＞

1. 工作部

工作部は機械工作技術を提供している。研究者からの要求に応じて、96 件の依頼工作を提供した。この中で約 20%は研究所外からの要求に応じたものである。図 2 は工作例である。

2. 評価部

評価部では共通計測機器とガラス工作技術の提供を行っている。図 3 は提供している計測機器の例である。21 の研究室が共通計測機器を利用（総使用時間は 5355 時間）し、加えて大学外からの利用もあった。また、9 件のガラス工作依頼に対応した。加えて、寒剤（液体ヘリウムと液体窒素）供給関連の業務も担っている。3089 リッターの液体窒素を供給し、6 研究室が液体ヘリウムを利用した。

3. プロセス部

プロセス部は電子ビーム露光技術と光学薄膜作製技術を提供している。ナノスピン実験施設の共通部と協力して 215 件の電子ビーム露光サービスとマスク提供を行った。ナノスピン実験施設のクリーンルームの維持・管理を支援した。また、大学外からの 3 件の光学薄膜作製依頼に対応した。図 4 は光学薄膜作製のための電子ビーム蒸着源である。

4. 情報技術部

情報技術部は、やわらかい情報システムセンターと共同で、所内ネットワークの運営と共通利用の情報機器の管理を担っている。また、知的財産権等に関連した共同研究契約等の企業との折衝や、教員の知的財産権の出願に係る相談対応を行った。

＜職員名＞

センター長（教授）	上原　洋一
助　　教	佐藤　信之
技術職員	庄子　康一、末永　保、佐藤　圭祐、阿部　健人、前田　泰明、阿部　真帆、丹野　健徳、尾上　剛史、岩見　友里香、森田　伊織、小野　力摩、佐藤　正彦、丸山　由子、太田　憲治、我妻　康夫、我妻　成人、齋藤　文孝、寒河江　克巳、小田切　節子、石川　登之子、谷口　恵子、三嶋　由美子

第　4　章　　独創的研究支援プログラム

研究成果（平成26年度）報告

４．１ Dirac電子系の新奇な物性制御法の開拓

吹留 博一（固体電子物性工学研究分野）

［１］

研究費：物件費380万9千円，旅費99万円

［２］成果

（１）研究成果

本年度は，以下に示す二つの研究成果を得た。

１）エピ・グラフェンの超高品質化

２）トップゲート型グラフェン・トランジスタのオペランド顕微分光

【上記二つの研究を行った理由】 前年度までに、本研究の目標であった、「微細加工を施したSi基板上に異なるバンド構造を有するグラフェンをナノスケールで作り分ける」ことが原理的に可能であることを世界に先駆けて実証した（Fukidome et al., Sci. Rep. (Nature Publishing Group) (2014)）。この研究成果に対する評価の高さは、JST・新技術説明会や日本化学会での計三件の招待講演や、住友電工・NEDOとの産学連携プロジェクトでの研究項目の一つとして採用されたことから窺える。

このようにして作製されたグラフェンのデバイス応用には、幾つかの壁を乗り越える必要がある；

・第一に、「グラフェンの高品質化」が挙げられる。グラフェンをチャネルとして動作させる時のデバイス特性（例：キャリア移動度）は、グラフェンの品質と直結するからである。

・第二に「寄生抵抗（アクセス領域抵抗、コンタクト抵抗）の影響」を抑制する必要がある。その理由は、その極限的な薄さから、グラフェン物性は界面に対して非常に敏感だからである。

【本年度の目的】 上記の問題点を解決するために、

①SiCバルク基板上エピグラフェンの超高品質化

②動作条件下（オペランド）でのデバイス電子状態のナノスケール観察法

の二つの目的達成の為に研究を推進した。

【結果】

①SiCバルク基板上エピグラフェンの超高品質化

（背景）その高いキャリア移動度や飽和速度から、グラフェンは超高速トランジスタへの応用が期待されている。SiC基板の加熱による表面Si原子の昇華によるグラフェンのエピタキシャル成長は、大面積かつ高品質なグラフェンの作製を可能にするという点で、デバイス応用に適したものである。

しかし、このグラフェンの層数には微視的な分布があり、同一層数であるグレイン・サイズは<1μmに留まっていた。グラフェンの物性は層数に強く依存するため、この微視的な層数分布は、デバイスの特性のばらつきを招いてしまう。

（目的）クリーンルームの清浄な雰囲気下で成長させることにより、グラフェン膜の微視的な層数分布の抑制を目的とした研究を行った（図1）。

（結果）SiC基板の前洗浄、及び、グラフェン成長は、通研のナノスピン実験施設のスーパークリーンルーム（クラス<10）において一貫して行った。デジタルな層数計測をナノスケールで行うことを可能にする低速電子顕微鏡（LEEM）による評価から、スーパークリーンルームの清浄な雰囲気を用いれば、通常に比して同一層数のグレインサイズが二桁向上（>50μm）することが明らかとなった。

さらには、グラフェンの積層及びバンド構造がグレインサイズの向上とともに大きく変化することが明らかとなった。C終端SiC表面上では、従来は、グラフェンはBernal積層しないことから層間相互作用が無い為に、バンドが（エネルギー方向に）分裂せずに、直線的なバンド構造が保たれるとされてきた。しかし、品質が向上した我々のグラフェン試料では、Bernal積層するようになり、バンドが分裂するようになることが明らかにされた。

（意義）上記のように、クリーンルームで作製することにより、グラフェン品質の大幅な向上に成功した。更なるプロセスの清浄化により、グラフェンの完全単結晶薄膜に向けて研究を続けているところである。

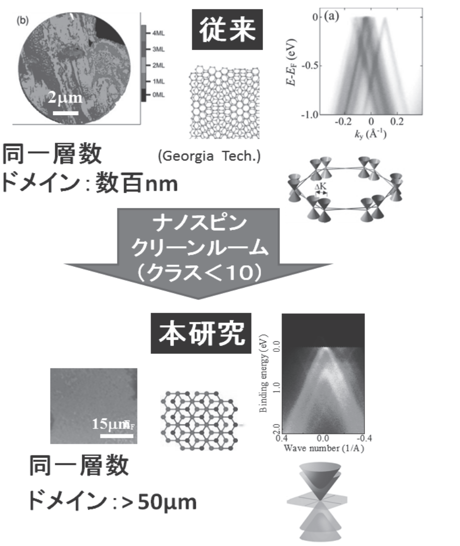


図1 エピグラフェンの高品質化

②動作条件下（オペランド）のトップゲート型グラフェン・トランジスタの観察

（背景）上記の SiC 上にエピタキシャル成長させたグラフェンの高品質化に伴い、それを用いたトランジスタのキャリア移動度も、>4,000 cm^2/Vs にまで向上した。しかし、簡単な回路解析結果から、ゲート電極直下のチャネル領域でのグラフェンの真性キャリア移動度は、実は、数万 cm^2/Vs にも達していることが明らかとなった。このキャリア移動度の差異は、寄生抵抗（アクセス領域抵抗・コンタクト抵抗）の存在に因る。このことは、たとえ更なる高品質化によりグラフェン自体のキャリア移動度が向上しても、寄生抵抗を制御出来なければデバイス全体としての性能は向上しないことを意味する。

ゆえに、グラフェン・トランジスタ（GFET）の高性能化（例：未踏の周波数帯：テラヘルツ帯での動作）の為には、寄生抵抗を生み出す界面がグラフェンの電子状態へどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。

（目的）界面電子状態のゲート電圧印加下（オペランド）ナノスケール観察を可能とするオペランド顕微分光の新規開拓を行い、以て、GFET の界面電子状態の制御を狙った。

（結果）GFET のオペランド顕微分光により、下記二点が解明された；

①：意図しないキャリア・ドーピング

Si 終端SiC 基板上グラフェンをチャネルとして用いたトランジスタのオペランド顕微分光観察を行った（図 2）。これまでの電気特性評価やデバイス・シミュレーションでは考慮出来なかった、二つの意図しないキャリア・ドーピング（ゲート電拠近傍及びコンタクト電極近傍）が起っていることが明らかとなった。ゲート電極近傍のドーピングはゲート電界の漏れによるものである。一方、コンタクト電極近傍のキャリア・ドーピングは、グラフェンとコンタクト金属との間の接触電位差に起因する。このキャリア・ドーピング領域の幅が広いのは、グラフェンの状態密度が、Dirac 点（伝導帯底と価電子帯頂上が接している点）近傍で→0 となることに因る。

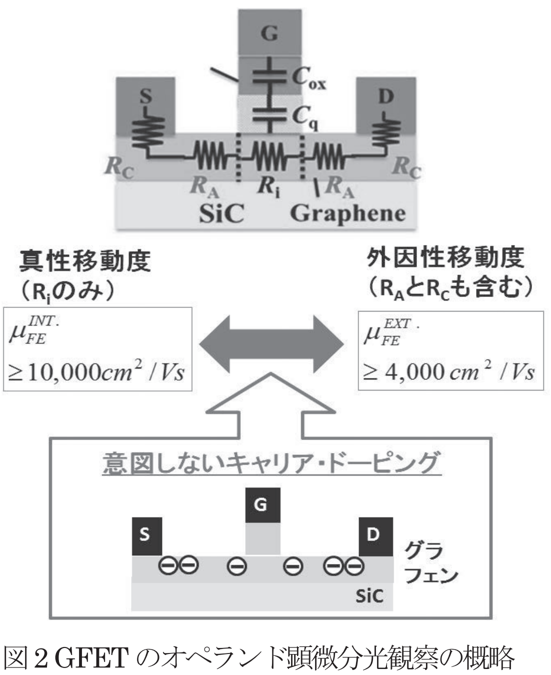


図 2 GFET のオペランド顕微分光観察の概略

②：基板相互作用

更なるオペランド顕微分光観察を行った結果、下地の基板からの電荷移動が、コンタクト金属とグラフェンとの界面電子移動に対して大きな影響を及ぼすことを明らかにした。ここで、下地として SiO_2 を用いた。この SiO_2 表面が親水性の場合にはグラフェンへ正孔がドーピングされ、一方、SiO_2 が疎水性の場合にはグラフェンのキャリア・ドーピングが起らない。このことは、コンタクト金属の影響を抑制するには、

ゆえに、①において基板として用いた Si 終端 SiC の代わりに、グラフェンへのキャリア・ドーピングを起こさない C 終端 SiC を基板として用いれば、GFET の更なる高性能化が可能になることが示唆される。

（意義）以上の結果は、通常の空間的に平均化された電子状態を検出する光電子分光や通常の電気特性評価によっては決して得られない。

よって、本研究は、オペランド顕微分光は原子レベルの物性論に基づいた高性能デバイス開発に不可欠なツールであると言える。

【論文】

1) ＊<u>吹留博一</u>、*表面科学*（招待論文）、印刷中.
2) ＊**<u>H. Fukidome</u>** et al., *Scientific Reports* (Nature Publishing Group) **4** (2014) 5173-1-5173-6.
3) ＊<u>吹留博一</u>、*レーザ研究*、 **42** (2014) 633-637.
4) ＊**<u>H. Fukidome</u>** et al., *Appl. Phys. Express.* **7** (2014) 065101-1-065101-4.
5) T. Someya, **<u>H. Fukidome</u>** et al., *Appl. Phys. Lett.* 104 (2014) 161103-1-161103-4.
6) ＊**<u>H. Fukidome</u>** et al., *Scientific Reports* (Nature Publishing Group) **4** (2014) 3713.
7) M. Suemitsu, **<u>H. Fukidome</u>** et al., *J. Phys. D* **47** (2014) 094016-1-094016-5.

【招待講演】

1. 吹留博一、バイアスを印加したグラフェン材料の PEEM オペランド測定、日本物理学会、中部大学、2014.9.7.
2. 吹留博一、機能性原子薄膜のイントロダクション、応用物理学会、北海道大学、2014.8.18.
3. 吹留博一、3D nano-ESCA や PEEM を用いた

デバイスのオペランド顕微分光、ISSP workshop、東京大学柏キャンパス、2014.9.29.
4. 吹留博一、二次元原子薄膜の材料とデバイスを橋渡しするオペランド顕微分光、化学系学協会東北大会、山形大学米沢キャンパス、2014.9.20
5. 吹留博一、材料とデバイス間のギャップを繋ぐ二次元原子薄膜のオペランド顕微分光、日本表面科学会、くにびきメッセ（島根）、2014.11.8.
6. 吹留博一、三次元走査型光電子顕微鏡(3D nano–ESCA)や光電子顕微 鏡(PEEM)を用いたデバイスのオペランド観測、ISSP ワークショップ最先端オペランド観測で明らかになる物性科学、東京大学物性研究所、2014.9.30

【著書】
1) 吹留博一（分担）、講談社ブルーバックス『すごいぞ！身の回りの表面科学』(2015 年 6 月刊行予定)

【特許】
1. 吹留博一・舘野泰範・末光眞希、半導体装置、特願 2014-181575、2014.9.5
2. 舘野泰範・吹留博一・末光眞希、半導体装置、特願 2014-181576、2014.9.5

【報道】
1)グラフェン表面電位をピンポイント測定、サイエンスポータル（JST） 2014.6.2.
2)グラフェンの研究に進捗　電子の重さゼロ、日経産業新聞、2014.5.13.
3)グラフェン内の質量ゼロ電子を確認、財経新聞、2014.4.28.
4)グラフェンで質量電子を直接観察、サイエンスポータル、2014.4.25.

（２）波及効果と発展性、将来展望など

【産学連携】
下記二社と産学連携を行っている；
（信越化学）新規な高品質グラフェン成長の共同研究を推進している（累計額：一千万円)。現在、海外の有名メーカーへ売込交渉を企画中である。
（住友電工）ウエハースケールのグラフェンを用いたテラヘルツ・トランジスタ開発に関して、住友電工と共同で研究を進めている。

【大型プロジェクトへの発展】
本研究で開拓されたオペランド顕微分光は、平成 27 年度 7 月から開始されたグラフェンに関する NEDO 産学連携プロジェクト（住友電工・東北大・東大・NICT、総額二億三千万円、三年間）の一つの研究項目として採用され、住友電工と共同で研究が推進されている。

【学外研究者との交流】
・SiC 表面のエピグラフェンに関しては、高エネルギー加速器研究機構の組頭教授・堀場准教授と一部共同研究を行っている。
・オペランド顕微分光に関しては、東京大学放射光連携機構の尾嶋教授、東京大学工学研究科の長汐准教授、JASRI/SPring-8 の小嗣博士・大河内博士、東京大学物性研の原田准教授からの助力を得ている。
・フリッツ・ハーバー研究所（ドイツ）の Horn 教授と、グラフェン-磁性金属界面の微視的な電子状態に関する研究を推進している。

【新研究領域の開拓】
デバイスのオペランド顕微分光は、私が世界に先駆けて開拓した領域である。その基礎的な重要性の認知は、物理学会・表面科学会・応用物理学会・日本化学会などから招待講演を受けたことから窺える。加えて、オペランド顕微分光を行う SPring-8 から、通常のユーザーに比して１０倍程度のビームタイムを与えられていることも、重要性が認められていることが分かる。
　また、応用的な重要性に関しても、上述との住友電工とのプロジェクトに加えて、非公式に複数のデバイス・メーカーから共同研究の打診を受けたことから窺える。

【成果の他分野への応用】
本研究では、次世代通信デバイス候補の一つとして GFET を取り扱った。次世代通信デバイスの他の有力候補としては、その高品質な二次元電子系を活かした GaN-HEMT が挙げられる。この GaN-HEMT において、コラプス現象が実用化の大きな壁となっている。このコラプス現象においても、GFET と同様に界面での電子のやり取り（電子捕獲）が鍵を握っている。ゆえに、GaN-HEMT に関しても、オペランド顕微分光による研究を住友電工と共同で開始したところである。この研究の推進により、衛星通信・車載レーダ用の 60GHz の大出力通信デバイスの実現を目指す。

【萌芽的研究への発展】
時空間オペランド顕微分光は、時間分解能を有さない。そのため、DC 電圧下のデバイスの動作機構解明には威力を発揮するが、AC 電圧下での動作機構の解明には能力が不十分である。
　このような背景から、時間分解能 50ps（20GHz）が賦与された時空間オペランド顕微分光の開発を 27 年度末に着手した。この時空間オペランド分光の実現により、特に高周波デバイスにおいて、より実デバイス動作条件に近い条件での観察が可能なる。

第　5　章　　共同プロジェクト研究

5．1　共同プロジェクト研究の理念と概要

○共同プロジェクト研究の理念と概要

本研究所は、情報通信分野における COE（Center of Excellence）として、その成果をより広く社会に公開し、また研究者コミュニティーがさらに発展するために共同利用・共同研究拠点としての所外の研究者と共同プロジェクト研究を遂行している。本研究所の学問の性格上、単なる設備の共同利用ではなく、本研究所教員との共同研究を前提としているところに特徴がある。本研究所の「共同プロジェクト研究」とは、情報通信における技術・システムに関する各種の研究を国内外の優れた研究者の協力のもとに企画・コーディネートし，プロジェクト研究として実施していくものである。

共同プロジェクト研究は、所内外の研究者の英知を集めて企画され、さらにその積極的な参加を得て実施されることが肝要である。これまで、本研究所の共同プロジェクト研究の提案および実施は、国・公・私立大学、国・公立研究機関及び、民間企業・団体等の教員及び研究者を対象として、公募により行われている。

○共同プロジェクト研究委員会

共同プロジェクト研究の運営のために、共同プロジェクト研究委員会及び共同プロジェクト選考委員会、共同プロジェクト実施委員会が設置されている。共同プロジェクト研究委員会は、共同プロジェクト研究に関する重要な事項を審議するために所内６名、学内３名と学外４名の合計１３名の委員により構成されている。共同プロジェクト研究委員会の使命は、本研究所で遂行されている研究内容の特徴を重視しながら、所内外の意見を広く求め、研究所の目的である「人間性豊なコミュニケーションを実現する総合的科学技術の学理と応用の研究」の発展に不可欠な共同プロジェクト研究を積極的に推進することにある。これまで、公募研究の内容、採択の基準外部への広報，企業の参加に関する点等について議論を行ってきており，特に企業の参加に関しては，公平・公表を原則として積極的な対応を行ってきている。なお、共同プロジェクト研究の採択に際し審査を厳格に行うため、外部委員を含めた共同プロジェクト選考委員会が設置されている。また、共同プロジェクト研究の円滑な実施を図るために、本研究所専任の教員により組織されている共同プロジェクト実施委員会が設置されている。

今年度のテーマは、平成２６年度共同プロジェクト研究の公募方法に関して議論を行い、次の４テーマを取り上げることとした。

１）物理現象を活かしたナノ情報デバイスの創成に関する研究
２）超広帯域通信のための次世代システムの創成に関する研究
３）人間と環境を調和させる情報システムの創成に関する研究
４）情報社会を支えるシステムとソフトウェアの創成に関する研究

○平成２６年度共同プロジェクト研究

平成２６年度の共同プロジェクト研究は、所内外から公募され審議の結果次の８８件（A：５２件，B：３２件，S：４件）が採択された。なお、区分Aは各々の研究課題について行う研究であり、５２件のうち３４件が外部よりの提案､区分Bは短期開催の研究会形式の研究で､３２件のうち２３件が外部よりの提案のものである。また民間の研究者が参加している研究は区分Aの８件、区分Bの１３件である。

さらに区分Sは情報通信分野において特に力点を置いて研究を推進すべき技術・システム上の課題について、本研究所が中心となりつつ、相乗効果や補完効果の期待できる他大学附置研究所等の研究組織とネットワークを構築し、研究を共同で推進する組織間連携プロジェクトである。

平成 26 年度からは、東北大学の掲げる「ワールドクラスへの飛躍」に合わせた拠点活動の一層の強化を目的とし、共同プロジェクト研究の見直しを行い、研究種別区分 A と区分 B に対して、大型プロジェクト提案型、若手研究者対象型、萌芽的研究支援型、先端的研究推進型、国際共同研究推進型の５つの研究タイプを設け、若手研究者対象型、国際共同研究推進型については、重点的支援を行った。

平成２６年度共同プロジェクト研究採択一覧

Ｈ２４／Ａ０２	薄膜電解質を用いた固体酸化物形燃料電池の開発
Ｈ２４／Ａ０３	グラフェンの精密な界面制御とナノデバイス応用
Ｈ２４／Ａ０４	プラズマナノバイオ・医療の基礎研究
Ｈ２４／Ａ０６	Ⅳ族半導体量子ヘテロ構造の高集積化のための原子層制御プラズマ CVD プロセスの開発

共同プロジェクト研究

Ｈ２４／Ａ０７	ランガサイト系圧電単結晶の 1000℃までの高温用音響センサーデバイスの設計・評価と作製
Ｈ２４／Ａ１０	共鳴トンネル素子を用いた THz 送受信システムの研究
Ｈ２４／Ａ１１	前庭情報による音空間歪みに関する研究
Ｈ２４／Ａ１２	情動ネットワーキングシステムに関する基礎的研究
Ｈ２４／Ａ１３	人工脂質二分子膜の形成とバイオ情報デバイスへの応用
Ｈ２４／Ａ１５	超分散環境におけるコンテンツ指向コンピューティングに関する研究
Ｈ２４／Ａ１６	共生コンピューティングのためのリポジトリ型マルチエージェントフレームワークの協調機構に関する研究
Ｈ２５／Ａ０１	カルコゲナイドナノ構造の作製と物性探索およびメモリー応用
Ｈ２５／Ａ０２	InGaAs HEMT を用いた大電力テラヘルツ信号源の研究
Ｈ２５／Ａ０３	IV 族半導体-金属合金化反応制御による強磁性ナノドットの高密度・自己組織化形成と磁気的特性
Ｈ２５／Ａ０４	強磁性形状記憶合金をはじめとする機能性磁性材料の電子構造と物性発現機構の解明
Ｈ２５／Ａ０５	大規模超伝導量子検出器の実用化に関する研究
Ｈ２５／Ａ０６	感性情報を高精度に伝達する音声情報通信システムの研究
Ｈ２５／Ａ０７	脳内の多チャネル色情報表現に関する研究
Ｈ２５／Ａ０８	非線形時変特性を持つ聴覚情報表現による音声処理技術の開発
Ｈ２５／Ａ０９	視覚モデル構築のための協調的環境に関する研究
Ｈ２５／Ａ１０	包囲型スピーカアレイを利用した音空間レンダリングの評価
Ｈ２５／Ａ１１	ブレインウェアの情報原理とその応用の研究
Ｈ２５／Ａ１２	不定な環境における適応能の階層横断的解明と工学的応用
Ｈ２５／Ａ１３	「場」と対人コミュニケーションに関する研究
Ｈ２５／Ａ１５	ネットワークの知的管理のための情報取得・活用に関する研究
Ｈ２６／Ａ０１	グラフェンを用いた光電子デバイスの研究
Ｈ２６／Ａ０２	走査型非線形誘電率顕微法による層状構造圧電薄膜の極性評価
Ｈ２６／Ａ０３	プラズマプロセスによる各種 high-k/Ge 構造の作製と界面近傍のトラップの評価
Ｈ２６／Ａ０４	強誘電体障壁を有する Fe_4N 基トンネル接合素子の開発
Ｈ２６／Ａ０５	磁性体／半導体ハイブリッド構造の形成とナノデバイスへの応用に関する研究
Ｈ２６／Ａ０６	Ｇｅベース高度歪異種原子層配列Ⅳ族半導体形成とナノデバイスへの応用に関する研究
Ｈ２６／Ａ０７	2 次元半導体薄膜の構造制御合成と物性解明
Ｈ２６／Ａ０８	スピントルクオシレーターを用いた高感度磁気センサーの基礎検討
Ｈ２６／Ａ０９	超大規模マルチバンドリフレクトアレーの高速設計技術の研究開発
Ｈ２６／Ａ１０	ディペンダブル・エア実現に向けた無線ネットワークアーキテクチャの開発
Ｈ２６／Ａ１１	大脳神経回路の組織化に関する研究
Ｈ２６／Ａ１２	ハイブリッド脳開発に向けた培養神経回路網の再構成
Ｈ２６／Ａ１３	動的手がかりを考慮した音空間知覚に関する研究
Ｈ２６／Ａ１４	ロングパスエコー下での伝送パラメータを用いない音声了解度推定
Ｈ２６／Ａ１５	膜面法線磁場制御で発現する高機能薄膜デバイスの研究
Ｈ２６／Ａ１６	ナノ構造体ハイブリッド太陽電池の開発
Ｈ２６／Ａ１７	錯視効果を利用した立体物のデザインにおける，空間的構造の類型とその主観評価
Ｈ２６／Ａ１８	デザイン学の手法に基づく 3 次元インタラクティブ技術の医学教育への応用展開
Ｈ２６／Ａ１９	情報の流れに着目した新世代情報処理基盤技術に関する研究
Ｈ２６／Ａ２０	心的状況共有のための共感デバイス協調機構の研究
Ｈ２６／Ａ２１	カメラ画像に基づく耳介の音響伝達関数の高精度推定
Ｈ２６／Ａ２２	磁性半導体・酸化物の磁性とスピン輸送に関する研究
Ｈ２６／Ａ２３	テラヘルツセンシングデバイスに関する日西国際共同研究
Ｈ２６／Ａ２４	ダイレクトディジタル RF 変復調技術の研究
Ｈ２６／Ａ２５	色名に関する文化差および個人差の研究
Ｈ２６／Ａ２６	細かい手の操作の機械学習と HCI への応用
Ｈ２６／Ａ２７	3 次元ナチュラルユーザインタフェースの新展開
Ｈ２４／Ｂ０１	プラズマ流による高機能性発現と反応場形成の基礎と応用
Ｈ２４／Ｂ０２	免許不要帯無線通信方式

Ｈ２４／Ｂ０３	知的ナノ集積システムの課題と展望
Ｈ２４／Ｂ０５	災害復興エンタテインメントコンピューティング
Ｈ２４／Ｂ０６	アジア太平洋地区におけるＨＣＩ分野の新学会設立
Ｈ２４／Ｂ０７	酸化物表面の機能化ナノ・デバイスへの応用
Ｈ２４／Ｂ０８	光ファイバーネットワークを利用した地震・津波・地殻変動の面的な計測技術に関する研究
Ｈ２４／Ｂ１０	高次元ニューラルネットワークの情報処理能力
Ｈ２４／Ｂ１１	人間の知覚認識系および意志決定系の理解に関する研究
Ｈ２４／Ｂ１２	超高速コンピューティング新概念要素技術の国産実用化展開
Ｈ２４／Ｂ１３	ディジタルコンテンツの高付加価値化技術に関する研究
Ｈ２５／Ｂ０１	非平衡スピン・ゆらぎの精緻な制御と観測による新規ナノデバイスの開拓研究
Ｈ２５／Ｂ０２	微粒子プラズマ物理に基づいた新規ナノ材料創成
Ｈ２５／Ｂ０３	次世代通信機器用磁性材料ならびに磁性デバイスに関する研究
Ｈ２５／Ｂ０４	磁性の電界制御の物理と応用
Ｈ２５／Ｂ０５	新しい光科学の創成とナノ情報デバイスへの展開
Ｈ２５／Ｂ０６	低炭素エネルギー社会を実現する電磁波技術に関する研究
Ｈ２５／Ｂ０７	物体の表面属性の視知覚に関わる脳内メカニズムの研究
Ｈ２５／Ｂ０８	身体性に基づく人間の適応的運動機能の理解
Ｈ２５／Ｂ０９	マイクロ波およびレーザ応用合成開口レーダの開発と民生応用
Ｈ２５／Ｂ１０	メタプログラムに対する論理学的アプローチ
Ｈ２６／Ｂ０１	高性能圧電材料の開発と通信・計測デバイスへの応用
Ｈ２６／Ｂ０２	ナノ材料とシリコン技術の融合による新概念デバイスに関する研究
Ｈ２６／Ｂ０３	ナノ半導体材料とそのデバイス・回路による電子システムに関する研究
Ｈ２６／Ｂ０４	マイクロ波磁性材料とそのナノ情報デバイスへの応用
Ｈ２６／Ｂ０５	ハイブリッドセミコンダクタ回路技術とその応用
Ｈ２６／Ｂ０６	マルチキャリア光波による先進通信・計測システムに関する研究
Ｈ２６／Ｂ０７	コトミメティクス学創成：バイオミメティクスの新展開
Ｈ２６／Ｂ０８	多感覚統合への自己身体運動の寄与
Ｈ２６／Ｂ０９	ブレインウェアＬＳＩ国際共同研究
Ｈ２６／Ｂ１０	高信頼・高スケーラビリティメニーコア並列計算基盤
Ｈ２６／Ｂ１１	人と移動体のセンシング・コミュニケーション技術に関する研究
Ｈ２４／Ｓ１	人間の機能を取り込んだ革新的新概念による共感計算機構
Ｈ２６／Ｓ１	未来のコヒーレント波科学技術基盤構築プロジェクト
Ｈ２６／Ｓ２	スピントロニクス学術連携
Ｈ２６／Ｓ３	ナノエレクトロニクスに関する連携研究

○　共同プロジェクト研究の公募，実施について

共同プロジェクト研究の公募、実施は年度単位で行われている。例年、研究の公募は、1月中旬に来年度の研究の公募要項の公開、2月25日前後が申請書の提案締切となっており、採否の判定には共同プロジェクト選考委員会による書面審査を行い､その結果は4月下旬頃に申請者の所属機関の長を通じて通知される｡研究期間は、4月20日より3月15日までであり、研究終了後、共同プロジェクト研究報告書を提出して頂くことになっている。なお、「理念と概要」の項で述べたように、本共同プロジェクト研究は本研究所教員との共同研究を前提としたものであるので、申請にあたっては本研究所に対応教員がいることが必要である。

なお、本共同プロジェクト研究については、次のweb pageにて広報している。

http://www.riec.tohoku.ac.jp/nation-wide/

問い合わせ先：東北大学電気通信研究所研究協力係
電話：022-217-5422

採択回数	1	2	3

（萌芽・先端）

採択番号　H24／A02

薄膜電解質を用いた固体酸化物形燃料電池の開発

［1］組織

代表者：内山　潔
（鶴岡工業高等専門学校電気電子工学科）
対応者：長　康雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：佐藤　智也
（鶴岡工業高等専門学校機械システム専攻）
井上　貴明
（鶴岡工業高等専門学校電気電子工学科）
熊谷　佳郎
（鶴岡工業高等専門学校電気電子工学科）

研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 4 万 8 千円

［2］研究経過

固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell, SOFC）は，燃料電池の中でも特に発電効率が高いことで知られているが，動作温度が 1000℃と高いため耐熱性材料を多用しなければならず高価になることや始動性が悪いことなどからその普及が遅れている。そのためステンレス等の金属材料が使用可能となる 400-600℃の中温域で作動する SOFC の開発が望まれている。現在，私たちは中温度域でも高い電気伝導性が得られるプロトン伝導体を電解質として用いるとともに，電解質の厚みを 100nm（従来比約 1/1000）程度まで薄膜化し低温化を図る全く新しい構造の SOFC を提案している [1]。しかし，本提案の SOFC は Pd メッキした多孔質ステンレス基板上に形成されることから、新構造の SOFC 実現のためには，良好な結晶性を有する電解質を基板の耐熱温度である 700℃以下で形成することが必須である。そこで本プロジェクトでは 700℃以下というプロセス温度上の制約の中で良好な電解質薄膜や電極を形成する条件を探索し，それを用いた燃料電池動作を実現することを目的とした。

本プロジェクトは，本年度が第 3 年度であった。前年度は，鶴岡工業高等専門学校(以下，鶴岡高専)に新規に導入されたスパッタ法を用いて成膜を行い，700℃以下という低温で良好な結晶性を持つ電解質薄膜 ($Ba(Ce,Y)O_3$, $Sr(Zr,Y)O_3$, 以下それぞれ BCYO, SZYO と記す）が形成できることを明らかにした。そこで，本年度は，前年度の成果を踏まえながら，SOFC 用として最適な電解質薄膜を得る研究を展開した。

以下，研究活動状況の概要を記す。

本年度においては，種々の成膜条件で BCYO, SZYO のスパッタ成膜を行い，その条件が物性及ぼす影響について検証した。あわせて X 線回折（XRD）の結果が伝導性に与える影響について調べた。

その結果，BCYO，SZYO ともに良好な結晶性を有する薄膜を 700℃以下のプロセス温度で実現することができた。

また，電気伝導度を測定する評価装置を新たに立ち上げ，伝導性による最適条件の絞込みを行うことができるようになった。その結果，500℃以下でプロトン伝導性が発現していることがわかり，本提案の SOFC に使用可能であることがわかった。

しかし，現状ではまだ伝導度が目標の 1/100 程度と小さいため実際の SOFC の試作には至らなかった。今後，本プロジェクトの成果を踏まえさらなる伝導度の向上を図り実際に SOFC を試作することで，本提案の SOFC の有効性を証明していく予定である。

［3］成果

（3－1）研究成果

本プロジェクトで得られた成果を以下に示す。

まず第 1 に，良好な結晶性の BCYO 薄膜を 700℃以下の低い成膜温度で形成することができた。

図 1 に Ar 雰囲気下において種々の成膜圧力で作製した BCYO 薄膜の XRD 結果を示す。図 1 よりすべての圧力において BCYO のピークが確認され，結晶化していることがわかる。また BCYO 以外の異相のピークは確認できず，これは基板温度およびスパッタガスに、O_2 を加えた時も同様の結果であった。第 2 に，BCYO 中の不純物（Y）は B サイトに置換しているものと結論した。

Y 組成（Y=10mol%，20mol%）の異なる BCYO を成膜しその格子定数を XRD で測定した結果，Y を 10mol%と 20mol%置換した時の格子定数（立方晶系）の変化は図 2 のようになった。なお，Y=0mol%

の時，すなわち無置換の格子定数は文献[2]の値を用いた。Y置換量が大きくなるほど格子定数は単調に増加していることがわかる。これはYの置換が一様に行われていることを示唆している。また，イオン半径はBa（1.61Å）>Y（0.90Å）>Ce（0.87Å）の順であり、置換量が多くなるにつれ格子定数が大きくなっていることから，CeサイトにYが単調に置換しているものと考えられる。

第３に，薄膜の伝導度について環境温度を変えて測定し，その伝導メカニズムについて考察した。

図３はスパッタガスとしてArを使用し、基板温度500℃、成膜圧力2Paで成膜した膜厚230nmのSZYO薄膜の交流インピーダンス測定結果（コール・コールプロット）である。なお図中のZは，測定して得られた試料のインピーダンスを示しており，雰囲気温度が上昇するに従いインピーダンスが減少していることがわかる。本図３より等価回路を算出し、伝導度を求めたところ450℃において2.45×10^{-6} [S/cm]の伝導度が得られ，その活性化エネルギーによる検証により500℃以下ではプロトン伝導性が支配的であることがわかった。一方，より高い温度では酸素イオン伝導が支配的となった。

以上の結果，本成膜手法によりプロトン伝導性が発現することがわかった。しかし，伝導度評価に際して，試料が容易にショートしてしまうことが多く，効率的に伝導度の測定が行うことができなかった等の問題から，電解質評価の進捗が遅れてしまい電解質材料の最適化までは至らなかった。そのため，現在得られている電解質ではSOFCに必要な伝導度の達成ができず，発電特性の検証には至らなかった。今後さらに検証をすすめ，さらなる伝導性の向上とそれを用いた発電特性の検証をすすめる予定である。

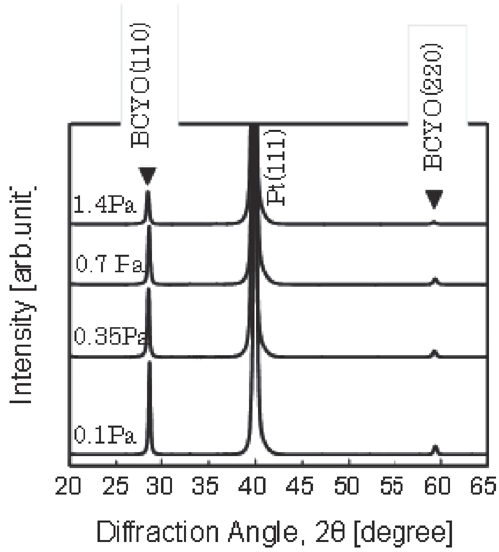


図１　各種スパッタ圧力で成膜したBCYO薄膜のXRD図形（CuKα）（成膜温度：500℃，Ar雰囲気中）

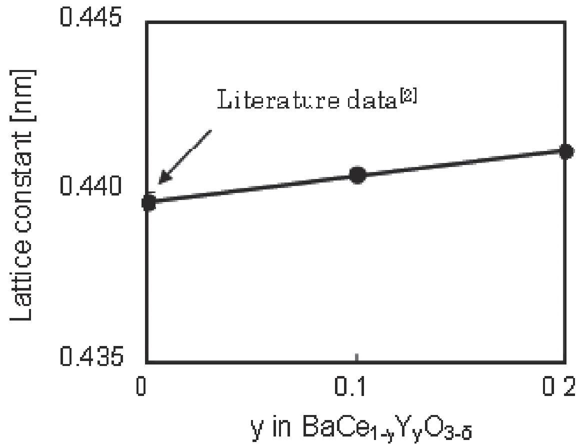


図２　BCYO薄膜におけるY置換量と格子定数の関係(Y=0at%は文献２より引用)

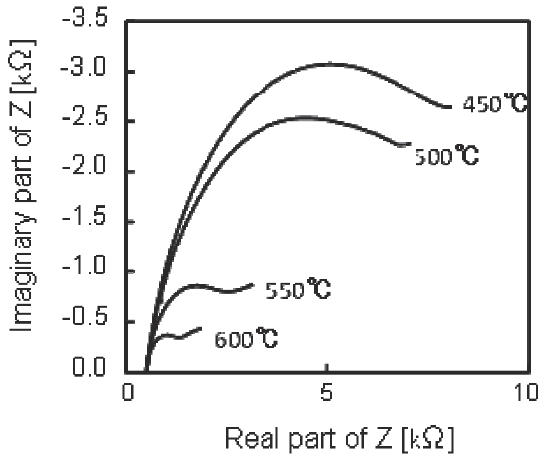


図３　SZYO薄膜の伝導度の温度依存性(乾燥Ar中)

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトでは，RF マグネトロンスパッタ法により良好な結晶性を持つ種々の固体電解質材料を得ることができた。また，その伝導性評価を行い，500℃以下ではプロトン伝導性が発現していることを明らかにした。しかし，伝導性評価法の確立に時間がかかり，本提案の SOFC を試作するにあたって最適な電解質材料や成膜条件についての検証を行うまでには至らなかった。今回，本プロジェクトを通じて伝導性評価法を確立することができたことから，今後早急に電解質の材料系の絞り込みを行い，発電特性の検証を行っていく予定である。

本研究成果をもとに得られた成果等は以下の通りである。

（外部資金獲得）
・鉄鋼研究振興助成　100 万円
・日本鉄鋼協会
・平成 27-28 年度

（国際会議，シンポジウムでの発表）
１．2014 年応用物理学会秋季大会
・平成 26 年 9 月 17 日
・北海道大学（札幌市）
・数千名
２．日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
・平成 26 年 11 月 6-7 日
・にぎわい交流ホール AU（秋田市）
・約 100 名
３．EM-NANO 2015（発表予定）
・日時　平成 27 年 6 月 16-19 日
・開催場所　朱鷺メッセ：新潟コンベンションセンター（新潟市）
・参加人数　未定

［４］成果資料
なし。（EM-NANO 2015 の成果を投稿予定）

参考文献

[1] K. Uchiyama et.al, Proc. 6th Thin-Films Materials and Devices Meeting, (2010), p. 100228102.
[2] E.K. Shalkova et al., Russ. J. Inorg. Chem., 35, 148-149 (1990)

採択回数	1　2　③

（先端・国際）

採択番号　H24/A03

グラフェンの精密な界面制御とナノデバイス応用

［1］組織

代表者：末光　眞希
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：末光　眞希
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
吹留　博一（東北大学電気通信研究所）
尾辻　泰一（東北大学電気通信研究所）
遠田　義晴（東北大学理工学研究科）
遠藤　哲郎（東北大学電気通信研究所）
川合　眞紀（理化学研究所）
吉村　雅満（豊田工業大学）
影島　博之（NTT 物性科学基礎研究所）
白石　賢二（筑波大学数理物質科学研究科）
斎藤　理一郎（東北大学理学研究科）
北島　正弘（防衛大学校）
末光　哲也（東北大学電気通信研究所）
日比野　浩樹（NTT 物性科学基礎研究所）
伊藤　隆　（東北大学学際センター）
安井　寛治（長岡技科大工学研究科）
佐野　栄一（北海道大学量子集積エレクトロニクス研究センター）
福山　敦彦（宮崎大学工学部・材料物理工学科）
成田　克　（山形大学理工学研究科）
永瀬　雅夫（NTT 物性科学基礎研究所）

田中　悟（九州大学大学院工学府）
文　泌景（東北大学大学院理学研究科）
小嗣　真人（高輝度光科学研究センター）
長汐　晃輔（東京大学大学院工学研究科）
堀場　弘司（東京大学大学院工学研究科）
中払　周　（東芝/FIRST）
塚越　一仁（物質・材料研究機構）
菅原　克明（東北大学 WPI）

延べ参加人数：60 人

研究費：物件費 19 万円，旅費 26 万 8 千円
国際特別支援費：30 万円

［2］研究経過

炭素原子の二次元シートであるグラフェンは、その二次元性に起因した優れた物性を有する。特に、シリコンよりも二桁高いというグラフェンの電子・正孔移動度は特筆に値する。ゆえに、グラフェンは次世代情報化社会の実現を可能にする次世代半導体材料として有望視されており、既に ITRS Roadmap に次世代チャネル材料として取り上げられるようになっている。

しかしながら、このグラフェンの製造プロセスの現状には大きな問題点がある。グラフェンの主製造法である「グラファイト塊からのスコッチテープを用いた劈開法」は微小片しか製造出来ないため、大量生産には不向きである。そのため、グラフェンを用いたデバイスの実用化の為に、量産化に適したグラフェン製造の探索及び確立が課題となっていた。

これらの課題を克服する為に、代表者らは、通研共同プロジェクト研究会として、「次世代デバイス応用を企図したグラフェン形成機構の解明とその制御」を H21～H23 年度に行なってきた。この研究会における研究討論から、グラフェン製造法の探索に関して充分な知見が集積されてきた。また、グラフェンのナノデバイス応用において、デバイス界面（グラフェン/金属界面、グラフェン/絶縁物界面）の精密な制御の重要性が認識されるようになっている。

このような背景、及び、最近の、グラフェンを用いた電子・光デバイス応用への要請の大きな高まりを受け、申請者は、この研究を発展させた新たな研究「グラフェンの精密な界面制御とナノデバイス応

用」を通研共同プロジェクト研究を立ち上げた。

本プロジェクトは，本年度が第３年度であった。前年度までに，グラフェンの精密な界面制御とナノデバイス応用に関する研究及び研究会の開催を行い，ナノデバイス応用が必要とする制御する界面構造パラメターが明らかになった。そこで，本年度は，前年度の成果を踏まえながら，SiC 基板上グラフェンの精密制御とその応用に関する研究を展開した。

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第１に， 本プロジェクトに関連し、招聘したフリッツ・ハーバー研究所の Horn 教授の来日に合わせて 2014 年 6 月に共同プロジェクト講演会を行った。国内外の優れた研究者 10 名から最先端の研究を発表して頂いた。特別講演として Horn 教授に講演をして頂いた。本講演会は大きな関心を持たれ、所内だけでなく、東北大の他部局、学外からも参加者があり、総勢 60 名程の参加人数となった。Horn 教授とは、この他、国際特別支援費により、グラフェン／酸化膜界面及び Ni／SiC 界面に関する研究を推進した。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

（1　オペランド顕微分光法の開拓）

光電子顕微鏡を用いたオペランド顕微分光法は、グラフェンやその他通信用半導体デバイス開発にとって重要であることが、大学だけでなく企業研究者も認識されてきている。この研究は、平成 26 年度から、NEDO 産学連携プロジェクト「低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト」"ウェーハ状大面積グラフェンを活用したテラヘルツ帯デバイスの実用化"（総額二億三千万円）の一環として、住友電工・東京大学放射光連携機構と共同で推進されることとなった。

(2　グラフェンと 3d 金属界面の研究)

スピトロニクス（例：理論効率 100%のスピン・フィルター）への応用を企図してグラフェンと 3d 金属界面の研究を行った。この研究に関しては、本年度外国人客員研究員として招聘したフリッツハーバー研究所（ドイツ）の Horn 教授と共同で行った。光電子顕微鏡を用いたナノレベル研究により、グラフェンの層数により、蒸着される Ni 薄膜の厚さが変わることが明らかとなった。今後、この Ni 薄膜の磁気特性を調べる予定にしちえる。

(3. SPring-8 との共同研究)

1.の微細加工 SiC 基板上でのエピタキシャルグラフェンの原子レベル観察のために、SPring-8 の光電子顕微鏡(PEEM)を用いた研究を共同で行っている。2009A 期～2014B 期まで連続で共同研究課題が採択された。これらの PEEM 観察結果から、微細加工パターンとグラフェンの構造・電子物性に強い相関が存在することが明らかとなった。また、当初使用していたビームラインは、BL23SU のみであったが、本年度から、BL23SU に加えて、BL17SU 及び BL07LSU も共同研究の一環として使用出来るようになった。今後も、この緊密な連携関係を保持していくつもりである。彼らと共著論文が、一報出版された。

(4.東京大学との共同研究)

本共同プロジェクトを介した長汐准教授及び堀場講師との討論から、グラフェンデバイスの動作機構に関する共同研究が開始された。その成果として、本年度から、堀場准教授（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所）及び尾嶋教授（東京大学工学部）と共同で、東京大学放射光連携機構における共同研究が開始され、本年度、彼らとの共著論文が、二報出版された。

［４］成果資料

1) **H. Fukidome**, T. Ide, Y. Kawai, T. Shinohara, N. Nagamura, K. Horiba, M. Kotsugi, T. Ohkochi, T. Kinoshita, H. Kumigashira, M. Oshima, M. Suemitsu Microscopically-Tuned Band Structure of Epitaxial Graphene through Interface and Stacking Variations Using Si Substrate Microfabrication.Scientific Reports, 4. (2014), pp.5173-1-5173-5.

2) **H. Fukidome**, K. Nagashio, N. Nagamura, K. Tashima, K. Funakubo, K. Horiba, M. Suemitsu, and M. Oshima Pinpoint operando analysis of the electronic states of a graphene transistor using photoemission nano spectroscopy, Applied Physics Express, 7. (2014), pp.065101-1-065101-4.

採択回数	1　2　3

（国際）

採択番号　H24/A04

プラズマナノバイオ・医療の基礎研究

［1］組織

代表者：金子 俊郎
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：庭野 道夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
Peter Bruggeman（University of Minnesota, USA）
Erik Neyts（University of Antwerp, Belgium）
Eun Ha Choi（Kwangwoon University, Korea）
Cheng-Che Hsu（National Taiwan University, Taiwan）
Meng-Jiy Wang（National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan）
田路 和幸（東北大学大学院環境科学研究科）
畠山 力三（東北大学大学院工学研究科）
加藤 俊顕（東北大学大学院工学研究科）
高島 圭介（東北大学大学院工学研究科）
佐藤 岳彦（東北大学流体科学研究所）
神崎 展　（東北大学大学院医工学研究科）
平田 孝道（東京都市大学大学院工学研究科）
寺嶋 和夫（東京大学新領域創成科学研究科）
篠原 久典（名古屋大学大学院理学研究科）
堀　 勝　（名古屋大学大学院工学研究科）
伊藤 公孝（核融合科学研究所）
伊藤 篤史（核融合科学研究所）
松本 和彦（大阪大学産業科学研究所）
浜口 智志（大阪大学工学研究科）
伊藤 早苗（九州大学応用力学研究所）
白谷 正治（九州大学大システム情報科学研究院）
秋山 秀典（熊本大学自然科学研究科）
本村 英樹（愛媛大学大学院理工学研究科）
松永 行子（東京大学生産技術研究所）
石田 竜弘（徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部）
古閑 一憲（九州大学システム情報科学研究院）
近藤 博基（名古屋大学大学院工学研究科）
沖野 晃俊（東京工業大学大学院総合理工学研究科）
澁田 靖　（東京大学大学院工学系研究科）
劉　 崢　（産業技術総合研究所）
高木 浩一（岩手大学工学部）

延べ参加人数：計 70 人
研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 30 万 5 千円
国際，特別支援費 30 万円

［2］研究経過

本プロジェクトでは、２１世紀の重点的研究分野と目されている環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス、フロンティア（宇宙など）そして情報通信のいずれにも学問的基盤として根幹的に関わっているプラズマ科学と、ナノバイオ科学、さらには医療分野が融合する新領域に特化して、研究開発を行う。特に、気体、液体、気液界面プラズマ中の新規プラズマプロセスを駆使することにより、次世代ナノ情報電子・医療デバイス創成に資する基盤研究を、日本国内のみならず海外のプラズマ理工学者と共同してナノバイオ・医療科学技術に関わる電子・磁気・光工学、材料工学、物理、化学、分子生物学、医学・生命科学者の英知を結集して展開する。

（研究討論会等開催状況）
日時：平成 27 年 2 月 19-20 日
場所：東北大学　大学院工学研究科 電子情報システム・応物系　1 号館別館 451・453 会議室

1. 「マイクロプラズマによる遺伝子導入」本村 英樹，池田 善久，橘 邦英，佐藤 晋，神野 雅文（愛媛大学）
2. 「三次元組織構築モデルによる正常-疾患相互作用のみえる化」松永 行子（東京大学）
3. 「腫瘍内微小環境の能動的制御に基づく新規 DDS の開発」石田 竜弘（徳島大学）
4. 「非平衡大気圧プラズマによる低侵襲遺伝子導入機器の開発」金子 俊郎，佐々木 渉太，保苅 雄太郎，神崎 展，（東北大学）
5. 「プロセシングプラズマを用いた Ⅳ 族半導体ナノ粒子の生成と太陽電池への応用」古閑 一憲，内田 儀一郎，徐 鉉雄，白谷 正治（九州大学）
6. 「カーボンナノウォールの構造制御とナノバイオ応用」近藤 博基，堀 勝，平松 美根男（名古屋大学）

7. 「温度制御マルチガスプラズマジェットの開発と殺菌実験」沖野 晃俊, 渡辺 洋輔, 川野 浩明, 小林 智裕, 大下 貴也, 宮原 秀一（東京工業大学）
8. 「大気圧水中放電の形成機構とバイオ応用」佐藤 岳彦, 藤田 英理, 金澤 誠司, 大谷 清伸, 小宮 敦樹, 金子 俊郎（東北大学）
9. 「カーボンナノチューブ・グラフェン生成過程の分子動力学的考察」澁田 靖（東京大学）
10. 「最先端電子顕微鏡によるナノカーボン材料の構造解析」劉 崢（(独) 産業技術総合研究所）
11. 「プラズマCVD中グラフェンナノリボンの合成機構」鈴木 弘朗, 加藤 俊顕, 金子 俊郎（東北大学）

本研究会では学内外を含め延べ 70 名以上の参加者があり，講演は「プラズマナノバイオ・医療の基礎」を主テーマに，プラズマとその応用, ナノカーボンの理論, 及び合成・制御と応用, バイオ応用プラズマプロセス, 医療応用プラズマプロセス等の立場から, 専門分野を越えて活発な議論がなされた.

日時：平成 27 年 3 月 2-4 日
場所：東北大学電気通信研究所ナノスピン棟カンファレンスルーム

1. “Incorporation of Surface Biofunctionalities by Chemical Plasma Techniques”, Meng-Jiy Wang (Department of Chemical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)
2. “Quantum-dot-based Nanometrological Analysis of Intracellular Trafficking Activities in Living Cell”, Makoto Kanzaki (Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Japan)
3. “Cell Membrane Permeabilization inside Irraidation Region Using Atmospheric-Pressure Plasma”, Shota Sasaki, Yutaro Hokari, Makoto Kanzaki, and Toshiro Kaneko (Department of Electronic Engineering, Tohoku University)
4. “Plasma Applications to Agriculture: Plasma Farming”, SukJae Yoo (Plasma Technology Research Center, National Fusion Research Institute, Korea)
5. “Plasma and pulsed power applications for agriculture”, Koichi Takaki (Iwate University, Department of Electrical and Electronics Eng., Iwate University, Japan)
6. “Suppression Effect on Germination of Strawberry Pathogen by Atmospheric Pressure Air and N_2 Plasma Irradiation”, Hideaki Konishi, Keisuke Shimada, Keisuke Takashima, Toshiro Kaneko, Syota Inawashiro, Masaaki Osaka, Naomi Seo (Department of Electronic Engineering, Tohoku University)

本研究会は，The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics として開催され，上記を含む25件の講演と19件のポスター発表がなされた．学内外を含め延べ80名以上の参加者があり，プラズマとその応用，ナノカーボンの理論，及び合成・制御と応用，バイオ応用プラズマプロセス，医療応用プラズマプロセス等の立場から，専門分野を越えて活発な議論がなされた．

［３］成果

（３－１）研究成果

Ⅰ. 薄膜単層カーボンナノチューブ pn 接合太陽電池の開発

太陽光における近赤外波長領域（800-1650 nm）の利用を目的に，プラズマ機能化した単層カーボンナノチューブ（Single-Walled Carbon Nanotube: SWNT）を用いた太陽電池を作製している．これでまでの本研究室の研究により，一本の SWNTs をチャネルとした太陽電池の原理実証，及び SWNTs 内部軸方向に pn 接合を形成した太陽電池の作製に成功している．今年度はより実用的な観点から，発電性能を向上する目的で, SWNTs 径方向に pn 接合を形成する面外 pn 接合 SWNTs 薄膜を利用した太陽電池の開発に向けた研究を行った．

空の SWNTs 薄膜を p 型，及びプラズマイオン照射法により作製した Cs 内包 SWNTs 薄膜，あるいはポリエチレンイミン(Polyethyleneimine: PEI)を化学的にドープした SWNTs を n 型層として，p 層 n 層を積層させることで面外接合 pn 接合構造を形成した．作製したデバイスの性能は，光照射有無における pn 接合方向に流れる電流―電圧特性を評価して行った．その結果，光照射無しの場合において明確な整流特性が観測され, SWNTs 面外方向の pn 接合が形成されたことを実証した(図 1(a))．さらに，ソーラーシミュレータによる太陽光を照射した結果,

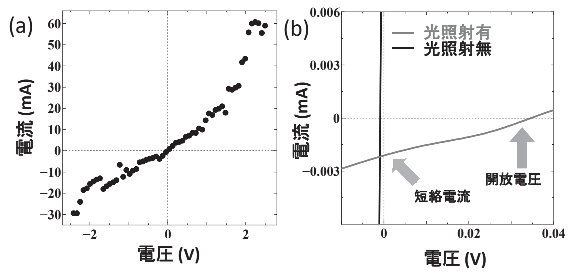


図 1. (a) 面外 pn 接合 SWNTs の電気伝導特性と(b)発電特性

明確な開放電圧と短絡電流を観測することに成功した(図 1(b)). 今後はさらなる発電効率の向上に向け，研究を展開していく予定である.

Ⅱ. プラズマ照射による低侵襲遺伝子導入

遺伝子導入は先天性の遺伝子疾患のみならず，がん，エイズ，C 型肝炎等の治療法として期待されており，さらには人工多能性幹細胞（iPS 細胞）を作成する技術としても，盛んに研究が行われている. 近年，細胞内へ遺伝子を導入する方法としてプラズマ照射の利用が報告されているが，導入効率が低く，導入機構も解明されていないため，実用化に至っていない.

これまで，プラズマを直接細胞へ照射し，電気的刺激と化学的刺激を与えることで蛍光物質・遺伝子を細胞膜を通して細胞内に導入可能であることを示してきたが，実際に細胞膜をどのように透過しているかは不明であった. そこで本研究では，大気圧プラズマ照射が誘発する遺伝子の導入すなわち細胞膜輸送機構を明らかにする実験を行った.

実験は，ヘリウムを原料ガスとしたプラズマジェット（周波数 $f = 8〜10$ kHz，電圧 $V_{pp} = 5〜20$ kV，照射時間 $t_i = 5s$）を用いて行った. プラズマ照射に伴い液中に生成される化学的活性種に焦点を絞り，それが引き起こす細胞膜透過性変化を評価した. 遺伝子を模擬した非膜透過性蛍光物質 YOYO-1 を混合した生理食塩水にプラズマ照射を行い，その後にプラズマ処理水をマウス繊維芽細胞に添加し，細胞内輸送量を評価する. その際，生理食塩水の Ca^{2+}濃度が 0mM，1mM それぞれの場合で評価した.

図2に示すように，細胞外に Ca^{2+}が存在する場合，より細胞膜輸送が活性化されることが明らかとなった. 細胞外の Ca^{2+}は細胞内に流入して細胞内濃度上昇を引き起こす. すなわち，細胞内への Ca^{2+}流入が引き金となり，その下流の Ca^{2+}シグナル伝達系が膜輸送に関与している可能性が非常に高いといえる.

以上の結果から，プラズマによる細胞膜透過性促進の要因が，細胞膜への酸化・機械的・電気的損傷ではなく，有機イオンチャネル活性やエンドサイトーシス活性といった細胞活動，すなわち細胞膜輸送を活性化させている可能性が非常に高い. また，現時点で蛍光物質・遺伝子の導入経路は特定には至っていないが，Ca^{2+}シグナル伝達系によって活性される細胞膜輸送である可能性が高い.

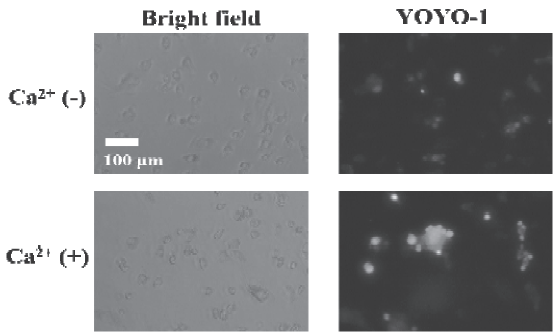


図 2. プラズマ処理水によって促進される細胞膜輸送に対する細胞外 Ca^{2+}の影響.

Ⅲ. プラズマ殺菌による病害防除技術の開発

病原菌や害虫の侵入がない植物工場は，それらを防除・駆除するための農薬が不要であるといわれてきた. しかしながら実際には，僅かな菌の混入で爆発的に病害が拡大してしまうため，病原菌を防除する農薬を使用しているのが現状である. 現在使用されている化学農薬は，残留性や薬剤耐性菌の出現などが問題となっている.

農薬に代わる新しい病害防除法として，空気と水の大気圧非平衡プラズマにより生成される活性種の殺菌効果を用いる方法が提案されている. しかしながら，殺菌効果をもたらす活性種およびメカニズムの全容が解明されておらず実用化には至っていない.

そこで本研究では，プラズマジェットから噴射される活性種をイチゴ炭素病菌の分生子懸濁液に照射し，分生子発芽の抑制効果を調べた. また，活性種（水酸基ラジカル（OH*）およびオゾン）の効果を調べるため，同様の環境で OH*およびオゾンの照射量を計測した.

プラズマジェットの空気流量に対する，分生子発芽率と，OH*およびオゾン照射量を図３に示す. ただし，分生子懸濁液への照射距離 100 mm，照射時間は 90 秒としている. 空気流量 4 L/min と 16 L/min において，発芽率が顕著に減少しプラズマジェットによる発芽率抑制効果が明らかにされた. OH*およびオゾン照射量は流量の増加と共に単調に増加しており，高流量側（8L/min→16L/min）での発芽率抑制効果を説明できる. 一方，低流量側（8L/min→4L/min）における発芽率抑制効果は OH*およびオゾン照射量が減少しており，OH*およびオゾンの照射量からは説明がつかない. 本研究で用いたプラズマジェッ

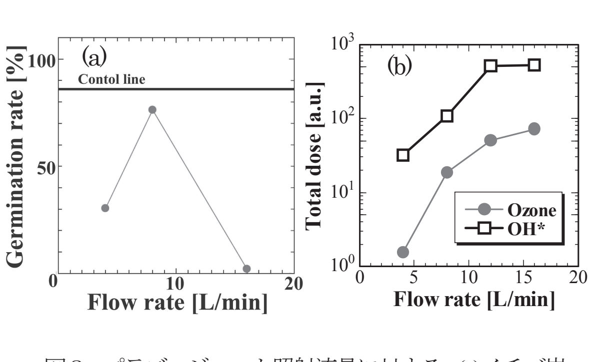


図３. プラズマジェット照射流量に対する，(a)イチゴ炭素病菌分生子の発芽率，および(b)活性種の照射量

トは，低空気流量域で多量の水分を含むガスが間欠的に噴出する，自励的間欠運転となることが明らかとなっている．従って，多量の水分を含むガスがプラズマ中を通過することにより，活性種の水和物を生成し噴出していると考えられ，発芽率抑制に大きく寄与していると考えられる．

今後このような水和物状の活性種の計測により，有効化学種を特定し，従来よりも短い照射時間で発芽率抑制効果を実現する空気と水のプラズマジェットの研究を展開する予定である．

（３－２）波及効果と発展性，研究分野への貢献

本プロジェクトは，学外研究者，特に海外の研究者との交流が飛躍的に活性化し，日本と台湾とのプロジェクトに発展した．その結果，Japan-Taiwan Workshop on Plasma Life Science and Technologyを2015年６月に東北大学で開催予定となっている．本プロジェクトを基盤に，東北大学を拠点として，東北地方の大学の研究者と台湾の大学の研究者間での二国間交流を進める．また，本プロジェクトで明らかになった生体に対するプラズマ中の活性種および荷電粒子の効果解明に関する成果は，プラズマのライフサイエンス（医療，農業）応用という新しい研究領域の開拓に結びつき，今後の発展が期待されている．

今回の国際共同研究推進型の特別支援分の研究費により，台湾および韓国のプラズマライフサイエンス研究者を招聘し議論を行った結果，今後，台湾とはプラズマ医療分野における国際交流拠点の形成，韓国とはプラズマ農業分野における今後の共同研究への発展を念頭に入れた継続的な交流を行うことになった．

［４］成果資料

1. “Thomson scattering diagnostics of atmospheric plasmas in contact with ionic liquids”, K. Tomita, K. Nagai, T. Shimizu, N. Bolouki, Y. Yamagata, K. Uchino, and T. Kaneko, Applied Physics Express, Vol.7, No.6, pp. 066101-1-4
2. “Structure Controlled Nanoparticle Conjugates Synthesized by Gas-Liquid Interfacial Plasmas”, T. Kaneko, S. Takahashi, and T. Kato, Materials Science Forum, Vol. 783-786, pp.1996-2001
3. “Effect of Ion Impact on Incubation Time of Single-Walled Carbon Nanotubes Grown by Plasma Chemical Vapor Deposition”, B. Xu, T. Kato, K. Murakoshi, and T. Kaneko, Plasma and Fusion Research: Rapid Communications, Vol.9, pp. 1206075-1-3
4. “Improvement of Electrical Device Performances for Graphene Directly Grown on a SiO2 Substrate by Plasma Chemical Vapor Deposition”, H. Suzuki, T. Kato, and T. Kaneko, Plasma and Fusion Research: Rapid Communications, Vol.9, pp.1206079-1-3
5. “Fabrication of Stable PN Junction Single-Walled Carbon Nanotube Thin Films by Position Selective Cs Plasma Irradiation Method”, Y. Abiko, T. Kato, R. Hatakeyama, and T. Kaneko, Journal of Physics: Conference Series, Vol.518, pp. 012013-1-4
6. “Effects of the Electron Irradiation Energy on Synthesis of Gold Nanoparticles Using Gas-Liquid Interfacial Plasma”, Journal of Physics: Conference Series, S. Takahashi and T. Kaneko, Vol.518, pp. 012022-1-5
7. “Highly Temporal Visualization of Generation Process of Underwater Secondary Streamer From Developed Primary Streamer”, H. Fujita, S. Kanazawa, K. Ohtani, A. Komiya, T. Kaneko, and T. Sato, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.42, No.10, pp. 2398-2399
8. “Initiation Process and Propagation Mechanism of Positive Streamer Discharge in Water”, H. Fujita, S. Kanazawa, K. Ohtani, A. Komiya, T. Kaneko, and T. Sato, Journal of Applied Physics, Vol.116, No.21, pp.213301-1-12
9. “Optical Detection of a Highly Localized Impurity State in Monolayer Tungsten Disulfide”, T. Kato and T. Kaneko, ACS Nano, Vol.8, No.12, pp. 12777-12785

採択回数	1	2	③

（萌芽・先端）

Ｈ２４／Ａ０６

IV 族半導体量子ヘテロ構造の高集積化のための原子層制御プラズマ CVD プロセスの開発

［1］ 組織
代表者：櫻庭政夫（東北大学電気通信研究所）
分担者：
庭野道夫（東北大学電気通信研究所）
室田淳一（東北大学電気通信研究所）
嶋脇秀隆（八戸工業大学工学部）
小林信一（東京工芸大学工学部電子機械学科）
中島　寛（九州大学産学連携センター）
佐道泰造（九州大学大学院
システム情報科学研究院）
近藤博基（名古屋大学大学院工学研究科）
中塚　理（名古屋大学大学院工学研究科）
伊東良太（秋田県立大学システム科学技術学部）
延べ参加人数：10 人
研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 26 万 7 千円

［2］研究経過

［目的］量子効果デバイスやナノスケールトランジスタなどの次世代ナノデバイスの高集積化の実現において，ナノメートルオーダ厚さの歪 Si や歪 Ge などを含む量子ヘテロ構造形成やそこにおける高キャリア濃度化を可能にする IV 族半導体のエピタキシャル成長技術が極めて重要である．そこで本研究では，原子オーダで平坦かつ急峻な表面・ヘテロ界面を有する Si-Ge-C 系 IV 族半導体量子ヘテロ構造を高集積化するためのプラズマ化学気相成長(CVD)プロセスの開発を目標とする．特に，基板非加熱でのプラズマ CVD における量子ヘテロ構造へのイオン・ラジカル入射制御を駆使することにより，界面ミキシングや不純物（主に B や P など）の偏析・クラスタリングを抑制し，組成や不純物濃度分布のサブナノオーダ制御や不純物の結合状態や電気的活性化の制御を可能とする Si-Ge-C 系 IV 族半導体量子ナノ構造の原子層制御プラズマ CVD プロセス基盤技術の構築を目指す．

［概要］基板非加熱プラズマ CVD におけるイオン・ラジカル入射制御を駆使し，Si 基板と格子整合した歪 Ge，歪 SiGe 混晶，歪 C ドープ Si などの Si-Ge-C 系エピタキシャル成長，並びに，それらへの高濃度（10^{21} cm^{-3} 以上）での不純物（B, C, N, P）ドーピング制御を，各種面方位の Si 基板やフォトリソグラフィと異方性エッチングにより微細加工した Si 基板上の立体構造側壁面でも可能とするための実験へと発展させ，Si-Ge-C 系IV族半導体量子ヘテロ構造形成のための成膜・ドーピング条件を探索する．従来，申請者らが開発してきた高分解能Ｘ線光電子分光とウェットエッチングを組み合わせたサブナノメータ分解能での深さ方向組成分布評価も有効活用する．並行して，X 線回折やラマン散乱分光を駆使した格子歪量評価やフォトルミネッセンス測定等によるヘテロ界面バンド不連続量に関する評価分析も行い，その結果を速やかに成膜実験条件の検討にフィードバックさせることにより，実効的障壁高さの制御範囲を拡大するための高障壁用新材料導入の指針を着実かつ系統的に蓄積し，Si-Ge-C 系 IV 族半導体量子ヘテロ構造の原子層制御プラズマ CVD プロセス基盤技術として確立していくことを目指す．さらに，Hall 効果素子などの試作により電気特性とそのウェハ面内均一性を評価し，高度歪やヘテロ界面での原子結合状態が Si-Ge-C 系IV族半導体量子ヘテロ構造中の電子物性や量子力学的効果に与える影響を明らかにしていく．特に，基板非加熱下での Si-Ge-C 系 IV 族半導体量子ヘテロ構造の原子層制御プラズマ CVD プロセスという未踏領域での成膜実験並びに評価分析が中心となることから，実験データ信頼性の確保のための再現実験と測定誤差の検証を繰り返していくことが必要となる．以上のような系統的な実験研究の知見をまとめて，高集積化対応ナノデバイスの新領域開拓を進めていく．

本研究は，主として東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設のクリーンルーム内で行った．ここでは，本研究に必須な原子層制御対応 ECR プラズマ CVD 装置複数台での並列実験と各種の薄膜の表面・界面の評価分析が専用で行える．そこにおいて，

基板非加熱プラズマ CVD プロセスによる Si-Ge-C 系 IV 族半導体ナノ立体構造形成と不純物の高濃度ドーピング，並びに，その評価分析を同時進行させる実験研究に注力することが可能となっている．

［3］成果

本年度は，基板非加熱 ECR プラズマ CVD 装置による Si(100)上への歪 $Si_{1-x}Ge_x$ 混晶薄膜のエピタキシャル成長における表面反応速度やその結晶性と原料ガス分圧との関係について実験研究を進めた結果，以下の研究成果を得た．

まず第１に，Si(100)上への $Si_{1-x}Ge_x$ 混晶薄膜形成における SiH_4 と GeH_4 の反応速度定数は，Ge 比率とともに増加する傾向があるが，原料ガス分圧領域によってその増加傾向が異なることを見いだした．（図１）原料ガス分圧の変化によって堆積速度が変化することから，上記の反応速度定数の増加傾向は，分子１個がプラズマから受け取るエネルギー量に依存することが考えられる．

第２に，Si(100)上に堆積した $Si_{0.45}Ge_{0.55}$ 混晶薄膜の結晶性を X 線回折により評価した結果，これまでより原料ガス分圧を小さくすることにより，回折ピーク強度が大幅に強まるとともに，回折ピーク周辺に明瞭なフリンジ状の干渉模様が観察できることがわかった．（図２）さらに，その上に Si をエピタキシャル成長させた場合でも，同様の回折ピークが観察された．すなわち，表面・界面の平坦性・急峻性に優れた Si／歪 $Si_{0.5}Ge_{0.5}$ 混晶／Si ヘテロ構造形成が可能となることがわかった．

以上の結果は，原子層オーダで界面急峻性が制御された IV 族半導体ヘテロ構造形成と量子効果デバイスの実現のために重要な成果であり，これらの研究成果の一部はすでに，国際会議において発表し，査読付き学術誌論文誌の国際会議特集号（ECS Trans., Vol.64, No.6 (2014).）において出版済みである．今後もさらに，これらの実験環境・成果の活用を念頭に置いて，各所でそれぞれ特徴ある実験研究を進めている関連分野研究者との間での相互研究連携の可能性を積極的に探索していくことにより，新規研究分野開拓を加速するための共同研究拠点としての役割も果たせるものと期待できる．

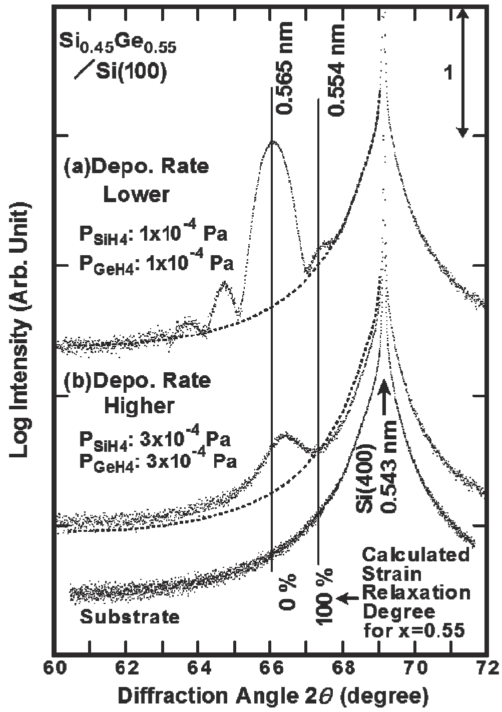


図２　$Si_{0.45}Ge_{0.55}$ 混晶薄膜／Si(100)サンプルの X 線回折パターン．

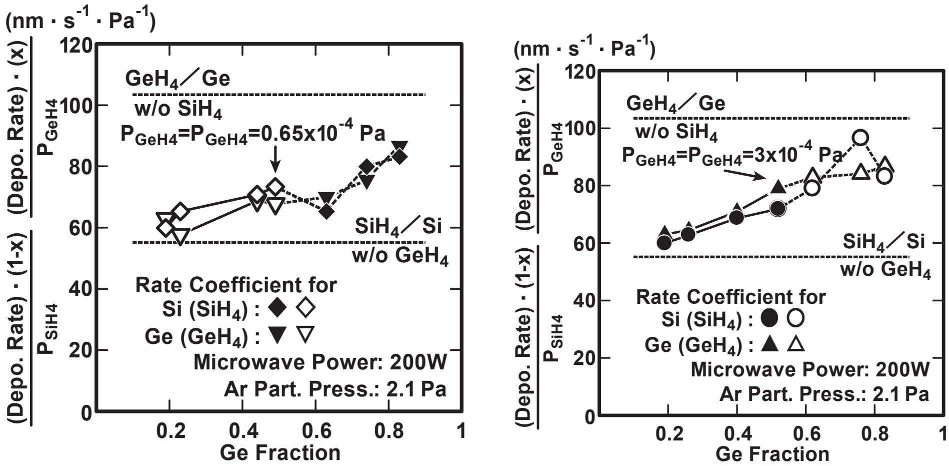


図１　Si(100)上での $Si_{1-x}Ge_x$ 混晶薄膜形成における SiH_4 と GeH_4 の反応速度定数の Ge 比率依存性．
（左）低分圧領域，（右）高分圧領域．

［4］ 成果資料

1. N. Ueno, M. Sakuraba and S. Sato, “Epitaxial Growth of Si/Strained $Si_{1-x}Ge_x$ Heterostructure on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating”, Abs. Symp. D-5: “Control of Interfaces and Materials Processing for Nanoelectronics”, Int. Union of Mat. Res. Soc. - Int. Conf. in Asia (IUMRS-ICA), Fukuoka, Japan, Aug. 25-27, 2014, Abs.No.D5-O26-003.
2. N. Ueno, M. Sakuraba and S. Sato, “Surface Reaction in Thin Film Formation of $Si_{1-x}Ge_x$ Alloys on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition without Substrate Heating”, Symp. P7: SiGe, Ge, and Related Compounds: Materials, Processing, and Devices 6, The Electrochem. Soc. 226th Meeting, Cancun, Mexico, Oct. 6-9, 2014, Abs.No.1768.
3. N. Ueno, M. Sakuraba and S. Sato, “Surface Reaction in Thin Film Formation of $Si_{1-x}Ge_x$ Alloys on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition without Substrate Heating”, ECS Trans., Vol.64, No.6, pp.99-105 (2014).
4. 上野尚文, 櫻庭政夫, 佐藤茂雄, “Formation and Characterization of Strained Si-Ge Alloy Epitaxially Grown on Si(100) by Low-Energy ECR Ar plasma CVD without Substrate Heating”, 電気関係学会東北支部連合大会, 米沢, 2015 年 1 月 12-15 日, Abs.No.1A02.
5. M. Sakuraba and S. Sato, “Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition for Group-IV Semiconductor Quantum-Heterostructure” (**Invited Paper**), Energy Materials Nanotechnology (EMN) Meeting on Photovoltaics, Orlando, FL, USA, Jan. 12-15, 2015, Abs.No.A13.
6. N. Ueno, M. Sakuraba and S. Sato, “Influence of Partial Pressures upon Rate Coefficients of SiH_4 and GeH_4 in ECR Ar Plasma CVD of $Si_{1-x}Ge_x$ on Si(100) without Substrate Heating”, 8th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar “Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration”, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Jan. 29-30, 2015, Abs.No.P-10.
7. N. Ueno, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, “Study on Surface Reaction in ECR Ar Plasma CVD of SiGe Alloy on Si(100) without Substrate Heating”, Joint Symp. of 9th Int. Symp. on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th Int. Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Mar. 2-4, 2015, Abs.No.P-1.

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　H24／A07

ランガサイト系圧電単結晶の1000℃までの高温用音響センサーデバイスの設計・評価と作製

［1］組織

代表者：大橋　雄二
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：長　康雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：櫛引　淳一（東北大学大学院工学研究科）
安達　正利（富山県立大学）
唐木　智明（富山県立大学）

延べ参加人数：５人

研究費：物件費19万2千円，旅費21万3千円

［2］研究経過

自動車エンジンの燃焼ルームやタービンなど高温環境下での温度・圧力センサー用材料として，水晶の数倍もの電気機械結合係数を有し，かつ融点まで相転移が生じないランガサイト系圧電単結晶が期待されている．それらは，1500℃近い温度まで圧電性を保ち，エージング特性も水晶並みに優れている．しかしながら，それらの高温特性，特に1000℃付近での音響関連物理特性や材料の評価が十分になされていない．そのためデバイス作製上，高温領域での音響特性は重要な課題の一つとなっている．

本研究の目的は，室温付近で非常に精密に固体中の音速，漏洩弾性表面波速度が測定できるUltrasonic Micro-Spectroscopy (UMS) システム（東北大学）で測定された23℃の諸定数をベースに，高温用ジグと4194Aインピーダンスアナライザーを用いた共振・反共振法（富山県立大学）を組み合わせて，室温から1000℃までのランガサイト系圧電単結晶の音響関連物理特性を評価し，高温用音響センサーデバイスとしての評価を行うことである．

本プロジェクトでは，本年度が最終年度である．

ランガサイト系結晶として $La_3Ga_5SiO_{14}$(LGS)，$La_3Ta_{0.5}Ga_{5.3}Al_{0.2}O_{14}$（LTGA），$Ca_3NbGa_3Si_2O_{14}$(CNGS)，以外に新たに $Ca_3NbGa_{3-x}Al_xSi_2O_{14}$(CNGAS)，$Ca_3TaGa_3Si_2O_{14}$ (CTGS)を取り上げて，CNGASの単結晶の育成，およびUMSシステムによるそれらの室温近傍の精密な音響関連物理定数（弾性定数，圧電定数，誘電率，密度）の決定を行うとともに，低温側（-30～80℃）の範囲の温度係数測定を行い，温度係数測定法の精度とその決定手順・方法について議論した．さらに，CNGS単結晶の高温下での抵抗率改善を目的として，CNGSのGaをAlで置換した結晶で、よりAl置換濃度の高い結晶の育成を試み，より優れた特性の結晶の開拓にも挑戦した．

以下，研究活動状況の概要を記す．

打合せ，実験及び討論：

（1）平成27年2月3日～6日：
教授　安達　正利（富山県立大学）

（2）平成27年2月18日～20日
准教授　唐木　智明（富山県立大学）

研究発表

（1）　Yuji Ohashi, Mototaka Arakawa, Jun-ichi Kushibiki, Masatoshi Adachi, "Determination Method of Acoustical Physical Constants and Their Temperature Coefficients for Point Group 32 of Trigonal Crystal System", IEEE Int. Ultrason. Symp. (Chicago, ILLINOI, USA) , C6-4, pp. 110-111 (2014.9.4).

（2）　T. Karaki, D. Shakunaga, S. Song, M. Kobayashi, T. Fujii, M. Adachi, Y. Ohashi, and J. Kushibiki, “Growth of Langasite-Type Piezoelectric $Ca_3NbGa_{3-x}Al_xSi_2O_{14}$ Single Crystals”, AMF-AMEC-2014, p184-A568 (2014.10.27).

（3）　宋勝傑, 小林正和, 唐木智明, 藤井正, 安達正利, 大橋雄二, 櫛引淳一「ランガサイト系単結晶$Ca_3NbGa_{3-x}Al_xSi_2O_{14}$の育成と高温特性評価」, 圧電材料・デバイスシンポジウム2015, D-2, pp. 61-62 (2015.2.19).

［3］成果

（3－1）研究成果

本研究では，まず，ランガサイト系単結晶$Ca_3NbGa_{3-x}Al_xSi_2O_{14}$のAlの置換量$x$を0.2～0.9まで変えながらチョクラルスキー法による育成を試み，良質な単結晶の育成に成功した．原料には純度99.99%の$CaCO_3$，SiO_2，純度99.9%のNb_2O_5，Ga_2O_3，

Al_2O_3を恒温槽で24時間以上乾燥させたものを使用した. これらを正確に秤量し, ボールミルで24時間混合した. 仮焼きは1150℃, 5時間で行った. 種子結晶は*X*棒を使用した. 図1にAl置換量*x*=0.9の場合の育成結晶の例を示す. Al置換量の増加に伴い融点が上昇することを確認した. EDXによる組成分析を行った結果, 図2に示すようにCNGASの仕込み組成に対して育成した単結晶のAl置換量が多い傾向にあることを確認した. これは, Ga^{3+}と比較してAl^{3+}はイオン半径が小さくCサイトに入りやすいことが原因であることと, CNGASはCNGSと比較して融点が高くCNGS-CNAS系で固溶領域が存在することから, Alが仕込み量より多く結晶に入ったと考えられる.

図3は測定した密度とAl置換量の関係を示している. 原子量の大きいGaが原子量の小さいAlと置換されることにより密度が減少していることを示す. 測定した範囲内では、Al置換量に対しほぼ線形に密度が変化することが確認された. 格子定数の測定からもAl置換量に対して格子定数が線形に減少する傾向が捉えられている.

図4はCNGAS(x=0.2～0.8)に対して300～800℃までの温度範囲で測定した抵抗率の測定結果である. x=0.2～0.7までは大きな変化が見られないが, x=0.8で僅かに抵抗率の上昇が見られることから, CNGASにおいてもAl置換の効果により抵抗率が上昇する傾向があることが確認された. CNGAS(x=0.8)と過去に報告されているLTGA(x=0.5)の抵抗率を比較すると300～600℃までの温度範囲においてCNGAS(x=0.8)の方が高い抵抗率を示すことを確認した.

図5はCNGAS(x=0.3)に対して酸素雰囲気下, 1050℃で3時間の熱処理を行なった場合の熱処理前後の抵抗率を比較した結果である. 熱処理によって抵抗率が上昇しており, 直流下での高温抵抗率の改善が見られた. 図6は20 kHzでの誘電損失の温度依存性を測定した結果を示している. 350℃を超えると誘電損失が急激に上昇する傾向があるが, 450℃での測定値を見るとAl置換量が多いほどその上昇率は低下する傾向があることが確認された.

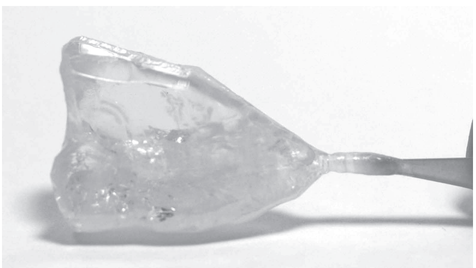


図1　CNGAS育成結晶(Al置換量 *x*=0.9).

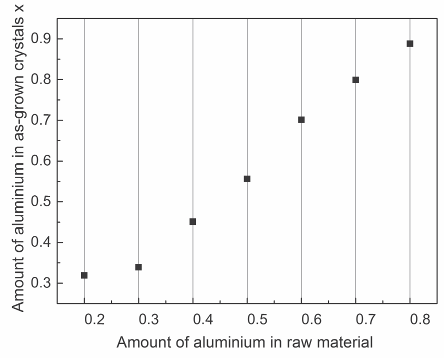


図2　EDXによるCNGASの定量分析結果.

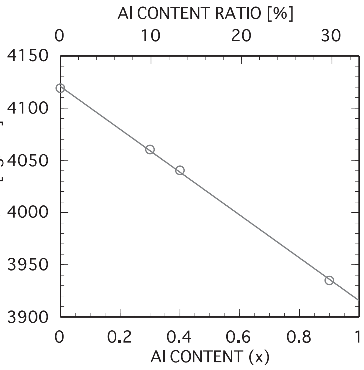


図3　CNGASの密度とAl置換量の関係.

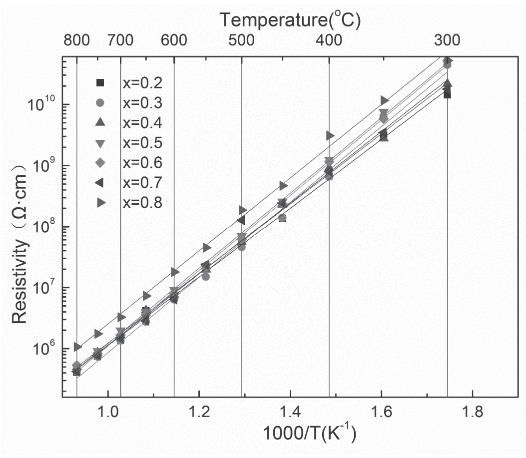


図4　CNGASに対する抵抗率の温度依存性.

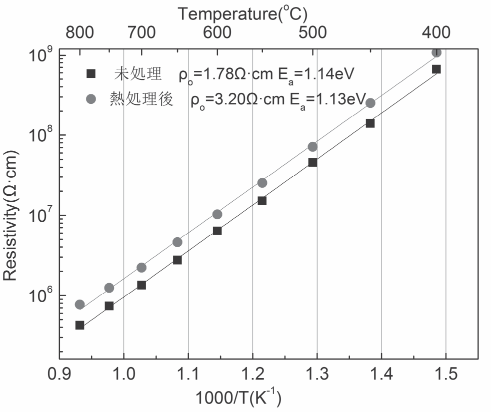


図5　CNGAS(x=0.3)に対する酸素雰囲気下での熱処理前後の抵抗率の比較.

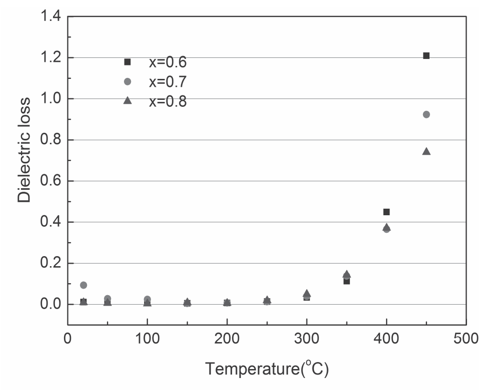


図６　CNGAS に対する誘電損失の温度依存性.

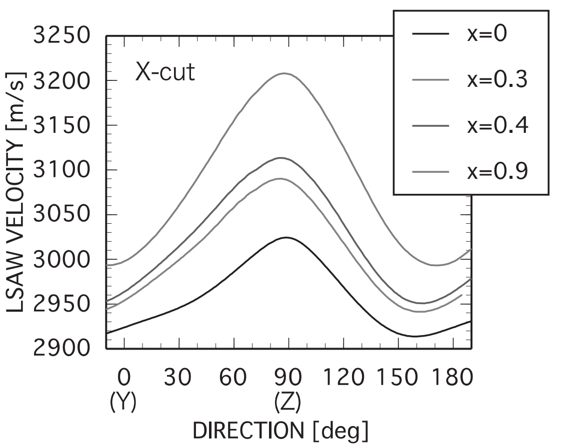


図７　X-cut CNGAS(x=0, 0.3, 0.4, 0.9)試料に対する LSAW 速度の伝搬方向依存性.

表１　23℃におけるランガサイト系単結晶 CNGS および CNGAS(x=0.9)の音響関連物理定数.

Constant		CNGS	CNGAS
Elastic constant [$\times 10^{11}$ N/m^2]	c_{11}^E	1.549	1.452
	c_{12}^E	0.750	0.642
	c_{13}^E	0.766	0.724
	c_{14}^E	-0.004	0.011
	c_{33}^E	2.263	2.307
	c_{44}^E	0.406	0.443
Piezoelectric constant [C/m^2]	e_{11}	0.353	0.358
	e_{14}	-0.297	0.391
Dielectric constant	$\varepsilon_{11}^S/\varepsilon_0$	16.09	13.8
	$\varepsilon_{33}^S/\varepsilon_0$	27.85	24.2
Density[kg/m^3]	ρ	4119.0	3935.0

図７は, UMS 技術を用いて CNGAS(x=0, 0.3, 0.4, 0.9)の X-cut 基板試料に対して, UMS 技術の中心システムである直線集束ビーム超音波材料解析(LFB-UMC)システムを用いて漏洩弾性表面波(LSAW)速度の伝搬方向依存性を測定した結果である. Al の置換量が増えるにつれ, LSAW 速度が上昇した. また, その速度プロファイルは結晶の対称性を反映した異方性を示しており, Al 置換を行ってもその異方性は存在しており, 弾性的にもランガサイト構造を保ったまま Ga と Al が置換されたことを示唆する結果が得られた.

Al 置換量 x=0.9 の CNGAS 単結晶に対して, LFB-UMC システムを用いて測定した LSAW 速度の伝搬方向依存性の結果および、漏洩擬似縦波(LSSCW)速度の伝搬方向依存性の結果を利用して、CNGAS 単結晶の音響関連物理定数（弾性定数、圧電定数）を決定した. 結果を表１に CNGS に対する結果と合わせて示す. Al 置換の効果により圧電定数 e_{11} および e_{14} ともに上昇することが確認できた. このことから, CNGAS 単結晶基板を用いた厚みすべり振動子等の圧電デバイスを作製すればより高効率の振動子が実現できることが期待される.

（３－２）波及効果と発展性など

本プロジェクトにより，学外研究者との交流が飛躍的に活性化した．また，本プロジェクトで明らかになった各種圧電単結晶材料の弾性･圧電特性の評価法として, LFB-UMC システムを基本とした UMS 技術で得られる材料定数に関する共同研究という新しい研究領域の開拓（萌芽的研究の発見）に結びつき，材料定数測定法の標準化など，今後の発展が期待される.

また，決定した定数を用いた計算から，ランガサイト系単結晶（特に CNGS および CNGAS）について，室温近傍のバルクすべり波共振器デバイス用途への新しい可能性を見出したことにより，ランガサイト系単結晶を用いたデバイス応用研究分野の活性化のきっかけを与える貢献をした．また，新しい CNGAS 単結晶の育成の可能性を見出したことで，さらに新しいデバイス応用の分野が開拓されることが期待される.

［４］成果資料

(1) Y. Sakai, T. Futakuchi, T. Karaki, and M. Adachi, “Effects of NiO addition on (K,Na,Li)NbO_3-$BaZrO_3$-(Bi,Na)TiO_3-based ceramics”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 53, 09PB07 (2014).

(2) S. Bai, Y. Lu, and T. Karaki, “Preparation of Plate-Like Sodium Niobate Particles by Hydrothermal Method”, J. Amer. Ceram. Soc., Vol. 98 [2], pp. 654–658 (2015).

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　H24/A10

共鳴トンネル素子を用いたTHz送受信システムの研究

THz wave generation and detection systems using resonant tunneling devices

［1］組織

代表者：前澤 宏一
（富山大学大学院理工学研究部）
対応者：尾辻 泰一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
森雅之　（富山大学大学院理工学研究部）
潘杰　（富山大学大学院理工学研究部）
角谷祐一郎（富山大学大学院理工学研究部）
坂本宙　（富山大学大学院理工学研究部）
山田悟史　（富山大学大学院理工学研究部）
中山大周　（富山大学大学院理工学研究部）
中野大輔　（富山大学工学部）
安藤浩哉　（豊田高専情報工学科）

延べ参加人数：9人

研究費：物件費　19万1千円，旅費25万1千円

［2］研究経過

共鳴トンネル素子(RTD)はTHzを超える高速性を持つ高周波デバイスであり、最近THz領域の信号源として注目を集めている。しかし、共鳴トンネル発振器にはスプリアス発振やバイアス不安定性という大きな問題があり、その応用は非常に限られていた。我々はこの問題を抑制できる新しい構成のRTD-THz信号源を提案し、前回の共同研究においてその可能性を明らかにしてきた。一方、RTDはその強い非線形性と増幅特性からTHz信号の受信システムへの応用も有望である。本応募課題はこれまでの成果を基盤に、RTDによる信号源と受信回路を一体化したTHz送受信システムの構築を目指すものである。

本プロジェクトは、本年度が三年目であり、上記目的を達するため、RTDを用いたTHz信号受信回路の検討を進めるとともに、信号源としてのアンテナ/極短パルス生成回路の試作を行った。以下，研究活動状況の概要を記す。

1) 超再生検波によるTHz信号検波の検討

THz帯域では、信号の増幅が難しく、ディテクターには高感度なものが望まれている。超再生検波方式のディテクターは高感度性が特徴であり、長い研究の歴史がある。我々は、これに対し、RTD発振器の高次高調波による励起を提案した。昨年度、我々はこの方式がTHzに達する非常に高い高次高調波に応答することをシミュレーションにより予測した。これを受けて本年度は、その実験的検証を試みた。

図1に試作した超再生検波実験用チップの写真を示す。これは、InP基板上に、通常のフォトリソグラフィ、ウエットエッチング、リフトオフプロセスにより作製したもので、超再生検波回路のコア部分となる。RTDのエミッタ面積は7.2 um^2，ピーク電流密度は$2.4x10^4$ A/cm^2 である．

実験回路の構成を図2に示す．入力信号は，サーキュレータを通して回路に与え，同様にサーキュレータから出力を取り出し，帯域4GHzのオシロスコープで観測した．バイアス電圧は，パルス生成器から与え，同時にオシロスコープのトリガーとして利用した．自走発振周波数は，約1.5 GHzであった．この周波数には，パルス印加用のDCプローブの影響も含まれている．

図3は入力信号をサーキュレータを通して与えた時の出力波形の例である．上の図は入力なしの場合，下の図は，2 GHz，-30dBmの信号を与えた時の波形である．発振がスタートするタイミングが早

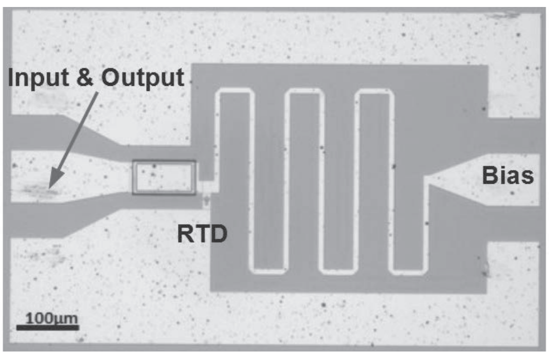


図1　実験に用いた再生検波回路の基本回路

くなっていることが分かる．波形自身は大きく乱れているが，これはDC プローブなど，測定系の影響と考えられる．なお，出力波形の発振が始まる前にも振動が見えているが，これは，入力信号がサーキュレータを通してリークしたものである．

次に本回路に、より高い周波数の信号を入力した場合の応答を調べた．サーキュレータの帯域が最大 4 GHz であるため, パワースプリッタを用いて信号入力と観測を行った. 図4 に50GHz, -13.5 dBm の信号を入力した場合の出力波形を示す. この場合も，信号入力により，発振が始まるタイミングが早くなっていることが見て取れる．つまり，この超再生検波回路は，自走発振周波数の 32 倍という高次の高調波にも応答することになる．なお，この実験においては，図3 と異なり，入力信号自身は出力に見えない．これは，サンプリングオシロスコープの帯域 (4 GHz) を超えているためである．

我々は、さらに、入力信号周波数の変化に対する系の応答特性の詳細を調べ、周波数に対してフラットな応答性を得ている。これは、入力周波数の高調波との結合を考えるとやや予想外の結果である。現在、これを含めて、高い周波数信号に対する応答メカニズムについて検討を行っている。

2) アンテナ/極短パルス生成回路の試作

我々は以前から、RTD と抵抗からなる簡単な回路で ps オーダーの極短パルスが容易に生成できることを実証してきた。ここでは、1)に述べた超再生検波器との間で送受信実験を行うことを目的として、この回路をパッチアンテナと集積することを試みた。

プロセスとしては、微小かつ少数のアクティブデバイスを大面積のパッシブデバイスと安価に集積可能な Fluidic Self Assembly (FSA)技術を用いた。図5 に FSA による異種材料デバイス集積技術の概念図を示す。この方式は、最適なエピ基板上で作製したデバイスを数10um オーダーのデバイスブロックとしてエピ基板から分離し、ホスト基板上へ配置配線するものである。ホスト基板上には、低温で溶融する Ga バンプを設け、機械的、電気的、熱的な接続が同時に可能としている。この方式は、溶液中でホスト基板上にブロックを散布することで、多数のデバイスを配置することも可能である。しかし、今回は、1 回路に 1 つの RTD ブロックを配置すれば良いため、ピックアンドプレース方式での配置を行った。

図6 に現在試作を行っている回路パターンの一例を示す。この回路は、パッチアンテナに RTD と抵抗を組み込み、極短パルスを生成するものである。極短パルス中の高調波成分にパッチアンテナが共鳴

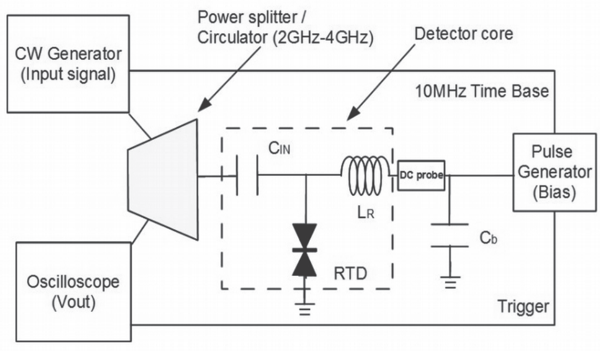


図2　実験回路の構成

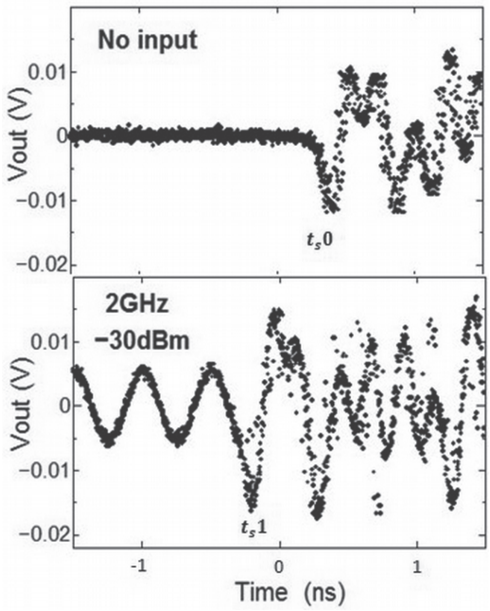


図3　2 GHz の入力信号をサーキュレータを通して与えた時の出力波形の例

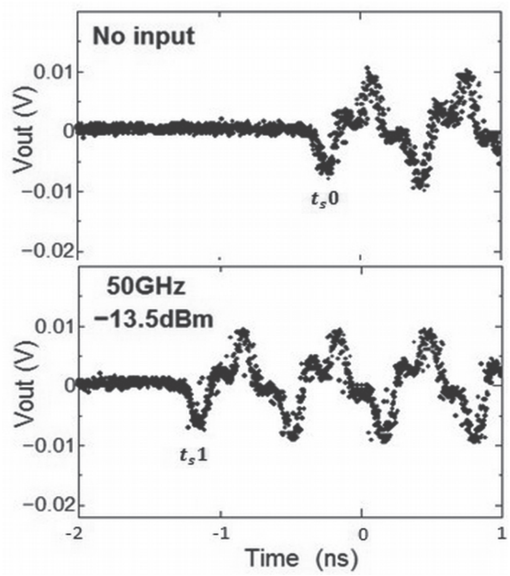


図4　50GHz の入力信号を与えた時の回路の応答波形

し、THz 波を放射することを狙っている。

現在、上記検討を基に、THz 波の生成、検波の実験的検証を目指して検討を進めている。測定には東北大学電気通信研究所に設置されている THz 測定システムを用いる予定である。2 月 20 日には、東北大学において、今後の研究計画、実験手法、実装方法に関する打ち合わせを行った（参加者：尾辻、坂本、中野、前澤）。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

① 超再生検波による THz 信号検波の検討

RTD を用いた超再生検波方式による高周波信号の検出について、実験によりその可能性を実証した。

② アンテナ/極短パルス生成回路の試作

RTD 極短パルス生成器とパッチアンテナの集積化に対する検討を進めた。集積プロセス、回路設計を終了し、現在、試作を行っている。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本年度は、昨年度のシミュレーション検討結果に関し、実験による検証を行うとともに、これらを用いた送受信実験への準備を行った。これらの結果は、最近関心が高まっている THz 波(100GHz-10THz)の信号生成/検出技術として有望であり、今後、THz 波の応用範囲を大きく拡大する可能性を秘めている。

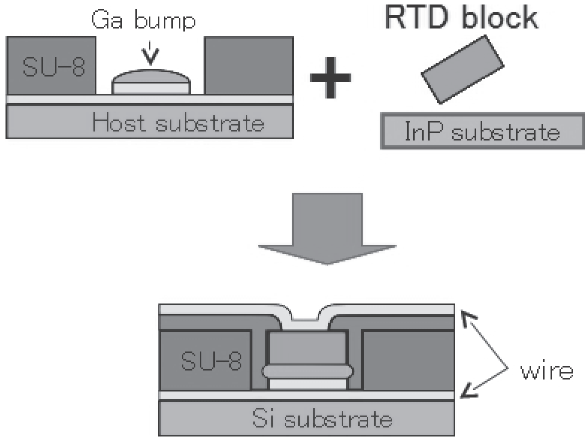


図５　FSA による異種材料集積の概念図

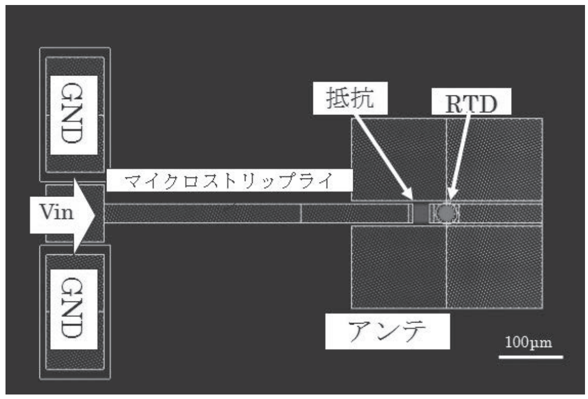


図６　パッチアンテナと集積した極短パルス生成器の回路パターン

［4］成果資料

[1] J. Pan, D. Wu, Y. Kakutani, M. Mori, and K. Maezawa, “Resonant Tunneling Super Regenerative Detectors Detecting Higher Frequency Signals than Their Free-Running Oscillation Frequency,” IEICE Trans. Electron. Vol. E98-C, No. 3 (2015) pp. 260-266.

[2] K. Maezawa, J. Nakano, T. Shibata, H. Morita, H. Sakamoto, M. Mori, “Thermal Reliability of Transplanted Devices by Fluidic Self-Assembly Using Molten Ga Bumps,” 2014 Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits (WOCSDICE 2014).

[3] H. Sakamoto, S. Yamada, J. Nakano, H. Morita, M. Mori and K. Maezawa, "Ultra short pulse generators using a resonant tunneling diode transplanted on Si substrate," 2014 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD 2014).

[4] J. Pan, Y. Kakutani, T. Nakayama, M. Mori and K. Maezawa, "Experimental Demonstration of Resonant Tunneling Super Regenerative Detectors Detecting High Order Harmonic Signals on Si substrate," 2014 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2014).

採択回数	1	2	3

（若手・国際）

採択番号　H24/A11

前庭情報による音空間歪みに関する研究

［1］組織
代表者：寺本　渉
（室蘭工業大学大学院工学研究科）
対応者：坂本　修一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：William L. Martens
（The University of Sydney）
延べ参加人数：８人
研究費：物件費１９万１千円，旅費２０万２千円
国際・若手、特別支援費５０万円

［2］研究経過
情報の発信と受容の担い手は人間である。そのため視覚や聴覚など複数の感覚情報を伝達する情報通信システムにおいては，人間の多感覚情報処理特性を十分に考慮したシステムの構築が望まれる。
人間は，常に眼や頭部，身体全体を動かしながら周囲の環境を認識している。しかし，従来のシステムの多くが，静止観察者を想定し，情報提示の細部のリアリティのみが追求し，こうした情報の受け手の動きが提示された情報を認識や理解にどのような影響を及ぼすかについて考慮してこなかった。すなわち，聴取者が動いた場合に音空間がどのように知覚され，それは行動にどのような影響を与えるのかついては研究されてこなかった。もし，受け手の動きを十分に考慮した情報提示が可能になれば，自然な人間の振る舞いにより近づくため，きわめて高い臨場感や実在感など豊かな感性情報を伝えることができる情報システムを実現するための手法の提案へとつなげることが期待できる。
そこで本プロジェクトでは，そうしたシステムを実現するための基礎的検討として，前庭情報を主とする自己運動情報によって音空間知覚がどのように変容するかについて系統的に検討を行うことを目的として行った。
この分野の研究は，ドイツや北米で盛んに研究されているが，直線加速度運動が人間の聴覚情報処理に及ぼす影響については系統的な検討がなされておらず，新しい試みである。従来，直線加速度刺激を扱った研究の多くは，耳石器へ刺激を与える際に，モーションプラットフォームなどを急激に傾けることによって代用していた。それに対して本研究は，東北大学電気通信研究所所有の自走式車いす型装置を使って滑らかな直線加速度刺激を与えることができるため，より精確な知見を提供できると考えられた。具体的には，自走式車いす型装置によって提示される直線運動に関して，方向／加速度／速度／能動性という自己運動パラメータと聴覚刺激の提示空間位置（進行方向／進行方向反対側）を系統的に操作した音源定位実験を行った。これにより，自己運動時の聴覚空間の「かたち」を明らかにするための実験を行った。
本プロジェクトは，平成 19～23 年度に文部科学省科学研究費補助金特別推進研究「マルチモーダル感覚情報の時空間統合」の発展的研究として位置づけられ，また，平成 24 年度及び 25 年度通研共同プロジェクト研究「前庭情報による音空間歪みに関する研究」の継続研究（第三年度）である。本年度は，前年度までのプロジェクトを補強する実験を行い，前庭情報と聴覚情報のマルチモーダル効果の一般性および特異性を明らかにした。また，シドニー大学の William L. Martens 先生を分担者として加え，今後国際共同研究へと発展させるべく，6 月に東北大学電気通信研究所客員准教授として滞在された際に，本研究の今後の方向性について議論を行った。
以下，研究活動状況の概要を記す。

第１回研究打ち合わせ（2014 年 6 月 27 日～6 月 28 日）　前庭情報と聴覚情報の相互作用を検討した従来の研究を整理し，今年度の研究計画について議論を行った。
第２回研究打ち合わせ（2014 年 10 月 21 日～10 月 22 日）　追加実験の実験計画について議論を行った。前庭加速度刺激提示時の音情報処理に関して，空間的歪みに加え，それに付随して空間選択的な時間的歪みも生じているかどうかを調べる実験の刺激設定，実験環境等を確認した。

［3］成果
（3－1）研究成果
視覚系においては，網膜上の光点の移動は，光点自体の移動と観察者の眼や頭部の移動のいずれかに

よって生じる。しかし，観察者の眼や頭部の移動によって生じる光点の移動を光点自体の移動としてとらえられることはほとんどない。これは聴覚系でも同様である。聴取者自身の動きによって聴取者と音源との位置関係が変化することで，耳元での音情報は刻々と変化する。しかし，自己運動に伴って音情報の変化が発生した場合，我々は音源自体の移動と知覚することなく，音源と自分自身との位置関係が変化したと認識し，難なく音源位置や方向を把握し，適切な行動を行うことができる。このことは，視覚系や聴覚系が末梢系からの情報と聴取者自身の頭部や身体の運動情報を統合し，適切な解を得ていることを示唆する。

自己運動に関する情報は主に，前庭系と視覚系によって与えられる。従来，前庭回転加速度刺激や自己回転運動知覚を生じさせるような大視野視覚運動刺激を提示した場合に，短時間提示された音対象は自己運動と反対方向に誤って定位されることが知られている。しかし，日常我々が良く経験する直線加速度運動の影響やそれが生じるメカニズムやその生態学的意義についてはほとんど知られていない。本研究の目的はその点を明らかにし，豊かな感性情報を伝えることができる情報システムを実現するための手法の提案へとつなげることである。

そこで我々は，自走式車椅子装置を使って，前庭情報による直線等加速度自己運動が音空間知覚に及ぼす影響を検討した。目隠しをした被験者を車椅子装置に乗せ，直線加速度運動を行わせ，車椅子装置がある速度に達した瞬間に音対象を短時間提示し，定位を行わせた。その結果，前進方向への直線等加速度運動中に自分の真横と感じられる音源位置が加速度の増加に伴って進行方向側に偏位すること，言い換えれば，実際には進行方向側にある音対象を真横と知覚することが示された。一方，後進方向への直線等加速度運動ではこの現象は生じなかった。また，別の実験で，前進直線等加速度運動中の進行方向側の音空間の構造を調べた。その結果，前進方向への直線等加速度自己運動時には，進行方向側に提示された音対象は，30 cm〜150 cm のいずれの距離にあっても実際よりも聴取者の近く定位され，進行方向側の知覚上の音空間は，物理的な音空間よりも圧縮していることが示された。

次に，自己運動情報を与える感覚系を前庭系から視覚系に変更し，同様の実験を行った。視覚系は自己運動を知覚する上で非常に重要である。事実，実際に動いていなくても，大視野に一様に動く刺激を提示することによって我々は自己運動を知覚することができ，これは視覚誘導性自己運動感覚（ベクション）と呼ばれる。特に，前庭系は加速度検出器であるため，等速運動を検出するためには視覚情報が不可欠である（Brandt et al., 1973）。また，前庭系だけではある方向への加速と逆方向への減速を区別できないのに対して，空間解像度の高い視覚系は，自己運動速度や方向，距離等を検出するうえでも極めて重要な役割を果たす。また，前庭刺激の場合には，実際に被験者を動かしているため，音の提示時間（30ms）の間に両耳への入力情報は変化する。このことが原因で前述のような現象が生じた可能性も否めない。そこで，前庭系と並んで，自己運動知覚にとって重要な感覚器である視覚的自己運動情報が聴覚情報処理に与える影響を検討することによって，前庭情報と聴覚情報のマルチモーダル効果の一般性および特異性を検証した。

音響透過型の大型スクリーンにランダムドットパタン（拡大または縮小）を提示して，前進または後進のベクションを生起させ，前後方向への直線等加速度自己運動中に自分の真横と感じられる音の位置がどのように変化するか検討した（図 1）。その結果，主に後進時に自分の真横と感じられる音の位置が進行方向側にシフトすること，換言すれば，実際には後方に位置している音を真横に知覚することが示された。次の実験では加速度を変化させ（0.15 および 0.3 m/s²），加速度情報と自己運動情報それ自体（自己運動に関する主観的経験）のどちらが重要な役割を果たしているのかについて検討を行った。その結果，後進条件でのみ，加速度に比例して，真横に感じられる音の位置が後方にシフトすることが示さ

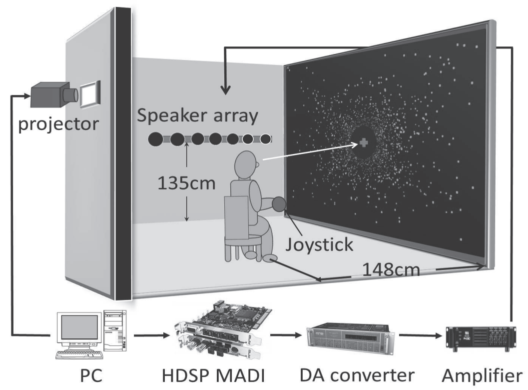


図 1. 視覚的自己運動刺激実験の実験環境

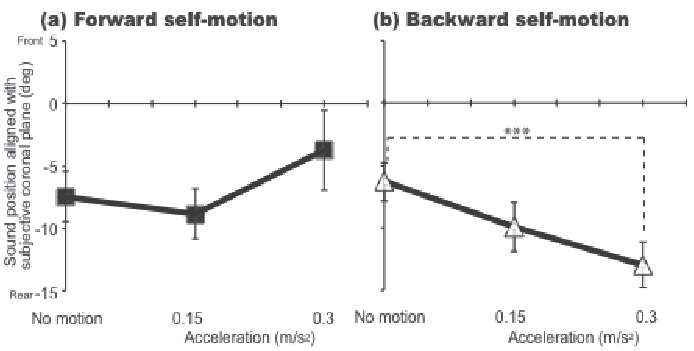


図 2. 視覚的自己運動刺激実験の前進（a）及び後進（b）時の真横に感じる音の位置の変化

れた（図2）。さらに別の実験では，加速度刺激の代わりに等速度刺激を用いて，前庭による自己運動情報と視覚による自己運動情報の齟齬が少ない状況で実験を行った（等速運動時には前庭系は作用しないため）。その結果，この状況でも，後進条件でのみ真横に感じられる音の位置が後方にシフトすることが示された。以上から，前庭直線加速度刺激時には前進運動時にのみ，視覚による自己運動知覚時には後進時にのみこの現象が生じることがわかった。

最後に，自己運動に関する前庭情報と視覚情報を同時に与えて，前庭刺激による自己運動情報と視覚刺激による自己運動情報の相互作用について検討した。実験では，開眼の被験者を車椅子装置に乗せ，前進方向の直線加速度運動を行わせた。その間に，進行方向側の様々な位置に短時間提示した音対象の定位をさせた。もし視覚的自己運動情報が優位であれば，音空間の圧縮は打ち消されると考えられた。その結果，前庭刺激のみ時と同程度の音空間の圧縮が生じることが示された。このことは，前庭情報と視覚情報の両方が存在するより自然な状況においては，前進方向，後進方向にかかわらず音空間が圧縮している可能性を示唆するものである。

従来の研究によれば，視覚情報しか与えられない場合には，前進の自己運動は，後進よりも知覚されにくいと報告されている。これは，前進は日常よく経験する運動であるため，視覚系と前庭系が強く結びついており，視覚入力のみの場合には前庭系からの抑制が強く働くためとされる。また，視覚系は同一の網膜像から物体運動と自己運動を切り分ける必要があり，特に拡大パタンが与えられたときには，自己運動情報としてよりも，危機回避上有利な接近「物体」情報として処理されやすい可能性も指摘されている。したがって，視覚情報による自己運動知覚時の結果は，このような自己運動処理の運動方向による非対称性が働き，後進時にのみ顕著に現れた可能性が高い。一方，前庭刺激時には，この視覚系の非対称性を補うべく，前進自己運動に対する感受性または情報の重み付けが高められており，比較的弱い刺激を用いた本研究においては，前進時にのみ現れ，後進時には現れなかった可能性が考えられる。

我々は本現象は単なる錯誤ではないと考えている。一般に，外部事象の定位に聴覚系が関わる場合，聴覚系でとらえられた対象に対して視覚系での詳細な分析を受けるべく，頭部及び視線が向けられる。聴取者運動時には，音対象と聴取者との関係は刻々と変化するため，音を聞いた瞬間の位置に頭部や視線を向けると，この処理時間分だけ間違った位置に向いてしまうことになる。特に対象が自分に接近する場合は危機回避ができなくなってしまう。これを補うため音の定位自体を歪めている可能性がある。今後はこうした本現象の生態学的意義についても明らかにしていく必要がある。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトがきっかけとなって，東北大学および室蘭工業大学の２大学による共同研究体制が発足した。得られた研究成果はすでに複数の研究会，学会等で発表を行い，学術論文として国際誌に掲載され，本年度も Frontiers in Psychology 誌に採録された。また，前年度までの成果の工学的応用を目指した研究が，科学研究費補助金基盤研究(B)「人間の外界空間認識過程に基づく自己運動感応型バーチャル視聴覚空間創成技術の確立」（代表：坂本修一，分担：寺本渉）として採択された。

さらに本年度は，特別支援（若手・国際）分を得て，シドニー大学の William L. Martens 先生を分担者と加え，音空間知覚において，音源の周波数特性と頭部伝達関数の周波数特性がどのように作用するのかを明らかにした。これをステップとして，平成 28 年度以降は，国際共同研究，国際共著論文の執筆へと発展することが期待できる。

この分野の研究は，回転加速度運動に関してはドイツや北米で盛んに研究されてきたが，日常我々がよく体験する直線加速度運動が人間の聴覚情報処理に及ぼす影響については装置の制約もあり，系統的な検討がなされてない。今後さらに心理物理学的手法のみならず，生理心理学的手法も駆使しながら，系統的に検討を加えることによって，学術的に非常にインパクトがある成果となると考えられる。また，工学的にも，情報の受け手にきわめて高い臨場感や実在感など豊かな感性情報を伝えることができる情報システム実現に貢献できるものとなる。

［４］成果資料

・Teramoto, W., Cui Z., Sakamoto, S., and Gyoba (2014) Distortion of auditory space during visually induced self-motion in depth. Frontiers in Psychology, 5, 848.

・崔正烈，柳生寛幸，坂本修一，岩谷幸雄，鈴木陽一 (2014) 回転する聴覚刺激が回転ベクション感覚に及ぼす影響 電子情報通信学会論文誌, J97-D(4), 891-894.

・Sakamoto, S., Hasegawa, G., Honda, A., Iwaya, Y., Suzuki, Y., and Gyoba, J. (2014) Body vibration effects on perceived reality with multi-modal contents ITE Transactions on Media Technology and Applications, 2(1), 46-50.

採択回数	1　2　③

（若手）

採択番号Ｈ２４／Ａ１２

情動ネットワーキングシステムに関する基礎的研究

［1］組織
代表者：小俣　昌樹
（山梨大学大学院総合研究部）
対応者：北形　元
（東北大学電気通信研究所）
分担者：菅沼　拓夫
（東北大学サイバーサイエンスセンター）
延べ参加人数：９人

研究費：物件費１９万１千円，旅費１６万５千円
若手特別支援費２０万円

［2］研究経過
本プロジェクトの目的は，対応者の北形および分担者の菅沼らが研究する「やわらかい情報システム」と代表者の小俣らが研究する「情動推定システム」とを融合して，ユーザの集中度・ストレス・情動などに連動して柔軟にネットワークを制御する「Affective networking system」を設計することである（図１参照）。

本プロジェクトは，本年度が第３年度である。前年度は，情動と生体信号との関係を検証するために，情動を逐次推定できる回帰モデルの構築のためのさまざまな実験を実施した。また，興味と生体信号との関係を検証するために，2 分間程度の映像コンテンツ視聴時における視聴者の映像への興味の主観的評価と生体信号との関係を検証する実験を実施した。本年度は，前年度の成果を踏まえながら，生体信号から感情価を回帰するモデルの詳細設計，および生体信号の組み合わせと興味度との関係の詳細分析をおこなった。

以下，研究活動状況の概要を記す。

(1)　生体信号から画像閲覧者の感情価を回帰するモデルの詳細分析

3 種類の回帰モデルを構築し，それぞれを交差検証法で評価した。

(2)　興味と生体信号との関係における生体信号の組み合わせの検証

昨年度の実験では，映像を閲覧している視聴者の脳波，脳血流，脈波，皮膚コンダクタンス反応，呼吸を測定する実験をおこなった。本年度は，これらの生体信号の中からいくつかを選んで組み合わせて主成分分析をおこない，その結果と視聴者が質問紙調査で回答した興味度との関係を重回帰分析によって分析した。生体信号の組み合わせを検討する理由は，少ない種類の生体信号であってもそれ以上の種類を使用した場合と同等の精度で興味を推定できることを目指すためである。興味の推定に必要な生体信号の種類が少なければ，測定機器は少なくなり，被験者への負担やコストが軽減できると考える。

(3)　研究会の開催

本プロジェクトの代表者・対応者・分担者らが集まり，以下に示す研究会を開催し，研究内容を発表・議論した。

- 日時：2015 年 2 月 9 日（月）13:30~17:00
- 会場：東北大学電気通信研究所本館５階 M531
- 発表内容
  - ➢　山梨大学小俣研究室
    - ・英文のセンテンスに対する主観的理解度と生理指標との関係，田邉将悟
    - ・タブレット端末とスマートフォンとの位置変化を利用するメニュー操作手法の提案，相澤聖也
    - ・CG の腕の重畳が筋疲労に与える影響の評価，山下政人
    - ・現在のプロジェクトと今後について，小俣昌樹
  - ➢　東北大学電気通信研究所およびサイバーサイエンスセンター
    - ・３次元共生空間における HMD を用いた共生感提供機能に関する研究，伊藤寛祥
    - ・画像認識を用いたネットワーク情報可視化システムの基礎的検討，大沼信也
    - ・AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理支援に関する研究，村岡諒

図１：Affective networking system の概要

・ 研究紹介，菅沼拓夫

ポスター発表

2015 年 2 月 23 日に東北大学片平さくらホールで開催された「電気通信研究所共同プロジェクト研究発表会」において，ポスター発表をおこなった。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第１に，感情生起画像を閲覧した観察者の生体信号と画像に対する主観評価との間の関係について，重回帰モデル，ロジスティック回帰モデルおよび MARS（Multivariate Adaptive Regression Splines）モデルを構築し，それぞれを交差検証法で評価した。この結果，MARS モデルのあてはまりがよいことがわかった（寄与率 0.66）。式（1）に，MARS を用いて構築したモデルを示す。

$$Valence = C \begin{pmatrix} \alpha_2\,(\mathrm{F4}) + 0.09 \\ -0.09 - \alpha_2\,(\mathrm{F4}) \\ \theta\,(\mathrm{F4}) - 0.15 \\ 0.15 - \theta\,(\mathrm{F4}) \\ \theta\,(\mathrm{F3}) - 0.07 \\ HEG\,(\mathrm{Fp2}) + 0.50 \\ -0.50 - HEG\,(\mathrm{Fp2}) \\ P300\,(\mathrm{F4}) * \left(0.15 - \theta\,(\mathrm{F4})\right) \\ \left(0.86 - \alpha_1\,(\mathrm{F4})\right) * \left(\alpha_2\,(\mathrm{F4}) + 0.09\right) \\ \left(-0.09 - \alpha_2\,(\mathrm{F4})\right) * \left(\beta\,(\mathrm{F4}) + 0.39\right) \\ \left(-0.09 - \alpha_2\,(\mathrm{F4})\right) * \left(-0.59 - \theta\,(\mathrm{F4})\right) \\ \left(-0.09 - \alpha_2\,(\mathrm{F4})\right) * \left(HEG\,(\mathrm{Fp2}) + 0.39\right) \\ \left(-0.09 - \alpha_2\,(\mathrm{F4})\right) * \left(-0.39 - HEG\,(\mathrm{Fp2})\right) \\ \left(\theta\,(\mathrm{F3}) - 0.07\right) * \left(0.06 - HEG\,(\mathrm{Fp2})\right) \end{pmatrix} + 5.75 \quad (1)$$

ここで，*Valence* は感情価を，また，*C* は標準化係数の行列を表す。

第２に，脳波を含む２種類の生体信号を用いることで，被験者７名中の６名それぞれの商品に対する興味度を 0.7 以上の寄与率で回帰できることがわかった。また，脳波を用いない場合，脈波を含む３種類の生体信号を用いると，７名の被験者それぞれの商品に対する興味度を 0.7 以上の寄与率で回帰できることがわかった。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトで提案する「Affective networking system（図 1）」は，人間の生理心理指標とコンピューティングおよびネットワーキングとを融合する新たなインタラクションスタイルのひとつとして考えられる。そのため，成果に示したユーザの情動や興味と生体信号との関係をより詳細に解明できれば，ユーザの状態へ柔軟に対応するコンピュータを設計できるようになると考える。

あわせて，この「コンピュータユーザの生体信号とユーザの状態との関係のモデル」と「Software Defined Network」とを融合することができれば，ユーザが注意しておらずさほど急いでいないタスクにはリソースをあまり割り当てないようにし，一方，ユーザが注意して行っているタスクにはリソースを多く割り当てるというような，ユーザの状態に基づいてネットワークなどのリソースを割り当てる割合を動的に設定するネットワーキングシステムを設計することが可能になると考える。

なお，本プロジェクトでは「特別支援（若手）」の支援を受けた。これにより，種々の生体信号を測定するためのさまざまなセンサを使用することができた。また，そのデータを記録・可視化・分析するためのコンピュータ環境を整えることができた。

［4］成果資料

(1) Masaki Omata, Satoshi Kagoshima and Yasunari Suzuki: A Physiological Evaluation of Immersive Experience of a View Control Method using Eyelid EMG, International Conference on Physiological Computing System(PhyCS2014), pp.224-231, 2014.
(2) 小俣昌樹, 吉川雅修, 金子大輔, 石田雪也, 西端律子: 8 大学共通の情報教科プレイスメントテストにおける出題範囲の検証, 日本情報科教育学会（JAEIS）第 7 回全国大会講演論文集, pp. 95-96, 千歳科学技術大学, 2014 年 7 月 20 日.
(3) Masaki Omata, Daisuke Kanuka and Xiaoyang Mao: Experiments for Emotion Estimation from Biological Signals and Its Application,Transactions on Computational Science XXIII Lecture Notes in Computer Science Volume 8490, pp. 178-198, 2014.
(4) 金子大輔, 石田雪也, 小俣昌樹, 吉川雅修, 西端律子 : 大学初年次における情報系授業実施前後の知識調査結果の比較, 第 39 回教育システム情報学会全国大会, E3-2, 2014 年 9 月 11 日.
(5) 氏原祥吾, 小俣昌樹: スマートフォンユーザの状態に基づく通話是非率の自動推定,日本バーチャルリアリティ学会論文誌, VOL.19, NO.3, サービス現場・日常生活に浸透する VR/AR 特集号, pp.357-366, 2014 年 10 月.
(6) 相澤聖也, 小俣昌樹: タブレット端末とスマートフォンの位置関係を利用する連携インタフェースの提案, バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.19, No.CS-4, pp.5-7, 2014 年 12 月 4 日.
(7) Jin Ito, Asato Edo, Satoru Izumi, Toru Abe, Takuo Suganuma: A Flexible Selection of Internet Connections based on Network Expert Knowledge, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.251-257, August 2014.
(8) 伊藤仁, 江戸麻人, 和泉諭, 阿部亨, 菅沼拓夫: 知識に基づく効果的な複数アクセス回線選択手法の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.139, IN2014-35, pp.31-36, July 2014.
(9) 村岡諒, 山崎蓮馬, 小林秀幸, 高橋晶子, 阿部亨, 菅沼拓夫: AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理支援に関する一考察, 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2014-DPS-160, No.5, pp.1-6, July 2014.
(10) 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫: 距離画像センサを用いた鏡型空間共有システムの設計, 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2014-DPS-160, No.10, pp.1-6, July 2014.
(11) 大沼信也, 市地慶, 阿部亨, 菅沼拓夫: ネットワーク情報の AR 可視化によるネットワーク管理手法に関する基礎的検討, 第 77 回情報処理学会全国大会, 6D-01, March 2015（発表予定).
(12) 村岡諒, 山崎蓮馬, 阿部亨, 菅沼拓夫: AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理手法の提案, 第 77 回情報処理学会全国大会, 3X-08, March 2015,（発表予定).
(13) Kazuto Sasai, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita: AIR-space: Cognitive Cooperation Space for Active Information Resources based Network Management System, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.482-489, Aug. 2014.
(14) Takumi Kato, Ryo Chiba, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita: Multiagent-Based Cooperation Infrastructure for IoT Devices, Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.571-572, Oct. 2014.
(15) 北形元, 唐鎌行大, 伊藤大視, 高橋秀幸, 笹井一人, 木下哲男: IP サブネットの推定に基づく L2 ネットワークの自動接続手法, 信学技報, vol.114, no.31, MoNA2014-14, pp.185-190, May 2014.
(16) 谷村優介, 笹井一人, 北形元, 木下哲男: 能動的情報資源に基づく応急的ネットワークサービスの管理運用支援, モバイルネットワークとアプリケーション研究会（MoNA）, pp.19-24, Sep. 2014.
(17) 中橋修平, 谷村優介, 笹井一人, 北形元, 木下哲男: 知識型ネットワーク管理システムにおける異常検知機能の開発, 第 10 回先進的情報通信工学研究会, Nov. 2014.

採択回数	1 2 3

（萌芽）

H24／A13

人工脂質二分子膜の形成とバイオ情報デバイスへの応用

［1］組織
代表者：平野　愛弓
（東北大学大学院医工学研究科）
対応者：庭野　道夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
井出　　徹（光産業創成大学院大学光バイオ分野）
手老　龍吾（豊橋技術科学大学エレクトロニクス先端融合研究所）
菅原　正雄（日本大学文理学部）
星野　忠次（千葉大学大学院薬学研究院）
荻野　俊郎（横浜国立大学大学院工学研究院）
谷井　孝至（早稲田大学大学院）
木村　康男（東京工科大学コンピュータサイエンス学部）
大嶋　梓　（NTT 物性科学基礎研究所）

研究費：物件費 191,000 円，旅費 259,000 円
延べ参加人数 192 名（シンポジウム参加者を含む）

［2］研究経過

バイオエレクトロニクスは 21 世紀の重要な科学技術分野の一つである．その発展のためには，現在の半導体微細加工技術をバイオテクノロジーと融合することにより，バイオテクノロジーを高度化することや新機能を創出することが強く望まれている．特に，その多様な機能が次々と解明されつつある生体情報伝達系とのインテリジェントな融合を図ることが急務の課題である．

本研究では，生体高分子の中でも特に創薬の観点から注目されているイオンチャネルタンパク質を対象に，半導体ナノ微細加工技術との融合により，新規なバイオ電子・イオンデバイスとしてのイオンチャネルチップやアレイの開発を目指している．具体的には，微細加工により作製したシリコンチップ中に細胞膜構造を構築し，その膜中に生体イオンチャネルを包埋したイオンチャネルチップを開発する．この技術が開発されれば，イオンチャネルタンパク質に対する新規候補薬物の副作用誘発性についての高精度な解析が可能となり，バイオエレクトロニクスの分野の更なる発展にも貢献できる．半導体工学の研究者とチャネル研究の分野で活躍する研究者とが協力して，新しいバイオエレクトロクスの分野を開拓すると期待される．

最終年度の本年度は，これまでに研究代表者らが開発してきた安定化脂質二分子膜デバイスへの効率的なイオンチャネル包埋法について検討した．これにより，副作用評価の観点から最近注目されている心筋の hERG チャネルや Na チャネルを培養細胞より抽出して，脂質二分子膜中へと包埋し，そのチャネル電流をシリコンチップ中で記録することに成功している．平成 27 年 2 月 18－19 日，平成 27 年 3 月 2－4 日には，ナノ分野とバイオ分野の研究者を集めて，共同プロジェクト研究会共催の国際シンポジウムを開催し，周辺領域の研究者との交流を行うとともに，勉強の場とした．以下にその概要を示す．

The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
日時：平成 27 年 2 月 18 日（水）－19 日（木）
場所：　東北大学電気通信研究所　本館
　　　　６階　M６０１号室

2 月 18 日（水）

「On the nature and transmission of information among cell-assemblies in engineered neuronal topologies」T. DeMarse (Univ. Florida, USA)

「Long-term electrophysiological measurements in cultured human iPSC derived neurons」I. Suzuki (Tohoku Institute of Technology, Japan)

「Single-cell micropatterning techniques for engineering neuronal networks in vitro」H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, T. Tanii (Tohoku Univ., Japan)

「Functional reconstitution of ion channels in artificially formed bilayer lipid membranes」S. Kubota (Yamagata University, Japan) A. Hirano-Iwata, (Tohoku Univ., Japan)

「Integrated circuit for multi-channel pattern stimulation to neuronal network」T. Yagi (Osaka Univ., Japan)
「Real-time artificial cerebellum to study neuronal mechanisms of motor learning」R.D. Pinzon-Morales, Y. Hirata (Chubu Univ., Japan)
「Neural implementation of shape-invariant touch counter based on Euler calculus」K. Miura (Tohoku Univ., Japan)
「Collective dynamics of bird flocks」Y. Hayakawa (Tohoku Univ., Japan)

2月19日（木）
「Fine control of axonal spikes by neural activity」H. Kamiya (Hokkaido Univ., Japan)
「Locality and connectivity of anisotropic inhibition for directional traveling waves in the hippocampal CA3」T. Samura (Yamaguchi Univ., Japan)
「Optimizing stimulation to control normal and pathological oscillations in the brain」T. Netoff (Univ. Minnesota, USA)
「Bursting oscillation in subthalamic nucleus induced by hyperdirect pathway」S. Kubota (Yamagata Univ., Japan)
「Synchronization effects in a cortical attractor network model」P. Herman (Royal Institute of Technology, Sweden)
「Temporal modulation of irregularities on macaque visual neurons」K. Fujiwara (Tokyo Univ. Sci., Japan)
「Swarm robot as self-propelled granular particles and its application」K. Sugawara (Tohoku Gakuin Univ., Japan)
「Advances on SIMD architectures for spiking neural emulators」J. Madrenas (Technical University of Catalunya, Spain)
「A hardware complexity reduction scheme exploiting complex networked dynamics」Y. Horio (Tokyo Denki Univ., Japan)
「Quantum neural network and its application to optimization problems」S. Sato (Tohoku Univ., Japan)
「Inverse-function delay-less model as an active neural network」K. Nakajima (Tohoku Univ., Japan)

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
　　　CREST, JST
日時：平成27年3月2日（月）－4日（水）
場所：　東北大学電気通信研究所
　　　　ナノ・スピン実験施設
　　　　4階カンファレンスルーム

3月2日（月）
「Self-organized TiO_2 nanotube arrays: Latest features and applications」P. Schmuki (University of Erlangen-nuremberg, Germany)
「Probing ultrafast spin dynamics by laser-combined STM」H. Shigekawa (University of Tsukuba, Japan)
「Polarity Reversal of Tunnel Magnetoresistance Observed in Lateral Ferromagnet-Superconductor-Ferromagnet Single-Electron Transistor」Y. Mizugaki (The Univ. of Electro-Communications, Japan)
「Incorporation of Surface Biofunctionalities by Chemical Plasma Techniques」C.-C. Fan (National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)
「Quantum-dot-based Nanometrological Analysis of Intracellular Trafficking Activities in Living Cell」M. Kanzaki (Tohoku University, Japan)
「Cell Membrane Permeabilization inside Irraidation Region Using Atmospheric-Pressure Plasma」S. Sasaki (Tohoku University, Japan)
「Type Classification of Exosome Adsorption to Solid Surfaces by Atomic Force Microsopy in Aqueous Environment」T.Ogino (Yokohama National University, Japan)
「Micro-/ nano-compartments between substrate-supported model membrane and silicone elastomer」K. Morigaki (Research Center for Environmental Genomics, Kobe University, Japan)
「A simple method for lipid bilayer formation using a fine gold electrode」T. Ide (Riken, The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, Okayama University)

3月3日（火）
「Mid-infrared Laser Tissue Interactions for Less-invasive and Selective Laser Treatments」K. Ishii (Osaka University, Japan)
「High-speed endoscopic Raman imaging by using hollow fiber bundle」T. Katagiri (Tohoku University)
「Incorporating magnetoelectric switching and metal-insulator transitions into next generations of non-volatile memory」P. Borisov (West Virginia University, USA)
「Magnetic oxides: applications of bulk and nanostructured forms」E. Kita (University of Tsukuba, Japan)
「Magnetoelectric switching of perpendicular exchange bias in $Pt/Co/Cr_2O_3/Pt$ stacked films」Y. Shiratsuchi (Osaka University, Japan)
「Brain Machine Interface Controlled Functional Electrical Stimulation Therapy」M. R. Popovic (University of Toronto, University Health Network, Canada)
「Robot-aided Rehabilitation Task Design Based on Musculoskeletal」Y. Pei (Tohoku University, Japan)
「Plasma Applications to Agriculture: Plasma Farming」S. Yoo (National Fusion Research Institute, Korea)

「Plasma and pulsed power applications for agriculture」K. Takaki (Iwate University, Japan)
「Suppression Effect on Germination of Strawberry Pathogen by Atmospheric Pressure Air and N_2 Plasma Irradiation」H. Konishi (Tohoku University, Miyagi Prefectural Agriculture and Horticulture Research Center, Japan)

3月4日（水）
「Developing microscale apertures for ion channel recordings with ultra-stable lipid bilayer membranes」M. de Planque (University of Southampton, United Kingdom)
「Cell LEGO – Recent advances -」H. Iwata (Kyoto University, Japan)
「Fusion of channel-incorporated proteoliposomes into solid-supported lipid bilayer」R. Tero (Toyohashi University of Technology, Japan)
「RT atomic layer deposition of hafnium oxide by using plasma excited oxygen and water vapor」F. Hirose (Yamagata University, Japan)
「Anodization process for Nanofabrication」Y. Kimura (Tokyo University of Technology, Japan)
「Recording activities of ion channel proteins in microfabricated silicon chips」A. Hirano-Iwata (Tohoku University, Tokyo University of Technology, Japan)

［3］ 成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た．

研究代表者らはこれまでに，テーパーの付いた滑らかなエッジを持つ微細孔を作製したシリコンチップ中に脂質二分子膜を形成することにより，機械的強度の高い二分子膜系を構築できることを報告してきた（*Langmuir*, 26, No.3, 1949–1952 (2010).）．昨年度は，このシリコンチップ中に，副作用評価が必須となったタンパク質hERGチャネルを包埋し，そのチャネル電流の記録に成功している．しかし，その包埋確率は低く，high-throughput化に向けての障害となっていた．そこで本年度はhERGチャネルを含むいくつかのイオンチャネルを対象に一過性の強い物理的摂動による膜融合促進について検討し，安定化二分子膜ならではのチャネル包埋法の構築を目指した．チャネルタンパク質の種類によらず約60%の確率で脂質二分子膜中にチャネルタンパク質を包埋することが可能となり，図のようなチャネル電流を記録できることを見出した（投稿準備中）．

（3－2）波及効果と発展性など

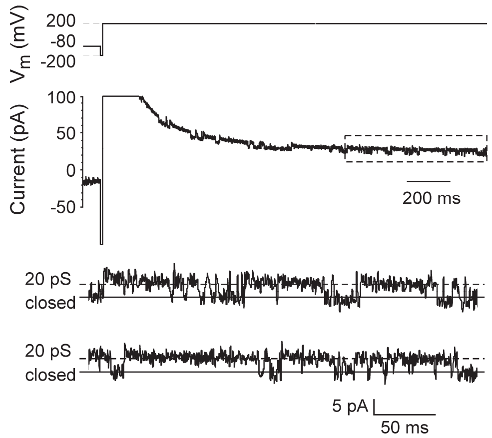


図 電位依存性Naチャネルの単一チャネル電流記録の例

半導体微細加工とバイオ素子との融合を目指す研究は，近年，ますます盛んになっている．特に，イオンチャネルタンパク質は，創薬における主要ターゲットであることや，hERGチャネルに対する薬物副作用の問題から新規な高効率なチャネル電流測定系の構築への需要が高まっている．成熟した半導体微細加工に基づく固体デバイスとタンパク質，特に膜タンパク質のイオンチャネルタンパク質とを結合させようとする試みは，今大きな発展を迎える時期にあり，今後の研究の進展が大いに期待される．このような期待感を受け，本プロジェクト研究の発展研究が，平成２６年度の 科学技術振興機構（JST）のCRESTに採択された．

研究課題名：　超絶縁性脂質二分子膜に基づくイオン・電子ナノチャネルの創成
研究期間：　平成26年－平成31年

［4］ 成果資料

（1）A. Hirano-Iwata, R. Matsumura, R. Tezuka, M.Niwano, T. V. P. Bliss, M. Sugawara, Electrochem. Commun., 45, 1-4 (2014).
（2）H. Yamamoto, T. Demura, K. Sekine, S. Kono, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, T. Tanii,　Journal of Visualized Experiments, in press.
（3）Y. Ikegami, S. Hozumi, A. Shoji, A. Hirano-Iwata, T. Bliss, M. Sugawara, Sensing and BioSensing Research, 2, 31-37 (2014).
（4）A. Hirano-Iwata, Y. Ishinari, H. Yamamoto, M. Niwano, Chemistry-An Asian Journal, in press.
（5）庭野道夫，平野愛弓，分析化学，印刷中.

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号 H24/A15

超分散環境におけるコンテンツ指向コンピューティングに関する研究

［1］組織
代表者：宗森 純
（和歌山大学システム工学部）
対応者：木下 哲男
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岡田 謙一（慶應義塾大学理工学部）
石川 博 （静岡大学情報学部）
石原 進 （静岡大学工学部）
小花 貞夫（電気通信大学電気通信学部）
片岡 信弘（東海大学電子情報学部）
小泉 寿男（東京電機大学理工学部）
佐藤 文明（東邦大学理学部）
白石 陽 （はこだて未来大学システム情報科学部）
白鳥 則郎（早稲田大学大学院国際情報通信研究科）
高橋 修 （はこだて未来大学システム情報科学部）
滝沢 誠 （法政大学理工学部）
塚本 昌彦（神戸大学工学部）
富樫 敦 （宮城大学事業構想学部）
桧垣 博章（東京電機大学理工学部）
東野 輝夫（大阪大学大学院情報科学研究科）
福田 晃 （九州大学大学院システム情報科学研究院）
水野 忠則（愛知工業大学情報科学部）
宮西 洋太郎（(株)アイエスイーエム）
村山 優子（岩手県立大学ソフトウェア情報学部）
由井薗 隆也（北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科）
渡辺 尚 （大阪大学大学院情報科学研究科）
延べ参加人数：23人
研究費：物件費19万1千円，旅費37万6千円

［2］研究経過

高速な無線ネットワークの発達，スマートフォンやタブレット端末等の普及により，ソーシャルネットワークによって大量の情報が日々やりとりされるようになった．また，センサ技術や制御技術の高度化により，M2Mと呼ばれる物同士の通信によって，物流や農業機械，建設機械などの自律的な制御が可能となってきている．これらのコンテンツはネットワーク上に広範囲に分散して生成・蓄積されているとともに，コンテンツを加工し配信する各種のサービスも広範囲に分散して提供されている．この状況は，従来のクライアント・サーバによる分散システムから，より複雑な“超分散システム”へと環境が変化していることを意味している．

しかしながら，このような大量のコンテンツから適切なものを選択したり，再構成して新たなコンテンツを作成したり，安全で適切な配信方法で配信したりすることはまだ十分に実現できてはいない．その理由としては，コンテンツの形式や属性，働きや機能が十分にフォーマル化（形式化）されていないため，コンテンツがあってもそれを十分に再利用できない点があげられる．

本研究では，コンテンツの属性，機能，利用環境に応じて検索方法・処理方法・配信方法が動的に定まる「コンテンツ指向コンピューティング」を提唱し，その開発環境と応用システムを実現する．コンテンツ指向コンピューティングでは，コンテンツの生成・開発技術，コンテンツの蓄積・検索技術，コンテンツ指向ネットワーク技術，コンテンツセキュリティ技術といった要素技術から構成される．コンテンツ生成・開発技術では，発想支援システムや嗅覚ディスプレイといった新しいコンテンツ生成デバイスの研究開発を行う．コンテンツ蓄積・検索技術では，分散ハッシュテーブルを利用した高速なコンテンツ検索技術，クラウドにおけるセンサデータの効率的な蓄積転送技術を研究開発する．コンテンツ指向ネットワークでは，分断されたネットワークでも通信可能とするネバーダイネットワーク技術や太陽光発電などを利用したエナジーハーベスティングによる永続的なセンサネットワーク技術を開発する．コンテンツセキュリティにおいては，秘密計算技術による情報漏えいの防止技術の開発や，情報の曖昧化による匿名性向上技術の研究開発を行う．また，これらの要素技術を利用した各種のアプリケーションを開発し，その有効性を評価する．

本年度は，このプロジェクトの3年目である．前年度の目標は，コンテンツ指向コンピューティングの要素技術の開発であり，センサネットワーク技術やセキュリティ技術の要素技術が開発されている．それを踏まえて，本年度の目標は，コンテンツ指向コンピューティングの応用システムの開発とその実用性の評価である．応用システムとしては，ユーザの生体情報コンテンツを用いることで臨場感のあるコミュニケーションを可能とする応用が報告された．また，嗅覚の評価システムによって，発達障害をスクリーニングするシステムが開発されたことが報告された．また，クラウドの安全性を高める暗号化技

術に基づいて，クラウドの安全性を評価する定式化方式が報告された．また，M2M に利用するためのセンサデータを効率よく蓄積し伝送するためのシステムの報告等，様々な応用が提案報告された．

以下，研究活動状況を記す．

研究推進会議を１回開催し，最新の研究成果を持ち寄り，議論を重ねた．開催日程および概要は以下の通りである．

＜研究推進会議＞

日時：平成26年12月12日〜12月13日

場所：東北大学電気通信研究所２号館W217

参加者数：24 名(プロジェクトメンバ14,他10)

A．研究報告

(1)「Affective Computing」宗森純（和歌山大学）

(2)「ウェアラブル大阪マラソンプロジェクト」塚本昌彦（神戸大学）

(3)「都市環境での群衆センシング」東野輝夫（大阪大学）

(4)「ヘルスケアネットワーク」水野忠則（愛知工業大学）

(5)「嗅覚ディスプレイの医療への応用」岡田謙一（慶応大学）

(6)「地域医療福祉連携情報ネットワーク構築の現状と課題」富樫　敦（宮城大学）

(7)「ビジネスモデルを科学するプロジェクト報告」片岡信弘(東海大学)

(8)「ITS 利活用推進プロジェクト」福田　晃（九州大学）

(9)「太陽光発電システムのモニタリングと異常検知方式」佐藤文明（東邦大学）

(10)「震災復興へ向けたＩＴ支援の取組み」村山優子（岩手県立大学）

(11)「災害発生時の緊急ネットワーク」高橋修（はこだて未来大学）

(12)「洪水防災のための分散協調 M2M システムの提案」北上眞二（早大／三菱電機ビルテクノサービス），白鳥則郎（早稲田大学）

(13)「協調分散 M2M システムアーキテクチャに関する研究」北上眞二，白鳥則郎（早稲田大学）

(14)「PREDICT グリーンプロジェクトの終了報告と Never Die Networks」白鳥則郎(早大/東北大)

B．招待講演

「SMC システム安全性の定量的評価方法　〜システム安全度の定量化に向けて〜」宮西洋太郎（(株) アイエスイーエム）

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度に得られた成果の一部を以下に述べる．

ｉ）センサ情報を用いた感情・情緒の伝達に関する研究（成果論文（1））

宗森らは，心拍数センサを用いた演奏者と観客とのコミュニケーションに関する研究を実施した．演奏者の感情や音楽の盛り上がり（サビ）部分に応じて，演奏者の心拍数が変化している．この変化の状況は観客にも伝搬しており，演奏者と観客との心拍数変化の様子が同期していることが確認された．演奏者の感情や，観客の感動をコミュニケートする一つのチャネルとしての可能性を示した．

また，オンラインゲームにおける心拍伝達の研究についても実施した．オンラインゲームは，複数のユーザでネットワーク経由で協力してプレイするゲームである．ネットワーク経由で操作するため，ユーザの感情が伝わりにくい問題がある．この研究では，ユーザの感情を心拍数でとらえ，それを相手に振動として伝達することで，高い臨場感が得られることを示した．

ⅱ）嗅覚ディスプレイの発達障害スクリーニング検査への応用（成果文献（2,3））

嗅覚ディスプレイとは，非常に短い時間間隔で香料を射出することで香りコンテンツを再現することのできるデバイスである．岡田らは嗅覚ディスプレイの医療応用として，子供向けの嗅覚測定のアプリケーションを開発した．嗅覚障害は，子供の発達障害と密接な関係にあり，嗅覚ディスプレイを使って発達障害（自閉症スペクトラム症(ASD)）スクリーニングを行うためのアプリケーションを開発した．従来のスクリーニング方式では，検査時間が長く，費用が高いこと，また待機期間が長いなどの問題があった．また，検査方法もアンケートによって子供の行動の程度を尋ねるなど，主観的な評価が多かった．新たに開発されたスクリーニング方式では，匂いに気づく能力を客観的に評価するもので，従来に比べて簡便で低コストであり，検査時間も１５分(従来４~７時間）と非常に短時間で実施できるようになった．また，実際の ASD 児による検査でも高い識別能力があることが明らかになった．

ⅲ）クラウドサービスを安全に利用するための簡易的な秘密計算法の研究（成果文献（4））

クラウドのサーバにおいてコンテンツを管理する場合，クラウド事業者による情報漏えいや不正使用が問題となっている．この問題を解決するための技術として，コンテンツを暗号化してサーバに保存し，その計算を暗号化した状態でサーバにおいて実行し，クライアントはその計算結果を復号化して暗号化前の計算結果を得る秘密計算という技術が研究されている．宮西らは，従来の秘密計算より計算量が小さく，オーバヘッドとなる暗号化のための付加情報が少なくて済む簡易的な秘密計算法を提案した．この秘密計算を使うことで，従来はプライバシーの漏えいなどの問題から利用されにくかった医療関係のデータや成績データ，利用者の移動履歴のデータなどが安全にクラウド上で管理できるようになった．

宮西らは，クラウドの安全性の定量化に関する研

究を実施した．特にクラウドにおける内部犯罪によるインシデントの発生確率を，信頼性理論とのアナロジーに基づいてモデル化し，定量化するための定式化を行った．この定式化により，サーバを複数用意して多数決論理で構成したときの安全性の定量化が可能となった．この定量化手法は，従来感覚的に構築されてきたシステムの安全性に関する尺度を与える画期的な指標となる．

（３－２）波及効果と発展性など

本研究は，従来のセンサネットワークや分散処理技術，仮想化やクラウド技術を基盤技術として，様々なサービスコンポーネントがコンテンツモデルとして仮想化され，それらを安全で柔軟に利用できる環境を開発する．そして，そのコンポーネントを検索し統合して新しいコンテンツを専門家でなくても容易に構築できるようにする．その結果，従来ICT技術の導入が遅れていた農業，医療，教育といった分野への様々なコンテンツ・サービスの導入を促進することが可能となる．

本プロジェクトメンバーが中核となる新しい国際学会が設立され，白鳥，東野，岡田，水野，宗森らによる国際会議IWIN(International Workshop on INformatics)2014を９月にチェコ・プラハで開催した．本国際会議において，本プロジェクトに関わるセンサネットワークやセキュリティに関する研究成果が報告された．

本プロジェクトで開発された要素技術をもとに，SCOPE（戦略的情報通信研究開発推進制度）等のいくつかの外部資金獲得へつなげていく予定である．

［４］成果資料

(1) 新原弘明，伊藤淳子，宗森　純，“オンラインゲームのコミュニケーション手段である心拍伝達システムの開発”，情報処理学会第７７回全国大会 2Z-03(2015.3).

(2)日経産業新聞“「発達障害匂いで早期発見　慶大子どもの測定反応ゲーム感覚で　10 年以内に実用化へ」”(2014.12.11　朝刊10面).

(3) Eri Matsuura, Risa Suzuki, Shutaro Homma, Ken-ichi Okada, “Measurement of Olfaction in Children with Autism by Olfactory Display Using Pulse Ejection”, International Workshop on Informatics (IWIN2014), pp.131-136, (2014.9).

(4)Yohtaro MIYANISHI, Akira KANAOKA, Fumiaki SATO, Xiaogong HAN, Shinji KITAGAMI, Yoshiyori URANO, Norio SHIRATORI, “ New Methods to Ensure Security to Increase User's Sense of Safety in Cloud Services”, Proc. of IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (BusinessClouds2014), pp.859-866(2014.12).

(5) 西岡大，村山優子，“オンラインショッピング時の安心感における情報セキュリティ技術に関する安全とユーザ属性との関係”，情報処理学会論文誌，Vol.55, No.9, pp.2168-2176 (2014.9).

(6) Tomoya Enokido, Ailixier Aikebaier, and Makoto Takizawa, “An Extended Simple Power Consumption Model for Selecting a Server to Perform Computation Type Processes in Digital Ecosystems”, IEEE Transactions on Industrial Informatics (TII), Vol.10, Issue 2, pp. 1627-1636(2014.5).

(7) 北上眞二，金子洋介，神戸英利，南角茂樹，菅沼拓夫，“機器のマルチサービス接続性を実現するM2Mプロキシサーバの負荷分散方式の提案と実装評価”，電気学会論文誌 C,Vol.134, No. 8,pp.1104-1113(2014.8).

(8) Shigemi Ishida, Koki Tomishige, Akira Izumi, Shigeaki Tagashira, Yutaka Arakawa, Akira Fukuda,“Implementation of On-Demand Indoor Location-based Service using Ad-Hoc Wireless Positioning Network”, The 11th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC 2014), pp.34-41 (2014.12).

(9) Fumiaki Sato, “User Location Anonymization Based on Secret Computation”, The 16-th International Symposium on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA-2014), (2014. 11).

(10) Takamasa Higuchi, Sae Fujii, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, “Mobile Node Localization Focusing on Stop-and-Go Behavior of Indoor Pedestrians”,IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.13, No.7,pp.1564-1578 (2014.7).

(11) 岡崎正一，渡辺透，北上眞二，清尾克彦，小泉寿男，“SIP機能を活用したM2M機器間通信システム方式とその適用評価”，電気学会論文誌C, Vol.134, No.8, pp.1114-1122(2014.8).

(12) Yohe Yasutomo, Yoshitaka Nakamura and Osamu Takahashi, “A Construction Method of Efficient SkipGraph Using the Performance of Peers in Heterogeneous Environment”, International Workshop on Informatics, pp.51-56, (2014.9).

(13) Toshihiro Uchibayashi, Bernady O. Apduhan, Norio Shiratori, “Towards a Resilient Hybrid Iaas Cloud with Ontology and Agents”, The 14th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2014), pp.70-72, Guimaraes, Portugal (June-July, 2014).

(14)伊藤淳子，高尾静日，宗森　純，“テーブルトップインタフェースを用いた対面食卓コミュニケーションシステムの提案と適用，情報処理学会論文誌，Vol.55,No.4,pp.1287-1302(2014.4).

採択回数	1　2　③

（先端）

採択番号　H24／A16

共生コンピューティングのためのリポジトリ型マルチエージェントフレームワークの協調機構に関する研究

［1］組織

代表者：打矢　隆弘
（名古屋工業大学情報基盤センター）
対応者：木下　哲男
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
北形　元（東北大学電気通信研究所）
高橋　秀幸（東北大学電気通信研究所）
笹井　一人（東北大学電気通信研究所）
菅沼　拓夫（東北大学サイバーサイエンスセンター）
菅原　研次（千葉工業大学情報科学部）
藤田　茂（千葉工業大学情報科学部）
原　英樹（千葉工業大学情報科学部）
今野　将（千葉工業大学工学部）
真部　雄介（千葉工業大学情報科学部）
延べ参加人数：21 人
研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 25 万 8 千円

［2］研究経過

現在のユビキタス情報社会では，至る所で情報端末が利用できるアンビエント環境が整備されつつあるが，一方で，情報通信技術の恩恵を受けることのできる人とできない人の間に生じる情報格差（デジタルディバイド）が大きな課題となっている．この課題を解決するためには，新しい情報通信パラダイムである「人間と情報システムの共生」の考え方が重要であり，国内外で大きな注目を浴びている．本研究では，人・社会・情報環境を総合的な協調系と捉え，これらが共生する世界である「共生社会」の実現に向けた研究開発（共生コンピューティングの実現）を進めている．

共生コンピューティングでは，情報システム自身が利用者の動作や状況，とりまく環境の状況を認識することで，利用者がいかなる環境でサービスを要求した場合でも，利用者の手を煩わせることなく，その利用者に適した情報システムを利用者環境に自動生成することが可能となる．さらに利用者の PC 利用スキルやシステムの利用履歴を把握することで，システムの利用状況に即して情報システム自身を段階的に進化・発展させ，情報弱者に対する高度なサービス提供を実現する．

共生コンピューティングの概念に基づくソフトウェアを構築・運用するためには，従来重要視されてきた自律性・協調性といった性質に加え，学習性・永続性などの多様な性質を有するソフトウェアを系統的に設計・開発・構築するための支援環境の整備が必要不可欠である．本研究では，これまで我々の研究グループで開発を進めてきたリポジトリ型エージェントフレームワーク DASH とインタラクティブエージェント開発環境 IDEA をベースとして，ソフトウェアをエージェントシステムとして構築するうえで必要となる「人間とシステムの共生に基づくボトムアップ型エージェントシステム構築方法」を確立し，これに基づく開発・運用支援ツールを構築する．さらに，このツールを活用し，各種の共生型アプリケーションの開発を促進する．

本プロジェクトは，本年度が第 3 年度であった．前年度は学習性・永続性を備えたエージェントの開発・運用支援の強化，即応エージェントの開発・運用手法の策定，共生型アプリの開発を行った．本年度は，前年度の成果を踏まえながら，特に下記に関する研究を展開した．

・学習エージェントの開発・運用支援の拡充
・永続エージェントの開発・運用支援の拡充
・移動エージェントの開発・運用手法の策定
・各種の共生型アプリケーションの開発

以下，研究活動状況の概要を記す．今年度は下記の通り，2 回の研究発表会を行った．

第 1 回研究発表会：平成 26 年 10 月 1 日 15:00〜，電気通信研究所 2 号館 2F W214 室（参加者：打矢，木下，北形，笹井，高橋，藤田）

第 2 回研究発表会：平成 27 年 2 月 24 日 14:00〜，電気通信研究所本館 4F M401 室（参加者：打矢，木下，北形，笹井，高橋，菅原，藤田，真部）

［3］成果
（3－1）研究成果
本年度は，以下に示す研究成果を得た.
[学習性を備えたエージェントの開発・運用手法]
前年開発したNash-Q学習エージェント開発支援機構を拡充した．具体的には，学習パラメータの設定自動化や，グラフビューア改善による学習結果の比較の容易化を行い，学習エージェントの開発効率向上を実現した.
[永続性を備えたエージェントの開発・運用手法]
前年開発した分散環境向けエージェントスナップショット管理機構に,各ノード上のエージェントが独立してスナップショット保存を行うChandy-Lamport アルゴリズムを導入した(図2)．これにより,分散型エージェントシステムの高速な保存を可能とし，耐障害性が大幅に向上した（成果資料(1)）.

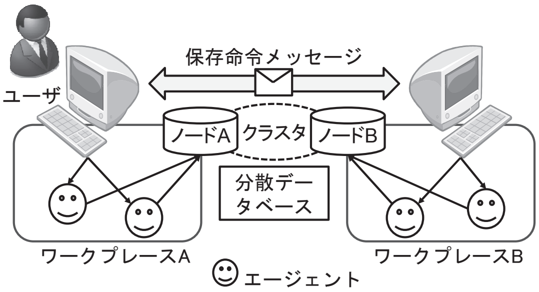


図1：分散環境におけるスナップショット管理機構
[移動性を備えたエージェントの開発・運用手法]
既存フレームワーク DASH ではエージェントの移動性を支援しているものの，セキュリティが低いという課題があった．本提案では，ホストの信頼性確認機能やメッセージ暗号化機能，攻撃保護機能を導入することで，移動エージェントの安全な利用を可能とした.
[共生型アプリケーション1：ユビキタスプラットフォーム]
リソースコネクタ方式によりエージェント型のユビキタスアプリケーションを構築するための手法を確立した(成果資料(2)).
[共生型アプリケーション2：遠隔会議支援]
TV チャネルとリソースチャネルを用いて複数拠点間でブレインストーミングが可能な遠隔会議アプリケーションを開発し，実証実験により有効性を確認した(成果資料(3)(4)).
[共生型アプリケーション3：分散B/Uシステム]
エージェント技術を用いてバックアップのセキュリティやコスト，システム管理に必要なユーザ負担の問題を解決する分散バックアップシステムを実装し，分散バックアップ手法を確立した．今年度は特にブロックデータの重複排除技術を導入し，データ容量の削減を達成した.
[共生型アプリケーション4：マイクログリッドの電力需給制御]
階層型のエージェントアーキテクチャ，優先度を考慮した需給制御方式により，全体の電力量および消費量と優先すべき供給箇所の状態を考慮しながら電力需要と供給のバランスを保つことが可能となった(図2).

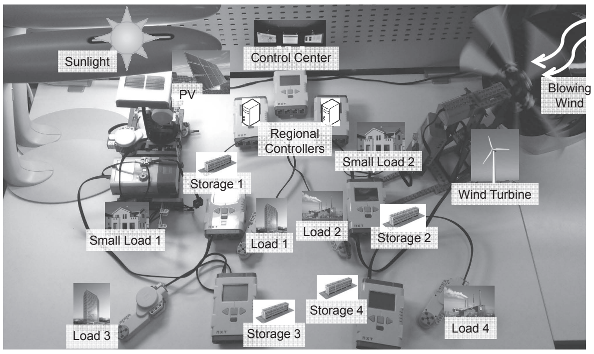


図2：マルチエージェント型マイクログリッド
[共生型アプリケーション5：IoTデバイス連携]
マルチエージェントに基づくIoTデバイス連携フレームワークを提案した(図3)．飛行ロボット，走行ロボット，センサデバイス等の様々なデバイスがエージェントレベルで協調を行うことが可能となった(成果資料(5),(6)).

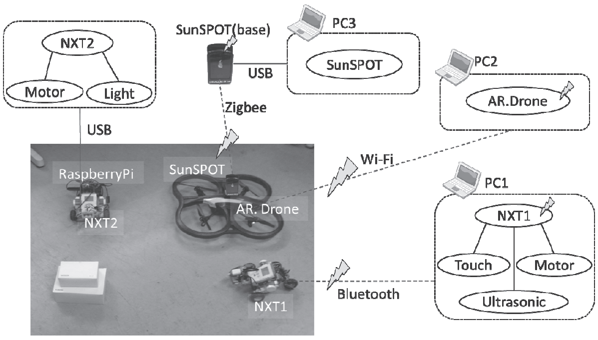


図3：マルチエージェント型IoTデバイス連携
[共生型アプリケーション6：スマートホーム向け照明制御システム]
マルチエージェント指向のセンサフレームワークにより，標準規格(Echonet Lite)と異なる規格のセンサの差異を吸収しデバイスの連携が可能となった.
（3－2）波及効果と発展性，研究分野への貢献等
本プロジェクトは3機関共同で共生コンピューティングの基盤技術の研究開発を推進し，上記以外にも多数のフレームワーク拡張・アプリケーション開発が実施できた(成果資料(7)～(18)).
また本プロジェクトには多数の学部生・大学院生がコミットしており，若手研究者の育成への足掛りとなった．更に，認知コンピューティングに関する国際会議 ICCI*CC2014(2014.08LONDON)で「共生コンピューティング」セッションを開催する等,

当該分野の海外研究者との議論も積極的に展開し，研究者間交流の活性化も図った.

［4］成果資料

(1) Yuki Kishigami, Takahiro Uchiya, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita, “Proposal of Snapshot Management Mechanism for DASH Agent Framework”, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.501-505, 2014.
(2) 顧優輝，眞部雄介，菅原研次，“現実空間とデジタル空間の情報リソースをエージェントと接続するためのエージェントプラットフォームの開発”，情報処理学会論文誌，第56巻，第1号, pp.284-294, 2015.
(3) Caude Moulin, Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Shigeru Fujita, Marie-Hélène Abel, “Collaborative Brainstorming Activity Results and Information Systems”, In On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2014 Workshops on On the Move to Meaningful Internet Systems, pp. 399-407, 2014.
(4) Caude Moulin, Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Shigeru Fujita, “Synchronous interaction for supporting remote multilingual brainstorming”, Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design , pp. 135-139, 2014.
(5) Takumi Kato, Ryo Chiba, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “Multiagent-Based Cooperation Infrastructure for IoT Devices”, Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.571-572, 2014.
(6) Takumi Kato, Ryo Chiba, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “Agent-Oriented Middleware for Cooperation of Heterogeneous Devices”, Proc. of International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), pp.103-109, 2014.
(7) Takahiro Uchiya, Daisuke Yamamoto, Ryota Nishimura, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita “Proposal of Voice Control-based Interactive Design Method of Agent System”, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.496-500, 2014.
(8) Yasuhiro Ohnuki, Yuki Kaeri, Yusuke Manabe, Kenji Sugawara, “Awareness of Human Activities by Detecting State Change of Room Equipment”, 2014 IEEE 6th International Conference on Awareness Science and Technology, pp.1-7, 2014.
(9) Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Yusuke Manabe, Claude Moulin, Jean-Paul Barthes, “An Application of an Agent Space Connecting Real Space and Digital Space”, 13th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing, pp. 230-235, 2014.
(10) Hideki Hara, Kenji Sugawara, “Conversational Labeling Method for Sensor Nodes in a Daily Living Environment”, Proceedings of 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC 2014), 2014.
(11) Keitarou Busaki, Yasue Iijima, Susumu Konno, “Multi-agent System Learning Support Software with Fighting Games”, International Journal of Energy, Information and Communications, Vol.5, Issue 5, pp.13-22, 2014.
(12) Wenpeng Wei, Akiko Takahashi, Tetsuo Kinoshita, “Design and Evaluation of Energyconsumption-aware Evolutional Agent System for Portable Devices”, Journal of Information Processing, No.22, Vol.4, pp.660–668, 2014.
(13) Wenpeng Wei, Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, “A Method of Autonomous Control Knowledge Construction for Evolutional Agent Systems”, Proc. of International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), pp.119-129, 2014.
(14) Akiko Takahashi, Makoto Oide, Mitsuru Abe, Tetsuo Kinoshita, “Expansion and Evaluation of EAS to Provision Multimedia Communications Services in Heterogeneous Environments”, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.236-241, 2014.
(15) Kazuto Sasai, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “AIR-space: Cognitive Cooperation Space for Active Information Resources based Network Management System”, Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.482-489, 2014.
(16) Yusuke Hachiya, Shota Kotato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, “Cooperation Mechanism of Heterogeneous Contents in User-Oriented Information Delivery System”, Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.24-25, 2014.
(17) Tetsuo Kinoshita, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, “User-Oriented Information Delivery System Using Active Information Resources”, Advanced and Applied Convergence Letters (AACL 03), pp.240-243, 2014.
(18) Shigeru Fujita, “Symbiotic Computing Model for Smart Technology”, Proc. of International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), 2014.

採択回数	1	2	3

（先端）

H25/A01

カルコゲナイドナノ構造の作製と物性探索、およびメモリー応用

［1］組織

代表者：桑原　正史
（産業技術総合研究所）
対応者：上原　洋一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
佐野　陽之（石川高等専門学校）
坂井　譲（トゥール大学）
稲岡　毅（琉球大学）
片野　諭（東北大学電気通信研究所）
浦辻　秀明（芝浦エレテック）
阿部　真帆（東北大学電気通信研究所）
丹野　健徳（東北大学電気通信研究所）
斉藤　央（産業技術総合研究所）
保坂　純男（群馬大学大学院）

延べ参加人数：10 人

研究費：物品費 19 万 1 千円，旅費 19 万円

［2］研究経過

カルコゲナイドは、光記録・相変化メモリーといったデバイスの記録材料として、実用化された材料である。結晶—アモルファスの特性の違いを利用して記録を行っている。また、この材料は、金属や半導体のカテゴリーではなく、半金属あるいは狭ギャップ半導体に分類される。我々は、このプロジェクトにおいて、この材料のナノ構造に注目した。金属や半導体において、ナノ構造作製やその特性評価については多くの研究例があり、デバイスの実用化に成功している。一方、半金属もしくは狭ギャップ半導体材料のナノ構造作製や評価の研究例は非常に少ない。本プロジェクトでは、この材料のナノ構造化を行い、その特性を明らかにしていくことを目標とした。記録材料のサイズは、年々縮小しているため、ナノ構造の特性を調べて把握しておくことは、今後のメモリー開発に必要不可欠である。また、カルコゲナイドは、昔から熱電変換材料として知られており、ナノ構造化によりより優れた熱電変換性能を持つと言われている。このような実用化を見据えた研究も、本プロジェクト提案の動機である。

26 年度は、採択の二年目であるが、一年目と同様にカルコゲナイドのナノ構造の作製に注力し、作製方法の確立を目指した。さらに作製条件による形状変化や組成変化を調べた。

（独）産業技術総合研究所において、ナノ構造の作製や電子顕微鏡(SEM)による形状観察を実行し、組成分析は東北大通研所有の組成分析法(EDX)を用いて、ナノスケールでの分析を行った。また、産総研や東北大通研所有の走査型プローブ顕微鏡での形状観察も行った。代表者は、数ヶ月に一度、東北大通研を訪問し、上原教授や他の研究分担者らと進捗報告、実験打ち合わせ、共同実験を行い、本プロジェクトを進めた。

［3］成果

（3－1）研究成果

初年度において、ナノ構造の作製方法に関してほぼ条件を確立した。ただし、基板は高配向熱分解黒鉛(HOPG)に限られていたため、これをシリコン基板にも拡張するため、作製条件を探った。デバイスに展開するためには、やはりシリコン基板の使用が望ましいと考えたからである。本年度の対象としたカルコゲナイドは、引き続き Sb_2Te_3 と $Ge_2Sb_2Te_5$ を用いた。これらは、代表的なカルコゲナイドである。また、今年度は極薄膜作製に対応するため、既存のスパッタ装置にマスクを設けた。これにより、スパッタレートは、0.73nm/s から 0.018nm/s と 1/20 以下となった。数 nm の厚さを持つ試料を作製する場合、スパッタ時間は数秒となるため、シャッターの開閉時間を考えると厚さの不確かさが大きくなっていたが、マスクの採用によりこれが改善された。これを基板（HOPG やシリコン）に薄くスパッタし、その後加熱によってナノ構造を作製する方法を確立した。第二の成果として、ナノ構造の組を詳細に調べたことである。以下、ナノ構造作製方法、形状評価、組成評価について記す。

ナノ構造作製は、以下の通りである。基板にカルコゲナイドをスパッタ法により、厚さ 2-5nm で堆積

させる。これをアルゴンガス雰囲気中で加熱してナノ構造を得た。また、厚さを2-5 nmとしたのは、薄いほどナノ構造が成長し易いという事実があるためである。10 nm以上では、加熱後も膜として存在する。試料はスパッタ後に大気に開放され、アルゴンガス雰囲気の加熱ステージにおかれる。最初にSb_2Te_3結果について示す。図１は、加熱温度と加熱

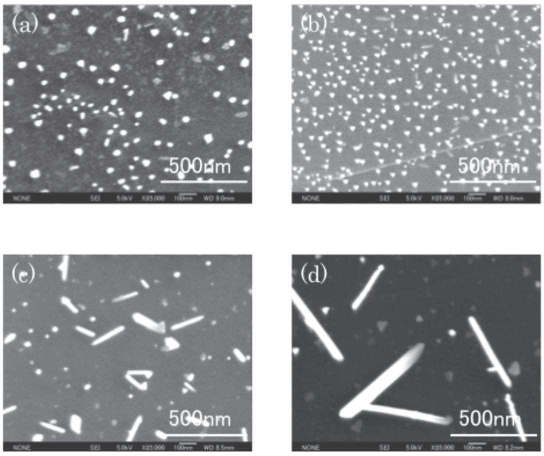


図１　Sb_2Te_3のナノ構造SEM像　(a) 200℃、2分保持(b) 200℃、5分間(c) 250℃、2分間保持(d) 250℃、5分間保持

時間を変えてナノ構造を作製した結果のSEM像である。(a)は200℃で２分保持、(b)は200℃で５分間保持、(c)は250℃で２分間保持、(d)は250℃で５分間保持した物である。最初の厚さは5nm で、基板はHOPG、昇温速度は10℃/分である。200℃ではナノ微粒子、250℃ではナノニードルが生成される傾向にある。ナノ微粒子の直径は、20-50nm、ナノニードルの太さは10-50nm程度であった。ナノニードルでは、基板に平行ではなく、垂直方向に成長しているものが多い。SEMでは高さ情報が得られないため、原子間力顕微鏡(AFM)による観察を試みた。残念なことに、ナノ微粒子では、探針がナノ微粒子を掃いてしまい、安定した観察ができなかった。ただ、得られたわずかな高さ情報から、ナノ微粒子の半径と同等な高さをもっているようである。一方、ナノニードルのAFM観察には成功しており、その結果を図２に示す。ほとんどのナノニードルは、基板に垂直であるが、AFM観察では基板上に横たわったナノニードルで観察を行った。(a)は上面図、(b)は上面図のA-B線での断面図となっている。上面図において、ナノニードルのエッジ近辺に見られる線は、AFMのフィードバック機構によるノイズ（壁が急峻であるため、探針の側面で接触、フィードバック機構での制御が困難、断面図では太い矢印で示した部分）である。これらの像からわかるように、ナノニードルの上面は非常に平坦である（凹凸として

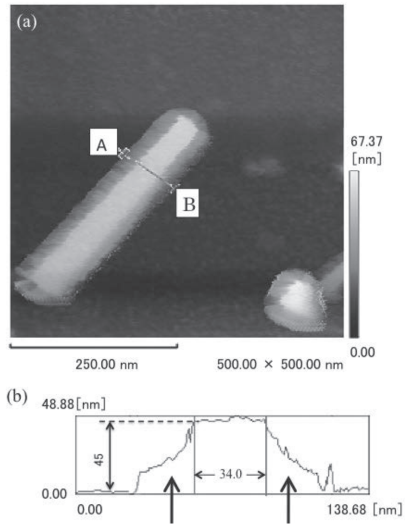


図２　ナノニードルのAFM像　(a)上面図、(b)A-Bでの断面図

て1nm以下）ことがわかる。平坦部分の長さは34nmであり、高さも35nm程度（基板からの高さは45nmであるが、エッジでのノイズにより、基板が深く観察されている）と推測される。従って、SEMからは、詳細な形状がわからなかったが、AFMからナノニードルは、断面が正方形の直方体であると考えられる。次にナノ微粒子、ナノニードルに対して、EDXを用いた組成分析を行った。その結果を図３に示す。(a)はナノ微粒子のSEM像、(b)はナノ微粒子（SEM像でNo.1の場所）のEDXスペクトル、(c)はナノ微粒子間（SEM像でNo.2の場所）のEDXスペクトル、(d)はナノニードルのSEM像、(e)はナノニードル（SEM像でNo.3の場所）のEDXスペクトル、(f)はナノニードル間（SEM像でNo.4

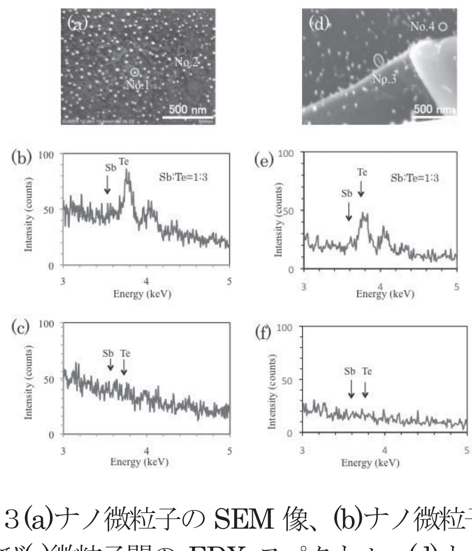


図３(a)ナノ微粒子のSEM像、(b)ナノ微粒子および(c)微粒子間のEDXスペクトル、(d)ナノニードルのSEM像、(f)ナノニードルおよび(e)ニードル間のEDXスペクトル

の場所）を示している。EDX のスペクトルより、ナノ微粒子、ナノニードルとも Sb:Te=1:3 となっており、ナノ構造物間には Sb と Te は認められない結果となった。これは元々の組成が Sb:Te=2:3 であることと矛盾する。しかしながら、上記のような点分析ではなく、SEM 像の全体で面分析をすると Sb:Te=2:3 となることを確かめている。ナノ構造間には Sb 原子が残存しているが、点分析での感度では検出できない量となっていると考えられる。

次に $Ge_2Sb_2Te_5$ (GST) の結果について記す。GST の場合は、基板をシリコンとしており、HOPG 上でのナノ構造作製を今後すすめて行く予定である。先にシリコン基板を選んだ理由は、ナノ構造をデバイスとして応用するためである。ナノ微粒子の作製はまだであるが、ナノニードルの作製と組成分析を行っているので、その結果に着いて述べたい。図４は、

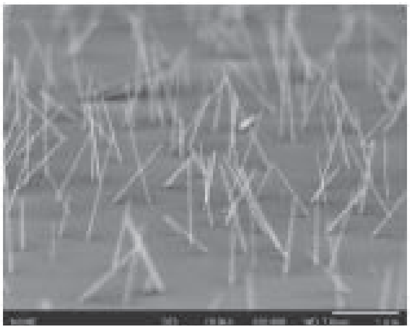


図４　シリコン基板上のナノニードルの SEM 像

シリコン基板上の GST ナノニードルの SEM 像である。この試料は、シリコン上に 1.5nm の GST を堆積させ、その後アルゴン雰囲気中で 250℃で２分間、加熱を行ったものである。ナノニードルを 60°に傾けて観察した。太さが 15-30nm で長さが 1-2 μm のナノニードルが観察された。Sb_2Te_3 の場合と比べて、サイズが均一で長いニードルとなる傾向が

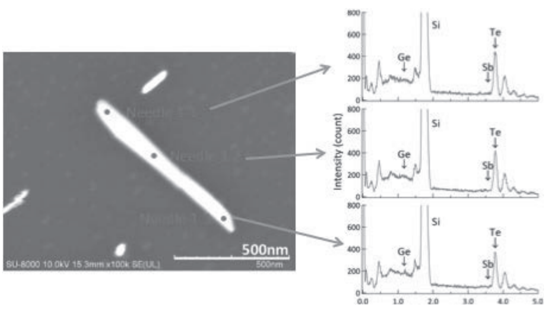


図５　GST ナノニードルの SEM 像（左）と各部分での　EDX スペクトル

ある。図５は、GST ナノニードルの組成分析結果である。のナノニードルの SEM 像において、ニードルの先端、真ん中、根元と分析を行い、右に示すスペクトルを得た。どの部分のスペクトルも同じであり、ナノニードルはほぼ Te で構成されていることがわかった。非常に不思議なのはもともとの構成材料である Ge や Sb が検出されないことである。これについては、面分析も含め解明中である。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは、採択されて２年が経過した。現在まで、ナノ構造の作製、形状観察、組成分析を主に行って来た。今春から、ナノプローバーによる電流―電圧特性の測定を開始する。これによりナノ構造特有の物性を示すことができれば、カルコゲナイドのサイズ効果を明らかにでき、その物性を利用した記録デバイスの応用が拓ける可能性がある。また、カルコゲナイドは熱電変換材料であるが、ナノ構造化することにより高性能な熱電変換材料の可能性もある。研究次第であるが、非常に有望な材料と考えている。

［４］成果資料

発表

1. 「Sb_2Te_3 のナノ構造作製と組成分析」, 浦辻 秀明、桑原 正史、上原洋一、阿部　真帆、坂井譲、保坂純男、曽根逸人、遠藤理恵、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学、札幌、2014/09/25
2. 「アニールによる Sb_2Te_3 のナノ構造作製と組成評価」, 浦辻 秀明、桑原 正史、上原洋一、阿部　真帆、坂井譲、保坂純男、曽根逸人、遠藤理恵、鶴岡徹、第 35 回日本熱物性シンポジウム, 東工大、2014/11/22

論文

現在、以下の論文を投稿中である。

"Sb-Te alloy nanostructures produced on a graphite surface by a simple annealing process", M. Kuwahara, H. Uratsuji, M. Abe, H. Sone, S. Hosaka, J. Sakai, Y. Uehara, R. Endo, and T. Tsuruoka, Appl. Surf. Sci. (submmitted).

採択回数	1 ② 3

（萌芽）

採択番号　Ｈ２５／Ａ０２

InGaAs HEMT を用いた大電力テラヘルツ信号源の研究

［1］組織

代表者：楳田　洋太郎
（東京理科大学理工学部）
対応者：末光　哲也
（東北大学電気通信研究所）
分担者：渡邊　邦彦（東京理科大学大学院理工学研究科）
野田　昴志（東京理科大学大学院理工学研究科）
井口　裕貴（東京理科大学理工学部）
吉田　智洋（東北大学電気通信研究所）

延べ参加人数：６人
研究費：物件費１９万１千円、旅費２４万３千円（予算）

［2］研究経過

（1）目的

テラヘルツ波とは、電波と光の中間領域に位置する電磁波であり、物質をよく透過する、物質固有の吸収スペクトルをもつ、X線と比較して波長が長く人体に安全である、半導体不純物への感度が高い、水と氷で吸収差がある等、他の周波数帯の電磁波にはない特徴をもつ。しかし、これまでテラヘルツ波は、十分な出力の信号源がなかったため、システムへの応用があまり進んでいない。テラヘルツ波のうち、1THz 以上の比較的高い周波数については、量子カスケードレーザー等の光学的手法により発生することができるが、1THz 以下の周波数では出力レベルが低下する。また、常温での信号発生が困難なため、大型で取り扱いが難しく、高価になる問題がある。一方、電子回路を用いれば、小型、簡易かつ低コストでテラヘルツ波を発生させることができる。しかし、テラヘルツ領域での電子回路による信号源は、集中定数設計ではトランジスタを小さくせざるを得ないため、大きな出力を発生することが難しい。特に、信号発生の単位となる発振器については、300GHz 以上においては出力が 1mW 未満と小さく[1]-[3]、実用的な信号処理に適しない問題があった。

本研究では、電子回路を用いた大電力テラヘルツ信号源の実現について検討を行う。常温で最も高速な InGaAs 系 HEMT を用いて信号源を作製することにより、テラヘルツ領域での電気的信号発生を可能とする。さらに、発振器に分布定数回路設計を導入することにより、テラヘルツ領域での信号源の出力電力を実用的なレベルにまで向上させることを目的とする。

（2）概要

本プロジェクトは、本年度が第２年度であった。

本研究で検討するテラヘルツ領域とは、1THz を中心とした上下１桁の 100GHz～10THz の領域である。テラヘルツ領域では、波長がミリメートル程度以下と小さいため、集中定数設計による電子回路では、伝搬による位相遅れによる特性劣化を避けるため、トランジスタを大きくすることができない。このため、テラヘルツ領域での発振器の出力電力は小さく、ミキシング等のアナログ信号処理を行うために十分でなかった。

そこで、本研究ではトランジスタとして InGaAs 系 HEMT を用いることにより、テラヘルツ領域においても十分な出力電力を確保するとともに、発振器に分布定数構成を取り入れることにより、アナログ信号処理に十分な電力の電気信号を発生させる。具体的には、大電力の分布定数増幅器の出力信号を入力側に帰還することにより、大電力のテラヘルツ発振器（分布定数発振器と称する）を構成する。分布定数増幅器は内部の伝送線路による伝搬遅延が大きいため、発振の基本周波数は低くなるが、適当な高調波に対する帯域通過フィルタを帰還ループ内に挿入することにより、分布増幅器が利得を有する最高周波数付近まで発振が可能であることを回路シミュレーションによる初期検討で確認している。さらに、カスコード接続されたトランジスタの段間にも分布定数構成を導入することにより、発振器の発振周波数を極限まで高める。これらの技術により、300GHz 以上の周波数において、アナログ信号処理に適用可能な 1mW 以上の出力電力を、単一の発振器で出力することを目標とする。

平成 25 年度は、損失を含まない理想的な集中定数

インダクタを用いて分布定数増幅器および分布定数発振器を設計し、単位増幅器あたり同一のゲート幅を持つInGaAs系HEMTを用いたコルピッツ発振器よりも大きな出力電力が得られることを回路シミュレーションにより示した。平成26年度は、分布定数増幅器設計の最適化を系統的に行うための手法を検討した。その結果、増幅器の入出力インピーダンス、入出力信号伝播速度整合条件、およびカスコード接続されたトランジスタの出力容量の式を連立させることにより、解析的に分布定数増幅器を設計する手法を提案し、回路シミュレーションとの比較により最適化が実現できていることを確認した。平成27年度は、この設計手法において、理想インダクタを現実の損失を持つ伝送線路に置き換えて適用することにより、テラヘルツ帯において従来にない高い出力電力を実現可能であることを回路シミュレーションおよび実験により示す予定である。

（4）研究打合せの開催状況

本プロジェクト研究における平成 26 年度中の研究打合せの概要を下記に記す。

・第１回研究打合せ

日時：平成27年１月９日（金）13～16時

場所：東北大学電気通信研究所

出席者：末光哲也（東北大学准教授）、吉田智洋（東北大学大学院博士 2 年）、楳田洋太郎（東京理科大学教授）、渡邊邦彦（東京理科大学大学院修士１年）、井口裕貴（東京理科大学学部４年）

打合せ内容：

東京理科大学から、InGaAs 系 HEMT を用いたテラヘルツ帯分布定数増幅器の解析的設計手法および集中定数設計による 60GHz 帯電力増幅器の設計に関する進捗状況報告を行った。また、電気通信研究所からは、inGaAs 系 HEMT 作製における現状の問題点について報告があった

・第２回研究打合せ

日時：平成27年３月６日（金）14:30～17時

出席者：末光哲也（東北大学准教授）、吉田智洋（東北大学大学院博士 2 年）、楳田洋太郎（東京理科大学教授）、渡邊邦彦（東京理科大学大学院修士１年）、井口裕貴（東京理科大学学部４年）

打合せ内容：

東京理科大学から、InGaAs 系 HEMT を用いたテラヘルツ帯分布定数増幅器の解析的設計手法および集中定数設計による 60GHz 帯電力増幅器の設計に関する進捗状況報告を行った。また、今後の InGaAs 系 HEMT を用いた大電力テラヘルツ信号源研究の進め方について議論を行った。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は、以下に示す研究成果が得られた。

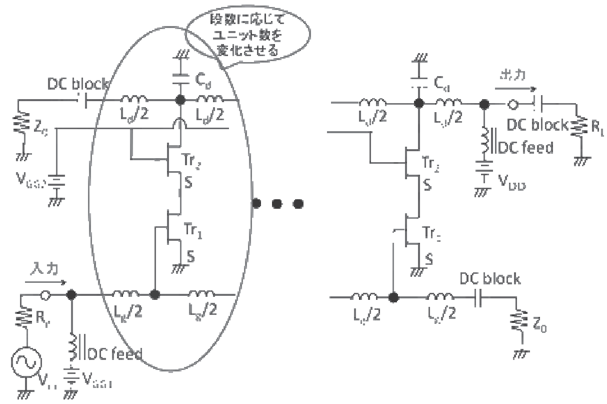


図１　カスコード接続トランジスタを用いた分布定数増幅器の回路構成

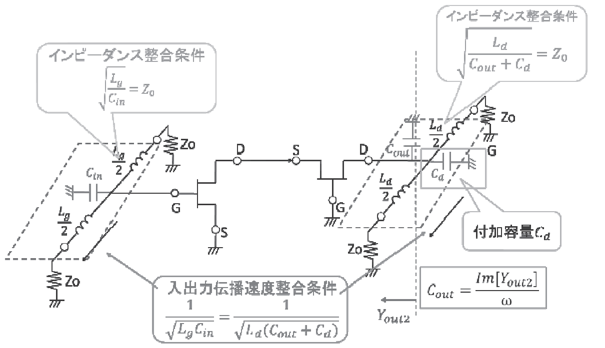


図２　提案する分布定数増幅器の解析的設計手法

分布型増幅器の構成を図１に示す。 カスコード接続されたトランジスタの入力側と出力側にそれぞれインダクタを接続したものを単位とし、これを複数並列に接続することにより構成される。このとき、トランジスタの寄生容量を分布定数回路の容量とみなすことができるため、 1段あたりのトランジスタのゲート幅を小さくすることにより寄生容量を減少させ、遮断周波数を高くすることができる。

提案する解析的設計手法について述べる。図２に示すように、まず増幅器の入出力インピーダンスの整合条件および入出力信号のそれぞれについて伝播速度整合条件を課する。これらの条件に、カスコード接続されたトランジスタの出力容量C_{out}を解析式により求め、これを適用することにより、出力側の伝送線路へ付加すべき容量C_dを決定する。以上により、解析的に分布定数増幅器のパラメータを決定することができる。

本研究では、5段、10段、20段のカスコード接続トランジスタを用いた分布定数増幅器を、提案する解析的手法および回路シミュレータ（Agilent Technologies Inc。 Advanced Design System (ADS)）の設計最適化ツールを用いて設計した。それ

ぞれの方法により設計した分布定数増幅器電力利得の周波数依存性を、それぞれ図３および図４に示す。ただし、設計最適化ツールでは利得が1以上になる周波数が最大となるように最適化した。両者は良く一致しており、提案手法による設計最適化の妥当性が示された。

（３－２）波及効果と発展性など

本研究の予想される波及効果としては、テラヘルツ領域におけるアナログ信号処理が、電子回路により小型、簡易、かつ安価に実現できるようになる。これにより、テラヘルツ波を用いた多くの応用技術が実現可能となる。たとえば、集積回路の欠陥検査、郵便物中の危険物検査、皮膚がんの診断、空港やビルにおける爆弾・セラミックナイフなどの危険物検査、遮蔽空間内の高感度有毒ガス検出、壁内部の腐食や亀裂などの診断、医薬錠剤の多層コートなどの品質検査、病院で渡される包装屋久の誤成分チェック、薬品工場での異種錠剤混入検査、青果物の品質評価など、従来にない多くの分野への応用が期待できる。

一方、本プロジェクト研究ではInGaAs系HEMTの集積回路試作に必要な製造プロセスの開発、および設計CADシステムの構築を行っており、これらの作業は、現在、東北大学電気通信研究所と東京理科大学理工学部の間で行われている。これらが完成し、InGaAs系HEMTを用いた集積回路の試作の環境が整えば、多くの研究機関の回路設計研究者に本集積回路プロセスを用いた回路試作の希望を募り、本プロセスを用いた超高速、高効率回路の研究を大きく展開することができると考えている。さらに、本研究の当面の目標は電力増幅器の高効率化であるが、一度試作プロセスと設計用CADシステムが完成すれば、さらにInGaAs系HEMTの超高速性を生かしたテラヘルツ領域で動作する電子回路の研究を開始することができる。これにより、近い将来この方面でも本プロジェクトが多くの研究者を引き付け、これまであまり例のないテラヘルツ領域での電子回路応用という新たな研究領域を開拓できると期待している。

［４］成果資料

（１）井口裕貴、“テラヘルツ信号源応用に向けた分布電力増幅器の設計、”平成26年度共同プロジェクト研究発表会（東北大学片平さくらホール、宮城県仙台市）、2013年２月（ポスター発表）。

（２）Takashi Noda, Wataru Someya, Yoshiharu Iikura, Yohtaro Umeda, and Yusuke Kozawa, “Bi-level Quadrature-modulation Low-pass EPWM transmitter Using Half Side of Tri-level ΔΣ Modulator, ” 2015 IEEE Topical Conference on Power Amplifiers for Wireless and Radio Applications (PAWR), pp. 65-67, San Diego, CA, Jan. 2015.

表１　設計した分布定数増幅器の諸元

段数		5	10	20
バイアス	V_{GG1}	-0.5V		
	V_{GG2}	0.5V		
	V_{DD}	1.8V		
トランジスタ Tr1,Tr2		InGaAs系 HEMT（ゲート長 80nm）		
負荷抵抗Z_0,R_g,R_L		50Ω		
1段当たりのトランジスタのゲート幅Wg[μm]（フィンガー数）		100 (2)	50 (2)	25 (2)
インダクタンス Lg,Ld[nH]		0.23	0.11	0.055
付加容量C_d[fF]		50	25	13

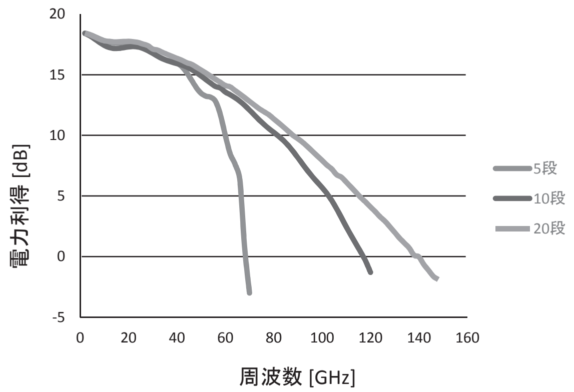


図３　提案手法による電力利得の周波数特性

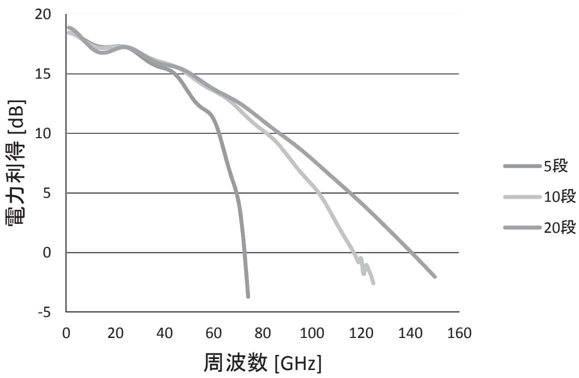


図４　設計最適化ツールによる電力利得の周波数特性

採択回数	1	2	3

（萌芽）

採択番号　Ｈ２５／Ａ０３

Ⅳ族半導体-金属合金化反応制御による強磁性ナノドットの高密度・自己組織化形成と磁気的特性

［1］組織

代表者：宮崎　誠一
（名古屋大学大学院工学研究科）

対応者：庭野　道夫
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

牧原　克典（名古屋大学大学院工学研究科）

室田　淳一（東北大学電気通信研究所）

櫻庭　政夫（東北大学電気通信研究所）

張　海（名古屋大学大学院工学研究科）

温　映輝（名古屋大学大学院工学研究科）

竹内　大智（名古屋大学大学院工学研究科）

延べ参加人数：８人

研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 30 万 5 千円

［2］研究経過

シリサイドやジャーマナイドのナノドットにおいて構造(サイズ、化学組成、結晶性、相構造)に依存して発現する固有の電子状態や物理現象を精密制御することを目的として、ナノドットの高密度形成技術の研究を行う。具体的には、既に申請者らが確立した Si ナノドット及び Ge ナノドットの自己組織化形成技術および Si ナノドットの金属シリサイド化技術を基盤として、磁性体のナノドット形成手法の確立に展開する。さらに、バルク材料には見られない、ナノサイズにおいて固有に存在する組成、結晶構造のナノドットを実験的に探索し、電子状態を定量評価することで、従来の半導体量子ドットや金属ナノドットでは実現困難な新しい強磁性ナノ材料系の創生を目指す。

本プロジェクト研究の初年度では、シリコン熱酸化膜上の極薄 Fe/Si/Fe 積層構造を外部非加熱でリモート H_2 プラズマ(H_2-RP)処理することで、Fe 原子の表面マイグレーション・凝集とともに、Si との合金化反応が進行する結果、Fe シリサイドナノドットが高密度・一括形成できることを明らかにした。さらには、SiO_2 上の Fe/Pt 積層膜への H_2-RP 処理により磁性合金ナノドットが高密度形成できることを明らかにした。本年度は、シリサイド相制御とともに、磁性合金 FePt ナノドットの局所電子輸送特性評価を目的として研究を実施した。

また、本共同プロジェクト研究の推進するために、東北大学にて実験打ち合わせを実施し、共同研究分担体制を築くと共に、本プロジェクト分担者の室田淳一教授が中心的に組織・運営した 4 つの国際会議 2014 International SiGe Technology and Device Meeting (June 2-4, Singapore) 、226th Meeting of The Electrochemical Society (October 6-9, Cancun, Mexico) および JSPS Core-to-Core Program Workshop (November 12-13, Leuven, Belgium、Jan. 29-30, Sendai) での成果発表や意見・情報交換を通じて、関連分野の第一線で活躍している国内外の研究者との連携ネットワーク作りが着実に進展した。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

リモート水素プラズマ支援による Fe シリサイドナノドットの高密度一括形成と磁化特性評価

p-Si(100)基板を 1000°C、2%O_2 中で酸化して形成した厚さ 3.6nm の SiO_2 膜上に、化学量論組成比が Fe:Si=3:1 になるように、Fe/Si(~2.0nm)/Fe 積層構造を電子線蒸着により連続堆積した。その後、外部非加熱で、H_2 ガスのリモートプラズマ処理(60MHz-ICP: 500W, 13.3Pa)を行った。H_2-RP 処理前後の表面形状像を AFM、磁化・帯磁特性を AGM および MFM により室温で評価した。

H_2-RP 処理前後の表面形状像測定において、Fe(~2.0nm)/Si(~2.0nm)/Fe(~1.5nm)積層構造から面密度~4.9×10^{11}cm^{-2}、平均ドット高さ~8.3nm のナノドット一括形成を確認した。さらに、AFM 探針を使った電子注入・放出後の表面電位計測により個々のナノドットが電気的に分離していることを明らかにした。形成した Fe シリサイドナノドットの室温磁化特性を調べた結果、僅かながらヒステリシスが認められ(Hc // 11Oe, Hc⊥~17 Oe)、飽和磁化値は~750emu/cc であった(Fig.1)。この結果は、DO_3 型 Fe_3Si 結晶薄膜(厚さ~50nm)の報告値と同程度であることから、規則合金 DO_3 型 Fe_3Si ナノドットの形成が示唆される。また、磁性金属コート探針(保磁力：220 Oe)を用いてナノドットの帯磁特性を評価した結果、探針磁化方向と同一方向に試料を着磁した場合、ドットに対応する領域に探針―試料間の磁気的引力に起因する明るいコントラストが観測された。一方、試料と探針を逆方向に着磁し、同一条件で MFM 測定した場合では、斥力を反映したコントラストの反転が確認できた。これらの結果は、形成したナノドットが磁性合金であることを示しており、磁化特性の結果と矛盾しない。

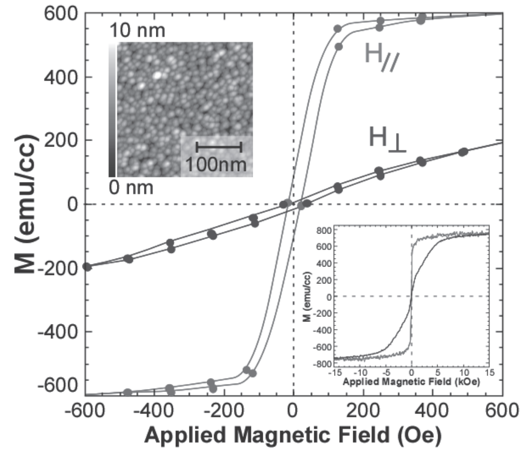


Fig. 1　Hysteresis Loops of Fe-silicide NDs at room temperature.　An AFM image of Fe-silicide NDs is also shown in the inset.

FePt ナノドット/極薄 SiO2 層における電子輸送特性の外部磁場依存性

p-Si(100)基板を 1000°C、2%O_2 中で酸化して形成した Si 熱酸化膜(膜厚：~1.7nm)上に厚さ~1.4nm の Fe 薄膜を電子線蒸着により均一形成(RMS : ~0.2nm)した後、厚さ~1.7nm の Pt 薄膜をスパッタ形成した。その後、60MHz 高周波電力の誘導結合により励起・生成した高密度水素プラズマを用いて、Pt/Fe 積層膜表面に外部非加熱でリモートプラズマ処理を施し FePt 合金ナノドット（平均ドット高さ：~6nm, 面密度：~4×10^{10}cm^{-2}）形成した。Si 基板裏面には、Al コンタクトを蒸着形成した。FePt 合金ナノドットの電気伝導特性は、磁性 CoPtCr コート Si カンチレバー(220Oe)を用いて評価した。外部磁場印加では、試料直下に保磁力 500~4500Oe の磁石を配置した。

AFM 探針を用いて測定した外部磁場有無における局所電流―電圧(I-V)特性を Fig.2 に示す。ドット高さ~6nm の任意ドットの I-V 特性では、外部磁場非印加時において、いずれの場合も Tip バイアス-3V 近傍で電流レベルの増大が僅かながら認められ、磁性コート AFM 探針の磁化方向と同一方向の外部磁場 500Oe を印加した場合、顕著な変化は認められないものの、1500Oe 印加では、-1.5V で大幅に電流レベルが増大し、4500Oe では、しいき値電圧が-1.0V に低減した。一方、CoPt 合金ナノドットでは、印加磁場の増大に伴い、しきい値電圧が顕著に低減するが、4500Oe 印加した後、外部ゼロ磁場下では、電流しきい値は時間の経過に伴い増大し、50 分後には磁場印加前の初期 I-V 特性に戻る。しかしながら、FePt 合金ナノドットでは、外部磁場 4500Oe 印加後、外部ゼロ磁場下 50 分後においても、顕著な変化は認められなかった。これらの結果は、探針とドットの磁化方向が揃うことに起因してトンネル抵抗および

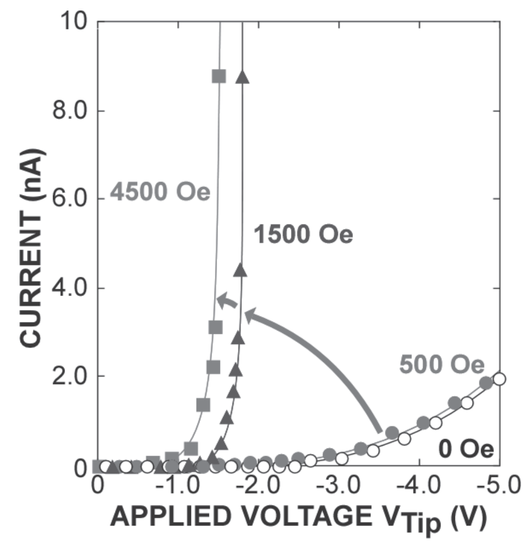


Fig. 2　I-V characteristics of the FePt alloy-NDs with and without magnetic field (1000~4500Oe) at room temperature.

I-V特性のしきい値電圧が低減し、磁場印加後では、FePt合金ナノドットの保磁力が電子輸送寄与していると解釈できる。さらには、4500Oe印加後、探針磁化方向と逆方向に500Oe印加した場合では、I-V特性に明瞭な変化は認められないが、印加磁場1500Oeでは、初期I-V特性と同程度の電流レベル・しきい値となった。これは、FePt合金ドットの磁化方向が反転した結果と考えられる。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトでは、シリコンと金属、あるいは異種金属との合金化反応の制御に関する基礎データや知見を蓄積し、半導体(Fe シリサイド)や磁性体(FePt)のナノドット形成手法を確立するとともに、外部磁場が磁性ナノドットの局所電気伝導に及ぼす影響を評価した。今後、形成したナノドットの組成や結晶構造、電子状態を精査することで、機能性材料としての応用可能性を実証し、ナノドットのサイズや組成と安定な結晶構造との関係を明らかにするとともに、形成したシリサイドおよびジャーマナイドナノドットの電子状態や電気伝導特性を詳細に分析することで、ナノドットにおいて固有の物性やキャリヤ輸送特性が発現することを実験的に検証する。これにより、シリサイドあるいはジャーマナイドナノドットにおいて、バルク材料や薄膜では準安定である結晶相や相図にはない新たな結晶相を安定に形成することができれば、従来の薄膜材料と比べて物性が格段に優れた新しい材料系の創生が期待できる。

また、若手研究者および本プロジェクト研究に参加した学生が本プロジェクトで得られた成果を国際会議で積極的に発表することで、学外研究者および海外研究者との交流が飛躍的に活性化し、若手研究者の新たなネットワーク構築への発展が期待できる。

［４］成果資料

(1) H. Zhang, K. Makihara, A. Ohta, M. Ikeda and S. Miyazaki, “High Density Formation of Fe-Silicide Nanodots on SiO_2 Induced by Remote H_2 Plasma”, 27th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Fukuoka, November 4-7, 2014, 5C-2-4.

(2) Y. Kabeya, H. Zhang, R. Fukuoka, A. Ohta, K. Makihara and S. Miyazaki, “Impact of Magnetic-Field Application on Electron Transport Through CoPt Alloy Nanodots”, International Union Material Research Society - International Conference in Asia 2014, Fukuoka, Aug. 24-30, 2014, D5-P26-004.

(3) K. Makihara, R. Fukuoka, H. Zhang, A. Ohta, Y. Tokuda, T. Kato, S. Iwata, and S. Miyazaki, “Crystalline Structure and Magnetic Properties of FePt Alloy Nanodots”, International Union Material Research Society - International Conference in Asia 2014, Fukuoka, Aug. 24-30, 2014, D5-P26-005.

(4) 張海、牧原克典、大田晃生、壁谷悠希、宮崎誠一,「リモート水素プラズマ支援による Fe シリサイドナノドットの高密度一括形成と磁化特性評価」第62回春季応用物理学会, (於 東海大学), 13a-A25-10, 3月2015年

(5) 満行優介、壁谷悠希、張海、大田晃生、牧原克典、宮崎誠一,「外部磁場が FePt 合金ナノドットへの電子注入特性に及ぼす影響」第62回春季応用物理学会, (於 東海大学), 12p-A20-8, 3月2015年

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　Ｈ２５／Ａ０４

強磁性形状記憶合金をはじめとする機能性磁性材料の電子構造と物性発現機構の解明

［１］組織

代表者：今田　　真
　　（立命館大学 理工学部）
対応者：白井　正文
　　（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
　鹿又　武（東北学院大学工学総合研究所）
　岡田　宏成（東北学院大学 工学部）
　木村　昭夫（広島大学 理学研究科）
　朱　　思源（広島大学 理学研究科）
　安達　義也（山形大学 理工学研究科）
　梅津　理恵（東北大学 金属材料研究所）
　高橋　　学（群馬大学 工学部）
　恒川　雅典（滋賀大学 教育学部）
　寺嶋　健成（立命館大学 理工学部）
　上田　茂典（物質・材料研究機構）
　門野　利治（立命館大学 理工学部）
　角田　一樹（広島大学 理学研究科）
延べ参加人数：１７人

研究費：物件費１９万１千円，旅費３０万１千円

［２］研究経過

強磁性形状記憶合金とは，温度や応力を利用するだけではなく，磁場によっても形状記憶効果が発現する物質である。磁場によって変位を制御できることから，高速応答が可能な磁場駆動アクチュエータへの応用が期待されている。本プロジェクトでは，強磁性形状記憶合金やスピントロニクス材料の機能発現機構を，高エネルギー分光をはじめとした実験的手法と電子状態の第一原理計算を組合せて解明することを目的として研究を行った。

本プロジェクトは，本年度が第２年度である。

以下，研究活動状況の概要を記す。

強磁性形状記憶合金をはじめとする機能性磁性材料の電子状態を，バルク敏感な硬Ｘ線光電子分光やＸ線吸収磁気円二色性といった高エネルギー分光を用いて解析した。得られた実験結果を第一原理計算の結果と比較することにより，機能発現機構を考察した。年度末の平成27年１月30日に研究会を開催し，最新の研究成果について意見交換した。研究会の講演者と講演題目は以下のとおりである。

木村 昭夫「硬Ｘ線光電子分光で捉えるホイスラー型強磁性形状記憶合金の電子状態」
梅津 理恵 「Ni-Mn-Z (Z = In, Sn, Sb) の低温比熱測定による電子比熱係数とデバイ温度」
今田 真「ホイスラー合金 $Ni_{45}Co_5Mn_{38}Sb_{12}$ の電子状態」
許 晶（東北大学） 「リエントラント相転移を示す $Co_2Cr(Ga,Si)$ 系形状記憶合金における熱力学的調査」
辻川 雅人（東北大学） 「Co 基ホイスラー合金のマルテンサイト変態における合金組成の影響に対する第一原理解析」
鹿又 武 「$Ir_{2-x}Co_xMnGa$ の磁性」
三浦 良雄（京都工芸繊維大学） 「Fe/MgO 界面における磁気緩和の電界効果の第一原理計算」

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

Ni 基ホイスラー合金 Ni-Co-Mn-Sb における磁場誘起マルテンサイト逆変態の振る舞いを解明するために、最大 40 T までの磁場下での磁化測定を行った。$Ni_{41}Co_9Mn_{39}Sb_{11}$ 合金では、変態臨界温度 T_0 が印加磁場の増大とともに低下することが観測され、その変化率は 4.6 K/T であった。クラウジウス-クラペイロンの関係式から見積もられるエントロピー変化は 14.1 J/(K kg)であり、熱測定から得られた値と矛盾しない。磁化曲線では、磁場誘起マルテンサイト変態に伴うメタ磁性的挙動が観測された。マルテンサイト変態の変態臨界磁場は低温で変化率が緩やかになる。磁気ヒステリシスの大きさの温度依存性は、転位論を基にしたモデル式により定性的に説明できることが分かった。また、静磁場やパルス磁場印加による磁場掃引速度の違いが磁気ヒステレシスの大きさに及ぼす影響も、同じモデルで説明がつく。

（梅津理恵）

キャッピング層の下に埋もれた FeNi 合金薄膜について、スピン偏極硬 X 線光電子分光に成功した。FeNi 膜の上の Au 層における前方モット散乱を利用することで、通常の光電子分光と同程度の効率でスピン偏極光電子分光を行うことができた。この手法によって、Fe 2p 内殻光電子スペクトルのスピン偏極測定を高分解能(0.3 eV)で行った。$2p_{3/2}$ ピークに明瞭な交換分裂が見られ、少数スピンスペクトルの方が多数スピンスペクトルよりも $2p_{3/2}$ ピークが鋭いというふるまいが観測された。FeNi 薄膜における Fe $2p_{3/2}$ ピークの交換分裂の大きさ(1.1 eV)は、単体 Fe におけるそれ(0.5 eV)より大きいことが明らかになった。このことは、FeNi における局所磁気モーメントが単体 Fe のそれよりも大きいことを示唆している。これは、理論的予測や X 線磁気円二色性測定の結果とも矛盾しない。（上田茂典）

偏光可変な硬 X 線光電子分光を用いて、磁性ホイスラー合金のマルテンサイト変態前後の電子状態の変化を中心に観測を行い、バンド計算を用いた電子状態の予測と比較した。まず、Ni_2MnSb に Co をドープしかつ Sb サイトの一部を Mn で置換した $Ni_{45}Co_5Mn_{38}Sb_{12}$ について、価電子帯光電子スペクトルのマルテンサイト変態前後の変化を観測した。高温のオーステナイト相では結合エネルギー 0.35 eV にピークが観測されたが、低温のマルテンサイト相ではこのピークが消失して結合エネルギー0.8 eV 付近の強度が増大した。上記のピークは、s 電子の励起確率が小さくなるような実験配置を用いて測定すると、相対的に小さくなることも明らかになった。つまり、構造相転移には s 電子状態の変化が大きな役割を果たしていることが示唆される。さらに、同様の振る舞いは、Pd_2MnIn の In サイトの一部を Mn で置換した $Pd_2Mn_{1.4}In_{0.6}$ でも見られることが明らかになった。（今田真）

メタ磁性形状記憶合金 $Ni_{50-x}Co_xMn_{50-y}Al_y$ のマルテンサイト変態におけるエントロピー変化を明らかにするために、比熱測定を系統的に行った。比熱測定によって、1 次転移であるマルテンサイト変態だけでなく、2 次転移である強磁性-常磁性転移も直接的に観測することができた。測定結果にもとづいて、変態に伴うエントロピーの変化を潜熱から見積った。Co 量が一定の時に Al 量の増加とともにエントロピー変化が減少する振る舞いが見られた。さらに、キュリー温度以下で、エントロピー変化が急激に減少することを見出した。これらの振る舞いは、Ni-Co-Mn-Al についてのこれまでの研究と矛盾しない。（許　晶）

多層膜 Ta/CoFeB/MgO について軟 X 線磁気円二色性(XMCD)測定で見積もった各元素の磁気モーメントにおけるスピン及び軌道角運動量による寄与を、第一原理電子状態計算と比較し、垂直磁気異方性の起源を議論した。Co に比べて Fe においては、軌道磁気モーメントの大きさの磁化方向依存性が大きいことが理論的に予測されることが分かった。これは、XMCD の実験結果とも良く対応している。なかでも、MgO 層との界面付近にある Fe 原子が、垂直磁気異方性に大きく寄与していると考えられる。（辻川雅人）

（３－２）波及効果と発展性，研究分野への貢献

本プロジェクトにおいて，強磁性形状記憶合金における構造相転移の微視的起源を解明することにより，室温で動作するアクチュエータの実用化が促進されるものと，今後の発展が期待されている。さらに、電子状態と物質機能の関係を解明する方法論の発展を促すことで、電子状態を制御することで物質の機能を制御することにつながると期待される。

［４］成果資料

(1) R. Y. Umetsu, X. Xu, W. Ito, T. Kihara, K. Takahashi, M. Tokunaga R. Kainuma, "Magnetic-field-induced martensitic transformation and thermally arrested behavior in low temperature for $Ni_{41}Co_9Mn_{39}Sb_{11}$ alloy", *Metals*, 4, 609 (2014).

(2) R. Y. Umetsu, M. Saito, T. Sasaki, T. Sekiguchi, J. Mizuno H. Kawarada, "Depth profiles of absorbed hydrogen in Ni-Nb-Zr amorphous alloy ribbons by Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy", *Metals*, 4, 112 (2014).

(3) R. Y. Umetsu, Y. Mitsui, I. Yuito, T. Takeuchi, H. Kawarada, "Substitution effects of Cr or Fe on the Curie temperature for Mn-based layered compounds MnAlGe and MnGaGe with Cu_2Sb-type structure" *IEEE Trans. Mag.*, 50, 1001904 (2014).

(4) T. Sakon, K. Otsuka, J. Matsubayashi, Y. Watanabe, H. Nishihara, K. Sasaki, S. Yamashita, R. Y. Umetsu, H. Nojiri, T. Kanomata, "Magnetic Properties of the Ferromagnetic Shape Memory Alloy $Ni_{50+x}Mn_{27-x}Ga_{23}$ in Magnetic Fields", *Materials*, 7, 3715 (2014).

(5) H. Nishihara, K. Suzuki, R. Y. Umetsu, T. Kanomata, T. Kaneko, M. Y. Zhou, M. Tsujikawa, M. Shirai, T. Sakon, T. Wada, K. Terashima, S. Imada, "Magnetic Properties of Ni_2N", *Physica B*,

449, 85 (2014).
(6) S. Kanai, M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, F. Matsukura, H. Ohno, "Magnetic anisotropy in Ta/CoFeB/MgO investigated by x-ray magnetic circular dichroism and first-principles calculation", *Appl. Phys. Lett.*, **105**, 222409 (2014).
(7) S. Ueda, M. Mizuguchi, T. Kojima, S. Ishimaru, M. Tsujikawa, M. Shirai, K. Takanashi, "Detection of spin-resolved electronic structures from a buried ferromagnetic layer utilizing forward Mott scattering", *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 132402 (2014).
(8) X. Xu, W. Ito, T. Kanomata, R. Kainuma, "Entropy Change during Martensitic Transformation in $Ni_{50-x}Co_xMn_{50-y}Al_y$ Metamagnetic Shape Memory Alloys", *Entropy*, **16**, 1808 (2014).
(9) Y. Hayasaka, S. Aoto, H. Data, T. Kanomata, X. Xu, R. Y. Umetsu, M. Nagasako, T. Omori, R. Kainuma, T. Sakon, H. Nishihara, K. R. A. Ziebeck, "Magnetic phase diagram of ferromagnetic shape memory alloys $Ni_2MnGa_{1-x}Fe_x$", *J. Alloys Compd.*, **591**, 280 (2014).

採択回数	1	2	3

（先端）

Ｈ２５／Ａ０５

大規模超伝導量子検出器の実用化に関する研究

［１］組織
代表者：神代　暁
（産業技術総合研究所）
対応者：佐藤　茂雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
猪股　邦宏　（理化学研究所）
大野　雅史　（東京大学大学院工学系研究科）
伊豫本　直子（九州大学大学院工学研究院）
日高　睦夫　（産業技術総合研究所）
唐津　謙一　（国立天文台）
竹井　洋　（宇宙航空研究開発機構）
水柿　義直　（電気通信大学情報理工学部）
前澤　正明　（産業技術総合研究所）
明連　広昭　（埼玉大学工学部）
吉川　信行　（横浜国立大学工学部）
藤巻　朗　（名古屋大学工学研究科）
小野美　武　（東北大学電気通信研究所）
中島　康治　（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：１９人
研究費：物件費 19 万 2 千円，旅費 28 万 8 千円

［２］研究経過

単（少数）画素動作として、半導体等の既存検出器に比べ優れた低雑音性・高速応答性・入出力特性の幅広い線形性等を数多く実証してきた超伝導検出器は、マイクロ波から可視・近赤外光，X 線，ガンマ線に至る幅広いエネルギー領域の光子検出器として、X 線天文学における衛生搭載用撮像素子，蛍光 X 線分析用エネルギー分散測定装置，放射性同位元素の同定，量子計算機を構成するための要素など，様々な分野に利用できるものとして期待されている.一方、計測時間短縮化、高計数率、高空間分解能イメージング等、検出システムへのユーザの要求に応えるためには、単画素と同等の性能を各画素が持つ多画素システムの開発が望まれる。例えば、ガンマ線分光器では、既存ゲルマニウム(Ge)検出器が約600 mm^2の受光面積を持つのに対し、超伝導検出器１個の受光面積は約1 mm^2に過ぎない。ミリ波・サブミリ波領域では、酸化物焦電検出器（パイロメータ）、酸化バナジウム(VO_X)ボロメータ、ガリウムヒ素(GaAs)ショットキーダイオード等、10-10^5画素のイメージャが既に市販されている。

多画素化実現の研究課題には、まず、各画素間のパラメータと性能の均一性向上の技術開発がある。次に、多画素化に伴い増大する、極低温-室温間の信号線数と信号線を介した室温から極低温への流入熱が、検出器システムの体積・消費電力・価格を支配する極低温冷却系の大型化・複雑化を招き、超伝導検出器の普及を妨げる問題への対策として、極低温下での信号多重回路（Multiplexer）開発が挙げられる。欧米では、このような二本柱に沿った超伝導検出器アレイの研究開発が盛んである。一方、日本の超伝導検出器の研究は、単一画素の性能では欧米並みの成果を挙げながら、多画素化で後れをとっているように見える。これは、多画素化研究には多くのマンパワー、資金、時間が必要とされるのに対し、国内機関によるこれまでの研究が、標記目的のため組織化されているとは言い難いことが１つの原因と考えられる。

以上の状況を鑑み、本プロジェクトでは、日本の超伝導検出器大規模アレイ化の研究活性化を目的とし、国内各機関の関係者の英知を集めた技術討論を活動の１つとしている。二年目にあたる2014年度は、10月15, 16日の二日間にわたって、東北大学にて、電子情報通信学会超伝導エレクトロニクス研究会との共催研究会を開催した。席上、トンネル接合検出器２件、ナノストリップ検出器４件、マイクロ波力学的インダクタンス検出器３件、誘電体カロリーメータ１件、超伝導転移端検出器４件の一般講演が行われた。また、昨年度の研究会に比べた新しい試みとして、極低温 Multiplexer の２つの新方式、①単一磁束量子回路を使うディジタル処理、②マイクロ波共振を使うアナログ処理　に関係する招待講演３件を企画した。研究会には30名の参加があり、初年度に比べ進捗著しい成果の発表と活発な意見交換がなさ

れ、有意義な研究会となった。

［３］成果

（３－１）研究成果

研究会のトピックスを以下に記述する。

超伝導トンネル接合素子(Superconducting Tunneling Junction; STJ)では、100画素アレイを実現している産総研の藤井らが、1000画素以上への拡大時に問題となるチップ占有面積増大の抑制のため、配線を接合下部に埋め込み上層部を平坦化する作製工程を確立し、平坦化しない物と比べ遜色ない電流電圧特性の非線形性と低リーク電流を得た。また、産総研の日高らは、顕微鏡観察や Test Elementary Group (TEG)の測定試験で見過ごされてきた径と密度の小さな STJ 上の欠陥評価法として、20 μm×20 μm の STJ アレイの電流電圧（*I*-*V*）特性上で見出される、通常の分布から外れて大きな臨界電流を示す接合素子数の割合を指標とする方法を検討するとともに、リーク原因となる接合膜下地のパーティクルの削減法を提案した。

ナノストリップ検出器では、NTT の柴田が、ナノストリップ材料として多用されている NbN や NbTiN の２倍以上の臨界温度を持ち高温動作が期待されるMgB_2のドライエッチング技術を確立することにより、NbTiN と同様のパラメータ依存性を持つ検出器の開発に成功した。阪大の和木らは、シリコン基板上への光学回路集積化を目指して、SOI 基板を用いた Si 導波路上に NbTiN ナノストリップを作製し、単一光子への応答性や 90%のパルス生成確率を得た。名大の上阪らは、中性子イメージング検出器 500 個アレイの読出を準一接合 SQUID を用いて読出す回路を設計・試作し、レーザ光を照射し 20 μm の空間分解能を示唆する実験結果を得た。横浜国大の佐野らは、ナノストリップイオン検出器の信号読出を、単一磁束量子回路(SFQ)の時間測定回路(TDC)で構成し、各々を異なるクライオスタットに実装し、リゾチームのマススペクトルの測定に成功した。

マイクロ波力学的インダクタンス検出器(Microwave Kinetic Inductance Detector; MKID)では、理研の美馬らが、宇宙背景放射観測を目指した機器開発の概要を説明した。超伝導一層膜のみで、ジョセフソン接合素子や SQUID を含まない構成であるが、磁気遮蔽は重要であり、磁気遮蔽の有無により、共振器の無負荷 *Q* 値が３倍異なることを報告した。岡山大の石野らは、アルファ線検出用集中定数型 MKID(LEKID)を設計・作製し、波長 660 nm の光子 9 個の検出に成功した。埼玉大の成瀬らは、既存シンチレーション検出器に対して空間分解能の高い特長を活かしたガンマ線 LEKID カメラの構想を示し、放射線源からのイベント検出を試みた。

誘電体カロリーメータでは、JAXA の星野らが、LED 光照射の検出を実証し、冷却増幅器導入により信号対雑音比が数十倍の増加を示した。

超伝導転移端検出器(Transition Edge Sensor; TES)では、JAXA の酒井らが、衛星搭載型Ｘ線観測用 256 素子アレイ実現を目指して、臨界電流を下げて低消費電力仕様とした 10 または 15 個の直列アレイ構造を持つ読出用 DC-SQUID を開発し、目標値である 10 pA/√Hz 以下の入力換算雑音電流と 85 Ω 以上の変換インピーダンスを得た。また、チップ上の LC 共振フィルタやアナログフロントエンドの開発を行った。JAXA の村松らは、エネルギー分解能と飽和エネルギーの双方を満たすための吸収体等のパラメータの明確化を行った。東大の入松川らは、ガンマ線検出用に、通例使われるスズや鉛より低熱容量および高吸収効率の特長を持つバルク Ta 吸収体を採用した TES を作製し、Ge 検出器より約２倍優れたエネルギー分解能ΔE=780 eV@662 keV を得た。

ディジタル型 Multiplexer に適用可能な超伝導単一磁束量子回路の研究を創始した東北大の中島が、黎明期から現在まで 30 年以上の研究史を概説した。アナログ型 Multiplexer で発生する、マイクロ波帯で顕著な雑音の原因と解釈に関し、NTT の原田と国立天文台の野口が、各々のモデルに基づき、実験結果との比較を行った。

（３－２）波及効果と発展性など

本プロジェクトの遂行により，大規模光子検出システムの実現による電波天文や材料物性，医療分野におけるイメージング技術の格段の向上，コヒーレント光通信限界を超える光波量子受信器の開発などが期待される．また本課題の成果を，本所が有するサブミリ波・テラヘルツ波発生技術と統合することにより，情報通信分野における新しい知見・技術の獲得が可能と考えられる．

［4］成果資料

[1] K. Sakai, et al., "Baseband Feedback Frequency-Division Multiplexing with Low-Power dc-SQUIDs and Digital Electronics for TES X-Ray Microcalorimeters," J. Low Temp. Phys., vol. 176, pp. 400 (2014).

[2] 神代暁、他、マイクロ波共振に基く超伝導転移端検出器の周波数多重読出回路、低温工学、vol. 49, pp. 345 (2014).

[3] S. Kohjiro, et al., “White noise of Nb-based microwave SQUID multiplexers with NbN coplanar

resonators for readout of transition edge sensors," J. Appl. Phys., vol. 115, pp. 223902 (2014).
[4] T. Yamamoto, et al., "Superconducting flux qubit capacitively coupled to an LC resonator," New J. Phys., vol. 16, pp. 015017 (2014).
[5] K. Inomata, et al., " Microwave Down-Conversion with an Impedance-Matched $¥Lambda$ System in Driven Circuit QED," Phys. Rev. Lett., vol. 113, pp. 063604 (2014).
[6] Z. R. Lin, et al., "Josephson parametric phase-locked oscillator and its application to dispersive readout of superconducting qubits," Nat. Commun., vol. 5, pp. 4480 (2014).
[7] S. Karatsu, et al., "Development of Microwave Kinetic Inductance Detector for Cosmological Observations", IEICE Trans., E98-C, pp. 207 (2015).
[8] S. Sekiguchi, et al., "Development of a Compact Cold Optics for Millimeter and Submillimeter Wave Observations", IEEE Trans. on Terahertz Science and Technology, 5, 1, pp. 49 (2015).
[9] K. Mitsui, et al., "Fabrication of 721-pixel silicon lens array of a microwave kinetic inductance detector camera", J. Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 1, no. 2, pp. 025001 (2015)
[10] Y. Mizugaki, et al., "9-bit superconductive single-flux-quantum digital-to-analog converter," Electronics Letters, vol. 50, pp. 1637 (2014).
[11]Y. Takahashi, et al., "Design and operation of 6-bit, 0.25-mVpp quasi-sine voltage waveform generator based on SFQ pulse-frequency modulation,"Physics Procedia, vol. 58, pp. 220 (2014).
[12] Y. Mizugaki, et al., "Input-Output Characteristics of a 999-Stage Double-Flux-Quantum Amplifier Designed for 1000-Fold Voltage Multiplication," Jpn. J. Appl. Phys., vol. 53, pp. 053101 (2014).
[13] M. Takiguchi, et al., "Correlation between Polarity of Magnetoresistance Ratio and Tunnel Resistance in Ferromagnetic Single-Electron Transistor with Superconductive Island," Jpn. J. Appl. Phys., vol. 53, pp. 043101 (2014).
[14] Y. Mizugaki, et al., "Zero-crossing Shapiro step generated in a niobium in-line Josephson gate," IEICE Electronics Express (ELEX), vol. 11, pp. 20140054 (2014).
[15] M. Takiguchi, et al., "Polarity Reversal of Tunnel Magnetoresistance Observed in Lateral Co-Al-Co Single-Electron Transistor," JPS Conference Proceedings, vol. 1, pp. 012004 (2014).
[16] Y. Yamanashi, N. Yoshikawa, "Design and Evaluation of Magnetic Field Tolerant Single Flux Quantum Circuits for Superconductive Sensing Systems," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 178 (2014).
[17] K. Sano, et al., "Design and Demonstration of a Single-Flux-Quantum Multi-Stop Time-to-Digital Converter for Time-of-Flight Mass Spectrometry," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 182 (2014).
[18] H. Kataoka, et al., "A Reconfigurable Data-Path Accelerator Based on Single Flux Quantum Circuits," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 141 (2014).
[19] S. Nagasawa, et al., "Nb 9-layer fabrication process for superconducting large-scale SFQ circuits and its process evaluation," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 132 (2014).
[20] X. Peng, et al., "Design and High-Speed Demonstration of Single-Flux-Quantum Bit-Serial Floating-Point Multipliers Using a 10kA/cm2 Nb Process," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 188 (2014).
[21] A. Fujimaki, et al., "Large-Scale Integrated Circuit Design Based on a Nb Nine-Layer Structure for Reconfigurable Data-Path Processors," IEICE Trans. Electron., vol. E97-C, pp. 157 (2014).
[22] K. Sano, et al., "Reduction of the Jitter of Single-Flux-Quantum Time-to-Digital Converters for Time-of-Flight Mass Spectrometry," Physica C, vol. 504, pp. 97 (2014).
[23] N. Takeuchi, et al., "Novel latch for adiabatic quantum-flux-parametron logic," Journal of Appl. Physics, vol. 115, pp. 103910 (2014).
[24] D. Si, et al., "Yield analysis of large-scale adiabatic-quantum-flux-parametron logic: The effect of the distribution of the critical current," Physica C, vol. 504, pp. 102 (2014).
[25] N. Takeuchi, et al., "（Invited） High-speed Experimental Demonstration of Adiabatic Quantum-Flux-Latches," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 24, pp. 1300204 (2014).
[26] N. Takeuchi, et al., "Reversible logic gate using adiabatic superconducting devices," Scientific Reports 4, pp. 6354 (2014).
[27] N. Takeuchi, et al., "Reversible Computing Using Adiabatic Superconductor Logic," Lecture Notes in Computer Science Volume 8507, pp. 15 (2014).
[28] M. Otsubo, et al., "Optimization of SFQ logic gate considering dependence of its signal propagation delay on the bias voltage," Physics Procedia, vol. 58, pp. 216 (2014).
[29] N. Takeuchi, et al., "Energy efficiency of adiabatic superconductor logic," Supercond. Sci. Technol., vol. 28, pp. 015003 (2015).

採択回数	1	2	3

（若手）

採択番号　H25/A06

感性情報を高精度に伝達する音声情報通信システムの研究

［1］組織

代表者：田中　章浩
（東京女子大学現代教養学部）

対応者：坂本　修一
（東北大学電気通信研究所）

分担者：なし

延べ参加人数：5人

研究費：物件費191,000円，旅費151,000円
特別支援費（若手）200,000円

［2］研究経過

音声情報通信システムにおいて，情報の発信と受容の担い手は人間であり，人間の音声知覚の特性を十分に考慮したシステムの構築が望まれる．例えば，発話速度やポーズの長さといった要因が音声の聞き取りに大きく影響することが知られている．

また近年は，高次臨場感通信など感性情報の伝送の重要性が非常に高まってきている．「何を言っているか」のみならず，「どのように言っているか」すなわち話し手の情動や印象などの感性情報の伝送を実現する上では，音声の言語情報のみならず，パラ言語情報も併用することが必要不可欠であると考えられる．しかし，パラ言語情報の音響特徴量がどのような要件を満たせば感性情報を効果的に伝送できるのかは明らかでない．

そこで本研究では，感性情報を高精度に伝送可能な音声情報通信システムを構築するための基礎的検討として，人間の音声知覚能力を検討して，高感性音声情報通信システムが満たすべき要件を同定することを目的とする．

本プロジェクトは，平成22～24年度に共同プロジェクトとして採択された「人間の知覚特性を考慮したマルチモーダル音声情報処理システムに関する研究」の延長として位置づけられる．前回の共同プロジェクトの成果をもとに，マルチモーダル情報に限定せず，音声に含まれる感性情報の知覚特性について包括的に検証することで，自然で豊かな感性情報通信を実現すべく発展させることを目標とする．具体的には，(a) 音声による感性情報の知覚プロセスの検討，(b) 音声知覚における言語情報と感性情報のトレードオフに関する検討の2点を研究課題として設定した．

2年目にあたる本年度は，(a)を中心に検討し，音声が伝達する感性情報の一つである年齢印象の知覚に関する実態把握，音響特徴量の解析，および操作可能性について検討した．(b)に関しては，音の緊急性知覚が別の認知課題の遂行に対して及ぼす影響について予備的実験を開始した．

以下，研究活動状況の概要を記す．

<u>第1回研究打ち合わせ（6月）</u>　今年度の方向性について議論した．また，声年齢知覚に関するこれまでの実験結果を共有した．

<u>第2回研究打ち合わせ（6月）</u>　第1回打ち合わせで共有した実験結果の解釈について議論した．

<u>第3回研究打ち合わせ（2月）</u>　音の緊急性知覚が認知課題の遂行に及ぼす影響に関する予備的データについて議論した．また，共同プロジェクト研究発表会にてポスター発表し，今後の研究展開，実験結果の応用可能性について議論した．

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は音声から知覚される年齢という感性情報に着目した．日常生活において，音声情報通信システムを介して初対面の相手とやり取りするときなど，音声のみを手がかりとして年齢を推定する場面がある．この声年齢知覚について，以下3点を中心に検討した．(1) 人間は相手の声からどの程度正確に年齢を推定できるのだろうか．(2) 相手の声のどのような音響的特徴から年齢を推定しているのだろうか．(3) そうした音響的特徴を変化させると，知覚される年齢にも変化が生じるのだろうか．

予備調査では上記1について，同年齢のさまざまな人物の音声を用いて，それらの知覚年齢にばらつきがあるかどうかを検討した．実年齢がほぼ同程度である多数の女性の音声（20-22歳，平均21.0歳）を用い，その音声から知覚される年齢を評定させた．発話内容は中立な台詞「よろしくおねがいします」であった．発話者と面識のない大学生男女53名に，それぞれの音声のみから人物の年齢を推定させた．その結果，知覚年齢の平均は21.8歳（SD＝1.3）であり，最高で24.1歳，最低で18.9歳であった．したがって，同年齢層の音声であっても，知覚される年齢にはある程度の幅があることが確認できた．

次に上記2について，音声のどのような特徴が知覚年齢を決定する要因となっているのかを検討するために音響分析をおこなった．予備調査で使用した49名分の発話音声を，目的変数を知覚年齢（以下PA），説明変数を平均基本周波数（以下F0mean），抑揚（以下F0SD），持続時間の3変数として重回帰分析をおこなった．その結果，F0meanが低く，F0SDが大きい音声ほど知覚年齢が高くなることがわかった．音声の持続時間は知覚年齢には寄与していなかった．F0meanとF0SDの2変数を説明変数とした回帰式を式(1)に示す．

$$PA = 26.740 + (-0.025) \times F0mean + 0.115 \times F0SD \quad \cdots(1)$$

続いて上記3について，知覚年齢に寄与する音響特徴量を実験的に操作することで，同一人物の音声に対する知覚年齢が変化するかどうかを検討するために知覚実験を実施した．予備調査で推定された年齢の高低をもとに，声年下，声年相応，声年上の3群を設定した．これらの音声のF0meanとF0SDを，式(1)をもとに操作し，予備実験のPAより2歳下，1歳下，年相応，1歳上，2歳上に聞こえると予測される音声を作成し，実験で使用した．被験者は呈示される人物の年齢を音声のみから推定した．知覚実験の結果，すべての年齢群において音声操作の効果が認められた．また，年齢を下げる操作より年齢を上げる操作のほうが，知覚される年齢に大きく影響していた．このような非対称性が示されたことには，モデルの年齢層が関係している可能性がある．今後，モデルの年齢層や性別を変え，結果の一般性について検討することが望まれる．しかし，本研究では20歳から22歳という非常に狭い年齢層のモデルを対象としているにもかかわらず，2種類のシンプルな音響特徴量を操作することで知覚年齢を変化させることができた点は興味深い．

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

心理物理実験を通して人間の知覚プロセスを明らかにすることで，従来の手法以上に効果的かつ自然で豊かな音声情報を伝送可能な条件を見出し，「何を言っているか」と「どのように言っているか」の2つの側面のバランスのとれた音声情報通信システムの構築へとつながることが期待される．

本プロジェクトは，東北大学および東京女子大学の2大学による共同研究体制の継続に貢献している．また，本プロジェクトをきっかけに，代表者は日本認知科学会で新たな分野に関するワークショップを企画・開催した（2015年3月）．これらのプロジェクトやワークショップには若手研究者が多数参加しており，育成につなげると同時に，研究者ネットワークの拡大に貢献している．本プロジェクトで得られた新たな人間情報処理計測技法や，日本語話者を対象とした実験結果を活かして国際比較研究をおこなうことで，感性音声情報処理に言語や文化が与える影響の解明という新しい研究領域の開拓に結びつくことが期待される．

なお，本年度は若手研究者対象の特別支援を受けた．特別支援分の研究費により，昨年度よりも多く打ち合わせをおこなうことができ，とくに次年度計画に関する議論が大きく進展した．

［4］成果資料

論文

（1）髙木幸子・平松沙織・田中章浩.（2014).”表情と音声に同時に感情を込めた動画刺激に対する感情知覚”．認知科学，21，pp.344‐362.

（2）Takagi, S., Hiramatsu, S., Tabei, K., & Tanaka, A. (2015). “Multisensory Perception of the Six Basic Emotions is Modulated by Attentional Instruction and Unattended Modality.”Frontiers in Integrative Neuroscience, 9(1), doi: 10.3389/fnint.2015.00001.

学会発表等

（1）田中章浩・堀紗矢香. "音声の基本周波数と抑揚が年齢知覚に及ぼす効果". 日本認知科学学会第 31 回大会（愛知）.（2014 年 9 月）

（2）新村知里・草野 萌・田中章浩. "顔の表情と形態が魅力に及ぼす効果". 日本認知心理学会第 12 回大会（宮城）.（2014 年 6 月）

（3）髙木幸子・宮澤史穂・田中章浩."高次感情の概念と表出および知覚関連性検討".日本認知心理学会第 12 回大会（宮城）.（2014 年 6 月）

国際会議、シンポジウム等への発展

（1）日本認知科学会・知覚と行動モデリング（P&P）研究分科会ワークショップ（東京）（2015 年 3 月）

採択回数	1	2	3

（萌芽・先端）

採択番号：Ｈ２５／Ａ０７

脳内の多チャネル色情報表現に関する研究

［１］代表者：栗木　一郎
（東北大学）
対応者：栗木　一郎
（東北大学電気通信研究所）
分担者（５０音順）：
佐藤　智治（豊橋技術科学大学）
中内　茂樹（豊橋技術科学大学）
永井　岳大（山形大学）

延べ参加人数：４人

研究費：物件費１９万１千円，旅費１３万９千円

［２］研究経過

人間の脳内における色情報処理メカニズムを心理物理学的に調べる．色彩は人間の視覚情報の中で強い影響力を持っている．カラー画像は白黒画像よりはるかに多くの情報を持っており，例えば，物を探す時に対象物と妨害物が色で区別できる場合には，探索効率が劇的に向上（ポップアウト）する．インターネットや放送などの情報通信網を通して映像情報を提示する場合には色の情報は大きな役割を担うため，色情報処理の基礎メカニズムの解明は重要な課題である．近年の複数の研究により，人間の脳内で色情報を表現する仕組みが，従来考えられていた赤／緑と青／黄の成分の組み合わせではない事が示されているが，詳細はまだ明らかではない．本共同研究では，主に心理物理実験を通してその特性の解明を試みる．

本研究における代表者・共同研究者はこの問題にすでに個々のアプローチを試みており，これらの研究者が共同する事により，新たな成果に結びつく可能性は極めて高い．他の視覚・感覚モダリティとの相互作用などの高次の視覚情報処理を必要とする心理物理学的な課題において，従来考えられていた色情報の表現形式では説明できない効果を見出すことにより，多チャネル色メカニズムの特性の解明に繋げられることが期待される．その結果を学会発表や学術論文として対外的に発表し，将来的に科研費などの研究助成を将来的に共同申請するためのスタートアップとして本共同研究を実施する．

第２年度は，初年度に得られた研究成果の補強ならびに国際会議での成果発表などを中心に活動をすすめ，心理物理実験に関しては実験および解析を追加して結果の充実を進めた．

［２．１］打ち合わせおよび研究概要

平成 26 年度の打ち合わせは，７月に開催された通研国際シンポジウムおよび, 12 月に行なわれた他の共同プロジェクト研究会（H25/B07）に合わせて行い，主に心理物理実験の進め方について検討を行った．

網膜において存在する３種類の錐体（L, M, S）の信号の線形結合（L-M, S-(L+M)）によって網膜で初期の色覚情報が形成される事が知られており，この情報の形態は外側膝状体（LGN）まで維持されている事が知られている．

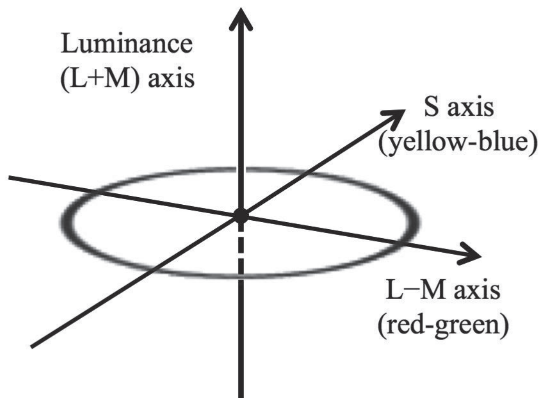


図１．錐体拮抗型反対色空間．L, M, S は長・中・短波長に最大感度を持つ光受容器（錐体）の応答を示す．L-M は主に赤・緑，S-(L+M)は青・黄，L+M は輝度軸を構成する．この色表現形式は大脳の直前まで保持されている．

一方，Hanazawa et al. (2000)および Wachtler et al. (2003)のマカクサルにおける電気生理学的研究において，第一次視覚野（V1）のニューロンは L-M および S-(L+M)の座標軸以外の方向に選択性を持つニューロンの存在を報告している．これらのニュ

ーロンは単なるL-M, S-(L+M)の線形結合ではない狭帯域の色相選択性を示すものが存在していた．一方，心理物理学的な研究において，Webster and Mollon (1994), Goda and Fujii (2001)，Hansen and Gegenfurtner (2005)は同様に中間的な色相に選択性を持つシステムの存在を報告している．しかし，これらの心理物理学的な先行研究の多くは色の見え方そのものに依存しない色の弁別・検出といった特性に関する報告か，色の見えに関する研究であってもテストされる色相方向が限定され，中間的な色相の選択性を持つシステムの数（バラエティ）に言及していない．Kuriki (2007)は，コントラスト順応を行った後の色の見え方の変化特性を計算モデルによりフィッティングすることでシステム数の推定を試みている．最近では，色の弁別とカテゴリー化に関する課題を行う時の刺激呈示時間を操作（50 ms, 500 ms)すると抽出される色相選択的メカニズムが狭帯域から広帯域に変化する，という心理物理学的な研究報告が存在する（Cropper et al., 2013)．しかし，中間的な色相に選択的なメカニズムの様相に関する結論は得られていない．

一方で，色の見えのメカニズムは色検出・弁別メカニズムと共通であるとする発表（Hillis and Brainard, 2005）も存在する．しかし，非白色に順応したときの最大感度は順応色と一致するものの，色の見えの中立点（無彩色点）は順応色と必ずしも一致しないことは，色恒常性研究における不完全順応の報告（Fairchild and Renniff, 1995; Kuriki and Uchikawa, 1998）および経験的な観察からも明らかであり，この現象について非白色の順応環境での検証が必要であると考えられる．無彩色点特性は色の見えメカニズム（多チャネル色情報表現）を反映している可能性が高く，色弁別特性は低次の視覚システムの特性を反映している可能性が高い．

以上の論点整理の結果，非白色順応条件下における色の見えのシフトと色弁別最大感度の関係について，心理物理学的手法および計算モデルを用いて調べる実験をおこなった．

［3］研究成果

まず，前年度に引き続いて行った心理物理学的実験の進捗状況について報告する．また栗木が進めている関連研究として，脳内の色相選択的メカニズムのバリエーションを脳活動計測（fMRI）により調べた研究についても，その進捗状況を報告する．

［3．1］心理物理実験による研究

昨年度に引き続き，微妙な色の違いを見分ける（弁別）能力と，色の見え方の違い（色差）を量的に評価する能力を評価する実験を行なったところ，赤背景に順応した時には両者の能力の中立点が異なる事を示す結果を得た．白色順応時は中立点がほぼ一致していた．色弁別の研究は主に，少数メカニズムの出力の組み合わせで実験結果が表現できると主張しているが，それだけでは色の見え方は説明できない事を示した．

本年度はまず，被験者数を増やして昨年得られた知見をより強固にするためのデータ取得を行なった．さらに，中立点の特定をより正確に比較するため，２種類の色知覚の能力に関する評価尺度を「感度」に統一する試みを行なった．

元々の色差データは，等輝度色平面において赤と緑を結ぶ１直線上から２色のペアをランダムに抽出し，色差の大小を評価するように被験者に求めて得られている．その結果をMLDS (maximum-likelihood differential scaling)という解析方法で整理し，横軸に色度，縦軸に緑から赤色までの色差を積算した曲線を得る．この積算曲線では，色の差に対する感度が高いところでは色差が大きく評価され，曲線の傾きはより急峻になる．従ってこの曲線を横軸（色度）方向に微分することにより感度軸に変換する事が可能となる．一方の弁別感度については，弁別に必要な色差の閾値が縦軸の値であるため，その逆数をとれば感度曲線を得る事ができる．このような方法で感度ピークの比較を行なったところ，赤色順応下と白色順応下での２つの感度曲線の一致度／不一致度は白色／赤色順応下で高くなる傾向が見られ，これまでの結果を支持している．

これらの研究成果については，日本視覚学会および共同プロジェクト研究発表会において外部発表を行ない，次年度中に国際会議発表ならびに学術論文への投稿を目指して成果のまとめを進めている．

［3．2］脳活動計測による研究

脳活動計測（fMRI）を用いて色相選択的な色メカニズムの存在を検証する研究を理化学研究所と共同で進めている．この研究では，色相が時間的に徐々に変化する視覚刺激を呈示し，MRI画素 (voxel) ごとの脳活動（BOLD）信号の時間変化を測定する．いわゆる位相エンコーディングによる視野マッピングと同じ手法だが，色相選択性をマッピングする事が特徴である．

昨年度，色覚に特化した国際会議（International Colour Vision Society 2013）にて成果を発表したが，本年度は国際会議（Asia-Pacific Conference on Vision 2014）にて報告し，海外の著名な研究者からも概ね好意的なコメントを得た．さらに神経科学分野における国際的学術論文誌に投稿し，現在査読が進められている状態である．

査読に伴う追加実験として，軸の中間方向(45, 135, 225, 315 deg）に選択的な順応の有無について実験及び評価を行った．もし中間的な色相に対する応答が，低次の視覚神経系（網膜など）において支配的に存在する軸性メカニズム（+L–M, –L+M, +S–(L+M), and –S+(L+M)）の組み合わせでできていれば，少なくとも隣方向（+/- 90 deg 方向）の色に対する反応は半減するはずである．具体的には，45 deg 方向の色に対する応答が，0 deg 方向の軸性メカニズム(+L-M)と 90 deg 方向の軸性メカニズム(+S–(L+M))の組み合わせでできていれば，45 deg の色に対する順応ではその２つの軸性メカニズムも刺激を受け，順応が生じるはずである．135 deg と 315 deg 方向の色に対する反応は，0 deg あるいは 90 deg の軸性メカニズムを 45 deg の色と共有するはずである．従って，45 deg の色に対する順応では，135 deg, 315 deg の刺激に対する応答も半減すると予想される．結果は，順応色に選択的な BOLD 信号応答の低下が見られ，+/– 90 deg 方向の信号低下はほとんど見られなかった．むしろ，第４次視覚野（V4）では顕著な信号上昇が見られた．以上の結果から，我々が発見した中間色相に選択的な BOLD 信号応答は軸性メカニズムの組み合わせではなく，独自の色選択性を持つ神経系の存在を示唆するものであると考えられる．

本研究成果については，他にも国内での研究会における招待講演（電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会）では，上記の研究成果に加えて色選択性のバンド幅に関する推定結果を紹介し，好評を得た．

［３．３］まとめ

他の脳活動計測や心理物理学的な実験結果から総合的に考察すると，錐体反対色型の色情報表現と，カテゴリー的な高次の色情報表現の間に，中間的な色相に選択性を持つ多チャネルの色情報表現がある事は確実性が高い．しかしながら心理物理学的・知覚的に顕著に多チャネル色情報表現を示す研究事例が少ない．多チャネルである可能性を示唆する傍証を得る事はできても，チャネルの数やバンド幅について具体的に言及するには心理物理学的なアプローチでは限界が存在する．脳機能計測との組み合わせなどの新しいアプローチを検討する必要があると考えられる．

プロジェクトの実施を通じ，東北大学と豊橋技術科学大学，山形大学との共同研究プロジェクトにより対外発表が可能な実験結果が得られた事は大きな成果である．最終年度となる次年度は，科研費など外部研究資金への応募や投稿論文などを進めて行く予定である．

［４］成果資料（関連する研究発表など）

1) 佐藤智治，永井岳大，栗木一郎，中内茂樹 (2015) 不完全色順応における色の見えと色弁別の基準点．*VISION, 27*(1), 34.
2) 佐藤智治，永井岳大，栗木一郎，中内茂樹「脳内の多チャネル色情報処理に関する研究」平成 25 年度共同プロジェクト研究発表会.
3) Kuriki I., Sun P., Ueno K., Tanaka K., & Cheng K. Hue selectivity in human visual cortex studied by fMRI with a novel stimulation paradigm. APCV 2014, Takamatsu, Japan.
4) 栗木一郎：「脳内における視覚特徴情報の内部表現およびフローについて」．電子情報通信学会技術報告, 114(326), 63-66, 2014-11-21.

採択回数	1	2	3

（若手）

採択番号 H25/A08

非線形時変特性を持つ聴覚情報表現による音声処理技術の開発

［1］組織
代表者：森勢　将雅
（山梨大学大学院医学工学総合研究部）
対応者：坂本　修一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
鈴木　陽一（東北大学電気通信研究所）
小澤　賢司
（山梨大学大学院医学工学総合研究部）
佐野　和行
（山梨大学大学院医学工学総合教育部）
延べ参加人数：５人

研究費：物件費１９万１千円，旅費２５万１千円
若手、特別支援費２０万円

［2］研究経過

音声に含まれる言語情報以外の情報，とりわけパラ言語・非言語情報を扱う研究は，音声認識研究と比較すると数は少ないものの，これまでも多数の研究事例がある．本研究は，人間の聴覚特性に立脚した分析法を提案し，音声のパラ言語・非言語情報を扱う技術について検討している．パラ言語・非言語情報は多岐に亘ることから，本研究プロジェクトでは，音声の好感度の推定に特化させて研究を推進することとしている．音声の好感度を客観的な指標で評価することは，発話トレーニングや対人コミュニケーションを円滑に進めるためにも重要である．また，計算機・人間の対話を支援する擬人化エージェントシステムにおいても，好感度の高い音声を合成する技術は役立つ．これらの研究を推進するためにも，音声の好感度に対する共通性の確認，音声分析合成技術の洗練と声質変換技術の確立，および音響特徴量との対応付けが基礎的な検討課題となる．

前年度は非線形時変聴覚モデルを用いた音声の個人性評価を実施し，有効性を明らかにした．本年度は，これらの研究結果を好感度評価に活かすための基礎的な検討として，既存の音声データベース(DB)を用いて好感度に関する主観評価を実施し，全被験者に共通して好感度が高い，あるいは低い音声が存在することを確認した．その後，基礎的な音響特徴量を対象に，主観評価により得られた好感度との関連性について検討を進めた．これらの内容について，平成26年8月に東北大学電気通信研究所（以下通研と呼称する）を訪れ，通研対応教員，研究分担者による集中的なディスカッションを実施した．平成27年2月には，通研で開催された共同プロジェクト研究発表会で成果報告を行い，他研究者との意見交換も行った．

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度の研究では，音声の好感度評価に必要な基礎的な検討として(1) 既存の音声 DB を用いた好感度の共通性に関する主観評価，および，(2) 主観評価結果と物理パラメータとの対応関係を調査した．

(1) 被験者に共通して好感度が高い（低い）と判断される音声の有無に関する主観評価

本研究は言語情報を扱う音声処理とは異なるため，場合によっては，被験者により感じ方に大きなばらつきが生じる，言い換えれば計算機による推定が不可能な心理量が対象となる危険性がある．初めに，音声の好感度について，被験者に依存せず共通した好感度を与える音声が存在するか確認するための主観評価を実施した．

この主観評価には，感情豊かな自由会話を収録した音声DBが必要となる．本研究では，宇都宮大学が公開しているUUDBを対象とし，1，2秒程度のフレーズを切り出し主観評価に用いることとした．UUDBでは，2名の被験者に背中向きに座らせ，4コマ漫画の2コマずつを持たせた状態で，会話のみで4コマ漫画を完成させるというタスク中の音声を収録している．1タスク中の収録時間は長いため，事前に好感度について差が認められそうな169発話を選定し，主観評価を実施した．なお，発話者は，7ペア（14名）であり，男性2名，女性12名から構成される．主観評価は，5名（男性4名，女性1

名）で好感度を対象としたMOS評価（1が低く，5が高い）により実施した．

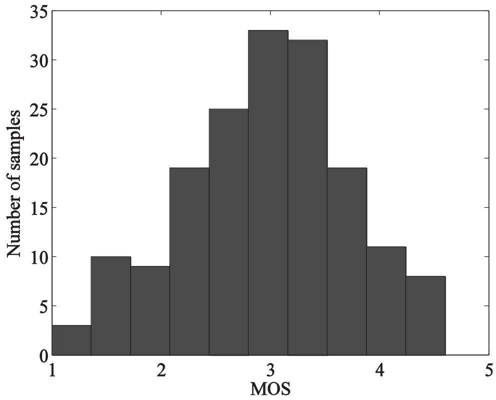


図1：主観評価結果．被験者に共通する好感度が存在するか確認するため，横軸をMOS，縦軸を出現サンプル数としたヒストグラムとしている．

実験結果を図1に示す．図1は，各音声について5名の被験者から計算されたMOSから得たヒストグラムである．横軸はMOSであり，縦軸は音声のサンプル数に対応する．図から，全被験者に対して平均的に好感度の低い（2以下）の音声が22サンプル，高い（4以上）の音声が14発話存在することが明らかとなった．この結果は，発話の好感度にはある程度の共通性があり，物理パラメータとの対応関係が導ける可能性を示唆する．

⑵ 好感度と音声の物理パラメータとの対応関係に関する評価

本年度は，基礎的な検討を実施するため，音声を構成する最も基礎的な要素である基本周波数（F0）についてまず解析を行う．音声のF0は，知覚する高さ（ピッチ）に概ね対応する特徴量であるが，人間の知覚的距離は，線形の周波数ではなく対数周波数軸において等間隔となる．ここでは，人間の知覚特性に合わせるため，Log-F0を対象に評価を実施する．また，標準偏差の大きい音声は被験者間でのばらつきが大きく，適切な評価がなされない可能性があることから，本評価では，事前に標準偏差が1を超える音声を除外することとした．音声のF0は，研究者らの研究グループが開発した分析法XSXを用いることとした．分析結果に推定結果が倍や半分となるエラー，あるいは有声音・無声音の判定ミスが無いことを目視で確認している．

分析結果を図2，3に示す．図の横軸は推定された対数F0について，1サンプルの有声区間における平均値を示している．縦軸はMOSである．図については，男性・女性を個別に解析することで相関が強くなる傾向が認められたため，男女別に表示することとした．

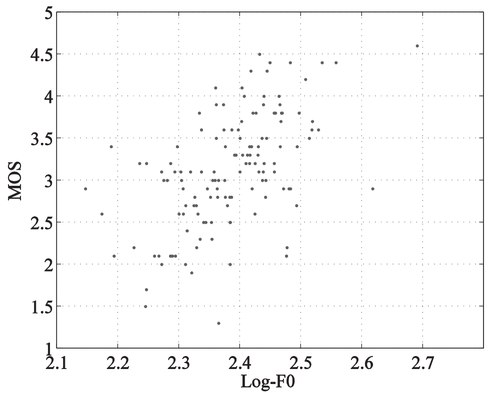


図2：基本周波数と好感度との関連を示す散布図（女性声）．音声の平均対数F0と好感度に対する相関係数は0.58であった．

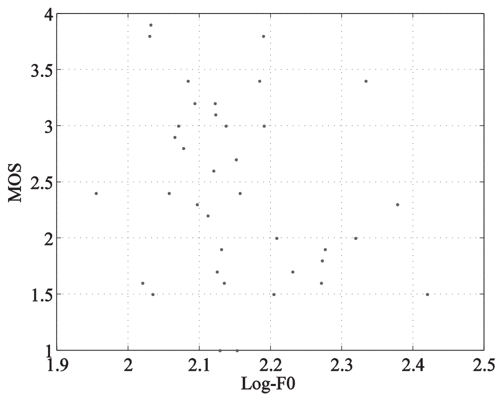


図3：基本周波数と好感度との関連を示す散布図（男性声）．音声の平均対数F0と好感度に対する相関係数は-0.24であった．

女性声に対する評価では，F0と好感度に相関係数0.58で相関が認められる．これは，女性声に関しては，F0が高いほど好感度が高くなる傾向を示唆する．一方，男性声に関しては，相関係数が-0.24で負の相関となった．しかしながら，相関係数そのものが小さいため，明らかな傾向は無いといえる．

この結果は，男性・女性声に対する好感度の判断基準が異なることを示唆する．また，主観評価後に実施したアンケートでは，男性の好む男性声と女性の好む男性声は異なるのではないかという意見もあった．すなわち，今回の結果は女性発話が多い条件で男性被験者が多かったため，女性声についてのみ相関が認められたという可能性を示す．したがって，今後検討を進める際には，男性が好む男性・女性声，女性が好む男性・女性声と計4つのカテゴリについて解析することが望まれる．そのためには，現在女性声が多いDBだけではなく，同様の条件で収録し

た男性声を集める必要がある．

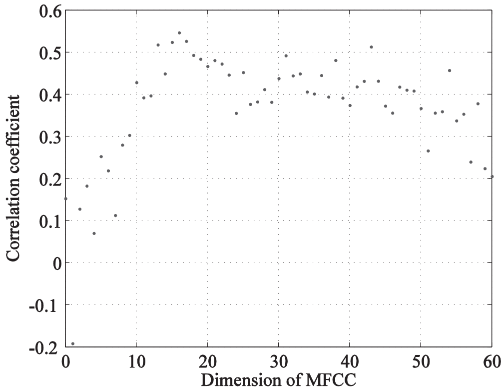


図 4：MFCC の各次元の係数と好感度との関連（男女混合）．音声認識では 13 次元以下を用いるが，好感度に対しては 20 次元程度まで高い相関があることが分かる．

次いで，音色に関する傾向を確認するため，音声認識で広く利用されている Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC)を用いて同様の検討を実施する．MFCC は多次元スペクトルの概形を低次元に表現するための特徴量であり，スペクトルの概形が音韻，特に母音情報で差が出るため，音声認識で広く利用されていた．ここでは，MFCC の低次から高次について F0 と同様の相関分析を行い，MFCC の次数と相関との関係について調査する．なお，MFCC の各次元について，1 サンプルの音声について 1 次元の系列となるため，MFCC の次元数の標準偏差を利用した．これは，音色の時間的な変動が無い場合は機械的な響きになり好感度が下がるという仮説に基づく．

結果を図 4 に示す．図の横軸は MFCC の次数，縦軸は好感度との相関係数を示す．図からも明らかに，MFCC の低次よりは高次の変動が好感度との相関が高い傾向が認められる．一方，相関係数そのものは，物理パラメータから好感度を高精度に推定するためには充分とは言い難いため，今後は，より高度な特徴量を導入し，好感度評価に適した物理的特徴量，特に本課題の特徴でもある，非線形時変の聴覚モデルの導入について検討を進める．また好感度評価についても，例えば Deep neural network を利用するなど，前年度で得られた成果を統合する形で効率よく進める予定である．

現在は，これまでの研究で得られた知見について学会に報告する準備を整えている．同時に，男性声・女性声における好感度の与える影響の違いについて，さらに，被験者の性別が結果に与える影響についても主観評価を行う予定である．これらの検討結果から，それぞれで異なる傾向が認められるか検討を実施する．

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究プロジェクトにより，音声における言語以外の情報処理の重要性を学会にアピールすることができた．前年度の成果も学術論文として採録されており，論文の内容も高く評価されていることから，本プロジェクトに対する期待は大きいと考えている．

本年度得られた成果についてはまだ学会報告をしていないが，次年度中には学会で発表する．特に国内外での周知を徹底するため，研究会だけではなく国際会議論文としても投稿し，幅広い研究者に周知することを狙う．

（特別支援（若手・国際）にかかる研究成果）

特別支援（若手）分研究費が上乗せされていたため，予定よりも機材を充実させることが可能となった．これは，当初の予定よりも円滑に，主観評価や計算機シミュレーションなどの検討を進められたことを意味し，次年度以降の検討も同様に効率良く進められることにも繋がる．

［4］成果資料

（1）M. Morise, S. Tsuzuki, H. Banno, and K. Ozawa: Muffled and brisk speech evaluation with criterion based on temporal differentiation of vocal tract area function, IEICE transactions on information and systems, vol. E97-D, no. 12, pp. 3230-3233, 2014

（2）M. Morise: CheapTrick, a spectral envelope estimator for high-quality speech synthesis, Speech Communication, vol. 67, pp. 1-7, 2015.

（3）M. Morise and K. Ozawa: Speaker identification framework by peripheral and central auditory models, Acoust. Sci. & Tech. (Accepted)

（4）森勢将雅，都築聡，坂野秀樹，小澤賢司：声道断面積関数と高域強調フィルタによる音声のもごもご感の制御，日本音響学会 2014 年秋季研究発表会, pp. 343-344, 2014

（5）森勢将雅，大久保快走，地本宗平，佐藤悠，小澤賢司：ソース・フィルタ型音声合成における有声音の位相が聴覚野の神経細胞応答に与える影響について，電子情報通信学会技術研究報告, vol. 114, no. 303, pp. 41-46, 2014.

（6）森勢将雅：よくわからない STRAIGHT，日本音響学会 2015 年春季研究発表会, pp. 1379-1382, 2015.【招待講演】

採択回数	1 ② 3

（萌芽・その他）

採択番号　H25A09

視覚モデル構築のための協調的環境に関する研究

代表者：酒井　宏
（筑波大学）
対応者：塩入　諭
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
内川惠二（東京工業大学）
小川　正（京都大学）
村上郁也（東京大学）
宇賀貴紀（順天堂大学）
河原純一郎（中京大学）
西田眞也　（NTT）
一川　誠（千葉大学）
石井雅博（札幌市立大学）
大澤五住（大阪大学）
行場次朗（東北大学）
北岡明佳（立命館大学）
佐藤俊治（電気通信大学）
栗木一郎（東北大学）
松宮一道（東北大学）
徳永留美（立命館大学）
丸谷和史（NTT）
細川研知（東京大学）

延べ参加人数：25人
研究費：物件費 19万1千円，旅費19万0千円

［2］研究経過

人間生活にとって，感覚，知覚，認識機能は生物学的意味でも，社会学的意味でももっとも重要なもののひとつである。現在，生理学，心理学，工学を始め様々な取り組みによって，その理解とモデル化が進んでいるが，断片的，局所的なものが多く全体の理解にはほど遠い。本研究では，特に研究が進んでいて，また学際化においても広がりを持つ視覚機能に着目し，その理解を促進するためのモデル研究の協力システムのあり方について検討する。視覚のモデルとしては，色覚，時空間特性，運動視特性，立体視特性など初期処理についての定量的なものが提案されているし，注意や物体表象などの高次処理については多くの抽象的なものが提案されている。それらは一般に共通の環境に依存しないため、相互関連を検討することには困難が伴う。本研究は、平成20年度から22年度に進めた「視覚認識機能のモデル実現のための協調的システムの研究」での検討結果に基づき、共通環境実質化をめざして研究を行った。

今年度は，の協調的モデル構築のために，佐藤らの進めている視覚数理モデル構築のためのプラットフォームの利用を中心に検討した。以下に，研究活動状況の概要を記す。

1月22日　2015年日本視覚学会冬季大会において，代表者酒井の「対称軸への順応」，「物体領域知覚における大域性と局所性」分担者佐藤の「Neuroinformatics 的観点から構築された新規 Saliency map モデル」などの研究発表を中心に，参画者らが，視覚モデルの利用について情報交換した。

2月24日　代表者酒井，分担者佐藤，丸谷，細川が来所し，モデル構築プラットフォームの利用法について打合せを行った。

［3］成果

（3－1）研究成果

以下に研究会において議論した各テーマについて，その概要を記す.

2月24日の所内での研究打合せにおいては,佐藤の 協調的視覚モデル構築環境（Hi-Brain）の概略説明とその利用例に続き，細川が視覚刺激呈示環境,Psychlopsについて紹介し，そのモデルへの入力形式について議論した。Psychlopsは、さまざまな心理物理学・神経生理学用の実験刺激・デモを簡単に描画できるようにするフリーのC++ライブラリで,現在Windows、MacOSXで開発されており、同一ソースで動く（プラットフォーム非依存），各種刺激、実験方法を「論文を書くように」記述できる設計（直感的なプログラミング），コマ落ちチェック機構など（刺激の正しさのチェック可能）の特徴があるもので，視覚実験には有益なツールである。それに続

き，酒井，丸谷，が最近の研究成果と視覚モデル利用の可能性について報告した。

以下協調的視覚モデルについての議論をまとめる。

1. 視覚数理モデル開発に最適であることがわかっている OpenRTM をもちいた Hi-Brain が利用可能である。
2. Hi-Brain の利用には，OpenRTM 用の OS 環境が必要であり，その設定には時間がかかるため，気軽な利用のためには向かない。
3. 他の環境のコードで書かれた処理を Hi-Brain 環境で利用できるコンポーネントとするためには，ラッパーが必要でありそれを担当できる人材は限られる。

４. Web 上でのモデル構築環境の実現が理想であるが，現状では困難が多い。

５. Psychlops との連携については，実験とモデル評価のシームレスな連動システムは魅力的で，データ形式の共通化のみから始めることは可能。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

協調的に視覚モデルを構築利用することで，視覚研究の発展が期待されるのみならず，画像工学的な展開が期待できる。そのような環境で，Visiome プラットフォーム(RIKEN BSI Neuroinformatics Japan Center.)の継続開発・公開運用とコンテンツ収集・登録を通して，参画者間の連携によって他機関の共同研究および開発企画と協調的な展開を進めることができた。

・Visiome プラットフォーム(PF)の継続開発・公開運用とコンテンツ収集・登録
・共同研究
・理化学研究所
・平成 26 年 4 月 1 日から平成 27 年 3 月 31 日まで

［４］成果資料

(1) Perception of Symmetry in Natural Images --- A Cortical Representation of Shape.
Ko Sakai, Ken Kurematsu, and Shouhei Matsuoka, Lecture Notes in Computer Science, vol.8836, pp.135-141, 2014

(2) Perceptual Characteristics of Natural Contours and Their Contributions to Figure/Ground Segregation.
K. Sakai, K. Kurematsu and S. Matsuoka
Vision Sciences Society, Annual Meeting 2014, 26.338, 2014

(3) 対称軸への順応，榑松憲、酒井宏
Vision(日本視覚学会 冬季大会 妙録集) Vol.27,No.1,p.19,33, 2015

(4) Neural construction of 3D medial axis from the binocular fusion of 2D MAs.
Wei Qiu, Yasuhiro Hatori, Ko Sakai
Neurocomputing, Volume 149, Part B, Pages 546–558, 2015

(5) Ryoichi Nakashima & Satoshi Shioiri (2014/7). The visual processing facilitation by the head direction. The 10th Asia-Pacific Conference on Vision, Takamatsu, Japan.

(6) Ryoichi Nakashima, Yu Fang, Akinori Hiratani, Kazumichi Matsumiya, Ichiro Kuriki, Satoshi Shioiri: “Head direction information improves the accuracy of gaze estimation”, Asia-Pacific Conference on Vision (APCV), Takamatsu, Japan, July 19-22, 2014.

採択回数	1　②　3

（先端）

Ｈ２５／Ａ１０

包囲型スピーカアレイを利用した音空間レンダリングの評価

［1］組織

代表者：土屋　隆生
（同志社大学理工学部）
対応者：鈴木　陽一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岩谷　幸雄（東北学院大学工学部）
井口　　寧（北陸先端科学技術大学院大学）
大谷　　真（信州大学工学部）
鎗水　翔也（東北学院大学工学部）

延べ参加人数：6 人

研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 26 万 5 千円

［2］研究経過

まず，本プロジェクトの研究目的を簡単に述べる。画像分野では，形状や色データを基にコンピュータ上に仮想的な 3 次元画像空間を構築し，2 次元のディスプレイ上に投影・可視化するレンダリング技術が確立，実用化されており，3 次元コンピュータグラフィックス(CG)としてリアルな画像が提供されている。一方，音響の分野でも同様な概念として音空間レンダリングという技術が提案，研究されている。音空間レンダリングは，CG と同様に計算機上に仮想的に構築された 3 次元音空間に対して音波伝搬計算を行い，聴取位置で数値的に表現された音響信号をスピーカにより可聴化する技術である。音空間レンダリングを用いると，ホール内で実際に収録されたような自然な響きの音響信号が数値計算のみで得られる。音空間レンダリングは，波動性を考慮する必要上，膨大な計算機資源が必要になるため，GPU (Graphics Processing Unit) を用いたレンダリングの高速化により，CD 並の音質で中規模ホール(7,000 m^3)程度の音空間のレンダリングに成功している。

このように 3 次元音空間レンダリングは，GPU クラスタを用いた高速化によって計算技術としてはほぼ実用域に達しており，つぎのステージとして提示技術や聴感評価などの検討に移りつつある。本研究では，コンサートホールなどの大規模な人工環境に対するレンダリングを GPU クラスタにより実施した後，レンダリング結果を包囲型スピーカアレイシステムに出力することで仮想的な立体音響空間を提示し，音空間レンダリングがどの程度自然な音響空間を実現可能であるかを聴取実験により評価する。最終的には，音空間レンダリングをベースとした高自由度で人間と調和可能な多チャンネル立体音響システムの実現を目指す。

本プロジェクトは，本年度が第 2 年度であった。前年度は，レンダリングされた音空間における音源定位精度について検討した。その結果，定位精度は空間周波数の折り返し歪みの影響を受けることが示された。そこで，本年度は，前年度の成果を踏まえながら，折り返し歪みの上限周波数をバーチャルスピーカの密度が異なる音場として合成し，それらの違いを聞き分けることが可能であるかどうかについて研究を展開した。

以下に，研究活動状況の概要を記す。

・H26 年 7 月に東北学院大学において，研究の進め方に関する打ち合わせを実施した。

・H26 年 9 月に北海学園大学で開催された音響学会秋季研究発表会の際に，研究の進捗状況について報告し，同発表会で成果の一部を発表した。

・H26 年 9 月に徳島大学で開催された電子情報通信学会の際にも，研究の進捗状況について打合せを実施し，同発表会で成果の一部を発表した。

・H26 年 12 月には，北陸先端科学技術大学院大学で分担者が集まり，実験計画等に関する打ち合わせを行った。また，金沢大学サテライトプラザで開催された電気音響研究会で成果の一部を発表した。

・H27 年 1 月に同志社大学で開催された電気音響研究会の際に，研究の進捗状況について打合せを行った。

・H27 年 2 月に東北学院大学において，研究分担者が一堂に会し，研究の進捗状況について報告した。

・H27 年 2 月に電気通信研究所で開催された共同プロジェクト研究発表会で成果の一部を発表した。

・H27年3月に中央大学で開催された音響学会春季研究発表会の際に，最終報告を実施し，同発表会で成果の一部を発表した。

その他の研究会，研究討論会，研究発表会，研究集会等は開催しなかった。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度の成果を以下に示す。

レンダリングした空間をFig.1に示す。空間の大きさは4.352m×4.352m×4.352mの立方体であり，壁面の反射率は0.9とした。音源と聴取者は壁面から（1.003, 2.176）mの位置に向かい合うように置き，聴取者を中心とした半径25 cmの球状境界面があるものとした。レンダリングは2つの手法を用いて行った(Fig.2)。まず，聴取者を取り囲む球状の境界面上にカージオイド型の受音点があるものとし，音源からのRIR（Room Impulse Response）をCE-FDTD（Compact Explicit‐Finite Difference Time Domain）法を用いて計算した。次に，境界受音点と同じ位置に仮想スピーカを配置し聴取者の両耳までのHRIR（Head Related Impulse Response）を計算した。HRIRはダミーヘッドの3D形状データからBEM（Boundary Element Method）で求めた。これらを組み合わせることでBRIR（Boundary Room Impulse Response）を求め，音源にたたみ込

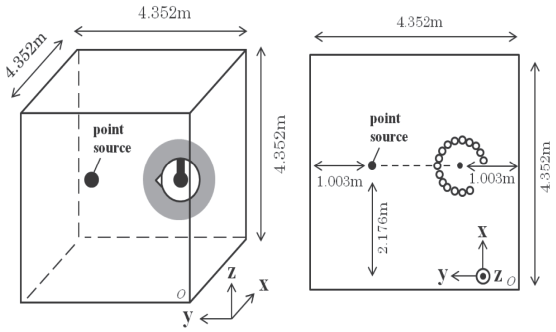


Fig.1 Rendering model.

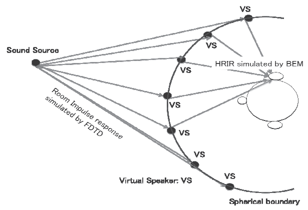


Fig.2 Binaural room impulse response.

むことで刺激を得た。

実験には44.1 kHzサンプリングの楽音10種類(piano, chorus, jazz, overture, flute, cello, violin, clarinet, trumpet)を使用し，それぞれの楽音に6種類のBRIRを畳み込んだ。畳み込んだBRIRのスピーカ密度は折り返し歪みが生じない上限周波数が1, 2, 4, 8, 12, 14 kHzの時である。1kHzの時は44個，14 kHzの時は11,312個の仮想スピーカが球面状に並ぶことになる(Fig.3)。被験者は健聴な20代の男子大学生5名で行った。

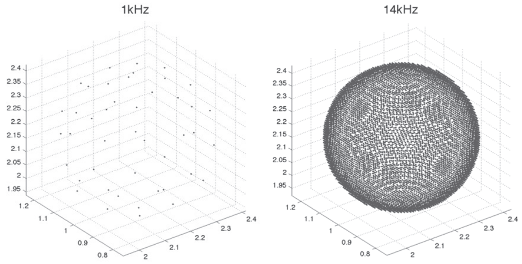


Fig.3 Arrangement of loudspeaker array.

実験はABX法で行った。BRIRを畳み込んだ6種類の音源からランダムに2つを提示し，0.5 s後にこの2つの音源のうちどちらか1方をランダムに選択し再提示した。被験者は最後に提示した音源が最初に提示した2つの音源のうちどちらであったかを判断させた。1つの楽音につき60試行（$_6C_2 \times 2 = 60$)行い，これを10種類の楽音で行った。合計で600

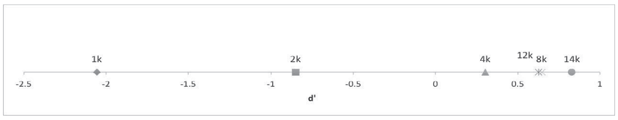


Fig.4 Psychological distance among upper-limit conditions (total).

回試行を行った。

*d'*を用いて折り返し歪みの上限周波数間の心理距離を求め，比較した。全体の結果をFig.4に示す。1 kHzと2 kHzは他の音場とのスピーカ密度による音の違いを弁別可能であった。一方，4, 8, 12, 14 kHzは互いに心理距離が1より短く音の違いを弁別できないことがわかる。音源ごとに比較した場合(Fig.5)においても，1 kHzと2 kHzは他の音場との違いを弁別できたものの，4 kHz以上では音場の違いを弁別できなかった。しかし，Trumpetにおいては1 kHzと2 kHz が違いを弁別できなくなった。一方，14 kHzにおいては4 kHzと8 kHzとの間で弁別可能となった。これは，楽器音の倍音構造によるものと考えられる。また，被験者ごとに比較した場合(Fig.6)は，subiect4において1 kHzと2 kHz, 2 kHzと4 kHzが弁別されなかったものの，全体の結果と同様の結果となった。結果として，4 kHz以上に含まれる折り返し歪みは，聴取者は聞き分けることができないものと考えられる。

本報告では，折り返し歪みの上限周波数により，

スピーカ密度の異なる仮想音場の違いを聞き分けられるかどうか聴取実験を行った。その結果，1 kHz と 2 kHz は他の音場との音の違いを弁別可能であった。一方，4, 8, 12,14 kHz は音の違いを弁別できなかった。よって，音源や被験者により差はあるものの，スピーカ密度が折り返し歪みの上限周波数 4 kHz 以上の場合は音場の印象に大きな影響を与えないと考えられる。

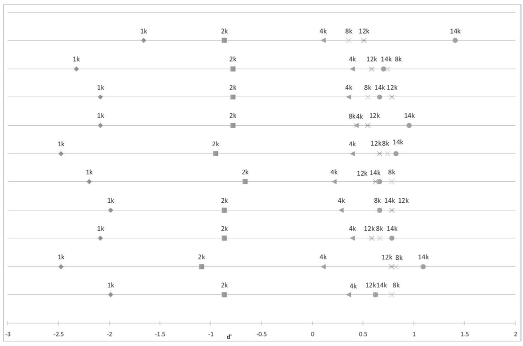


Fig.5 Psychological distance among upper-limit conditions for each instruments.

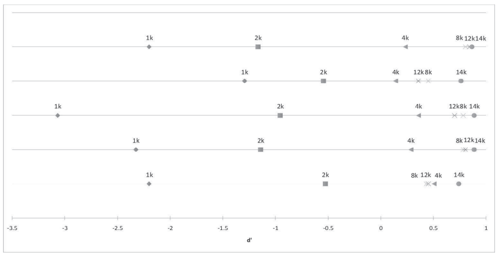


Fig.6 Psychological distance among upper-limit conditions for each subjects.

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトにおいて，学外研究者との交流が飛躍的に活性化し，その成果を基に総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)への申請に発展した。また，本プロジェクトの成果は，音空間レンダリングという新しい研究領域の開拓に結びつき，また，日本音響学会の電気音響分野の１つのカテゴリーにも採用されたことで今後の発展が期待される。

［４］成果資料

（１）Y. Iwaya, T. Tsuchiya, and M. Otani, "Sound Localization in Surrounding Loudspeaker Array with Spatial Aliasing," Proc. of Three-Dimensional Systems and Applications (3DSA2014) , 2014-080 (2014.5).

（２）土屋隆生，岩谷幸雄，大谷　真，"音空間レンダリングとその可能性について", 日本音響学会建築音響研究会資料，AA2014-30 (2014.7).

（３）土屋隆生，山下　脩，岩谷幸雄，大谷　真，井口　寧, "音空間レンダリングのための任意形状の取り扱いについて-その１境界条件-", 日本音響学会講演論文集，pp.825-828 (2014.9).

（４）山下　脩，土屋隆生，岩谷幸雄，大谷　真，井口　寧, "音空間レンダリングのための任意形状の取り扱いについて-その２適用例-", 日本音響学会講演論文集，pp.829-830 (2014.9).

（５）土屋隆生，岩谷幸雄，大谷　真，"音空間レンダリングとその今後"，2014 年電子情報通信学会基礎・境界講演論文集，pp.SS43-44 (2014.9).

（６）O. Yamashita, T. Tsuchiya, Y. Iwaya, M. Otani, Y. Inoguchi, "Reflective boundary condition with arbitrary boundary shape for compact explicit-finite difference time domain method", Proc. of Sympo. on Ultrasonic Electron., 35, pp. 419-420 (2014.12).

（７）鎗水翔也，岩谷幸雄，大谷　真，土屋隆生，"スピーカ密度の異なる仮想音場の主観評価"，電子情報通信学会技術研究報告，EA2014-52 (2014.12).

（８）鎗水翔也，岩谷幸雄，大谷　真，土屋隆生，"空間的折り返し歪みの異なる仮想音空間の音質評価", 日本音響学会講演論文集，pp.847-848 (2015.3).

（９）山下　脩，土屋隆生，岩谷幸雄，大谷　真，井口　寧，"CE-FDTD 法による球面上の音圧解析", 日本音響学会講演論文集，pp.1275-1276 (2015.3).

採択回数	1　②　3

（先端）

採択番号　Ｈ２５／Ａ１１

ブレインウェアの情報原理とその応用の研究

［1］組織
代表者：加納　敏行（日本電気株式会社）
対応者：中島　康治（東北大学電気通信研究所）
分担者：大野英男，大堀淳，羽生貴弘，塩入諭，鈴木陽一，佐藤茂雄，石黒章夫，北村喜文，矢野雅文，川上進，坂本修一，坂本一寛，秋間学尚（以上，東北大学電気通信研究所），亀山充隆，中尾光之，橋本和夫，片山統裕（以上，東北大学大学院情報科学研究科）虫明明（東北大学大学院医学系研究科），大須賀公一（大阪大学）、堀川友慈（ATR）、野口正一（仙台応用情報学研究振興財団），牧野悌也，菅原研、松尾行雄（以上、東北学院大学），鮫島和行（玉川大学）多田順次（東京デザインテクノロジーセンター専門学校），中嶋宏，田崎博（以上オムロン(株)），影山昌広，古賀昌史（以上，(株)日立製作所）木下淳宏（以上(株)東芝），濱本将樹，足立佳久（以上シャープ(株)），小野田邦広，光本直樹（以上（株）デンソー），武理一郎，桝井昇一，山川宏（以上，(株)富士通研究所），小川雅嗣，松田雄馬，若山永哉（以上，日本電気株式会社）
延べ参加人数：99人
研究費：物件費19万1千円，旅費37万6千円

［2］研究経過
現代の高度情報社会はWebに代表されるように，インターネット技術とそれを支えるハードウェアの驚異的な進歩によってもたらされている．ただし，東日本大震災のような激甚災害の場合は脆弱性をさらけ出した．これまでの設計のコンセプトの特長は高機能であり，これは最新のサービスに適用できる高機能なシステムに向かってきた．さらに高性能とは大容量・大規模な需要に対応可能なシステムであり，高品質高機能とは高性能を快適にユーザに提供できるシステムであり，究極には高信頼高機能をうたい文句として，高性能・高品質を維持できるシステムの開発を行ってきた．当然激甚災害は考慮されていないシステムで，できるだけ低コストのシステムがよいシステムでそれが求められて来たのである．これらの要求を低コストで実現できるシステムが良いシステムなのである．次世代 Web プラットフォームが構築されれば，コンテンツ市場がオープン化して，流通するトラッフィクも爆発的に増大すると思われる．またビッグデータなど膨大なデータを貯蔵し処理する技術も盛んに開発されている．例えば，インターネットではシステムの資源を効率的に運用する方法として，クラウドコンピューティング，オープンフロー，SDN などが研究されている．これらは基本的には予め作っておいたテーブルから選択して制御する方法になっている．システムが大規模になってくると，予測できない変化や，故障など不測の事態を含めて予めテーブルを作ることは原理的に不可能になる．つまり，現代の科学技術は大規模で非線形の複雑システムのロバストな制御方法は持っていないのである．認識においても同様のことが言える．つまり，これまでの方法論は実世界問題といわれる，無限定な環境，無限定な未来に対する認識・制御の方法論は持っていなかったのである．本共同プロジェクト研究では，実世界問題を解決するために，生命システムのもつ多面的，階層的な情報原理を明らかにし，柔軟に情報処理が出来るブレインウェアシステムの創成を目指してきた．この目的を達成するため，生理学による解析論的アプローチを踏まえ，ブレインウェアシステムを設計原理するための情報原理を明らかにするように国内の研究者を招いて講演をして貰ったり，ブレインウェアのアーキテクチャについての議論を行ったりしてきた．

1. 最適化問題；これまでの研究はスタティックなアプローチであり，厳密に解く方法論は変分原理しかない．しかしながら，一意に最適化に到達する方法論は現在までに存在しない．TSP 問題やN-クイーン問題などを，ダイナミカルな問題として定式化することで，解く方法論を提案している．
2. 問題解決機能；これは上記の最適化問題と密接な関係があり，不良設定問題も動的にすることで解けることを示ししてきた．無限定環境下で制約充足問題をリアルタイムに解く方法論の開発．3. 認識機能；予め図と地が分離していない実世界におけるパターンの分節化とその記号表現と状況理解の文脈を取り入れた意味的な処理形式の研究．
4. 行動機能；予測不可能的に変化する実環境に適応的に目的を達成する制御機構の研究．完全な予測

制御で過去の学習は必要としない非ウィナー型の即興的リアルタイム制御機能の解明.

5. 情報データベース；従来の記号処理を行う検索エンジンと情報ベースに代わる，ブレインウェアの意味とコンテクストを扱う情報データベースの開拓.

これらの諸問題は基本的には少ない情報原理で解かれなくてはならない．共通原理に基づく柔軟な情報処理の機能獲得方法を明らかにするとともに，これを実現する新しい人工物アーキテクチャの創成を目指している．以下，研究活動状況の概要を記す．

研究会開催実績：

●第1回平成26年5月12日「「人間的判断の実現に向けた新概念脳型LSI創出」プロジェクトについて」(東北大学・電気通信研究所・ブレインウェア研究開発施設、羽生貴弘，坂本修一，松宮一道)，「膨大な神経回路でなされる脳の情報処理をＬＳＩで実現するには？―アドレス駆動方式: 細胞アドレスを共通配線に送出して特定の細胞を駆動―」東北大学電気通信研究所・元教授，川上　進)，出席者　17名（企業4名、大学13名）**●第2回**平成26年6月24日（火）[『眼球運動の運動学習メカニズム理解とBMI，ロボット制御，眠り運転防止技術への応用』（中部大学工学部ロボット理工学科教授，平田 豊）「ブレインストーミング；ブレインウェアのアーキテクチャの創成に向けて」(全員参加)，「脳をガイドとして超脳知能に至る最速の道筋を探る；全脳アーキテクチャ勉強会の活動状況－」，((株)富士通研究所 ソーシャルイノベーション研究所　山川　宏，出席者　21名（企業5名、大学16名）**●第3回**平成26年8月25日（月）[エコーロケーション・メカニズムの解明とその応用](東北学院大学教養学部情報科学科准教授、松尾行雄)、出席者　11名（企業3名、大学8名）**●第4回**平成26年10月28日（火）[画像認識のためのディープラーニング研究の最新状況]東北大学大学院情報科学研究科教授、岡谷　貴之)、[ブレインストーミング；ブレインウェアのアーキテクチャの創成に向けて]、出席者20名（企業3名、大学17名）**●第5回**平成26年12月22日(火)，「視覚的夢内容の脳情報デコーディング」(ATR脳情報研究所 神経情報学研究室，堀川友慈)「身体と場に埋め込まれた「知」を探る　――知の双対構造―」(大阪大学大学院工学研究科／JST CREST，教授；大須賀公一)，出席者　18名(企業4名、大学14名）**●第6回**平成27年2月24日（火)「強化学習と大脳皮質–大脳基底核のループ神経回路の情報表現」（玉川大学基礎脳科学研究センター准教授;鮫島 和行)，「運動視により空間認識を行う神経回路網モデルのLSI化」東北大学電気通信研究所，秋間　学尚)，出席者12名（企業2名、大学10名）

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た.

ブレインウェアシステムは，リアルタイム性を必要とするために，現在のチューリングマシンを基盤としたノイマン型情報処理とは全く異なる．この情報処理機構による新しい情報産業を創出するため，基本となる基盤技術の確立を目指した.

● 視覚認識における空間視や形態視を生理学的知見に基づいて構築しているが，これは視覚モデルとしてもっとも脳内機構に正確なモデルであると言われている．これを実際にハードウェア（LSI）で実現する研究を行った．膨大なアナログ回路である神経回路網でなされる脳の情報処理をＬＳＩで実現するには，細胞アドレスを共通配線に送出して特定の細胞を駆動する方法が考えられるがリアルタイム性は保証の限りではない．さらに研究が必要である.

● ID法はNP困難な問題を一意に解く方法論の開発に成功しており，これは情報数理学としても基本となる基盤技術・要素技術の新規な方法論であり，今後の情報処理技術・産業の発展が期待できる．一方制約条件の自己生成・自己充足法はこの方法論拡張と見なすことができる．前者は今のところ，限定問題を解く場合に有効性が確認されているが，それはシステム情報が予め分かっている場合である．後者はここの要素と全体の関係が分かれば，サイズフリーで取り扱うことができるので，リアルタイム性とも両立し，耐故障性や補償作用が自律的に生まれる．リアルワールド問題として，予測不可能的に変化する無限定環境下において，大自由度の複雑システムをリアルタイムかつ自律的に制御する方法としてウィーナーのサイバネテクスの制御法を超える制御論になる.

・平成26年度東北大学電気通信研究所ブレインウェア研究会報告書（平成26年3月刊行）

（3－2）波及効果と発展性など

現在巷間話題になっているのが，人工知能であるデープラーニングがある．これは前述のローカルミニマムにトラップされるのを，たたみ込みとプーリングという方法で巧みに避ける方法であるが，必ず成功するとは限らないし，その理論的裏付けはできていない．従って，これまでのアーキテクチャの弱点を克服しているわけではない．ぜんじゅつのID法や制約自己充足法は動的に解く方法論であり，最適値に落ち着く方法論である．これは動的な方法論で，その時点時点で必ず最適値に落ち着く理論的補償も存在する．従って，本共同プロジェクト研究の方法論の延長上に人間らしい人工知能がある.

［4］成果資料

1. Matsumiya, K., Shioiri, S., Moving one's own body part induces a motion aftereffect anchored to the body. Current Biology, 24(2), 165-169, 2014.
2. Matsumiya, K., Retinotopy of facial expression adaptation. Multisensory Research, 27(2), 127-137, 2014.
3. Kawaguchi N, Sakamoto K, Saito N, Furusawa Y, Tanji J, Aoki M, Mushiake" H. Surprise signals in the supplementary eye field: fectified prediction errors drive exploration- exploitation transitions. J Neurophysiol, 113:1001-1014 2015.
6. Sakamoto K, Kawaguchi N, Yagi K, Mushiake H. Spatiotemporal patterns of current source density in the prefrontal cortex of a behaving monkey. Neural Networks 62:67-72 2015.
7. 影山昌広, 浜田宏一, 「画像の位相シフトを利用した超解像再構成処理の適用可能性と２次元拡張に関する検討」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 68, No. 6, pp. J247～J251 (2014)
8. S. Kanai, Y. Nakatani, M. Yamanouchi, S. Ikeda, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno," Magnetization switching in a CoFeB/MgO magnetic tunnel junction by combining spin-transfer torque and electric field-effect," Applied Physics Letter, vol. 104, pp. 212406(1)-(3), 2014
9. H. Sato, E. C. I. Enobio, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, S. Kanai, F. Matsukura, and H. Ohno, " Properties of magnetic tunnel junctions with a MgO/CoFeB/Ta/CoFeB/MgO recording structure down to junction diameter of 11 nm," Applied Physics Letters, vol. 105, pp. 062403(1)-(4), 2014
10. W. Teramoto, Z. Cui, S. Sakamoto and J. Gyoba Distortion of auditory space during visually induced self-motion in depth. Frontiers in Psychology, 5, 848 (2014).
11. S. Sakamoto, G. Hasegawa, T. Abe, T. Ohtani, Y. Suzuki and T. Kawase," The contribution of the detailed parts around talker's mouth for speech intelligibility (invited lecture)" Proc. the 21st International Congress on Sound and Vibration (ICSV21), (2014).
12. Kano, D. Owaki, and A. Ishiguro," A Simple Measure for Evaluating Gait Patterns during Multi-legged Locomotion", SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, vol. 7, no. 4, pp. 214-218 (2014)
13. T. Kano, F. Satake, H. Date, K. Inoue, and A. Ishiguro, Doing Well in Narrow Aisle! Decentralized Control Mechanism Underlying Adaptive Concertina Locomotion of Snakes, The 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp. 32-35 (2014)
14. Xu Bai and Michitaka Kameyama, "Multiple-Valued Fine-Grain Reconfigurable VLSI Using a Global Tree Local X-Net Network", IEICE Transactions on Information & Systems, Vol.E97-D, No.9, pp.2278-2285(2014).
15. Shintaro Harada, Xu Bai, Michitaka Kameyama and Yoshichika Fujioka, "Design of a Logic-in-Memory Reconfigurable VLSI Based on a Bit-Serial Packet Data Transfer Scheme", Proceedings of the IEEE 44th International Symposium on Multiple-Valued Logic, pp.214-219 (2014).
16. Naoya Onizawa, Hirokatsu Shirahama, Akira Mochizuki, Masashi IMAI, Tomohiro Yoneda, Takahiro Hanyu, "High-Throughput Partially Parallel Inter-Chip Link Architecture for Asynchronous Multi-Chip NoCs Date of Evaluation,"IEICE Trans. on Inf. and Syst, Vol. E97.D, No. 6, pp.1546-1556, June 2014.
17. A. Mochizuki, H. Shirahama, Y. Watanabe, and T. Hanyu, "Design of an Energy-Efficient Ternary Current-Mode Intra-Chip Communication Link for an Asynchronous Network-on-Chip," IEICE Trans. on Inf. and Syst., vol. E97-D, no. 9, pp.2304-2311, 2014.
18. N. Onizawa, D. Katagiri, K. Matsumiya, W. J. Gross, and T. Hanyu, "Gabor Filter Based on Stochastic Computation, "IEEE Signal Processing Letters, vol. 22, no. 9, pp. 1224-1228, 2015.
19. Sato, N.: Spatial consistency of neural firing regulates long-range local field potential synchronization: A computational study. Neural Networks 62, 52-61 (2014)
20. Sato, N.: Coupling between Spatial Consistency of Neural Firing and Local Field Potential Coherence: A Computational Study. Proceedings of 21th International Conference Neural Information Processing (ICONIP2014), Part I (LNCS 8834), pp. 167-174. Springer (2014)
21. 1. H. Akima, Y. Katayama, K. Nakajima, M. Sakuraba, and S. Sato, Majority neuron circuit having large fan-in with non-volatile synaptic weight, Proc. 2014 Int. Joint Conf. on Neural Networks (IJCNN 2014), 4266-4271, 2014.
22. Matsuda Y, Ogawa M, Yano M. Method of Detecting and Classifying Underwater Threats in Noisy Condition with Occlusion. MAST Euro-Asia20-22, 2014

採択回数	1　②　3

（若手）

H25/A12

不定な環境における適応能の階層横断的解明と工学的応用

［1］組織

代表者：高橋　達二
（東京電機大学理工学部）

対応者：笹井　一人
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

浦上　大輔（東京工科大学）
太田　宏之（防衛医科大学校）
西川　麻樹（東京大学）
青野　真士（理化学研究所）
上浦　基　（東京電機大学）
澤　　宏司（日本女子大学附高）
脇坂　崇平（理化学研究所）
白川　智弘（防衛大学校）
園田　耕平（滋賀大学）
西山　雄大（新潟大学）
新里　高行（筑波大学）

延べ参加人数：17 人 (以上 13 名＋学生参加者 5 名)
研究費：　物件費 19 万 2 千円、旅費 37 万 5 千円、
特別支援（若手）20 万円

［2］研究経過

ネットワークの環境化を始めとした情報技術の社会への全面的な浸透やロボティクスなどの必要から、人間との調和の必要な情報システムにも、人間が活動する不定な世界への適応能力を与えることが必要であり、これが本プロジェクトの目的である。

本プロジェクトでは、人間とより深くかかわる情報システムにとって重要である、環境の不定性をもとにした適応能の解明とその工学的応用を目的とする。具体的には、人間思考・推論・意思決定傾向の解明（グループA）、さらに情報システム間・人間間の協調的なインタラクション原理の解明（B）と情報システムと人間の認知的融合を可能とするインターフェイスの構築（C）から、情報システムへの適応能の付与（D）を目指して研究を推進している。

本プロジェクトは，本年度が第二年度であった。最終年度である来年度は、これまでの研究のまとめとして成果論文の出版に専念する。

本年度の成果としては、不定性と階層横断性の基礎的な研究を推進した。不定性は、リスク（確率分布が既知）や不確実性（確率分布が未知だが起こりうる事象と世界＝普遍集合は確定している）と区別され、何を事象と捉えるかといった事象の単位や、エージェントの想定する世界の不完全性を含んだより現実的かつ深刻なものである。本年度は不定性に関し、特に非マルコフ性としてのモデリングを行った。特に、工学的応用を視野に入れ、非マルコフ的環境・エージェント能力の下での効率的な探索・行動方法の研究を行った。また、階層横断性は、最も基礎的な場合として、二つの階層を考えつつそれらの相互作用を考えざるを得ない状況としてモデリングした。

本年度の研究活動状況としては、当プロジェクトの研究会として次の 2 件を行った。

- H25/A12 キックオフ研究会　2014 年 6 月 28 日(土) 11:00 ~ 17:30　於　早稲田大学基幹理工学部 59 号館 4 階 415 プロジェクト学習室（参加者 6 名＋学生 5 名）
- H25/A12 共同プロジェクト研究会 2015 年 2 月 22 日(日) 13:00 ~ 17:00　於　東北大学電気通信研究所本館 (新棟) M331 号室（参加者 5 名+学生 4 名）

また、大部分のメンバーが参加した共催研究会として次を行った。

- 2014 年度人工知能学会全国大会(第 28 回大会) オーガナイズドセッション OS-3「内部観測と探索」2014 年 5 月 13 日 15:20–17:00, 17:20–19:00（オーガナイザ：高橋、太田、浦上）（発表 9 件、聴講者 30 名以上）
- 第 8 回内部観測研究会・第 25 回計測自動制御学会 SI 部門共創システム部会研究会（共同開催）2015 年 2 月 28 日(土)~3 月 1 日(日) 於　早稲田大学理工学部キャンパス（西早稲田キャンパス）55 号館 S3 階　（世話人：浦上、上浦）（発表 28 件、参加者約 60 名）

［3］成果

（3－1）研究成果

前年度に階層横断性と不定性に関する基礎研究を受けて、今年度は、最終年度である来年度に向けて、

以下の内容の発展的研究を行った。個々の研究は全体のコンセプトに沿って行われているものの、内容が多岐にわたるため、グループ毎に述べる。

グループ A：人間思考・推論・意思決定傾向の解明（グループA）[8, 11, 13]

非線形相関の検出：　[11]では，Takahashi らにより提案された pARIs(proportion of Assumed-to-be Rare Instances)における説明変数をベルヌーイ確率変数から一般の連続確率変数へ拡張した pARIX（連続型 pARIs）を構成し，pARIX が持つ特性を相関係数および相互情報量との比較を行った．本研究により，pARIX は観測値近傍における一価関数性と単射性の強度を表すことが明らかとなった．さらに pARIX をデータ領域全体での積分量が定義でき，その上限値と下限値を評価できることから，[0,1]区間に規格化した非線形相関の検出指標が構成可能であることを明らかにした.

論理のネットワーク　[13]では、先行の論理の複雑ネットワークによるモデルを、論理の創発的側面に基づき発展させ、演繹、帰納にアブダクションに加えた3 種に相当する変形において、べき乗則が出現することを示した。

情報システム間・人間間の協調的なインタラクション原理の解明（B）　[2, 3, 4, 15, 16, 17]

群れの協調的相互作用：　集団的な意思決定を具体的な形でモデル化しようとするとき，集団内の個体のそれぞれの意思決定のメカニズムを構想する必要があるが，集団が大きくなると各個体が全体の情報を獲得することは原理的に難しくなる。これに関し，アユの群れの実験を通して，群れのなかの個体は全体の状況を知り得ないにもかかわらず，時間的空間的に構造化された運動を行っていることを明らかにし、不定な環境下で能動的に自らの置かれた環境を評価しようとする行為が，個体と集団の関係を創発的に接続している可能性をあきらかにした [4].

情報システムと人間の認知的融合を可能とするインターフェイスの構築（C）　[5, 6, 12, 14, 21]

社会的判断の発達的研究：　認知における社会性および他者の重要性に取り組み，ヒトを対象にした発達研究を実施し，その後動物集団を対象にした行動実験を行っている．まず人の社会的判断に関する発達研究として，前年度に行った園児を対象とした認知実験を小学１，３，５年生に実施し，その年齢に応じた変化を確かめた．これにより小児から成人に至る過程で認知様式の変化が認められ，小児では特に個別事象を集積するように事象全体を把握する傾向にあるのに対し，年長者では個別事象を帰納的に解釈することで事象全体を把握する傾向が確かめられた．これは実験者の意図を先取りしつつも直面する事象をその場で判断するヒトの認知特性を示唆している．生命システムがうまく機能するにはこのような先取りとその場の判断が各エージェントに必要であろう．

市場のエージェントモデル：　階層横断的な適応システムの形式モデルについて、マルチエージェントによる市場モデルを例として分析を行った。市場モデルに階層横断的性質は、各エージェントにおける戦略の不定性と、エージェントにとっての市場世界の限定性によって担保されると仮定される。本モデルは、階層横断的性質を仮定した際にのみ、冪分布が統計的性質として得られた。

ヤドカリの“車両感覚”　自動車と人間の認知的融合の基盤と想定される“車両感覚”について研究を行った。車両感覚を基礎づける環境情報の１つである“慣性モーメント”について、本研究では比較認知科学的な観点から行動学的検証を行った。具体的には、ヤドカリが慣性モーメントを知覚できるかどうかを検証し、これを実証した。

情報システムへの適応能の付与（D）[1, 7, 9, 10, 14, 18]

神経系は質の異なる複数の情報を時間的かつ空間的に統合するが、時間的な統合を第一に考えたネットワークシステムモデルは知る限り提案されていない。マカロック・ピッツの論理演算が可能な人工ニューラルネットワークの提案(McCulloch and Pitts 1943)に含まれていた「シナプス遅延時間を一定とする仮定」に起源がある事がわかった。その仮定は、ノイマンによって、最初のプログラム内蔵型電子式コンピュータのパルス列間の同期のためのクロックに転用された (von Neumann 1945)。シリアルなパルス列で表象される数値を加算するため、２つのパルスが同時に加算素子(真空管)に到着することを保証するため、パルス間の時間間隔を一定にするクロックが提案された。このパルス間の時間間隔を一定にするという概念は、ノイマンのオートマトン研究を通じて理論神経科学に再度導入された。

シナプス遅延時間を一定と仮定せず、パルス出力の決定過程において、入力パルス処理に関する多様な長さの時間窓を想定することが、時間的統合を空間的統合に先行させるための条件であることが明らかとなった [1]。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトの研究成果は、論文の他、人工知能学会全国大会オーガナイズドセッション、第８回内部観測研究会・第25 回計測自動制御学会 SI 部門共創システム部会研究会（共同開催）として発信された。本プロジェクトの研究は大学院生との共同研究２件[2,12,13]を含む計４件の学会賞[12-15]を受賞

しており、若手研究者の育成として一定の成果を挙げているものと考えている。今後は最終年度の論文投稿と情報発信を行っていく。BICT 2015 Artificial, Biological and Bio-Inspired Intelligence (ABBII) セッションも再度計画している。特別支援（若手）により、研究者間の共同作業支援クラウドソフトウェアを導入することができ、研究データの共有・論文の共同執筆を行う環境整備を行うことができた。

［4］成果資料

1. Ohta, H.: Reevaluation of McCulloch–Pitts–von Neumann's clock, *BioSystems*, 127, 7–13 (2015).
2. Murakami H., Tomaru T., Nishiyama Y., Moriyama T., Niizato T., Gunji Y.P.: Emergent Runaway into an Avoidance Area in a Swarm of Soldier Crabs, *PLoS ONE* 9(5): e97870. 2014
3. Niizato, T., Murakami, H., Gunji, Y.P.: Emergence of Scale-Invariant Proportion in a Flock from Metric-Topological Interaction, *BioSystems* 119:62–68 (2014).
4. 新里高行: 忌避-誘引の両義性からなる多様な群れの構造, 人工知能学会論文誌, 29(1):201–206 (2014).
5. Dang V. C., Kubo M., Sato H., Shirakawa T. Namatame A.: Anomaly stop detection by smartphone, *J. Robot. Netw. Artif. Life* 1:2–6 (2012).
6. Dang V. C., Kubo M., Sato H., Shirakawa T., Namatame A.: Occupancy grid map of semi-static objects by mobile observer, *Artif. Life Robotics*, 20(1):7–12 (2014).
7. Shirakawa T., Sato H., Ishiguro S.: Constrcution of living cellular automata using the Physarum plasmodium, *Int. J. Gen. Syst.*, 44(3):292–304 (2015).
8. 大用庫智, 市野学, 高橋 達二: 緩い対称性を持つ因果的価値関数の認知的妥当性と N 本腕バンディット問題におけるその有効性, 人工知能学会論文誌, 30(2):403–416 (2015).
9. 太田 宏之, 甲野 佑, 高橋 達二: 線条体ニューロンの持続的発火と強化学習, 2014 年度人工知能学会全国大会(第 28 回)) 予稿集, 2N5-OS-03b-4 (2014).
10. Uragami, D., Ohta, H.: Multilayered neural network with structural lateral inhibition for incremental learning and conceptualization, *Biosystems*, 118:8–16.
11. Kamiura, M.: Parix: An Index for Causal Induction As Extended Paris/Jaccard Index, *Proceedings of the SICE Annual Conference (SICE)*, 872–876 (2014).
12. Nishiyama, Y., Kato, K., Kawasaki, K., Nagasawa, M., & Hasegawa, I. "Developing a system to cover OTHER via rudimentary objective–subjective distinction." *Artificial Life and Robotics* 19(2):181–185 (2014).
13. K. Sawa, Y.P. Gunji, An emergence of formal logic induced by an internal agent, *BioSystems*, 124:39–45 (2014).
14. Sasai, K.: A Review of Morphological Computation from a Perspective of Hetearchy," In Helmut Hauser, Rudolf M. Füchslin, Rolf Pfeifer (eds.), *Opinions and Outlooks on Morphological Computation*, ISBN 978-3-033-04515-6, 2014.
15. Sasai, K., Gunji, Y.P., Kinoshita, T.: Heterarchical Interaction Model for Auction-based Multiagent Negotiation Mechanism, In *Proc. of The 2014 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT2014)* (2014).
16. Sasai, K., Gunji, Y.P., Kinoshita, T.: Collective behavior in the agent-based market model with framing heuristics, In *Proc. of The Twentieth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015 (AROB 20th 2015)*, 849–852 (2015).
17. Murakami, H., Tomaru, T., Nishiyama, Y., Sonoda, K., Moriyama, T., Gunji, Y.P.: Collective behavior of soldier crab swarm in both ring- and round-shaped arenas, In *Proc. of The Twentieth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015 (AROB 20th 2015)*, (accepted)
18. Tomaru, T., Murakami, H., Nishiyama, Y., Sonoda, K., Moriyama, T., Gunji, Y.P.: Information flow in a swarm of soldier crabs, *Proc. of The Twentieth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015 (AROB 20th 2015)*, (accepted)
19. Sonoda, K., Murakami, H., Niizato, N., Gunji, Y.P.: Propagating waves in flock: a simulation study, In *Proceedings of European Conference on Complex Systems* (2014). (accepted)
20. 園田耕平, 児玉謙太郎, 右田正夫, 森山徹, 郡司ペギオ幸夫: , ヤドカリにおける慣性モーメントの知覚, 第 15 回（社）計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演論文集, 0895–0896 (2014).

採択回数	1	2	3

（先端・国際）

採択番号 Ｈ２５／Ａ１３

「場」と対人コミュニケーションに関する研究

［1］組織

代表者：大坊 郁夫
（東京未来大学）
対応者：北村喜文
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
大坊 郁夫（東京未来大学）
大森 慈子（仁愛大学）
市野 順子（電気通信大学）
山口 徳郎（沖電気工業株式会社）
伊藤 雄一（大阪大学）
月田 有香（Numenia LLC）
藤原 健（大阪経済大学）
横山 ひとみ（東京農工大学）
James Young (University of Manitoba)
Ehud Sharlin (University of Calgary)
高嶋 和毅（東北大学 電気通信研究所）

延べ参加人数：16 人

研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 29 万 5 千円
国際特別支援分 30 万円

［2］研究経過

東北大学電気通信研究所で試作しているメディアスペースを活用して，様々な情報コンテンツの提示やそれらの変化が対人コミュニケーションに与える影響を，情報科学，社会心理学，空間デザイン学の分野の研究者，さらに実社会で活躍しているコミュニケーショントレーナーの協力により調査する．具体的には，メディアスペースで複数の人が会話を行う「場」の状態をセンシング・解析し，様々な機器や方法によって提示される情報コンテンツと対人コミュニケーションの質の間の関係を明らかにする．

本プロジェクトは，23 年度から共同プロジェクト（タイプ B）スタートしたものであり，昨年度からは（タイプ A）へ発展させ，これまでの議論や成果をもとに，研究活動を実施している．今年度は，昨年に引き続き，即興劇にもとづくインプロの効果を非言語的行動から分析する活動，および北村研究室が電気通信研究所へ移動するのに伴い，新たなメディアスペースを設計するための空間デザインに関して重点的に研究した．また，空間と情報技術をテーマに研究会を開き，什器メーカーなど関連する企業の研究者や，建築学科の研究者とも情報共有の場を設け，それらを経て様々な設計空間について検証した．具体的には以下の３点に関する成果がある．

１．26 年度共同プロジェクトの成果発表

昨年度の共同プロジェクトにて議論を進めた関連する研究成果をまとめ，発表した．

２．インプロ　コミュニケーショントレーニングの評価実験のデータ解析および成果発表

昨年度，同共同プロジェクト内で実施したインプロにおける集団議論に与える影響の実験的調査について成果発表した．ここでは，8 人のインプロ中の行動（発話，腕の動き，身体の移動）をセンサで取得し，体験者の主観的評価との関連を調査した．解析の結果の一部を発表した．

３．メディアスペースの設計と空間デザインに関する研究会

2015 年 1 月に北村研が通研本館に移動するに伴い，全ての機能を更新したメディアスペースを構築した．また，それに関連して 2015 年 3 月に「人と空間と情報技術」研究会を開催し，建築など様々な研究者と意見交換をした．これらの一部は，メディアスペースの設計および設定に応用済みである．

［3］成果

（３－１）

１．26 年度共同プロジェクトの成果発表のまとめ．
成果欄を参照．

２．インプロ　コミュニケーショントレーニングの評価実験のデータ解析および成果発表

解析の結果，インプロを実施する前と後では，チームに対する意識が大きく変わることがまず明らかになった．実験では，インプロの前後に議論フェー

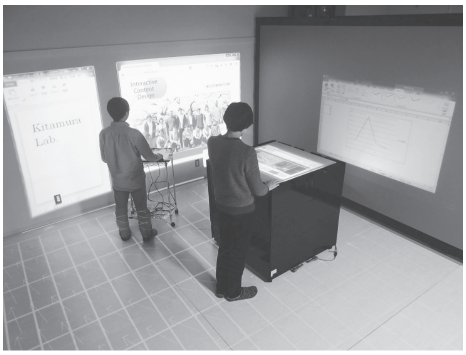
ズを取り入れており，そのインプロ前後の議論におけるコミュニケーション力についても検証した．その結果，インプロ後の議論の方ほうが，表現力（例えば腕を動かす頻度やその大きさ）が大きくなる傾向があり，かつサンプルはまだ十分ではないにせよ，一度の発話が長くなる傾向が確認できた．

今後さらに解析は続けるが，これまでの結果からも，インプロの有用性は十分に説明することができた．この成果は，電子情報通信学会コミュニケーション基礎研究会で発表したところ，数件の質問があるなど反響もあり，そのコミュニティには好意的に受けとめられたと考えている．現在，論文誌などレベルの高いものへ向けて再解析，および追加実験の立案中である．

（成果欄１参照）．

３．メディアスペースの構築

電気通信研究所本館，北村研内にメディアスペースを構築した．一号館にて運用してきたものから，ディスプレイの数，スクリーンの配置や大きさ，センサの配置の自由度，部屋全体の大きさなどあらゆる面での更新がなされている．インプロのような心理学実験の手続きを円滑にするために，実験者が実験風景を観察できるハーフミラーを設置した小部屋なども用意した．これらは，これまで共同研究プロジェクトで協力体制にある心理学実験室におけるノウハウなどを取り入れたものである。また，壁面ディスプレイやロボット型ディスプレイが自由に配置できるような工夫もあり，様々なプロトタイプの実装についても円滑にできるようになっている．



新メディアスペースの設定例

人と空間と情報技術の研究会

3 月 13-14 日の二日間,「人と空間と情報技術の研究会」というタイトルで,通研にて研究会を開催した．ここでは，音源，建築，什器，スマートオフィス，情報技術，そしてコミュニケーショントレーニングに関する研究者やエンジニアが集まり，人間性豊かなコミュニニケーションを実現するための，人，空間，そして情報技術の融合について議論した．研究会では，以下のような発表プログラムが組まれた．

■ 3 月 13 日(金)

北村喜文（通研）
知的共創活動の生産性向上のための人・空間協働システム

米澤 一造（株式会社富士通ソーシアルサイエンス）
富士通 SSL のオープン・イノベーション活動について

坂本修一，大谷智子（通研）
先端音情報システムからの話題提供

足立智昭（宮城学院女子大学）
亀裂の入った心の安全空間で子供の遊びの質を高める〜新しい積み木型インタフェースを利用して〜

大坊 郁夫（東京未来大学）
コミュニケーション・スキル・トレーニングで目指すこと

月田 有香（ヌーメニア合同会社）.
横山ひとみ（東京農工大学）
即興劇(インプロ)によるコミュニケーショントレーニング

■ 3 月 14 日(土)

唐山 英明（富山県立大学 工学部）
集団同時脳波計測の可能性

伊藤 雄一（大阪大学 大学院情報科学研究科）
無意識インタフェースの構築

本江 正茂(東北大学 大学院工学研究科 都市・建築学専攻)
働く場所をつくりだすデザイン・パースペクティブ

藤田 和之（株式会社イトーキ ICT ソリューション企画推進部）
イトーキと ICT

市野 順子（香川大学 工学部 電子・情報工学科）
公共空間にあるディスプレイの角度がソーシャルイ

ンタラクションに与える影響

藤原 健（大阪経済大学 人間科学部 人間科学科）
コミュニケーションの“波”を捉える

山口 德郎（沖電気工業株式会社 研究開発センタ）
遠隔オフィス同士をつなぐコミュニケーション

臼井 昭子（通研）
インタラクティブコンテンツと美術鑑賞(仮)

研究会の様子

紹介のあった空間デザインに関する研究成果
（左: ITOKI Ambient facilitator, 右 Sendai design school における実証実験

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは，共同プロジェクト（タイプB）から引き続く四年目のものであり，過去の成果を順に更新しつづけているものである．昨年からはタイプAとし，実際に実験を計画し，システム構築，実験実施，そして解析といった研究プロセスを学外研究者と共有することで，これまでの交流を飛躍的に発展させることができている．特に，本研究の構成員は，年齢層やその専門分野が様々（情報，心理学等）であり，分野をまたいだ交流をさらに充実させることができた．また，この点は，今年度，複数の企業の研究者やエンジニアも交えることができ，実問題を意識下実践的研究のために，非常に大きな成果であると考えている．

本研究でも議論の対象としたインプロというトレーニング法は，最近，急速に普及しつつあるものであり，多くの企業や組織の注目は非常に高い．本共同プロジェクトの成果や，今後の推進によって，情報技術・インタラクティブシステムの研究者，対人社会心理学研究者，コミュニケーショントレーニングの現場を結んだ萌芽的かつ実用的な研究領域へと発展する可能性は高いと言える．

今年度は，国際支援費により，メディアスペースの設計，構築および運用に関して重要な成果をあげることができた．特に，メディアスペース内でのセンサーシステム関連を充実させることができたため，本年度の成果でもあるインプロのセンシングシステムの実装や本共同プロジェクトに関わる国際共同研究（Ehud Sharlin，James Young らいずれもカナダの大学の研究者）の成果に大きく貢献した．これらを元に，様々な実験や新たなデバイスを実装するとともに，関連する研究者，企業とともに，大型予算プロジェクト獲得に向けた検討をしてゆく予定である．

［4］成果資料

共同研究プロジェクトに対する謝辞のあるもの

月田 有香, 高嶋 和毅, 横山 ひとみ, 市野 順子, 伊藤 雄一, 大坊 郁夫, 北村 喜文, 即興劇（インプロ）によるコミュニケーショントレーニングが集団討論場面に与える影響, 電子情報通信学会研究技術報告, Vol. 114, No. 67, HCS2014-25, pp. 193-198, 2014 年５月.

共同研究プロジェクトに関連するもの

浅利 勇佑, 坂本 登, 高嶋 和毅, 横山 ひとみ, エフッド シャーリン, 北村 喜文, MovemenTable: 複数の自律移動型インタラクティブデジタルテーブルの設計と評価, 情報処理学会インタラクション 2015, 2015 年３月.

宮崎 陽平, 伊藤 雄一, 藤原 健, 高嶋 和毅, 尾上 孝雄, SenseChair による会 話者 間の 同調傾向検出, 情報処理学会インタラクション 2015, pp. 47-53, 2015 年２月.

ステラ セオ, 高嶋 和毅, ジム ヤング, 北村 喜文, Alerting Users by Animating Content on a Transforming Tabletop Interface, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, pp. 101-104, 2014 年９月.

採択回数	1　②　3

（萌芽）

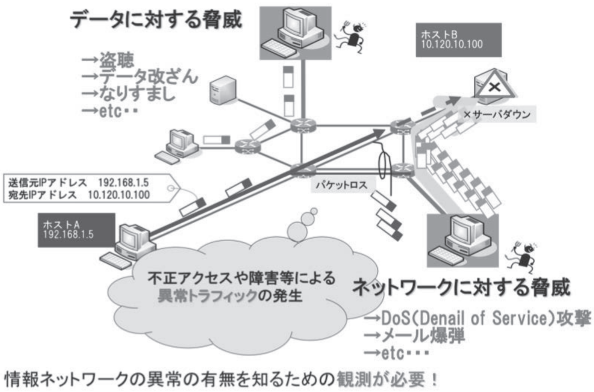
採択番号（H25／A15）

ネットワークの知的管理のための情報取得・活用に関する研究

［1］組織
代表者：岩谷　幸雄
（東北学院大学工学部）
対応者：木下　哲男
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
北形　元（東北大学電気通信研究所）
五十嵐　隆治（秋田大学工学資源学研究科）
高橋　秋典（秋田大学工学資源学研究科）
上田　浩（京都大学学術情報ﾒﾃﾞｨｱｾﾝﾀｰ）
笹井　一人（東北大学電気通信研究所）
横山　洋之（秋田大学工学資源学研究科）
藤原　克哉（秋田大学工学資源学研究科）
小原　仁（秋田大学工学資源学研究科）
今野　将（千葉工業大学工学部）
矢入　聡（仙台高等専門学校）
打矢隆弘（名古屋工業大学情報基盤ｾﾝﾀｰ）
久米原　栄（群馬大学総合情報ﾒﾃﾞｨｱｾﾝﾀｰ）
奈須野　裕（苫小牧工業専門学校）
延べ参加人数：３０人
研究費：物件費 19 万１千円，旅費 30 万１千円

［2］研究経過

情報ネットワークシステムは，現在なくてはならない重要なインフラであり，その利活用については，国内においても政府（総務省）の e-Japan ならびに u-Japan が構想されるなど，今後も我が国のイノベーションを支える大きな柱であることは間違いない。しかし，インターネットの発展・普及は正と同時に負の側面をも助長している。サイバーテロによる危機，フィッシングなどの詐欺被害，一部のヘビーユーザーによる帯域圧迫，ファイル交換ソフトによる著作権侵害などが負の側面である。これらの危機に備えるため，ネットワーク管理者は管理対象のネットワークの状態を把握する必要がある。これらの把握については，マニュアルや教科書に書いてあるような一般的な管理知識の他に，そのネットワーク固有の特性や構成に関する知識も必要となる。さらに，問題が起こったときの原因追及に至っては，管理者の経験やノウハウも必要である。このように，実際のネットワーク管理を考えると，通り一辺倒な管理システムでは対応できないことが分かる。つまり，ネットワーク上のデータは，分散的な情報として扱うべきであり，これらの情報を駆使して管理を行うためには，知的な処理が必要となる。そこで本研究では，分散システムとしてネットワークをとらえ，



それを管理するための情報・知識取得とその活用方法について検討することを目的としている。

図１：研究背景の概念図

特にトラヒックの観点からは，「不正検知」として知られるように，シグネチャ（定義された不正行動）をデータベース化して登録し，パケットの動向とデータベースのパタンマッチングにより，具体的な異常現象を捉えることが主流である。一方，ネットワークの具体的な事象をとらえるのではなく，医者が患者に対して聴診器をあてるがごとく，聴診器のように異常の潜在性をとらえることで，人間の管理者を支援するという立場がある。これは，「異常検知」に分類され，過去の統計データなどで通常の行動の傾向（プロファイル）を記録し，そのデータと大きく外れた挙動を異常状態として検知するものである。我々は，後者の立場に立ち，ネットワークのトラヒックの挙動を統計的にとらえ，通常状態からの逸脱の発見をして，ネットワーク管理者にトリガをかけることが真の意味で，ヒューイスティックな管理を支援することにつながると考え研究を進めている

(図１)。

東北大学電気通信研究所木下研究室を中心に，各研究者が随時訪問し，研究打合せを行っている。また，東北大学電気通信研究所工学研究会：先進的情報通信工学研究会と共催で，研究発表会を平成 26 年 11 月 12 日に開催した。

【プログラム】

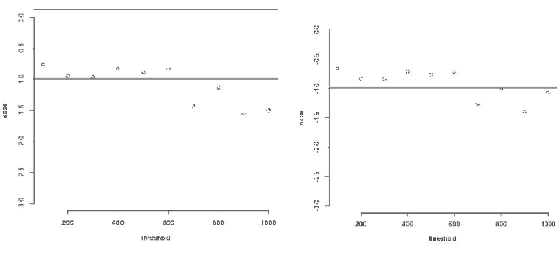
1. キャッシュの有効性に着目した PC 端末一斉起動時のネットブート トラフィックに関する考察：上田 浩(京都大学)
2. 回帰更新を用いた可用帯域とリンク容量の同時推定技術の提案：作山貴洋，加藤陽介，小原仁（秋田大学)
3. Simple network monitoring for security : Hiroshi Tsunoda(Tohoku Inst. of Technol.), Glenn Mansfield Keeni(Cyber Solutions Inc.)
4. エンドユーザを対象としたトラフィックの可視化に関する研究：竹原里紗，髙橋秋典，五十嵐隆治（秋田大学)，上田　浩（京都大学)，岩谷幸雄（東北学院大学)，木下哲男（東北大学)
5. プライバシーポリシーを考慮したトラフィックデータ情報提供システムに関する研究：高橋俊彦, 髙橋秋典, 五十嵐隆治 (秋田大学)，上田　浩（京都大学)，岩谷幸雄（東北学院大学)，木下哲男（東北大学)
6. 知識型ネットワーク管理システムにおける異常検知機能の開発：中橋修平，谷村優介，笹井一人，北形元，木下哲男(東北大学)

［３］成果

（３－１）研究成果

A) 相転移モデルの挙動の変化の実時間観測：過去の研究からネットワークの輻輳への転移をする際に，長期依存性が表れるとする相転移モデルが提唱されている。本研究では，このモデルを輻輳していない時に適用したときに，トラヒックの統計的性質を観測する手段に使えるのでは無いかという仮定を設け，実際のトラヒックフローへ適用した。その結果，DDoS 攻撃されている時の相転移モデルの観測結果は，定常時のものと比べて変化する可能性があることが示唆されていた。本年度は，相転移モデルの挙動変化を実時間で観測できるプログラムを開発した。本プログラムでの観測結果とオフラインでの観測結果の相関を確認し，正常に動作していることを確認できた。本プログラムは，東北大学等で開発したエージェント開発環境 IDEA を用いてネットワーク観測エージェントとして実装する予定である（図２）。

B) 知識型ネットワーク管理エージェントシステムの開発：東北大学ではネットワークの状態や，管理知識を能動的情報資源(Active Information Resources: AIR)の概念を用いてマルチエージェントシステムとして実装および評価を行った。



(a) プログラム解析結果　　(b) オフライン結果

図２：実トラフィックの解析結果の比較

C) 直感的なトラフィックの可視化，観測方に関する研究：ネットワークの観測および観測結果の解釈については，高度な知識とノウハウが必要となる。秋田大学では，さまざまなレベルの管理者に対応するため，直感的にトラフィックの状態を提示できるシステムの開発を検討した。

D) プライバシーポリシーを考慮したトラフィックデータの取り扱いに関する研究：トラフィックの解析ではシミュレーション的にトラフィックを生成した実験のみならず，実トラフィック上での検証が必要となる。しかし，個々のネットワークでは通信の秘匿性を担保するためにプライバシーポリシーが設定されている場合が多く，トラフィックデータの研究的な取り扱いは十分に注意を払うべきである。秋田大学および京都大学等では，参加研究者が個々のネットワークを管理者であるため，実トラフィックを取り扱うことができる。これらのデータをどのように扱うべきかについて，実践的な検討を行っている。

３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究に関連する分担者の多くは，各大学でネットワーク管理に携わる者が多く，管理に関する知識やノウハウ獲得に関する多くの知見が獲得できるものと考えている。ネットワークの規模とその使われ方，すなわちユーザーパターンにも影響される。具体的にはネットワークが設置されている機関（教育機関，研究機関，行政機関など）毎に異なると考えられる。この機関依存のネットワーク特性の異同も

検討する。本プロジェクトでは，東北大学電気通信研究所，東北学院大学，秋田大学，京都大学，苫小牧高専，千葉工業大学，名古屋工業大学のメンバーから参加するため，機関依存のネットワーク特性および研究室レベルから大学組織といったスケーラブルのある検討も期待できる。

また以上の知見を，東北大学電気通信研究所で実施されているネットワーク管理支援システムへ資する「能動的情報資源(Active Information Resource: AIR)」の一要素としての活用も視野に入れている。今後，連携をさらに深め，大型研究資金へのアプライも検討していく。

［4］成果資料

1. Yuki Kishigami, Takahiro Uchiya, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita "Proposal of Snapshot Management Mechanism for DASH Agent Framework," Proc. of the 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.501-505, Aug. 2014.
2. Tetsuo Kinoshita, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, “User-Oriented Information Delivery System Using Active Information Resources,” Advanced and Applied Convergence Letters (AACL 03), pp.240-243, Nov. 2014.
3. 谷村優介, 笹井一人, 北形元, 木下哲男, "能動的情報資源に基づく応急的ネットワークサービスの管理運用支援," モバイルネットワークとアプリケーション研究会（MoNA）, pp.19-24, Sep. 2014.
4. 中橋修平，谷村優介，笹井一人，北形元，木下哲男，"知識型ネットワーク管理システムにおける異常検知機能の開発," 第 10 回先進的情報通信工学研究会, Nov. 2014.
5. 打矢隆弘, 小田大輔, 内匠逸, 高橋秀幸， 木下哲男, "分散環境におけるマルチエージェントシステムの管理運用機構," マルチメディア, 分散，協調とモバイル(DICOMO2014)シンポジウム論文集, pp.53-60, July 2014.
6. 髙橋秋典，高橋俊彦，五十嵐隆治，上田浩，岩谷幸雄，木下哲男，"情報セキュリティーポリシーを考慮したネットワークトラフィック統計データ提供システムに関する検討", 第 77 回情報処理学会全国大会，p.5E-04，March, 2015.
7. 加賀谷享諒, 髙橋秋典, 五十嵐隆治, 上田浩，岩谷幸雄，木下哲男，"R/S Pox レッグライン特性を用いたトラフィック異常検知に関する研究," 平成26年度第1回情報処理学会東北支部研究会，p.3，Dec. 2014.
8. 竹原里紗，髙橋秋典，五十嵐隆治，上田浩，岩谷幸雄，木下哲男，"レーダー画像をイメージしたトラフィック状態マッピング手法に関する研究," 平成26年度第1回情報処理学会東北支部研究会，4，Dec. 2014.
9. 加賀谷享諒, 髙橋秋典, 五十嵐隆治, 上田浩，岩谷幸雄, 木下哲男, "R/S Pox レッグライン特性を用いたトラフィック異常検知に関する研究," 平成 26 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, p.2G15, Aug. 2014.
10. 竹原里紗，髙橋秋典，五十嵐隆治，上田浩，岩谷幸雄, 木下哲男, 加藤匠, 高橋秀幸, 木下哲男, "エンドユーザを対象としたトラフィックの可視化に関する研究," 平成 26 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, p.2G16, Aug. 2014.
11. 高橋俊彦，五十嵐隆治，髙橋秋典，上田浩，岩谷幸雄，木下哲男，"プライバシーポリシーを考慮したトラフィックデータ情報提供システムの構築," 平成 26 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, p.2G17, Aug. 2014.
12. 稲次優斗, 鈴木康平, 岩谷幸雄, 及川直哉, “相転移モデルを用いたリアルタイムパケットフロー監視システム”， 平成 27 年東北地区若手研究者研究発表会，pp. 303-304.
13. Yuto Inaji, Yukio Iwaya, Akinori Takahashi, Ryuji Igarashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “Behavior of Phase Transition Model in Information Network Traffic Attacked by Denial of Service,” Proc. of Int. Conf. on Smart Technologies for Energy, Information, and Communication, 2014, pp. 19-24.
14. 稲次優斗，岩谷幸雄，五十嵐隆治，髙橋秋典，“DoS 攻撃を受けた情報トラフィックにおける相転移モデルの挙動，”平成 26 年度電気関係学会東北支部連合大会，1F05, Aug. 2014.
15. 上田 浩, 石井 良和, 外村 孝一郎，植木 徹，“ネットブートのキャッシュの有効性に着目した教育用端末トラフィックの評価，” Vol. 2015-IOT-28(27)情報処理学会研究報告，pp. 1-9 .
16. 稲次優斗，岩谷幸雄，髙橋秋典，五十嵐隆治，木下哲男，“相転移モデルを用いた情報ネットワークの健全性判別，”東北学院大学工学総合研究所紀要，掲載決定，2015.

採択回数	1	2	3

（萌芽・先端）

採択番号H26／A01

グラフェンを用いた光電子デバイスの研究

［1］組織

代表者：内野　俊
（東北工業大学工学部知能ｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ学科）
対応者：尾辻　泰一
（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：7人

研究費：物件費19万1千円，旅費0円

［2］研究経過

カーボンナノ材料であるグラフェンは高移動度、高電流密度耐性、フレキシビリティー等の特性から高性能・高機能デバイスへの応用が期待され、近年ますますその重要性が増している。そこで、グラフェン特有の光学的・電気的特性を利用したナノ情報デバイスを創成することを目的として本プロジェクトを実施した。本プロジェクトは、本年度が初年度である。

グラフェンデバイスは、金属／グラフェン間の接触抵抗が大きいため、期待される高性能を得ることが難しいことが知られている。そこで、本年度はデバイス作製プロセスの改善により、低接触抵抗技術を開発した。次に、これまでの成果を踏まえながら、接触抵抗のグラフェンFETへ影響を系統的に調べた。そして、本技術を用いてグラフェントンネルFETを試作した。以下に研究活動状況の概要を記す。試料の作製は、東北大学電気通信研究所および東北工業大学のクリーンルームで行なった。完成した試料の電気的測定を尾辻研究室、デバイス構造解析を東北工業大学において行った。実験および解析は、平成26年5月から平成27年2月にかけて4回／月の頻度で行い、研究成果を応用物理学会春季大会および共同研究プロジェクト研究発表会で発表した。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。まず第1に、金属／グラフェン間の接触抵抗低減を目的として、グラフェン表面をAl_2O_3膜で保護し、Pd電極形成直前にプラズマ処理を行った結果、正孔移動度910 $cm^2/V{\cdot}s$を得た。第2に、横型グラフェントンネルFETを作製した。

金属／グラフェン間の接触抵抗が高い原因として、デバイス作製中に発生するフォトレジストの残渣が考えられる。本研究では図1に示すように、フォトレジストの残渣の影響を取り除くためにグラフェン表面をAl_2O_3膜で保護し、電極形成前にプラズマ処理を行った。比較のため、表1に示すプロセス条件の異なる試料を作製した。

本研究では、接触抵抗をTLM法を用いて評価した。また、正孔移動度をバックゲートFETの電流・電圧特性と酸化膜基板のC-V特性から求めた。

図2にバックゲートグラフェンFETの電流・電圧特性を示す。試料1と試料3を比較すると、プラズマ処理で接触抵抗が低下したことによりON電流が改善した。更に、Al_2O_3膜でグラフェンを保護した試料では、ディラック点が低電圧側にシフトした。これは、Al_2O_3膜形成中にドーパントが取り込まれたためと考えられる。試料4は、グラフェンとAl_2O_3膜の界面でキャリアが散乱されたためシート抵抗が大きくなるが、低接触抵抗が得られたことにより未処理の試料1と比較して約2倍のON電流が得られた（図3)。

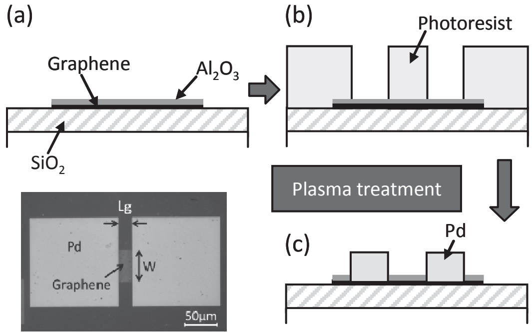


図1 デバイス作製プロセスの概略

表1 試料作製条件

試料	プラズマ処理（Ar/O_2=34/17 sccm）	Al_2O_3保護膜	Tox（nm）	Si基板
#1	なし	N/A	285	P=$10^{20}cm^{-3}$
#2	100 W, 1s	N/A		
#3	50 W, 3s	N/A		
#4	50 W, 3s	12 nm		
#5	100 W, 1s	12 nm		

図4に酸化膜基板(Tox=285 nm)のC-V特性、図5に図中の式を用いて求めた正孔移動度の電圧依存性を示す。ゲート電圧Vg=20 Vで最大正孔移動度910 cm²/V·sを示した。

表2にバックゲートグラフェンFETのデバイスパラメータの測定結果をまとめて示す。プラズマ処理とAl_2O_3保護膜を併用することにより、接触抵抗を従来の1/10以下に低減し、Ion/Ioff比を改善することができた。

次に、横型グラフェントンネルFETの試作を行った。図6に提案デバイスの概念図と動作原理を示す。本デバイスは、ゲート絶縁膜Al_2O_3をグラフェンで挟んだ構造で、グラフェン間に流れるトンネル電流をゲート電圧で制御するスイッチ素子である。

図7に作製したデバイスの光学顕微鏡写真とその断面模式図を示す。ソース／ドレイン電極を前述の低接触抵抗技術を用いて作製し、トンネル領域は電子線描画を用いてパターンニングした後、グラフェンをRIEでエッチングして形成した。次に、ゲート絶縁膜を形成した後、リフトオフでゲート電極を形成した。最小ゲート長は約20 nmである。Al_2O_3ゲート絶縁膜は、Al(膜厚 3 nm) を試料上に堆積した後に自然酸化することにより作製した。本年度は、デバイス作製の条件出しやプロセスの最適化に時間がかかったため試作のみで終了した。来年度はデバイス特性評価を行い、その結果をもとにデバイス作製プロセスのブラッシュアップを行う予定である。

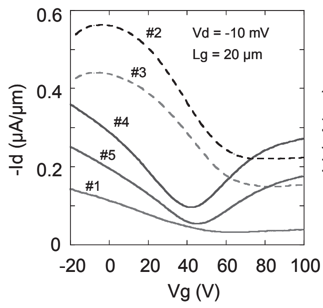


図2 バックゲートグラフェンFETのId-Vg特性

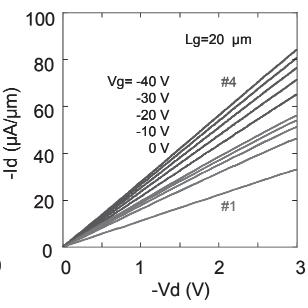


図3 Id-Vd特性の比較

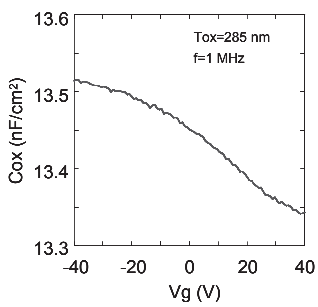


図4 酸化膜基板(Tox=285nm)のC-V特性

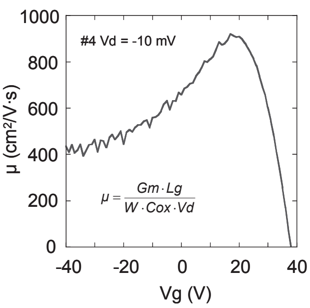


図5 試料4の移動度

表2 デバイス特製のまとめ

試料	Rc (Ω·cm²)	Rs (Ω/□)	μ (cm²/V·s)	Ion/Ioff (−50 V≤Vg≤100 V)
#1	6.1×10^{-5}	500	200	4.2
#2	1.3×10^{-5}	500	740	2.6
#3	−	(500)	300	3.1
#4	5.0×10^{-6}	4200	910	5.0
#5	9.4×10^{-6}	6650	600	8.3

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

金属／グラフェン間の接触抵抗の低減は、グラフェンデバイスを作製する上で重要な課題である。本プロジェクトで開発した接触抵抗低減技術は、グラフェントンネルFETの開発ばかりでなく、様々なグラフェンデバイスの開発に貢献すると考えられる。

本研究では、市販のグラフェン基板を用いたが、今後は独自に開発したエピタキシャル成長単層または2層の単結晶グラフェンを用いてデバイス高性能化を図る。

［４］成果資料

(1) 材料フェスタ in 仙台 (2014 July 仙台国際センター) “カーボンナノチューブ／シリコン・ヘテロ接合ダイオードの電気的特性、” 東北工業大学 内野研究室

(2) 応用物理学会春季学術講演会 (2015 March 東海大学)“接触抵抗改善によるグラフェンFETの高性能化、”小岩 匡、岡 謙吾、末光 哲也、尾辻 泰一、内野 俊

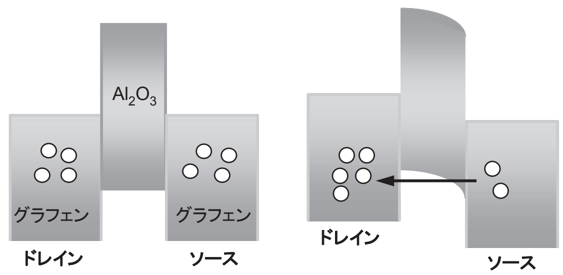


図6 グラフェン・トンネル電界効果トランジスタのエネルギーバンド図
(a)オフ状態 Vg = 0, Vd = 0、(b)オン状態Vg < 0, Vd < 0

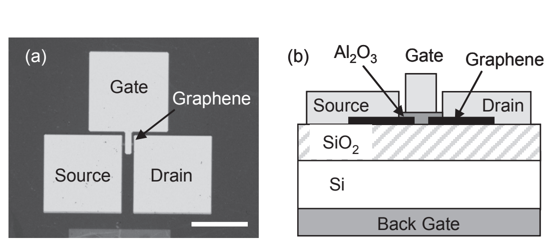


図7 (a)グラフェントンネルFETの光学顕微鏡写真と(b)その模式断面図

採択回数	① 2 3

（先端）

H26/A02

走査型非線形誘電率顕微法による層状構造圧電薄膜の極性評価

［1］組織
代表者：小田川　裕之
（熊本高等専門学校）
対応者：長　康雄
（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：2人

研究費：物件費19万1千円，旅費15万円

［2］研究経過

圧電体や強誘電体は、超音波デバイス、アクチュエータ、焦電デバイス、光デバイス、記録デバイス等に広く用いられている。これらのデバイスでは、材料開発の他に、極性（分極）を意図的に反転させた構造を用いることが高性能化への一手段となる。最近、名工大の柳谷らはZnOやAlN等の圧電薄膜をスパッタリングで成膜する際、条件を制御することで極性を変える技術を開発し、研究を進めている。この技術が確立すれば、積層型の微細な極性反転構造が作製可能となり、また、マイクロ・ナノマシン（MEMS）技術との融合も可能であるため、次世代の圧電デバイスの開発に大きく貢献するものと期待される。これらの研究を推進するために、SNDMを応用して、層状構造の極性反転層を非破壊で評価する技術を確立するのが本研究の目的である。

一般に、誘電体試料に接触した探針下の電界分布は、試料と探針との接触点部分に集中することが知られているが、SNDMでは更にその電界の2乗に比例して信号が得られるため、特に接触点からの距離が非常に狭い領域のみの情報を観察することになる。このため、SNDMは面内で非常に高分解能に分極の観察が可能である。また、測定の深さについても、電界が表面付近に集中しているため、試料の表面付近の情報のみを測定している。この電界分布は、試料の誘電率と探針半径に依存し、探針半径が小さい程、また、誘電率が大きいほど探針直下に集中する。

この特性を用いると、探針半径を適切に変えてSNDMの測定を行うことで、分極分極反転層の面内からの深さを推定することが可能であると考えられる。即ち、極性によってSNDM信号の符号が反転するので、探針半径が層の厚さに対して十分に大きければ、基板の内部まで電界が生じ、表面の反転層よりも基板内部の分極を反映した信号が出力されることになり、逆に層の厚さに対して探針半径が小さければ、層の部分の極性のみを反映した信号が出力されることになる。更に、反転層の深さと電界分布が同程度の範囲となる探針半径である場合には、信号強度や符号はその層の厚さに応じて敏感に変化することが予想される。この様子を模式的に表したのが図1であり、本測定の基本原理を表す概念図である。

本年度は、図1の考え方に基づき、探針半径と資料の比誘電率、及び、反転層の深さの関係を、電気影像法によってシミュレーションした。また、実際にいくつかの実験を行い、本手法の有効性を調べた。

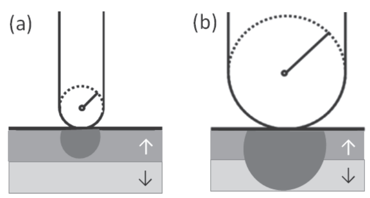


図1　探針半径と測定深さの関係の模式図
(a)　探針半径が小さいとき
(b)　探針半径が大きいとき

［3］成果

（3－1）研究成果

電気影像法によってシミュレーションした結果を以下に示す。図2、3は、探針半径で規格化した反転層厚と信号強度の関係である。横軸が探針半径で規格した反転層厚であり、縦軸はSNDMの出力を最大値で規格化した値である。この図は比誘電率それぞれ30及び300の例である。

SNDMでは、非線形誘電率ε_{333}と同時に高次の非線形誘電率であるε_{33333}も測定が可能である。前者の出力は電界分布の2乗に比例し、後者の出力は

電界分布の4乗の比例するため、測定する深さの範囲が異なる。ここでは両者について計算している。図3、4から、探針半径を固定して考えた場合、反転層深さが厚い場合は上の層のみを測定しており、反転層深さが浅い場合は下の層の極性を反映した出力が得られることがわかる。

その中間の範囲では深さが変化するにつれて徐々に信号強度が弱まって信号が0になり、その後符号が反転していくことがわかる。この信号が変化していく範囲が、測定可能な反転層厚であると言える。この測定可能な反転層厚は、ε_{333}よりε_{33333}の方が浅いこと、また、比誘電率が大きい方が浅いこと確認できる。

図5は、SNDM信号が0となるときの反転層厚と、比誘電率の関係をプロットしたものである。このグラフより、試料の比誘電率とおよその反転層厚がわかれば､測定に用いるべき探針の半径がわかる。

これらの結果と標準試料を用いてプローブを校正し、実際にScドープAlNの反転層厚の2次元分布を求めた結果を図6に示す。図の測定範囲は3mm角である。縦軸は反転層厚（μm）である。この結果が示すように試料の端で反転層厚が薄くなっていることが観察されている。求められた反転層の厚さの精度についての議論は、今後探針の接触圧の制御をするなど課題があるため、来年度以降に検討していく必要がある。

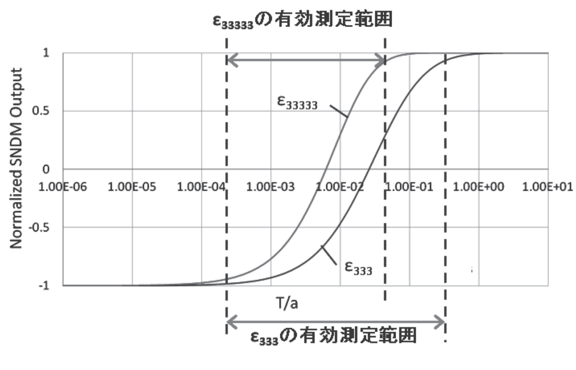


図3　探針半径で規格化した反転層厚と信号強度のシミュレーション結果（比誘電率30の場合）

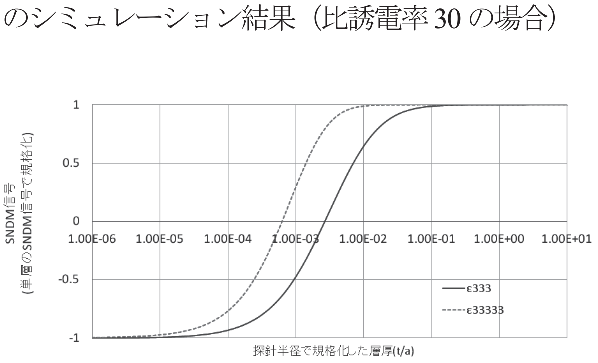


図4　探針半径で規格化した反転層厚と信号強度のシミュレーション結果（比誘電率300の場合）

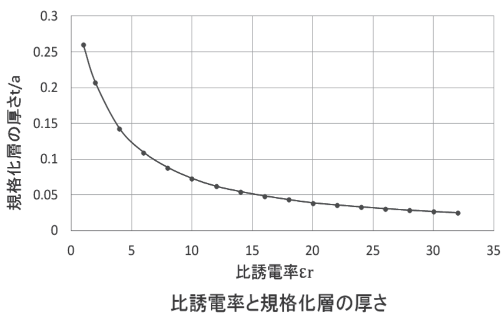


図5　SNDM信号が0となる反転層厚と比誘電率の関係

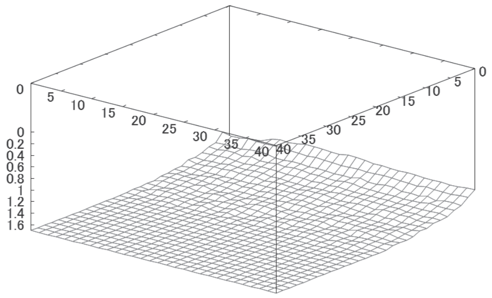


図6. 測定したScAlNの反転層厚の分布

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究の成果は、分極反転構造を利用したデバイス研究の進展に寄与するものであり、将来、MEMS技術と融合して移動通信用の高周波フィルタ、センサ、アクチュエータ、医療用のトランスジューサ等へ応用されることが期待される。

また、今年度の結果は圧電体の極性反転構造を評価するものであるが、本研究は圧電体の極性だけでなく積層状構造になっている試料に広く応用が可能である。そのために、探針の押し込み量を高次の非線形誘電率の同時測定を用いるなど、来年度以降も研究を継続する予定である。

［4］成果資料

（1）H. ODAGAWA, K. TERADA, T. YANAGITANI and Y. CHO, "Measurement of Polarization Structure in Layered Piezoelectric Thin Films Using Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy", European Conference on Application of Polar Dielectrics 2014, (July 7-11, 2014, Vilnius, Lithuania).

（2）小田川，寺田，西川，柳谷，長，「走査型非線形誘電率顕微法による層状構造圧電薄膜の極性評価」，圧電材料・デバイスシンポジウム2015，(2015年2月18-19日，仙台)，pp. 35-38.

採択回数	① ２ ３

（萌芽・先端）

採択番号　Ｈ２６／Ａ０３

プラズマプロセスによる各種 high-k/Ge 構造の作製と界面近傍のトラップの評価

［１］組織
代表者：岡本 浩
（弘前大学大学院理工学研究科）
対応者：庭野 道夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
庭野 道夫（東北大学電気通信研究所）
室田 淳一（東北大学電気通信研究所）
櫻庭 政夫（東北大学電気通信研究所）
小野 俊郎（弘前大学大学院理工学研究科）
豊田 宏（広島工業大学工学部）
福田 幸夫（諏訪東京理科大学工学部）
王谷 洋平（諏訪東京理科大学工学部）
山中淳二（山梨大学大学院総合研究部）
佐藤哲也（山梨大学大学院総合研究部
延べ参加人数：20 人
研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 28 万 1 千円

［２］研究経過

集積度の限界に差しかかっている Si-MOS デバイスの限界を突破するため、high-k 絶縁膜の導入に続き高移動度チャネル層の導入が必要とされている。チャネル層の候補としては Si より電子と正孔両方の移動度が大きい Ge が最有力候補の１つであるが、従来の Si-SiO_2-MOS 構造に対し、良好な界面を得ることが難しいという問題がある。近年、GeO_2 や GeN_x 界面層を導入することにより最も重要な課題であった MOS(MIS)構造における界面準位密度（D_{it}）の低減が進んでおり、提案者らも ECR (Electron Cyclotron Resonance)プラズマ法やリモートプラズマ源を用いた ALD 法（PA-ALD 法）による絶縁膜形成により、低い界面準位密度を有する Ge-MIS 構造を実現している。ここで興味深い点は、後者の PA-ALD 法によって形成が可能な Al ジャーマネイト絶縁層は、Ge に対して D_{it} フリーの界面を形成できる可能性があることが理論的に予測されていることである[1]。

本プロジェクトは前回までのプロジェクト研究（H20/A03「ECR スパッタによる高誘電体ゲート膜の基板界面品質制御」、H23/A03「原子層レベルで制御された Si 並びに Ge-MIS 構造の作製技術とその界面評価技術の開発」）の成果である、上記の手法による低密度界面準位 Ge-MIS 構造の作製と界面準位密度の高精度な評価手法、界面近傍の絶縁膜中や半導体中に存在するトラップの評価技術を引き継ぐものであり、今回は新たに各種 high-k 絶縁膜/Ge 構造の作製と評価に取り組んでいる。

本プロジェクトの研究活動は前記薄膜プロセスによる Ge-MIS 構造の作製並びに成膜プロセスにおける物理の解明、Ge-MIS 界面並びに界面近傍の特性評価手法の検討、同特性のプロセス条件依存性評価を軸としたものである。メンバー間の通常の打合せは e メールによる紙上会議にて実行し、今年度の最終打合せを東北大学電気通信研究所にて実施した（H27.2 月）。

研究成果は国際会議等による発表で一定の評価を得るとともに、本プロジェクトの目的である高品質な high-k-Ge-MIS 構造の作製方法並びにその評価手法の確立に向けて確かな可能性を見いだした。特に前回プロジェクトから取り組んでいる PA-ALD 法による high-k 膜においては前記 Al ジャーマネイト形成のメカニズムの一端が明らかとなるなどの成果が得られている。この材料系は新たな可能性を有するものと考えており、引き続き ECR プラズマ法による high-k 膜とともに検討を進めていく予定である。

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第１に、PA-ALD 装置のプラズマ生成部と試料の間に金属メッシュを挿入してプラズマ電位を変化させることにより、Al_2O_3/Ge 構造において界面層

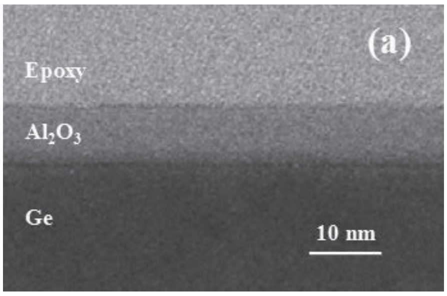
となる Al ジャーマネイト形成の状況が大幅に変化することが明らかになった。また、各種の分析により、Al ジャーマネイト形成のメカニズムの一端が明らかとなった。

第２には、同手法によって作製した Al_2O_3/Ge 構造は成膜後にアニール処理を加えずとも良好な界面準位密度が得られ、*C-V* 特性におけるヒステリシスも極小であるという優れた特性を有することが明らかとなった。

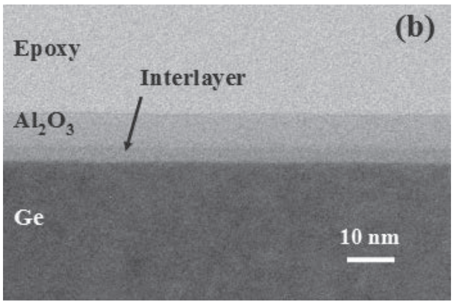
第３には、前記 Al ジャーマネイト界面層の形成状況が異なる試料について界面近傍のトラップ評価を行ったところ、両試料間に大きな差異は見られず当初の予想とは異なる結果が得られた。このことは Al ジャーマネイト形成メカニズムのさらなる検討に向けて有意な情報となった。

以下、順に実験結果をもとに説明する。

図１(a), (b) は金属メッシュあり、なしのプロセス条件において作製された試料の断面 TEM 像である。メッシュありの試料に比べ、メッシュなしの試料においては界面層の存在が明瞭に確認できる。後者について EDX 分析を行ったところ、界面層は組成がグレーデッドに変化する Al ジャーマネイトであることが明らかとなった（図２)。



(a) メッシュあり



(b) メッシュなし

図１．断面 TEM 像

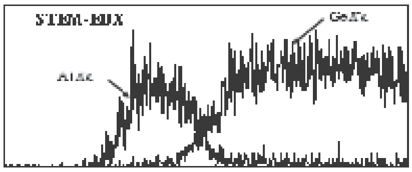


図２．メッシュなし試料の EDX 分析結果

図３は基板位置における Langmuir probing 計測の結果である。金属メッシュを挿入することにより、イオン電流と電子電流が大幅に低減されていることがわかる。さらに電子電流と印加電圧の関係から、このときのプラズマ電位は約５V であり、この電位によるイオン照射エネルギーが Al と Ge 原子の置換反応を促進していることが考察された。

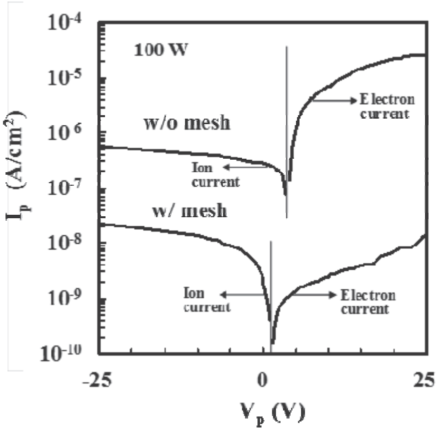


図３．Langmuir probing 計測結果

図４に両試料の *C-V* 特性を示す。成膜条件は基板温度が 300℃、TMA（トリメチルアルミニウム）と酸素ラジカルの供給が 50 サイクルであり、成膜後に熱処理は加えていない。このような低温形成条件で、かつ、As Deposited の状態であるにも関わらず、ヒステリシスが極小の良好な *C-V* 特性が得られていることがわかる。

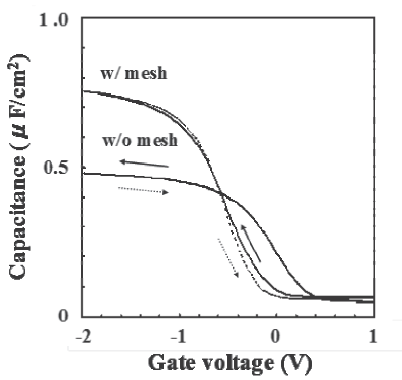


図４．両試料の *C-V* 特性

図５は同試料の DLTS（Deep level transient spectroscopy）スペクトルである。金属メッシュあり、なしの試料間においてスペクトルに大きな差異がないことがわかる。このことは界面近傍に存在する欠陥の種類が類似のものであり、密度にも大きな差がないことを示している。この結果は図１で示した断面 TEM 観察結果からは予想外のものであり、今後、界面をより詳細に分析する必要があることを示唆するものとなった。

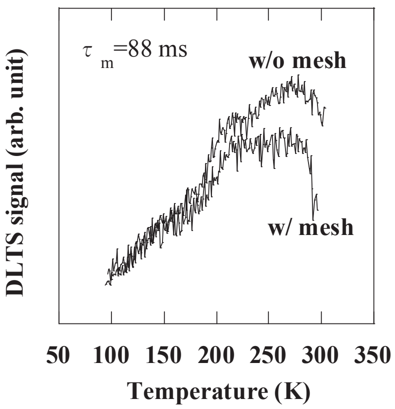


図５．両試料の DLTS スペクトル

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは、多方面からのアプローチが可能であることが強みとなっている。次世代の高性能 CMOS デバイスの実現に向け、作成、評価技術、並びに Ge 界面とその近傍の物理の解明に向けた発展が期待される。

［４］成果資料

（１）Y. Otani, K. Yanachi, H. Ishizaki, C. Yamamoto, J. Yamanaka,T. Sato, T. Takamatsu, H. Okamoto, and Y. Fukuda, "Formation of Metal Germanate Interlayer for High-k/Ge Metal-oxide-semiconductor structures by Atomic Layer Deposition Assisted by Microwave-generated Atomic Oxygen", The AVS Topical Conference on Atomic Layer Deposition 2014 (ALD 2014), 16P074, (Kyoto, Japan, June 15-18, 2014).

（２）梁池昂生，横平知也，山田大地，王谷洋平，関渓太，佐藤哲也，福田幸夫；「ALD 形成 Al2O3/GeO2/p-Ge の電気的特性に及ぼす熱処理効果の検討」、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-A17-4（2014 年９月，北海道大学）

（３）王谷洋平，梁池昂生，横平知也，山田大地，関渓太，佐藤哲也，福田幸夫；「Al2O3/GeO2/p-Ge の電気特性に及ぼす酸素ラジカル照射の効果」、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-A17-5（2014 年 9 月，北海道大学）

（４）H. Okamoto, T. Yokohira, K. Yanachi, C. Yamamoto, B. Yoo, J. Yamanaka, T. Sato, T. Takamatsu, H. Narita, and Y. Fukuda, " Formation mechanism of aluminum germanate layer on germanium substrate by radical-enhanced atomic layer deposition ", 8th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, I-04,(Invited) , (Sendai, Japan, Jan. 30, 2015).

（５）横平知也，梁池昂生 1，柳炳學，山本千綾，山中淳二，佐藤哲也，岡本浩，福田幸夫；「Radical-Enhanced ALD 法による Ge 基板上 Al ジャーマネイトの形成機構に関する検討」、第 62 回 応用物理学会春期学術講演会 12a-P12-7（2015 年３月，東海大学）

引用文献

[1]. M. Houssa, G. Pourtois, M. Caymax, M. Meuris, and M. M. Heyns, " First-principles study of the structural and electronic properties of (100)Ge/Ge(*M*)O_2 interfaces (*M*=Al, La, or Hf)", Appl. Phys. Lett. vol. 92, 242101 (2008).

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　H26/A04

強誘電体障壁を有するFe_4N基トンネル接合素子の開発

［1］組織
代表者：
　角田　匡清（東北大学大学院工学研究科）
対応者：
　白井　正文（東北大学電気通信研究所）
分担者：
　浅野　秀文（名古屋大学工学研究科）
　末益　崇　（筑波大学数理物質科学研究科）
　古門　聡士（静岡大学工学研究科）
　磯上　慎二（福島工業高等専門学校）
　永沼　博　（東北大学工学研究科）
　辻川　雅人（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：18人

研究費：物件費19万1千円，旅費25万9千円

［2］研究経過
大きな自発分極を有する強誘電体を絶縁障壁層とするFe_4N基強磁性トンネル接合素子を開発し、電界効果が及ぼすFe_4N薄膜の界面磁性の変調をトンネル磁気抵抗効果ならびに電流誘起磁化反転現象を通じて明らかにすることを目的として、本研究プロジェクトを組織した。Fe_4Nの特異な電子構造は、電子数の増減によって大きな磁性変調（垂直フェリ磁性～強磁性～ハーフメタル）をもたらすことが期待できる。本研究を通じて金属強磁性体への電界効果のメカニズムを明らかにすると同時に、強誘電体障壁層の残留分極の電気的制御法を確立し、出力たるトンネル磁気抵抗効果が変化するプログラマブル磁気抵抗素子など、室温動作可能な新奇スピントロニクス固体デバイスの提案を行う。

具体的には、ペロブスカイト型酸化物強誘電体薄膜の高品質成膜プロセスの開発を行うことを第一の目標とした。一般に酸化物薄膜を結晶性良く成長させるためには、基板温度を高温（>400℃）とする必要があるが、界面拡散の無いFe_4N／ペロブスカイト型障壁層のヘテロ接合を実現するためには、より低温（<400℃）でのエピタキシャル成長技術を確立することが求められる。形成したペロブスカイト薄膜は、トンネル障壁としての用途を鑑み、強誘電特性、表面平坦性、結晶配向性、結晶歪みなどの観点から物性評価を行う。開発した薄膜形成技術を用いて、Fe_4N／ペロブスカイト酸化物/Co-Feの構造を有する強磁性トンネル接合（MTJ）を主にスパッタリング法を用いて形成する。形成したペロブスカイト障壁層には、MgO障壁層の結晶性改善効果に実績のあるin-situ赤外線加熱を施し、高品質障壁層の形成を図る。また、第一原理計算によるペロブスカイト障壁MTJの電子状態およびスピン依存トンネル伝導の予測を行い、障壁材料ならびに対向電極材料がTMR効果に及ぼす影響を明確化し、MTJの材料設計にフィードバックする。

プロジェクト研究初年度の本年度は、高品質Fe_4N類型材料薄膜の作製とその物性評価を中心に行った。東北大学においては試料成膜と微細加工を主に行った。筑波大学においては成膜手法を分子線エピタキシー法とした試料作製を行い、東北大学試料との比較検討を行った。伝導理論研究を静岡大学で、またMTJの伝導計算は東北大学電気通信研究所において行った。さらに、研究分担者を一堂に会して下記の研究会を開催し、研究成果に関する討論を行い、これまでの研究知見・手法などの研究資源の整理と共有化を図った。

○第1回研究会
日時：平成27年2月20日（金）
場所：東北大電気通信研究所本館M331セミナー室
プログラム：
『Fe_4NおよびMn_4N薄膜の異方性磁気抵抗効果と異常ホール効果』
（東北大　鹿原和樹、角田匡清）
『強磁性窒化物エピタキシャル膜の磁気特性―混晶薄膜、PMA、磁性細線など―』
（筑波大　伊藤啓太、安富陽子、具志俊希、東小薗創真、都甲薫、末益崇）
『擬単結晶Fe_4N薄膜の異方性磁気緩和定数とダイナミクス』
（福島高専　磯上慎二、東北大　角田匡清、大兼幹彦、佐久間昭正、高橋研）
『強磁性体の異方性磁気抵抗効果の理論的研究』

古門聡士（静岡大）
『ペロブスカイトハーフメタル接合素子の磁気伝導特性』
（名古屋大　浅野秀文、羽尻哲也、植田研二）
『ペロブスカイト$BiFeO_3$を用いたトンネル接合の伝導性』　　（東北大　永沼　博）
『強磁性窒化物/強誘電体接合の磁気および伝導特性の理論的研究』
（東北大　辻川雅人、隈田　壮、白井正文）

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

(a) 反応性スパッタリング法による擬単結晶Mn_4N薄膜の作製とその垂直磁気異方性

Mn_4Nはフェリ磁性を示し、薄膜試料は垂直磁気異方性を示すことがこれまでに報告されている。研究分担者のグループにおいても、分子線ビームエピタキシー法によって作成された擬単結晶Mn_4N薄膜が垂直磁気異方性を示すことを報告しており（Y. Yasutomi, K. Ito, T. Sanai, K. Toko, and T. Suematsu, J. Appl. Phys., 115 (2014) 17A935）、成膜法を変えた場合の薄膜試料の構造ならびに磁気特性の違いに興味が持たれる。

成膜は、$Ar+N_2$の混合ガスを用いた反応性DCスパッタリング法により行い、主にN_2ガスの混合比（P_{N2}）を変化させてMgO単結晶基板上に試料を作製した。成膜直後の試料に真空中で赤外線加熱処理を行い、結晶品質の向上を図った。作製した試料はX線回折法による構造解析を行い、薄膜中の相の同定を行った。その結果、$P_{N2}<5\%$の範囲ではε-Mn_4N相に加えて、α-およびβ-Mn相が、また、$9\%<P_{N2}$の範囲ではε-Mn_4N＋η-Mn_3N_2の混在相が確認された。また、各試料中のε-Mn_4N相は、MgO基板に、MgO[200](002)||Mn_4N[200](002)の方位関係でエピタキシャル成長していることが判った。

図１には、$P_{N2}=8\%$で作製した単相ε-Mn_4N薄膜の(a)磁化曲線ならびに(b)磁気トルク曲線（θは印加磁界の膜面からの立ち上がり角度）のフーリエ係数の印加磁場依存性を示す。磁化曲線は、磁界を膜面垂直（H||Mn_4N[001]）に印加した場合に角形の良いヒステリシスを示し、垂直磁化膜であることを示している。また磁気トルク曲線も、θ = 90°および270°が磁化容易方向であることを示している。磁気トルク曲線のフーリエ係数の無限磁場外挿値（$1/H\to0$）から、一軸磁気異方性エネルギーが$K_u=8.8\times10^5$ erg/ccと決定された。

図２には、各N_2ガスの混合比で作製した試料の飽和磁化（M_s）ならびにK_uを示している。ε-Mn_4N相が単相で得られるP_{N2}領域でM_sならびにK_uが大きく、混合相が得られるP_{N2}領域では、両値とも減少することが判る。特に興味深いのは$P_{N2}=5\sim8\%$の領域で、ε-Mn_4N単相にもかかわらず、M_sならびにK_uが減少している点であり、Mn_4N格子の体心位置のN原子が欠落することで、フェリ磁性から反強磁性に変化していることが示唆された。

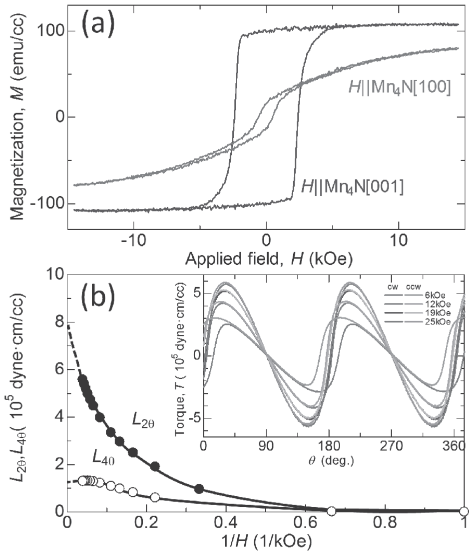


図１．擬単結晶Mn_4N薄膜の(a)磁化曲線と(b)磁気トルク曲線のフーリエ係数の印加磁場依存性

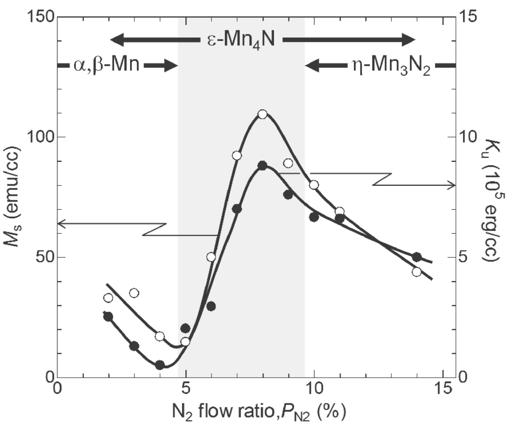


図２．Mn-N薄膜の飽和磁化（M_s）ならびに一軸磁気異方性エネルギー（K_u）のN_2ガスの混合比依存性

(b) RFスパッタリング法による$MgAl_2O_4$トンネル障壁膜の作製と同膜を介したTMR効果

ペロブスカイト型酸化物トンネル障壁膜の作製に先立ち、同様な複合酸化物である$MgAl_2O_4$トンネル障壁膜の作製について検討を行った。$MgAl_2O_4$トンネル障壁膜は、Feないしbcc-Fe-Co薄膜を強磁性電極としたMTJにおいて室温で200%を超える大きなTMR比を示すことがすでに報告されている。特に、$MgAl_2O_4$トンネル障壁膜を自然酸化法により形成した場合に、MTJの抵抗面積積（RA）が小さく

なることが報告され興味が持たれている。本研究では、Fe ならびに Fe_4N 薄膜上に、セラミックスターゲットからの RF スパッタリング法によって $MgAl_2O_4$ トンネル障壁膜を形成し、(Fe or Fe_4N)/ $MgAl_2O_4$/ CoFeB の構造を有する MTJ の磁気伝導特性について検討を行った。

図３に、(a)MgO 基板上にエピタキシャル成長させた Fe 薄膜、ならびに(b)Si 単結晶基板上にエピタキシャル成長させた Fe_4N 薄膜、のそれぞれの上に成膜した 20 nm 厚の $MgAl_2O_4$ 薄膜の in-plane XRD プロファイルを示す。青色および緑色のプロファイルはそれぞれ散乱ベクトルを MgO[200]および MgO[220]と平行にした場合の結果である。比較の為、$MgAl_2O_4$ 薄膜を形成していない各下地のプロファイルも黒色で重ねて示している。図中ピンク色で示した下地プロファイルとの差分が $MgAl_2O_4$ 薄膜による回折線であり、図２の結果から、$MgAl_2O_4$ 薄膜が、Fe および Fe_4N 薄膜上にエピタキシャル成長していることが判った。

図４および図５には、Fe 基 MTJ および Fe_4N 基 MTJ の TMR 比および *RA* の障壁膜厚依存性を示す。図４において Fe_4N 基 MTJ の負の TMR 比はインバース TMR 効果（反平行磁化配列時の方が平行磁化配列時よりもトンネル抵抗が低くなる現象）を意味している。

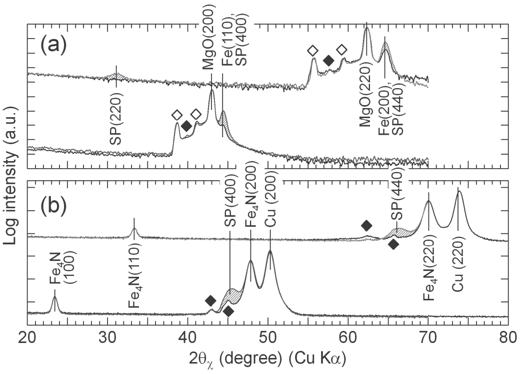


図 3. 擬単結晶 Fe および Fe_4N 薄膜上に作製した $MgAl_2O_4$ 薄膜 in-plane XRD プロファイル

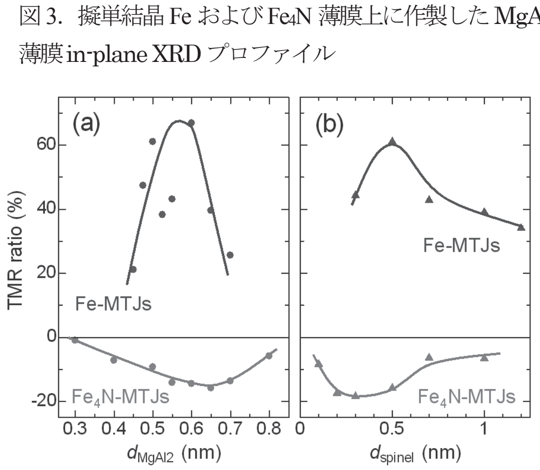


図4. Fe 基および Fe_4N 基 MTJ の TMR 比の障壁層厚依存性

文献で報告されている大きな TMR 比（> 200%）には及ばないが、最大で 70%程度の TMR が得られることが判った。一方で、図５に示した *RA* 値は、自然酸化法で作製した $MgAl_2O_4$ トンネル障壁を有する MTJ のそれ（黒線：文献値）に比較して１～２桁程度高いことが判った。以上のことから複合酸化物である $MgAl_2O_4$ トンネル障壁膜はその作成方法により電子のトンネル伝導特性が大きく変化することが明らかとなった。

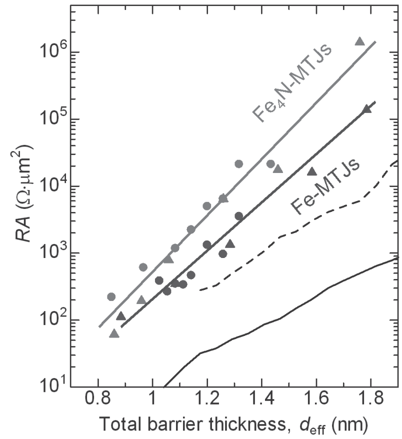


図 5. Fe 基および Fe_4N 基 MTJ の RA の障壁層厚依存性

（３－２）波及効果と発展性など

本プロジェクト研究会は、材料開発、理論研究、応用研究ならびに解析技術研究の各分野から、Fe_4N ならびに同類型材料の応用に関する国内の第一線の研究者を集めたものであり、新たな研究コミュニティを確立することも目的の一つである。共著での学会発表や論文執筆、さらには、共同での科学研究費補助金申請など精力的な活動が行われており、独創的な高性能新材料の開発など、産業利用価値の高い大きな成果が生まれてくることが大いに期待される。

［４］成果資料

（１）K. Kabara and M. Tsunoda,
“Perpendicular magnetic anisotropy of Mn_4N films fabricated by reactive sputtering method”,
Journal of Applied Physics, **117** (17), 17B512 (2015).

（２）M. Tsunoda, R. Chiba, and K. Kabara,
“Fabrication of $MgAl_2O_4$ tunnel barrier by radio frequency-sputtering method and magneto-resistance effect through it with Fe or Fe_4N ferromagnetic electrode”,
Journal of Applied Physics, **117** (17), 17D703 (2015).

採択回数	①　２　３

（国際）

採択番号 H26/A05

磁性体/半導体ハイブリッド構造の形成とナノデバイスへの応用に関する研究

［1］組織
代表者：松倉　文礼
（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）
対応者：大野　英男
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
廣畑　貴文（ヨーク大学）
佐藤　英夫（東北大学省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター）

延べ参加人数：９人

研究費：物件費 19 万１千円，旅費５万円
国際、特別支援費 30 万円

［2］研究経過

スピントロニクス・デバイスの研究・開発は、近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトでは、高品質な強磁性体/半導体ハイブリッド構造の成膜手法の確立、構造の基礎特性評価、デバイス試作を行うことで、新機能スピントロニクス・デバイス開発に必要な基盤技術を確立することを目的として研究を行った。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。本年度は、良質な磁性体/半導体ハイブリッド構造の作製とそれを用いたスピン流の生成と検出に関する研究を展開した。

以下、研究活動状況の概要を記す。

電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設において既存の分子線エピタキシ装置により化合物半導体単結晶・ヘテロ構造の結晶成長を大野・松倉と博士研究員２名、博士課程学生１名が担当した。その上に同実験施設のスパッタ装置を用いて非磁性金属及び磁性金属の成膜を佐藤が担当した。強磁性体/半導体の界面において生成されるスピン流の生成と検出は松倉と博士研究員３名が担当した。廣畑とは仙台で２回、研究方針に対する打ち合わせを行った。

［3］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

強磁性半導体(Ga,Mn)As と非磁性金属 Pt の良質なハイブリッド構造の作製とスピン流の生成・検出に成功した。半絶縁性 GaAs (001) 基板上に分子線エピタキシ法で(Ga,Mn)As を成膜し、その上に Pt をスパッタ装置で成膜した。スピンポンピングによる Pt/(Ga,Mn)As 界面のスピン流生成と逆スピン・ホール効果によるその電気的検出を試みた。試料にマイクロ波(9 GHz) を印加し(Ga,Mn)As が強磁性共鳴下にある時に Pt に発生する直流電圧の測定を行った。外部磁界を掃引し(Ga,Mn)As の強磁性共鳴が満たされた際に、外部磁界に対して対称な形状を持つ直流電

圧がPtにおいて観測された。このことは、(Ga,Mn)As中の電流磁気効果(プレナー・ホール効果)による直流電圧もしくはPt中に生成されたスピン流が逆スピン・ホール効果によって直流電流に変換されたことによる直流電圧を測定できたことを示している。直流電圧信号強度の外部磁界印加角度依存性の解析から、プレナー・ホール効果と逆スピン・ホール効果による電圧を分離し、Pt/(Ga,Mn)As界面ではすべて半導体で作られた(Ga,Mn)As/p-GaAs界面より10倍程度大きな効率でスピン流を生成できることを明らかにした。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

【特別支援費(国際)にかかる研究成果】

分子線エピタキシ法で成膜したZnO上に良質な強磁性金属Pyが成膜可能であることを示した。Pyが強磁性共鳴下にある時にZnO上に形成された電極間に発生する直流電圧を計測したが、電流磁気効果による信号であるかスピン流生成による逆スピン・ホール効果による信号かの同定には至っていない。ZnOのようなスピン-軌道相互作用の小さな材料におけるスピン流の感度良い検出手法が課題である。

金属/半導体界面でのスピン流生成は両材料間に電気伝導率不整合があるため、困難であるとされてきた。金属/半導体界面での効率の良いスピン流生成は、新しい機能を持つスピントロニクス・デバイスの創生に向けた基盤技術となることが期待される。

通研対応教員である大野を日本側のコーディネータとした日本学術振興会の先端拠点形成事業(東北大学・英国ヨーク大学・独国カイザースラウテルン工科大学)が平成27年度から5年間の予定で採択された。より密接な共同研究体制の構築が可能となるので、研究の加速が期待される。

［４］成果資料

（1）S. D’Ambrosio, L. Chen, H. Nakayama, F. Matsukura, T. Dietl, and H. Ohno, ″dc voltage measured in Py/ZnO bilayer under ferromagnetic resonance,″ 12th RIEC Intl. WS on Spintronics, Sendai, Japan, June 25-27, 2014.

（2）中山裕康、Lin Chen、Hsiao Wen Chang、松倉文礼, 大野英男, ″Pt/(Ga,Mn)As 構造における強磁性共鳴の直流電圧信号,″ 2014年応用物理学会東北支部第69回学術講演会（東北大学工学部青葉記念会館、2014年12月4-5日).

（３）H. Nakayama, L. Chen, H. W. Chang, F. Matsukura, and H. Ohno, ″DC voltages in Pt/(Ga,Mn)As under ferromagnetic resonance,″ 第19回半導体スピン工学の基礎と応用（東京大学武田ホール、2014年12月15-16日).

（４）H. Nakayama, L. Chen, H. W. Chang, F. Matsukura, and H. Ohno, ″Ferromagnetic resonance induced electrical signals in Pt/(Ga,Mn)As,″ 第62回応用物理学会春期学術講演会（東海大学湘南キャンパス、2015年3月11-14日).

採択回数	①　２　３

（萌芽・先端・国際）

採択番号　Ｈ２６／Ａ０６

Ge ベース高度歪異種原子層配列 IV 族半導体形成とナノデバイスへの応用に関する研究

［1］ 組織

代表者：櫻庭政夫（東北大学電気通信研究所）

分担者：

庭野道夫（東北大学電気通信研究所）
室田淳一（東北大学電気通信研究所）
上原洋一（東北大学電気通信研究所）
末光眞希（東北大学電気通信研究所）
鷲尾勝由（東北大学大学院工学研究科）
川島知之（東北大学大学院工学研究科）
安田幸夫（東北大学学際科学国際高等研究センター）
白木靖寛（東京都市大学総合研究所）
財満鎭明（名古屋大学大学院工学研究科）
中塚　理（名古屋大学大学院工学研究科）
高木信一（東京大学大学院工学研究科）
鳥海　明（東京大学大学院工学研究科）
奥村次徳（首都大学東京理工学系）
平木昭夫（大阪大学大学院工学研究科）
伊藤利道（大阪大学大学院工学研究科）
酒井　朗（大阪大学大学院基礎工学研究科）
野崎眞次（電気通信大学電子工学科）
田部道晴（静岡大学電子工学研究所）
高橋庸夫（北海道大学大学院工学研究科）
堀口誠二（秋田大学大学院工学資源学研究科）
松本　智（慶應義塾大学理工学部）
土屋敏章（島根大学総合理工学部）
宮尾正信（九州大学大学院ｼｽﾃﾑ情報科学研究院）
佐道泰造（九州大学大学院ｼｽﾃﾑ情報科学研究院）
宮崎誠一（名古屋大学大学院工学研究科）
須田良幸（東京農工大学総合メディアセンター）
中川清和（山梨大学医学工学総合研究部）
荻野俊郎（横浜国立大学大学院工学研究院）
塩島謙次（福井大学大学院工学研究科）
石谷明彦（ベルギー・IMEC）
阿部孝夫（信越半導体（株））
国井泰夫（日立国際電気（株））
宮本光雄（森田化学工業（株））
佐藤政明（新日本無線（株））
水島一郎（（株）東芝セミコンダクター社）
平山　誠（米国・ニューヨーク州立大学オルバニー校）
Bernd Tillack（ドイツ・IHP）
Matty Caymax（ベルギー・IMEC）
James Sturm（米国・プリンストン大学）
Judy Hoyt（米国・マサチューセッツ工科大学）
Eugene Fitzgerald（米国・マサチューセッツ工科大学）
Erich Kasper（ドイツ・シュトゥットガルト大学）
Joerg Schulze（ドイツ・シュトゥットガルト大学）
Vinh Le Thanh（フランス・マルセイユ大学）
Stefano Chiussi（スペイン・ビゴ大学）

延べ参加人数：46 人
研究費：物件費 19 万 2 千円，旅費 37 万 6 千円
国際・特別支援費 30 万円

［2］研究経過

［目的］近年，大規模集積回路の高性能化及びその上への新機能デバイス搭載等のために，従来の Si ベース IV 族半導体プロセスに加えて，Ge ベース IV 族半導体プロセスの開発が極めて重要になってきている．研究代表者らは，大規模集積化対応の Si 系 IV 族半導体デバイスのナノ構造化に伴い誘起する歪により，半導体物性のみならず，半導体中の不純物の電気的活性度・固溶限界・表面反応定数等が大きく変化することを見いだしてきた．本研究では，これまでの化学気相成長法（CVD）による Si-Ge 系原子層積層の研究成果を基盤として，ナノ構造化と異種原子層積層で誘起される歪が Ge ベース IV 族半導体の表面や界面の反応，不純物原子の電気的活性化，不純物拡散等のプロセスに与える影響を系統的に明らかにすることを目標とする．そして，歪制御と異種原子層配列制御の両面から，デバイス性能を決定づけるキャリアの超高移動度化と超高濃度化を可能にする Ge ベース高度歪異種原子層配列 IV 族半導体

形成プロセスの開発を目指すものである．

［概要］本研究代表者らは，これまで構築してきたSi-Ge系IV族半導体の原子層積層CVD技術により，IV 族半導体のキャリアの高移動度化と高濃度化が可能になることを示してきた．本研究では，その技術基盤を足場として，（１）Geベース IV 族半導体のCVD反応制御と歪導入制御，並びに，（２）Geベース IV 族半導体への原子層ドーピング，（３）Geベース IV 族半導体の高度歪異種原子層配列制御の実験を進め，Geベース高度歪異種原子層配列 IV 族半導体形成プロセスを開発する．

本研究においては，実用性の極めて高い CVD による原子層積層実験が必要である．特に，実験研究を効率的に進めるために，現有の複数台の高清浄原子層制御対応Hot Wall型及びCold Wall型CVD装置を用いて並列に原子層積層の実験を行う．また，反応炉から低湿度大気雰囲気で試料を分析装置（現有：角度分解 XPS，XPS，RHEED，AFM，FTIR）に搬送することにより，原子レベル精度での表面分析も可能とする．異種原子層配列構造の原子レベル評価に関しては，すでに確立したXPSと湿式エッチングによるサブナノメータ精度での組成・不純物濃度分布測定法を用いて実現する．さらに，角度分解XPSを併用し，ナノメートルオーダから原子レベル精度にまで持ち込むことを試みる．なお，原子レベル精度での表面ラフネスや厚みの評価は AFM を用いて行う．Geベース異種原子層配列構造の歪の評価は，検出深さの異なる二つの可視・紫外光レーザラマン散乱分光システムを用いて行う．高度な専門性が求められる SIMS や断面 TEM による評価は，海外共同研究者への協力依頼や外注で対応する．その他の電気的・光学的物性評価やナノ構造デバイス製作は，現有の研究環境・設備を駆使して進める．

［3］成果

（３－１）研究成果

本年度は初年度であり，Si-Ge系ヘテロ構造のNH_3熱窒化における窒素原子の挙動について研究を進めた結果，以下に示す研究成果を得た．

まず第１に，$Ge/Si_{0.5}Ge_{0.5}/Si(100)$構造の$NH_3$による熱窒化において，500ºC の低温であっても，N 原子がナノメートルオーダ厚さの Ge 層中を拡散し，$Si_{0.5}Ge_{0.5}$層に達して原子層オーダのSi窒化物を形成することを見いだした．

第２に，上記の NH_3 窒化を行った $Ge/Si_{0.5}Ge_{0.5}/Si(100)$構造を600ºCの水素中熱処理することによって，Ge層中のN原子密度は大幅に減少する一方で，Si窒化物はわずかにしか減少しないことを見いだし，Ge/N 原子層/$Si_{0.5}Ge_{0.5}/Si(100)$構造が形成されることを明らかにした．

以上のように，Ge ベース高度歪異種原子層配列 IV 族半導体プロセスの開発のための重要な成果を得た．今後も，この分野の共同プロジェクトを推進することにより， IV 族半導体原子制御プロセスの学問分野が大きく発展すると期待できる．

（３－２）波及効果と発展性，研究分野への貢献など

IV族半導体の原子層制御技術に関して，外部研究機関分担者との共同研究の成果を国際会議論文及び学術誌論文（海外機関8件，国内機関1件）として発表した．また，本研究プロジェクトが中心となり，以下の３つの国際会議・国際ワークショップも開催した．

- **第７回 SiGe テクノロジー&デバイス国際会議** (7th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2014))，Singapore, 2014年6月2～4日，発表93件（基調講演3件，招待講演20件，口頭発表31件，ポスター発表39件），プロシーディング特集号を Solid-State Electronics 誌で出版予定.

- **第６回 SiGe&Ge 材料・プロセス・デバイス国際会議**（Symp. P7: SiGe, Ge, and Related Compounds: Materials, Processing, and Devices 6", The Electrochem. Soc. 226th Meeting)，2014年10月6～9日, Cancun, Mexico, 発表100件（基調講演2件，招待講演33件，口頭発表56件，ポスター発表9件）, Proceeding 特集号 ECS Trans., Vol.64, No.6, 2014 出版済.

- **第８回新 IV 族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ&JSPS研究拠点形成事業ジョイントセミナー“高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成”** (8th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar “Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration”), 仙台，2015年1月29～30日，発表30件（招待講演5件，一般講演15件，ポスター発表10件），参加者53名.

本研究課題は国際共同研究推進型であり，国際共

同研究への発展を促進することを目的として，前記の国際ワークショップへの海外共同研究者の招聘旅費の一部として特別支援費を使用した．これらの国際交流活動は，Ge ベース高度歪異種原子層配列 IV 族半導体における物理現象を踏まえたナノデバイス製作技術，回路・システム化技術の構築と産学独連携体制構築を含む研究活動推進が産業発展のために重要であると考えられ，世界規模での研究連携のきっかけとなることが期待される．

［4］成果資料

1. Y. Yamamoto, B. Heinemann, J. Murota and B. Tillack, “Phosphorus Atomic Layer Doping in SiGe using reduced pressure chemical vapor deposition”, Thin Solid Films, 557 (2014) 14-18.

2. T. K. P. Luong, M. T. Dau, A. Ghrib, M. Zrir, M. Petit, V. Le Thanh, M. El Kurdi, P. Boucaud, J. Murota, “Molecular-beam epitaxial growth of tensile-strained and n-doped Ge/Si(001) films using a GaP decomposition source”, Thin Solid Films, 557 (2014) 70-75.

3. T. Kawashima, M. Sakuraba and J. Murota, “Nitrogen Doping Effect upon Hole Tunneling Characteristics of Si Barriers in $Si_{1-x}Ge_x$/Si Resonant Tunneling Diode”, Thin Solid Films, 557 (2014) 302-306.

4. Y. Yamamoto, P. Zaumseil, J. Murota and B. Tillack, “Phosphorus Profile Control in Ge by Si Delta Layers”, ECS Journal of Solid State Science and Technology, 3 (2) (2014) P1-P4

5. J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, “Atomic-Order Thermal Nitridation of Si, $Si_{1-x}Ge_x$ and Ge by NH_3” (**Invited Paper**), Int. Symp. on Dielectrics for Nanosystems 6, The Electrochem. Soc. 225th Meeting, Orlando, FL, May 11-15, 2014, Abs.No.1359: ECS Trans., 61 (2) (2014) 97-104.

6. Y. Yamamoto, R. Kurps, J. Murota and B. Tillack, “Arsenic atomic layer doping in Si using AsH_3”, 2014 Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM 2014), Singapore, June 2-4, 2014, Session 4.4, pp.43-44.

7. K. Minami, A. Moriya, K. Yuasa, K. Maeda, M. Yamada, Y. Kunii, M. Niwano and J. Murota, “Low-Temperature Reduction of Ge Oxide by Si and SiH_4 in Low-Pressure H_2 and Ar Environment”, 2014 Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM 2014), Singapore, June 2-4, 2014, Session 9.5, pp.185-186.

8. J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, “Atomically Controlled Processing for Nitrogen Doping of Group IV Semiconductors” (**Invited Paper**), 2014 IEEE 11th Int. Conf. on Solid-State and Integrated-Circuit Technol. (ICSICT 2014), Guilin, China, Oct.28-31, 2014, Abs. No. O12_01: Proc. ICSICT 2014, pp.215-218.

9. J. Murota, “Atomic-Oder Thermal Nitridation of Group IV Semiconductors for Ultralarge Scale Integration” (**Invited Paper**), 7th Int. Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology (IWAMSN2014), Ha Long City, Vietnam, Nov. 2-6, 2014, Abs. No. NMD11-I25, p.29.

10. J. Murota and V. L. Thanh, “Atomic-Oder Thermal Nitridation of Group IV Semiconductors for Ultralarge Scale Integration”, Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol., 6 (2015) 015001(5pp).

採択回数	1　2　3

（若手）

採択番号 H26/A07

2次元半導体薄膜の構造制御合成と物性解明

［1］組織
代表者：加藤　俊顕
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：片野　諭
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岡田 晋（筑波大学数理物質系）
小鍋 哲（筑波大学数理物質系）
宮内 雄平（京都大学エネルギー理工学研究所）
北浦　良（名古屋大学大学院理学研究科）
千足 昇平（東京大学大学院工学系研究科）
延べ参加人数：70人

研究費：物件費１９万１千円，旅費１６万８千円
若手、特別支援費２０万円

［2］研究経過
原子オーダーの厚みを有する二次元シート形状の物質は，優れた基礎物性を示すことから応用に向け世界中で活発な研究が展開されている．特に，半導体的性質を有する二次元シート薄膜に関する研究・開発は，近年ますますその重要性を増している．本プロジェクトでは，これら原子オーダーの厚みをもつ二次元半導体物質に関して，構造制御合成と新たな物性解明を目的として研究を行った．
プロジェクト初年度であった本年度は，原子層半導体物質であるグラフェンナノリボンの合成機構解明，及び遷移金属ダイカルコゲナイドの光物性解明に特化して研究を展開した．
以下，研究活動状況の概要を記す．

（研究討論会等開催状況）
日時：平成27年2月19-20日
場所：東北大学　大学院工学研究科 電子情報
システム・応物系 1号館別館 451・453会議室

1. 「マイクロプラズマによる遺伝子導入」本村　英樹，池田　善久，橘　邦英，佐藤　晋，神野　雅文（愛媛大学　大学院理工学研究科）
2. 「三次元組織構築モデルによる正常-疾患相互作用のみえる化」松永　行子（東京大学　生産技術研究所）
3. 「腫瘍内微小環境の能動的制御に基づく新規DDSの開発」石田　竜弘（徳島大学　大学院ヘルスバイオサイエンス研究部）
4. 「大気圧プラズマによる低侵襲遺伝子導入機器の開発」 金子　俊郎，佐々木　渉太，神崎　展（東北大学　大学院工学研究科）
5. 「プロセシングプラズマを用いたIV族半導体ナノ粒子の生成と太陽電池への応用」古閑　一憲，内田　儀一郎，徐　鉉雄，白谷　正治（九州大学　システム情報科学研究院）
6. 「カーボンナノウォールの構造制御とナノバイオ応用」近藤　博基，堀　勝，平松　美根男（名古屋大学　大学院工学研究科）
7. 「温度制御マルチガスプラズマジェットの開発と殺菌実験」沖野　晃俊，渡辺　洋輔，川野　浩明，小林　智裕，大下　貴也，宮原　秀一（東京工業大学　大学院総合理工学研究科）
8. 「大気圧水中放電の形成機構とバイオ応用」佐藤 岳彦，藤田 英理，金澤 誠司，大谷 清伸，小宮 敦樹，金子 俊郎 （東北大学　流体科学研究所）
9. 「カーボンナノチューブ・グラフェン生成過程の分子動力学的考察」澁田　靖 （東京大学　大学院工学系研究科）
10. 「最先端電子顕微鏡によるナノカーボン材料の構造解析」 劉　崢 （産業技術総合研究所　ナノチューブ応用研究センター）
11. 「プラズマCVD中グラフェンナノリボンの合成機構」鈴木　弘朗，加藤　俊顕，金子　俊郎（東北大学　大学院工学研究科）

本研究会では学内外を含め延べ７０名以上の参加者があり，講演は「2次元半導体薄膜の構造制御合成と物性解明」と「プラズマ医療・バイオ応用」を主テーマに，プラズマとその応用，ナノカーボンの理論，及び合成・制御と応用，バイオ応用プラズマプロセス，医療応用プラズマプロセス等の立場から，専門分野を越えて活発な議論がなされた．

［3］成果
（3－1）研究成果

本プロジェクトでは，原子オーダーの厚みを有する二次元薄膜物質であるグラフェンナノリボンや遷移金属ダイカルコゲナイド等の物質を対象として，構造制御合成，合成メカニズムの解明，及び光物性解明を目指した研究を展開している．本年度は以下に示す研究成果を得た．

I. プラズマ CVD におけるグラフェンナノリボンの合成機構解明

グラフェンシートは優れた電気伝導特性，柔軟な機械的構造，高い光透過性を合わせ持つ次世代の電子材料として大きな注目を集めている新規ナノ物質である．一般にグラフェンシートは 2 次元シート構造をとっており，バンドギャップを持たない金属的振る舞いを示す．これに対しグラフェンシートがナノメートルオーダー幅の 1 次元リボン構造（グラフェンナノリボン）をとることで，グラフェンシートに有限のバンドギャップを発現させ得ることが近年明らかになった．これにより，グラフェンナノリボンは主に半導体デバイス分野において，世界中から大きな注目を集めている材料となっている．近年我々はこのグラフェンナノリボンをプラズマ CVD により，基板上の任意の場所に任意の方向へ集積化合成する手法の開発に成功した(図 1(a))．しかしながら，本手法におけるグラフェンナノリボン合成機構は不明のままであり，さらなる構造制御合成に向け，この合成機構解明が重要な課題となっていた．

本研究では，熱 CVD とプラズマ CVD の系統的な比較対象実験を行い，本手法の最大の特徴であるニッケルの蒸発（グラフェンナノリボンの析出と同時に発生）に対するプラズマ効果の解明を試みた．合成温度が 800 ℃の場合，熱 CVD では 20 min の CVD 後，ニッケル蒸発率が 70%程度に達し，ニッケル薄膜が熱凝集の効果により微粒子化することが判明した．これに対し，プラズマ CVD の場合は，20 min の CVD 後においても蒸発率は 10%以下であり，薄膜形状が維持されることが明らかになった(図 1(b))．同様の結果が，合成温度をパラメータとして実験結果からも確認された．合成温度を 700 ℃から 1000 ℃の範囲で固定し，各温度条件における CVD 後のニッケル蒸発量を熱 CVD とプラズマ CVD において比較した結果，熱 CVD では 800 ℃付近で急激なニッケル蒸発が観測されるのに対し，プラズマ CVD の場合は，900 ℃の時点でも極めて低いニッケル蒸発率を有することが判明した．ニッケル—炭素混合物質におけるニッケルの沸点は，炭素混入量が増えるにつれ上昇する傾向があることが他のグループにより報告されている．従って本手法においては，プラズマにより高密度の炭化水素活性

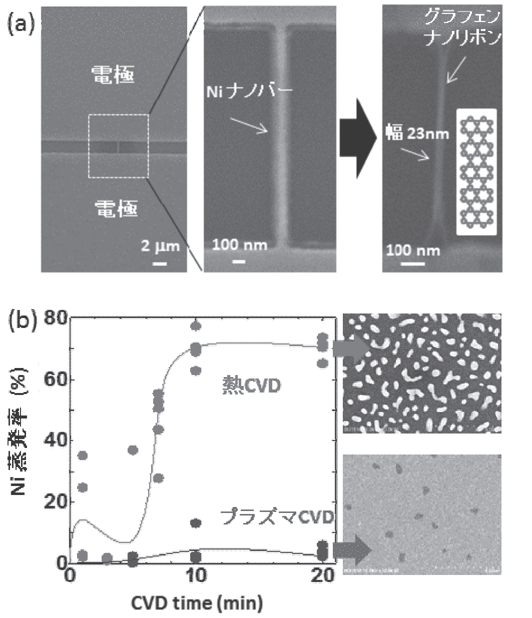


図 1: (a) プラズマ CVD によるグラフェンナノリボン合成模式図. (b) 熱 CVD とプラズマ CVD におけるニッケル蒸発率の CVD 時間依存性.

種が生成され，高効率でニッケル中に炭素供給が行われた結果，ニッケル中炭素濃度を熱 CVD の場合に比べ格段に高めることができたと考えられる．これにより，グラフェン析出に必要とされる比較的高い温度条件（900 ℃以上）においても，ニッケル薄膜を固体状態に保持することが可能となり，その結果，ニッケルナノバーからのグラフェンナノリボン合成が実現したと説明できる．このモデルは，熱 CVD ではニッケルナノバー構造がニッケルの蒸発により壊れてしまい，グラフェンナノリボンが合成されないという実験結果とも一致するものである．

II. 高品質大面積単層二硫化タングステンの合成

単層二硫化タングステン（WS_2）は明確なバンドギャップをもつ直接遷移型の半導体として光電子デバイス応用に大きな注目を集めている（図 2(a)）．一方で，各種デバイス応用に必須の初期材料としての高品質大面積 WS_2 を合成する手法は未だに確立されていない．本研究では，プラズマ CVD による高品質大面積WS_2合成を目指している．原料ガスをプラズマ化することで従来とは全く異なる反応場を実現できることから，革新的な合成反応が期待できる．この前段階として，今年度は原料ガスをプラズマ化しない熱 CVD における WS_2 合成手法の確立を目指した．その結果，原料ガス，触媒，合成温度等を最適化した結果，最大で 100 µm 程度の高品質大面積 WS_2 合成に成功した（図 2(b)）．また，詳細な蛍光発

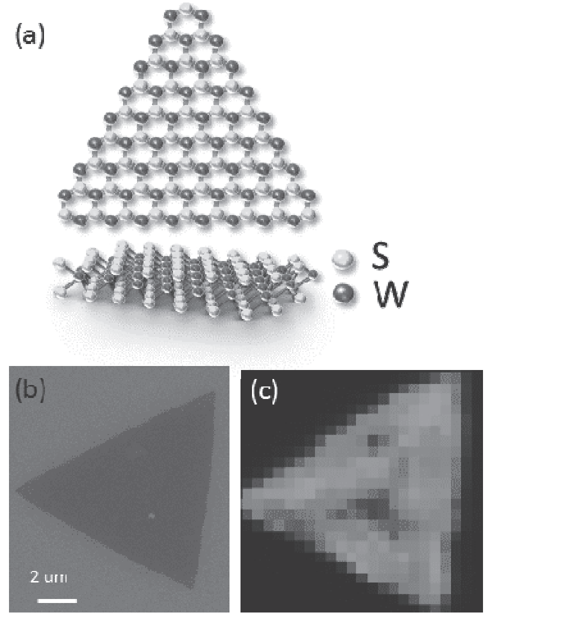


図 2: (a) WS_2 の構造模式図. (b,c) 合成した単層単結晶 WS_2 の(b)走査型電子顕微鏡写真と (c) PL マッピング像.

光 (Photoluminescence: PL) スペクトルの空間分布測定から, 合成したWS_2が面内一様にかつ非常に強い発光強度を示すことを明らかとした (図 2(c)). この結果は, 非常に良好な品質のWS_2単結晶が合成できたことを意味している. 今後は, 今年度確立した熱 CVD にプラズマ状態を付加して, さらなる高品質・大面積WS_2の合成を目指す.

III. 単層二硫化タングステンにおける局在励起子の光学的観測

これまで我々が開発したマイルドプラズマによる原子・分子の局所・選択的付加により, WS_2 等原子層薄膜において, 新たな機能性の発現を目指して研究を行った. 具体的には, WS_2 等原子層薄膜のエッジやグレインバウンダリーを積極的にプラズマ機能化することで, 新たな光物性の発現を期待している. そこで, 本年度は, プラズマ機能化による新たな発光現象を発現させる前段階として, 純粋な原子層薄膜に対して, 特にグレインバウンダリー及びエッジ周辺の光物性を詳細に測定した.

今回我々は, 原子層薄膜である WS_2を用いて, 低温 (80 K) 下における, PL 特性の空間分布を精密に測定した. その結果, WS_2 のグレインバウンダリーにおいて非常に狭い (〜10 meV) 半値幅を持つ特異な PL ピークを観測することに成功した (図 3) . この PL スペクトル, 及び PL ピークが得られる空間分布の温度依存性等を詳細に測定した結果, 今回観測されたピークが, グレインバウンダリー欠陥周辺に物理吸着した N_2 分子に, 自由励起子が補足されることにより生じた極めて強い局在状態を有する局

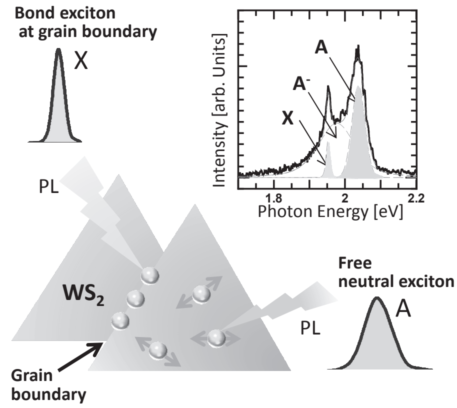


図 3: 単層 WS_2 グレインバウンダリー周辺の自由励起子と局在励起子の模式図.

在励起子からの発光であることを明らかとした. この様な, 原子層薄膜中における局在励起子の存在を実験的に明らかにしたのは本成果が初めてのものである. 一般に局在励起子は, 高い発光効率, 及びコヒーレントな光を持つことから, 主に光量子応用分野に向け大きな注目を集めている. 従って, 本発見は, 原子層薄膜の光量子分野への応用の可能性を見出した点で重要な意味を持つものである.

(3－2) 波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトを通じ, 実験を行う我々研究グループと理論解析を行う学外の若手研究者との交流が飛躍的に活性化した. また, 本プロジェクトで明らかになった遷移金属ダイカルコゲナイド中における局在励起子の発見という成果は, 原子層二次元半導体物質を利用した量子情報通信という新しい研究領域の開拓に結びつき, 今後の発展が期待されている.

(特別支援 (若手・国際) にかかる研究成果)
- タイプ : 若手研究者対象型
- 特別支援分の研究費により遷移金属ダイカルコゲナイドを合成するための CVD 装置開発を行った. これにより, 高品質の単層・単結晶 WS_2 の合成手法を確立することができた. この様な, 高品質結晶を得ることは本プロジェクト全体を通じて極めて重要な点であり, 次年度以降の研究展開に向け非常に重要な基礎基盤を確立できたと言える.

［4］成果資料

(1) Optical Detection of a Highly Localized Impurity State in Monolayer Tungsten Disulfide, T. Kato and T. Kaneko, ACS Nano 8, 12777-12785 (2014) .

採択回数	1	2	3

（若手）

H26/A08

スピントルクオシレーターを用いた高感度磁気センサーの基礎検討

［１］組織

代表者：塩川　陽平
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：片野　諭
（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：４人

研究費：物件費１９万２千円,
若手、特別支援費２０万円

［２］研究経過

高感度の磁気センサーのニーズは非常に高まっている。特に、これまでの工学的ニーズのみならず、脳磁や心磁などの生体情報を高感度に計測する超高感度磁気センサーは、今後の社会構造の変化からも非常に重要な課題となっている。本研究は、ナノスケールの自励発振器として開発されてきたSpin-Torque-Oscillator(STO)を、ピコテスラ程度の微弱な生体磁気情報を検出できる高感度磁気センサーに応用可能かどうか、その基礎検討を行うことを目的として研究を行った。

以下，研究活動状況の概要を記す。本研究は学生も含め延べ４人で行い、週に一度の研究打ち合わせを行った。また、類似研究を行っている東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻の安藤研究室、及び産業総合研究所とも適宜、議論を行った。

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第一に、STO を磁気センサーとして使用するにあたり、STO において十分な読取を行うための大きな出力､微弱磁場をセンシングするための峡線幅を実現する必要がある｡上記二つの課題を解決方法として、本研究では磁気抵抗素子として NCMR (Nano Contact Magnetoresistace)素子を用い、また発振モードとしては、vortex 磁区を用いた vortex 発振モードを用いて、vortex-NCMR-STO の開発を行った。この NCMR は磁気抵抗素子を成す強磁性層/非磁性層/強磁性層の非磁性層に NOL(Nano Oxide Layer) という直径 2nm ほどの強磁性のホール(ナノコンタクト)を有する磁気抵抗素子となっており、理論的な高磁気抵抗、また局所的な高電流密度を実現できるSTO となることを予想した。また、磁気センサーには高周波数は求められないことから、低周波数、高出力が多く報告されている vortex 発振モードを用いた。まず、vortex 磁区構造を有するために、発振層であるフリー層の膜厚を 15nm に設計､作製した｡また、作製した素子サイズは 600nmφの円形素子とした。これは､磁区構造が交換結合長と膜厚、及び素子サイズで決まるという報告があるため､それを参考に設計､作製を行った｡作製した素子に対して、スペクトルアナライザーを用いて､面内磁場を印加し発振特性を評価した。図１に示したのが本研究で得られた 297nW の高出力、3.77MHz の峡線幅発振である。電気回路モデルから､発振出力は磁気抵抗比の二乗に比例するため、高出力のためには高磁気抵抗比が必要なるが、今回は磁気抵抗比 12%と小さいにもかかわらず積分出力 297nW を達成することに成功した。これはNCMR の vortex 磁区を作りやすいという特徴から、大きなコア半径で vortex コアが動いたためだと考えられる。また、ナノコンタクトによる局所的高電流密度により峡線幅化が実現できたと考えられる｡この高出力、峡線場発振を用いて、生体磁気センサーの基礎検討を行った。

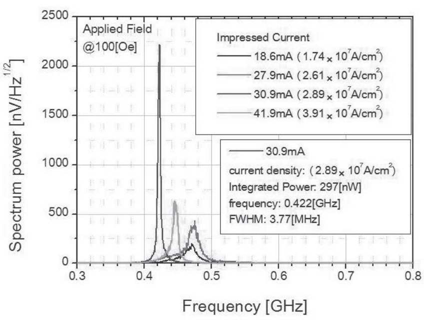


図１　vortex NCMR STO の高出力発振

第二として、素子構造の最適化を行った。STO の場合、発振層であるフリー層にどのような有効磁界が働くかによって発振挙動が異なる。そのため、目的に応じた素子構造にする必要がある。本研究では弱外部磁場をセンシングするのみならず、磁場の極性も判断できるセンサー開発を目的としている。そこで、本研究ではゼロ磁場での発振、及びゼロ磁場を跨いで線形に発振周波数が変化する発振の磁場依存性を有する STO の開発を試みた。本研究での検討事項は vortex NCMR STO において、ピン層/NOL/フリー層のコンベンショナル型、ピン層/Ru/リファレンス層/NOL/フリー層のシンセティック型の二つの構造について比較を行った。また、シンセティック型に関しては円形素子と正方形素子で比較した。印加磁場に関しては、外部磁場も面内磁場と面直磁場を比較して、ゼロ磁場付近での周波数の磁場依存性を比較した。

まず、コンベンショナル型はピン層とフリー層間にダイポール磁場が働いてしまうため、ゼロ磁場での発振は得られなかった。一方シンセティック型に関しては面内磁場、面直磁場ともにゼロ磁場での発振を得ることに成功した。しかし、磁場に対する周波数の変化(MHz/Oe)を調べたところ、円形シンセティック型面内磁場で 0.15MHz、円形シンセティック型面直磁場で 0.08MHz となった。一方で、円形から四角形に素子形状を変えたところ、面内磁場のマイナーループ測定をすると 2.7MHz/Oe と大きな値を得ることができた(図 2)。上記結果を表 1 にまとめる。

上記磁場に対する周波数変化(MHz/Oe)は S/N 比と比較することで感度として評価することができるが、現段階ではノイズ評価には至っていないため、どの程度の値が必要かまではわかっていない。しかし、四角形という形にし、マイナーループ測定という磁区を外部磁場で形成させることで高感度化を実現できるのではないかと考えられる。上記より、シンセティック型という最適な素子構造を提案することができ、更に高感度化への指針を得ることに成功した。

以上より、vortex NCMR STO にて四角形の素子が最適な素子構造であることが分かった。

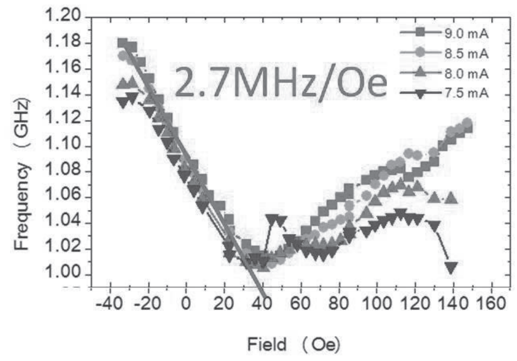


図 1　正方形シンセティック型 STO における外部磁場に対する周波数の線形性

表 1　各 STO における磁場に対する周波数の線形性(MHz/Oe)の比較

	形状	磁場	線形性 (MHz/Oe)
コンベンショナル型	円形	面内	× ゼロ磁場で発振無
シンセティック型	円形	面内	0.15
シンセティック型	円形	面直	0.08
シンセティック型	正方形	面内 ※マイナーループ	2.7

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究はまだ基礎検討段階であるため、大きなプロジェクトには発展していないが、国内の磁気センサーメーカー数社が興味をいだいてくれている。本研究は、STO 単体の開発は大きなアドバンテージを持っているが、センサーとして商品化するにはシステム構築、回路等の検討ができないため、磁気センサーメーカーの参加を促したいと考えている。今後は産学連携して研究を加速させる。

(特別支援（若手）にかかる研究成果)

本研究は特別支援(若手)をいただいた。本研究は薄膜作製、微細加工、高周波測定と全てを一貫して行っているが、薄膜作製では金属ターゲット、微細加工では薬品、高周波測定はではプローブ等の高周波部品など、非常に高価な消耗品を必要とする。これら高価な消耗品の一部は、この特別支援で補うことができた。

［4］成果資料

本研究は未だ対外発表、論文化には至っていない。次年度以降、積極的に発表していく。

採択回数	1	2	3

（若手）

採択番号　H26／A09

超大規模マルチバンドリフレクトアレーの高速設計技術の研究開発

［1］組織

代表者：今野　佳祐
（東北大学大学院工学研究科）

対応者：亀田　卓
（東北大学電気通信研究所）

分担者：なし

延べ参加人数：５人

研究費：物件費１９万２千円，若手，特別支援費２０万円

［2］研究経過

本プロジェクトでは，薄型・軽量アンテナであるリフレクトアレーの高効率化・高利得化を図り，衛星通信システムへ応用するため，衛星通信用の高利得な超大規模マルチバンドリフレクトアレーの高速設計技術を確立することを目的として研究を行った．

リフレクトアレーの設計は，素子の電流から反射係数を求める部分と，求めた反射係数からリフレクトアレーを設計し，その特性を数値的に明らかにする部分の２つから成る．いずれの部分も，起電力法によってインピーダンス行列を求める計算と，得られた行列方程式を解く計算が最も時間を要する．リフレクトアレーの設計を高速化するためには，２つの部分をそれぞれ高速化する必要があるが，前者の計算時間は小規模な行列方程式を繰り返し求めてそれを解く計算が支配的なのに対し，後者の計算時間は大規模な行列方程式を１回求めてそれを解く計算が支配的となる．したがって，高速化を行う際にはこのようなアルゴリズム上の特徴を考慮する必要がある．

リフレクトアレーの設計を高速化するための技術としてベクトル型スーパーコンピュータを用いた．ベクトル型スーパーコンピュータの特徴は，配列に格納されたデータに対するループ内での演算を一括で行うベクトル演算である．ベクトル演算による高速化を十分に活用するためには，同じ演算を施すなるべく多くの情報を，あらかじめ配列に格納しておくことが必要になる．すなわち，短いループを繰り返すようなアルゴリズムの場合は，ループ長を長くする工夫が必要である．そこで本プロジェクトでは，リフレクトアレーの反射係数を求める部分において，小規模な行列方程式を逐次的に求めるのではなく，小規模な行列方程式の集まりを仮想的な大規模行列方程式とみなし，それらを一括して求めて大規模な配列に格納するというようなアルゴリズムを構築し，高速化を実現した．また，ループ内での演算時に配列要素間の依存性が大きいアルゴリズムの場合，ベクトル演算による高速化の効果が小さい．例えば，行列方程式の解法の１つであるガウス消去法は，演算中に行列要素が変化するという特徴を持っており，配列要素間の依存性が高く，ベクトル演算に不向きである．そこで本プロジェクトでは，行列方程式を解く部分に直接法ではなく反復法を適用した．反復法は，行列とベクトルの積を繰り返して解を求めるという手法であり，演算中に行列の要素は変化せず，行列要素間の相互依存性がないという特徴がある．したがって，反復法はベクトル演算に向いていると言える．

以上のように，本プロジェクトではベクトル型スーパーコンピュータと反復法を利用して，大規模なリフレクトアレーの設計法を高速化した．

［3］成果

（３－１）研究成果

図１に示すような大規模な線状素子リフレクトアレーを設計した．設計した 50×50 素子のリフレクトアレーの散乱パターンを図２に示す．所望の方向である θ_d=20° 方向に強いビームが形成されていることが分かる．実効開口効率は 36.2%であった．リフレクトアレーを設計し，その特性を数値的に求めるのに要した計算時間を表１に示す．表１から、ベクトル型スーパーコンピュータを用いると，Core i7 を用いた場合と比較して計算時間が 1/162 まで短縮されることが分かる．以上のことから，本プロジェクトで構築したリフレクトアレー設計の高速化アルゴリズムにより，大規模リフレクトアレー設計の計算時間が大幅に短縮されると言える．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献な

ど

本プロジェクトで構築した高速化法を利用すると，リフレクトアレーの最適化問題のような，莫大な計算量を要する課題が短時間で遂行できる．その結果，リフレクトアレー素子間の相互結合を厳密に考慮しつつ最適化を実行できるため，最適化法で得られたリフレクトアレーの性能が従来法によるものよりも向上することが見込まれる．したがって，本研究成果はマルチバンドリフレクトアレーやマルチビームリフレクトアレー等の高機能リフレクトアレーの設計技術を格段に向上させるものである．

（特別支援（若手・国際）にかかる研究成果）
本プロジェクトでは，特別支援分の研究費によってリフレクトアレー実験器具を購入することができた．設計法の妥当性を明らかにする目的で購入したもので，購入した実験器具によって研究が大きく推進できた．

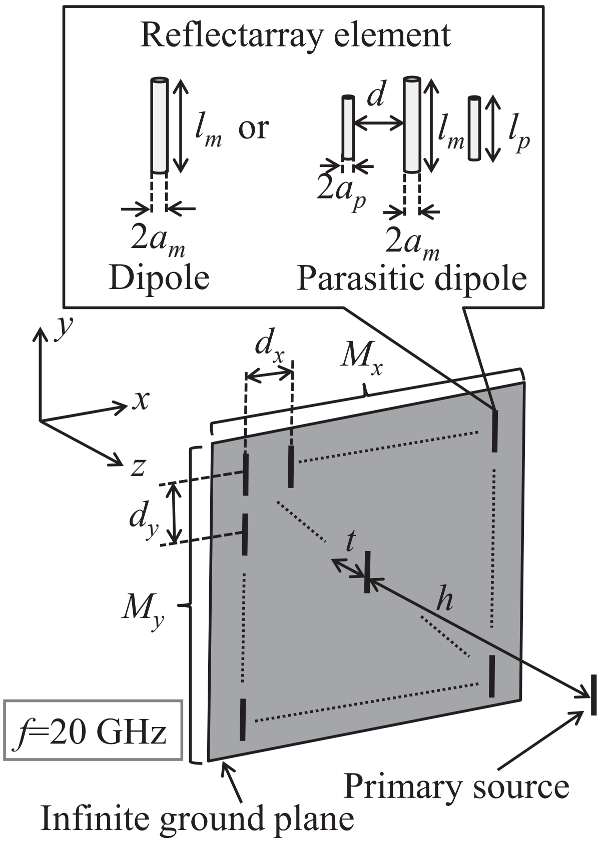


図１：リフレクトアレーのモデル

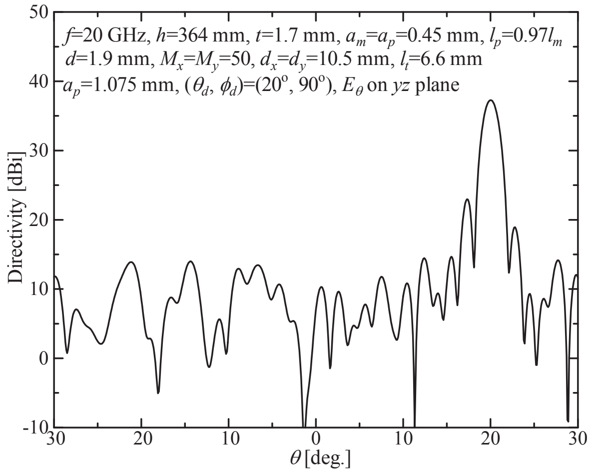


図２：設計したリフレクトアレーの散乱パターン

表１：計算時間

プロセス	CPU time [sec.]	
	Core i7	SX-9(8 並列)
Design of reflectarray	1692	62
Numerical simulation of designed reflectarray	59028	313
Total	60720	375

［４］成果資料

（１）今野 佳祐, 陳 強, ``CBFM を用いた大規模アレーアンテナの数値解析の高速化,'' 信学ソ大, BS-1-1, pp.1-2, 2014 年 9 月, 徳島.
（２）H. Ito, K. Konno, and Q. Chen, ``Numerical Simulation of Scattering Characteristics of Mushroom Type Reflectarray Elements,'' Proc. JCK workshop 2014, pp.1-3, Oct. 2014, Chengdu, China.
（３）横川 佳, 今野 佳祐, 陳 強, ``対数周期ダイポールアレーの散乱特性に関する研究,'' 信学技報, vol. 114, no. 294, AP2014-137, pp.51-54, 2014 年 11 月.
（４）今野 佳祐, 陳 強, ``アレー給電による大規模な低姿勢リフレクトアレーの高利得化,'' 信学技報, vol. 114, no. 294, AP2014-138, pp.55-59, 2014 年 11 月, 米沢.
（５）横川 佳, 今野 佳祐, 陳 強, ``対数周期ダイポールアレーの散乱特性に関する研究,'' 第 567 回伝送工学研究会, 2014 年 11 月.
（６）K. Konno and Q. Chen, ``Numerical Analysis of Planar Dipole Antennas in the Vicinity of Dielectric Object Using HO-CBFM,'' Proc. IEICE Int. Symp. Antennas. Propag., TH2B-01, pp.245-246, Dec. 2014, Kaohsiung, Taiwan.

採択回数	1	2	3

(若手・大型)

採択番号 H26/A10

ディペンダブル・エア実現に向けた無線ネットワークアーキテクチャの開発

［1］組織

代表者：亀田　　卓
(東北大学電気通信研究所)
対応者：亀田　　卓
(東北大学電気通信研究所)
分担者：
末松　憲治（東北大学電気通信研究所）
坪内　和夫（東北大学電気通信研究所）
高木　　直（東北大学電気通信研究所）
平　　明徳（東北大学電気通信研究所）
飯塚　　昇（鈴鹿工業高等専門学校）
小熊　　博（富山高等専門学校）
谷藤　正一（沖縄工業高等専門学校）
山形　文啓（釧路工業高等専門学校）

延べ参加人数：14人

研究費：物件費19万1千円，旅費37万6千円，若手特別支援分 20万円

［2］研究経過

無線通信ネットワークにおけるディペンダビリティ向上のためには，地上系／衛星系を問わず，種々の異種無線通信システムを効率的・適応的に活用し，大規模災害時を含むようないかなる状況においてもネットワークへの接続性を維持し，かつ，その品質を保証することが重要である．具体的には，通信距離，通信速度，電力などを最適制御し，通信品質や回線の安定性・信頼性を確保する必要がある．このようなディペンダビリティが高い次世代の無線通信ネットワークを我々は Dependable Air（ディペンダブル・エア）と呼んでいる．

本研究課題では，ディペンダブル・エアの実現に不可欠である無線ネットワークアーキテクチャの研究開発を行う．既に終了した文部科学省 IT プログラム（RR2002）「次世代モバイルインターネット端末の開発」や，現在進行中の JST CREST タイププロジェクト研究「ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発」などの成果を活用し，ディペンダブル・エアにおける異種無線融合ネットワーク構築技術の研究開発を行う．本プロジェクトは，本年度が第1年度であった．

ディペンダブル・エアに関する研究議論を，東北大学電気通信研究所を会場に開催した．以下に開催日を列挙する．

2014年：6月8日，6月9日，6月10日，
7月9日，7月10日，11月30日，
12月1日
2015年：2月20日，2月21日

［3］成果

（3－1）研究成果

ディペンダブル・エアは様々な無線通信システムを効率的・適応的に活用するものである．これまでのところ地上の無線通信を中心に検討してきており，様々な研究成果を得ている．しかしながら，東日本大震災の経験から，地上の無線通信のみでは災害時の接続性確保に問題があることが明らかとなった．そこで，地上通信インフラを喪失した場合においても必ずつながる無線通信ネットワークとして，ユーザ端末から衛星を経由して通信を行う QZSS（Quasi-Zenith Satellite System）ショートメッセージ通信を提案している．これは日本が独自に打ち上げたGPS（Global Positioning System）を補完する測位衛星である準天頂衛星にてユーザ端末との通信を中継し，ネットワークを構成するものである．図 1 に提案ネットワークの概要を示す．提案ネットワークにおいては，SS-CDMA（Spectrum Spread Code Division Multiple Access）技術を用い，同時通信端末数の増大とプロセスゲインによるSNR（Signal to Noise Ratio）回復を狙っている．

このような機能は，準天頂衛星システム事業を所管する内閣府宇宙戦略室から「メッセージ機能」として搭載する事が宣言されている．それによると，

端末は1W程度の送信電力にて高度36,000kmの衛星と通信を行い，なおかつ災害時には 300 万件のメッセージを１時間以内に処理する事が要求されている．例えば携帯電話網では単一基地局にて処理する加入者数は数百から千程度であり，QZSSショートメッセージ通信を構築するためには，端末間の高精度同期を確保することが必要である．本年度はこの端末間同期を確保する手法に対して，実測を交えた検討を行った．

従来のセルラシステムなどにおいて，端末の同期は基地局からの基準信号を利用し，フィードバックループを形成して行っている．しかしながら，地上局-端末間の伝搬遅延が0.24secかかるため，従来手法を用いた端末同期は困難である．

そのため，準天頂衛星を含む GPS の測位信号から生成される，高精度時刻タイミング信号を用いて同期を確立する手法を提案している．この時刻同期タイミング信号は，測位を実施する際の衛星距離計測のために，端末の低精度な時計を衛星の高精度原子時計と同期する必要があることによる副産物であり，国際原子時と高い精度で同期しているとされる．この時刻同期タイミング信号を用い，地上局で同一タイミングとなるようにそれぞれの端末が送信を行う事で多数のメッセージの分離を容易にする．

しかしながら，時刻同期タイミング信号の安定度，相対精度が不明であり，システム設計から要求される目標相対精度 20nsec 以内を確保可能であるかが課題であった．このため，時刻同期タイミング信号を生成する受信機を利用した実測を行った．測定には古野電気製GF-180TCを２台用い，電気通信研究所１号館S棟屋上にて24時間の連続観測を実施した．２ 台ともオープンスカイの条件，１ 台の天空の一部を遮った条件の２条件で測定を実施し，２台の時刻同期タイミング信号の相対誤差を評価した．結果，２ 台ともオープンスカイの条件では最大誤差10nsec，１台の天空の一部を遮った条件では最大誤差 38nsec となり，可視天空率が最大誤差に影響することがわかった．しかしながら，２条件とも99%の時間で相対誤差 20nsec 以内を確保出来ることが分かり，提案手法が実現可能である事を示した．

また，安定度の評価として位相雑音の測定を実施し，オフセット10Hzにおいて-98dBc/Hz，1000Hzにおいて-139.9dBc/Hzであることが分かった．この位相雑音の影響を考慮した場合のBER（Bit Error Rate）特性のシミュレーション結果を図 2に示す．小型・低コスト化を考慮し，測定結果より位相雑音が20dB, 40dB劣化させた場合も合わせて計算した．ユーザ数は500，1000の２条件である．BER特性劣化は，最大でも位相雑音 40dB 劣化，ユーザ数1000の場合のBER 10^{-4}における0.4dBであり，提案手法が十分に実現可能であることを示した．

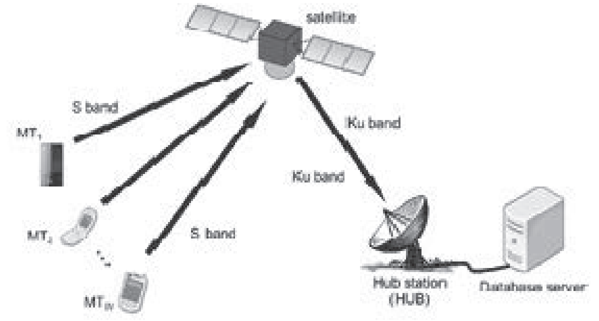


図 1 QZSSショートメッセージ通信システム概要

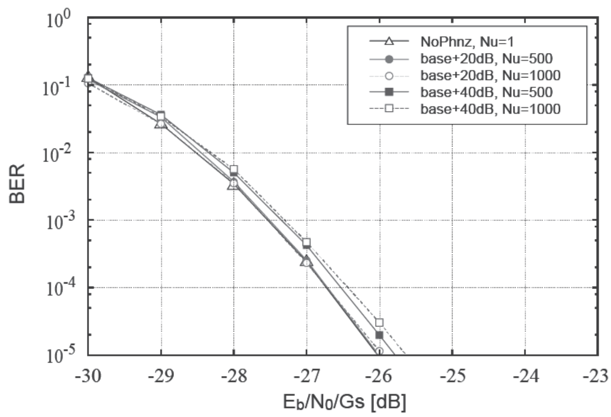


図 2 位相雑音を考慮したBER特性

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究プロジェクトは，様々な機器に対しネットワークインタフェースを装備し，それらを適切に制御することで，必ずつながるネットワークの実現を目指すものである．東日本大震災において，車両の走行軌跡データを吸い上げることにより，道路の通行可能状況をリアルタイムに把握することが可能になった事例に代表されるように，必ずつながるネットワークを構築すること，そのネットワークに接続される機器の種類･数を増やすことは,新たなユーザ価値をもたらす．これは従来の情報通信分野のみならず，物流，交通，医療，農林水産業，防災など，様々な分野への波及効果が期待できる．そういった意味で，本プロジェクトの意義は非常に大きい．さらに本プロジェクトの研究成果を積極的に国内外の学会発表する事により，学外研究者との交流が飛躍的に活性化し，国内外の大学，企業との関係が非常に強化されてきている．

また，今回配分頂いた若手研究者対象型の特別支援研究費は主に共同研究者の旅費として活用した．これにより，申請時の当初計画以上にディペンダブル・エアにおける異種無線融合ネットワーク構築技

術に関する議論の打ち合わせを通研で開催することができ，本研究開発全体を加速することができた．

今後は，本プロジェクトの研究成果を積極的に活用し，産学官連携による地元地域の移動体通信技術研究開発拠点化に向けた取り組みへの大きな発展が期待できる．

［4］成果資料

（1）J. Kuboniwa, Y. Miyake, S. Kameda, A. Taira, N. Suematsu, T. Takagi and K. Tsubouchi, " A Novel Cell Selection Scheme Using Positioning Information for Heterogeneous Wireless System," 7th International WDN Workshop on Cooperative and Heterogeneous Cellular Networks (WDN-CN2015), Washington, USA, Sep. 2014.

（2）M. Huang, Y. Miyake, S. Kameda, A. Taira, N. Suematsu, T. Takagi and K. Tsubouchi, "A Proposal of WLAN Control Scheme Using Separated Channel," 7th International WDN Workshop on Cooperative and Heterogeneous Cellular Networks (WDN-CN2015), Washington, USA, Sep. 2014.

（3）高橋 智英, 三宅 裕士, 平 明徳, 亀田 卓, 小熊 博, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, "QZSS ショートメッセージ SS-CDMA 通信システム：フラグ信号を用いた高効率アクセス制御方式, " 信学論 (B), vol.J97-B，no.11，pp.1096-1105，Nov. 2014.

（4）秋元 浩平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, "QZSS ショートメッセージ SS-CDMA 通信のレイリーフェージング環境における基本特性, " 信学技報，vol.114, no.86, RCS2014-37，pp.31-36，June 2014.

（5）窪庭 純平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 異種無線融合システムにおける位置情報を用いたネットワーク選択手法の通信容量評価, " 信学技報, vol.114, no.86, RCS2014-36，pp.25-30，June 2014.

（6）平 明徳, 三宅 裕士, 亀田 卓, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 準天頂衛星システムを活用する SS-CDMA ショートメッセージ通信, " 信学技報, vol.114, no.164, RCS2014-124, pp.185-192, July 2014.

（7）平 明徳, 三宅 裕士, 亀田 卓, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 衛星測位情報を活用する地上系広域情報収集ネットワークの提案, " 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2014 年 通信 (1).

（8）黄 敏之, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 高負荷な環境における, 独立な制御チャネルを用いた無線 LAN システムの遅延時間の評価, " 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2014 年 通信 (1).

（9）窪庭 純平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 小熊 博, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 位置情報を用いた異種無線融合システムのネットワーク選択手法：ハンドオーバオフセットを考慮したスループット評価, " 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2014 年 通信 (1).

（１０）亀田 卓, 窪庭 純平, 三宅 裕士, 平 明徳, 小熊 博，末松 憲治，高木 直，坪内 和夫，"QZSS/GPS 高精度位置情報を用いた異種無線融合システムのネットワーク選択手法, " 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2014 年 通信 (1).

（１１）J. Kuboniwa, Y. Miyake, S. Kameda, A. Taira, H. Oguma, N. Suematsu, T. Takagi and K. Tsubouchi, "Network Selection Scheme Using Positioning Information for Heterogeneous Wireless System: Throughput Evaluation Considering Selection Resource Utilization," 信学技報, vol. 114, no. 284, SR2014-84, pp. 151-156, Oct. 2014.

（１２）窪庭 純平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 小熊 博, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, " 異種無線融合システムにおける位置情報を用いたネットワーク選択手法：接続ユーザ数を考慮したスループット評価, " 信学技報，vol. 114，no. 372，RCS2014-229, pp. 55-60，Dec. 2014.

（１３）秋元 浩平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, "QZSS ショートメッセージ SS-CDMA 通信における同期精度の実験的検証, " 信学技報, vol. 114, no. 435, SR2014-96, pp. 13-18，Jan. 2015.

（１４）窪庭 純平, 三宅 裕士, 亀田 卓, 平 明徳, 小熊 博, 末松 憲治, 高木 直, 坪内 和夫, "位置情報を用いた異種無線融合システムのネットワーク選択手法：トラヒックナビゲーションの提案, " 信学技報, vol. 114, no. 435, SR2014-99, pp. 29-34, Jan.2015.

採択回数	1	2	3

（萌芽）

採択番号　Ｈ２６／Ａ１１

大脳神経回路の組織化に関する研究

［1］組織
代表者：久保田 繁
（山形大学大学院理工学研究科）
対応者：庭野道夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
廣瀬文彦（山形大学大学院理工学研究科）
平野愛弓（東北大学大学院医工学研究科）
藤原寛太郎（埼玉大学大学院理工学研究科）
延べ参加人数：８人

研究費：物件費 19 万 2 千円、旅費 23 万 1 千円

［2］研究経過
ほ乳類の脳では、臨界期と呼ばれる生後の限られた時期に、外部環境の影響を強く受けて神経回路が発達する。例えば、3 歳位までの幼児の片目に眼帯を施すと、以後の成長過程で修正困難な弱視が生じるが、大人になってから長期間眼帯を当てても視力低下は見られない。このように、臨界期形成のメカニズムの解明は、幼児期の脳の発達を理解するためにも、弱視を含めた発達期の障害の臨床治療を行うためにも大変重要である。そこで、本プロジェクトでは、臨界期を制御する生物物理学的な機構を明らかにするために、大脳皮質神経回路モデルを構築し、外部環境の情報がシナプス結合に埋め込まれる際の非線形力学系としてのプロセスを解析する。

大脳神経回路の機能的な組織化は、神経間の結合強度が神経活動に伴って調節されるシナプス可塑性によって引き起こされる。生理学的実験により、皮質シナプスの可塑的な変化は、シナプス前神経細胞とシナプス後神経細胞の数 10 ms の精密な発火タイミングに依存することが知られている。この発火タイミング依存シナプス可塑性（ＳＴＤＰ）では、シナプス前神経細胞の発火が、シナプス後神経細胞の発火の直前に起こると長期増強（ＬＴＰ）が発生するのに対し、シナプス後神経細胞の発火の直後に起こると長期減弱（ＬＴＤ）が生じることが報告されている。ＳＴＤＰは、神経スパイク群の時空間相関を、シナプス荷重に埋め込む機能を有することが知られており、発達期の回路組織化プロセスを解明する上で、多数の神経間の発火相関を制御する仕組みを本質的に理解することが重要である。

このような観点から、本研究では、主に以下の２つの方向から研究を推進した。

（1）発達期に成長する抑制性（ＧＡＢＡ作動系）神経伝達の局所回路をモデル化することで、ＧＡＢＡ抑制が、発火相関の調整を通じて、ＳＴＤＰによるシナプス組織化を制御する過程を明らかにする。

（2）大脳皮質で観察される複雑ネットワーク構造の変化（神経結合の不規則性・非対称性・密度等）が、神経スパイク群の同期や大域的な時空間パターンに及ぼす影響を解析する。

［3］成果
（1）ＧＡＢＡ抑制によるシナプス回路の組織化プロセスの解明

環境からの刺激に依存したシナプス回路の発達過程について検討するため、大脳皮質視覚野の活動を再現する神経モデルを構築した（図１）。本モデルでは、視覚野の局所回路構造を反映するため、積分発火型神経が、左右の眼からの入力に対応した２グループの興奮性入力と、局所的なＧＡＢＡ入力を受け取っている。また、ＧＡＢＡ入力の活性が興奮性入

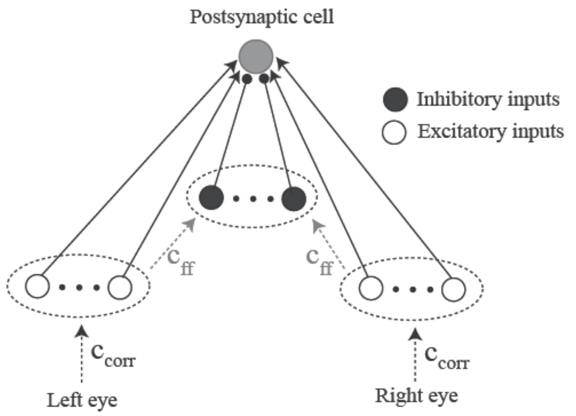


図１　フィードフォワード抑制を含む大脳皮質視覚野の錐体細胞モデル

力によって引き起こされる、フィードフォワード回路が導入されている。実際の脳のように、背景ノイズの強い環境では、シナプス後神経細胞の発火確率はシナプス後電位（ＰＳＰ）の和に比例するという研究結果に基づき、興奮性及び抑制性入力のタイミングは、生起率がＰＳＰに依存する非定常ポアソン過程としてモデル化されている。また、全ての興奮性シナプスの結合荷重はＳＴＤＰにより動的に変化すると仮定している。

臨界期に観察される眼優位可塑性を再現するため、図２(A)のように、左右交互に興奮性入力の入力頻度を一時的に低下させることで、単眼遮蔽に伴うシナプスダイナミクスをシミュレートした。その結果、図２(B1)のようにフィードフォワード抑制が弱すぎる場合や、図２(B3)のように強すぎる場合は、どちらの眼を遮蔽してもシナプス強度分布に変化は見られなかった。一方、図２(B2)のように、フィードバック抑制が中間的な強さの場合には、遮蔽を受けなかった眼からの入力が相対的に強くなるというように、シナプス荷重分布が単眼遮蔽の経験を反映することが示された。このことは、神経回路が環境刺激の情報を反映する能力を、フィードフォワード抑制によって制御できることを示唆しており、脳型学習機能を考える上で非常に興味深い。さらに、ＧＡＢＡ抑制の成長が眼優位可塑性の開始と終了のタイミングを共に制御できるという、最近の生理学実験の結果を再現しており、臨界期形成の分子機構に重要な示唆を与えている。

（２）皮質のネットワーク構造が発火統計に及ぼす影響の解析

複雑ネットワークの特性が、活動電位の同期といった神経発火の時空間構造に与える影響について解析した。近年のマイクロパターン上の培養神経細胞を用いた実験により、回路内の細胞数の増加に伴って、同期発火頻度が上昇する傾向が判明している。そこで、この実験結果を説明するため、積分発火型の神経細胞モデルを用いたランダムネットワークを構築して、回路構造を特徴づける様々なパラメータが発火パターンに及ぼす影響を解析した。

図３は、ランダムネットワークのconnectivity（ニューロン数と結合数の比）を一定に保って、細胞数を変化させた場合の解析例を示す。図より、神経細胞数が少ない場合には、低頻度な不規則発火が起きるのに対し、細胞数の増加と共に、高頻度な同期発火が生じることが分かる。これらの結果は、マイク

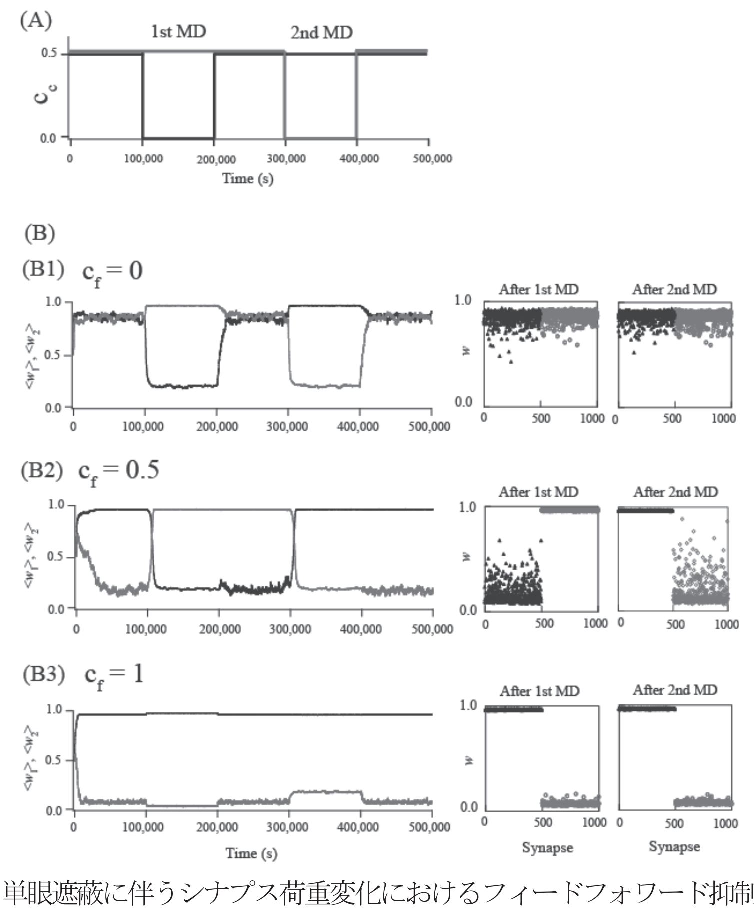


図２　単眼遮蔽に伴うシナプス荷重変化におけるフィードフォワード抑制の影響
(A)左右の眼からの入力頻度の時間変化。(B)フィードフォワード抑制が無い場合(B1)、中程度の場合(B2)、強い場合(B3)の両眼に対応したシナプス入力強度の時間変化（左）と荷重分布（右）

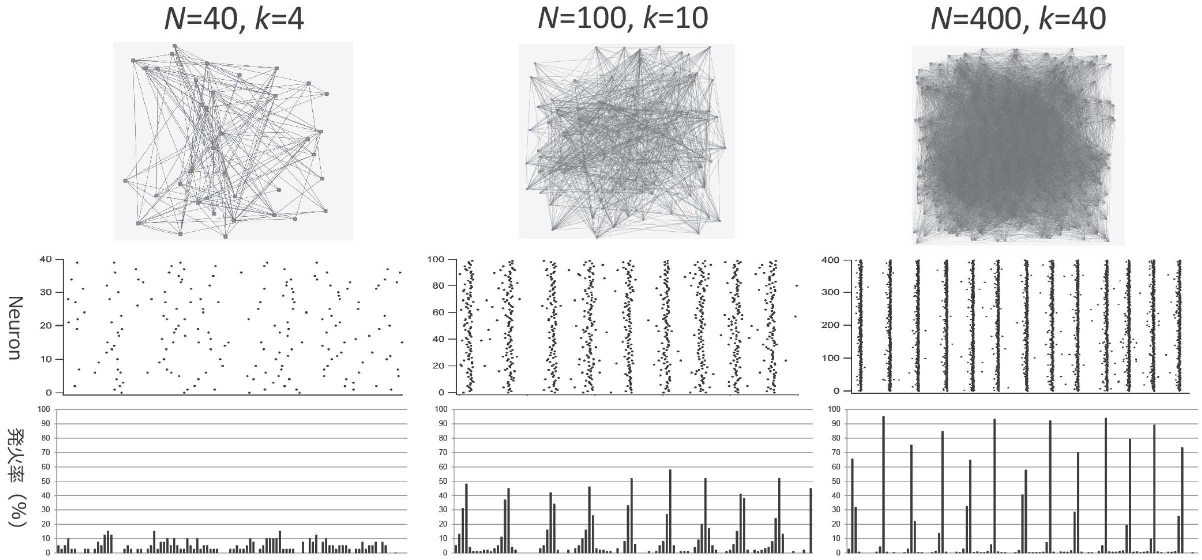


図３　ランダムネットワークを構成する神経細胞数(N)と細胞１個あたりの平均結合数(k)を変化させた時のネットワーク構造（上)、ラスタープロット（中)、発火率（下）の変化

ロパターン培養神経回路において観察されるダイナミクスをよく再現しており、①細胞ごとの膜電位のランダムな揺らぎによる活動電位の生成と、②ネットワーク中の興奮性シナプス結合による活動のフィードバック増幅、というメカニズムによって、培養神経回路における同期バーストの生成と回路サイズ依存的なダイナミクスの変調が説明できることを示している。

さらに、本研究では、スモールドワールド構造、及びスモールワールドを複数個結合したモジュール構造のシミュレーションにより、多様な複雑ネットワーク特性が、大域的な神経応答に及ぼす影響を明らかにしている。

［４］成果資料（２重下線は研究代表者を、通常下線は通研対応教員，研究分担者を表す）

(1) I. Sakurai, S. Kubota, M. Niwano, A model for ocular dominance plasticity controlled by feedforward and feedback inhibition, *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications, and Computer sciences*, E97-A: 1780-1786, 2014.

(2) I. Sakurai, S. Kubota, M. Niwano, The onset and closure of critical period plasticity regulated by feedforward inhibition, *Neurocomputing*, 143: 261-268, 2014.

(3) Y. Chida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, K. Ishihara, S. Fujimori, T. Tanii, S. Kubota, M. Niwano, Computational modeling of the spontaneous activity in micropatterned neuronal networks, Proceedings of the *3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer*, Sendai, Tohoku University, 18 Feb, 2015.

(4) 千田雄大, 山本英明, 平野愛弓, 石原広識, 藤森壮也, 谷井孝至, 久保田 繁, 庭野道夫, “マイクロパターン神経細胞回路の活動様式に関する理論的考察”, 第62回応用物理学会春季学術講演会, 2015年3月12日, 東海大学, 平塚.

採択回数	① 2 3

（大型）

H26/A12

ハイブリッド脳開発に向けた培養神経回路網の再構成

［1］組織

代表者：神谷　温之
（北海道大学大学院医学研究科）

対応者：庭野　道夫
（東北大学電気通信研究所）

分担者：
鈴木　江津子
（北海道大学大学院医学研究科）
谷井　孝至（早稲田大学理工学術院）
山本 英明
（東北大学学際科学フロンティア研究所）
八木 哲也（大阪大学工学研究科）
森江　隆
（九州工業大学生命体工学研究科）
桂林　秀太郎（福岡大学薬学部）
早川　吉弘（仙台高等専門学校）
平野　愛弓
（東北大学大学院医工学研究科）
中島　康治（東北大学電気通信研究所）
上原　洋一（東北大学電気通信研究所）
佐藤　茂雄（東北大学電気通信研究所）
片野　諭（東北大学電気通信研究所）
小野美　武（東北大学電気通信研究所）
木村　康男（東京工科大学）

延べ参加人数：191 人（シンポジウム参加者を含む）

研究費：物件費 192,000 円，旅費 305,000 円

［2］研究経過

生体の脳組織で実現されている情報伝達や記憶・認知・判断などの機能は，情報処理の観点からも興味深い．従来から脳研究に用いられている脳スライスを用いた神経生理学的手法や，計算論的アプローチに加えて，これらを横断，かつ融合するような実験モデル系が構築されれば，それぞれの研究アプローチに対する情報処理メカニズムの知見としてのみならず，神経素子の機能特性を考慮した集積回路などの設計指針に寄与できると考えられる．

本プロジェクト研究は，神経細胞から成る回路網と半導体素子で構築した回路網の融合によって構成されるハイブリッド脳の開発を目指し，その基礎検討として再構成系神経回路網を構築することを目的としている．研究課題としては，①培養神経細胞を用いた，実際の脳に近い神経回路網の形成　②形成した再構成神経回路網における情報伝達機構の整理学的解析　③神経回路理論に基づく神経回路の設計と，観測される情報伝達機構の解析　の 3 点とし，そのための検討項目として，①再構成神経回路形成のための表面・界面修飾技術の確立　②動態評価指標の探索等の機能分析手法の構築　③脳型モジュール機能ユニットを模す情報処理回路の設計　と実証を行う．これらを統合・集積化することにより，脳型コンピュータの基礎となる並列・分散的な情報処理回路の実現や，脳神経回路の誤動作と捉えられるようになりつつある精神疾患などの脳機能紹介の解明のための学術的基盤を確立することを目標とした．

初年度の本年度は，人工回路網構築のための最重要な基盤技術となる表面パターニング基板の構築と機能解析を進展させ，基板上に神経細胞を配置および極性を制御してパターン培養する試みにより完全設計型の神経回路を構築し，機能的シナプスの形成に成功した．これに際し，研究分担者間の共同研究も複数実施された. また, 平成 27 年 2 月 18－19 日，平成 27 年 3 月 2－4 日には，ナノ分野とバイオ分野の研究者を集めて，共同プロジェクト研究会共催の国際シンポジウムを開催し，周辺領域の研究者との交流を行うとともに，勉強の場とした．以下にその概要を示す.

The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
日時：平成 27 年 2 月 18 日（水）－19 日（木）
場所：　東北大学電気通信研究所　本館
　　　６階　M６０１号室

2 月 18 日（水）

「On the nature and transmission of information among cell-assemblies in engineered neuronal topologies」T. DeMarse (Univ. Florida, USA)

「Long-term electrophysiological measurements in cultured human iPSC derived neurons」I. Suzuki (Tohoku Institute of Technology, Japan)

「Single-cell micropatterning techniques for engineering neuronal networks in vitro」H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, T. Tanii (Tohoku Univ., Japan)
「Functional reconstitution of ion channels in artificially formed bilayer lipid membranes」S. Kubota (Yamagata University, Japan) A. Hirano-Iwata, (Tohoku Univ., Japan)
「Integrated circuit for multi-channel pattern stimulation to neuronal network」T. Yagi (Osaka Univ., Japan)
「Real-time artificial cerebellum to study neuronal mechanisms of motor learning」R.D. Pinzon-Morales, Y. Hirata (Chubu Univ., Japan)
「Neural implementation of shape-invariant touch counter based on Euler calculus」K. Miura (Tohoku Univ., Japan)
「Collective dynamics of bird flocks」Y. Hayakawa (Tohoku Univ., Japan)
2 月 19 日（木）
「Fine control of axonal spikes by neural activity」H. Kamiya (Hokkaido Univ., Japan)
「Locality and connectivity of anisotropic inhibition for directional traveling waves in the hippocampal CA3」T. Samura (Yamaguchi Univ., Japan)
「Optimizing stimulation to control normal and pathological oscillations in the brain」T. Netoff (Univ. Minnesota, USA)
「Bursting oscillation in subthalamic nucleus induced by hyperdirect pathway」S. Kubota (Yamagata Univ., Japan)
「Synchronization effects in a cortical attractor network model」P. Herman (Royal Institute of Technology, Sweden)
「Temporal modulation of irregularities on macaque visual neurons」K. Fujiwara (Tokyo Univ. Sci., Japan)
「Swarm robot as self-propelled granular particles and its application」K. Sugawara (Tohoku Gakuin Univ., Japan)
「Advances on SIMD architectures for spiking neural emulators」J. Madrenas (Technical University of Catalunya, Spain)
「A hardware complexity reduction scheme exploiting complex networked dynamics」Y. Horio (Tokyo Denki Univ., Japan)
「Quantum neural network and its application to optimization problems」S. Sato (Tohoku Univ., Japan)
「Inverse-function delay-less model as an active neural network」K. Nakajima (Tohoku Univ., Japan)

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
CREST, JST
日時：平成 27 年 3 月 2 日（月）－4 日（水）
場所：　東北大学電気通信研究所
ナノ・スピン実験施設
４階カンファレンスルーム

3 月 2 日（月）
「Self-organized TiO_2 nanotube arrays: Latest features and applications」P. Schmuki (University of Erlangen-nuremberg, Germany)
「Probing ultrafast spin dynamics by laser-combined STM」H. Shigekawa (University of Tsukuba, Japan)
「Polarity Reversal of Tunnel Magnetoresistance Observed in Lateral Ferromagnet-Superconductor-Ferromagnet Single-Electron Transistor」Y. Mizugaki (The Univ. of Electro-Communications, Japan)
「Incorporation of Surface Biofunctionalities by Chemical Plasma Techniques」C.-C. Fan (National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)
「Quantum-dot-based Nanometrological Analysis of Intracellular Trafficking Activities in Living Cell」M. Kanzaki (Tohoku University, Japan)
「Cell Membrane Permeabilization inside Irraidation Region Using Atmospheric-Pressure Plasma」S. Sasaki (Tohoku University, Japan)
「Type Classification of Exosome Adsorption to Solid Surfaces by Atomic Force Microsopy in Aqueous Environment」T.Ogino (Yokohama National University, Japan)
「Micro-/ nano-compartments between substrate-supported model membrane and silicone elastomer」K. Morigaki (Research Center for Environmental Genomics, Kobe University, Japan)
「A simple method for lipid bilayer formation using a fine gold electrode」T. Ide (Riken, The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, Okayama University)
3 月 3 日（火）
「Mid-infrared Laser Tissue Interactions for Less-invasive and Selective Laser Treatments」K. Ishii (Osaka University, Japan)
「High-speed endoscopic Raman imaging by using hollow fiber bundle」T. Katagiri (Tohoku University)
「Incorporating magnetoelectric switching and metal-insulator transitions into next generations of non-volatile memory」P. Borisov (West Virginia University, USA)
「Magnetic oxides: applications of bulk and nanostructured forms」E. Kita (University of Tsukuba, Japan)
「Magnetoelectric switching of perpendicular exchange bias in $Pt/Co/Cr_2O_3/Pt$ stacked films」Y. Shiratsuchi (Osaka University, Japan)
「Brain Machine Interface Controlled Functional Electrical Stimulation Therapy」M. R. Popovic (University of Toronto, University Health Network, Canada)
「Robot-aided Rehabilitation Task Design Based on

Musculoskeletal」Y. Pei (Tohoku University, Japan)
「Plasma Applications to Agriculture: Plasma Farming」S. Yoo (National Fusion Research Institute, Korea)
「Plasma and pulsed power applications for agriculture」K. Takaki (Iwate University, Japan)
「Suppression Effect on Germination of Strawberry Pathogen by Atmospheric Pressure Air and N_2 Plasma Irradiation」H. Konishi (Tohoku University, Miyagi Prefectural Agriculture and Horticulture Research Center, Japan)
3月4日（水）
「Developing microscale apertures for ion channel recordings with ultra-stable lipid bilayer membranes」M. de Planque (University of Southampton, United Kingdom)
「Cell LEGO – Recent advances -」H. Iwata (Kyoto University, Japan)
「Fusion of channel-incorporated proteoliposomes into solid-supported lipid bilayer」R. Tero (Toyohashi University of Technology, Japan)
「RT atomic layer deposition of hafnium oxide by using plasma excited oxygen and water vapor」F. Hirose (Yamagata University, Japan)
「Anodization process for Nanofabrication」Y. Kimura (Tokyo University of Technology, Japan)
「Recording activities of ion channel proteins in microfabricated silicon chips」A. Hirano-Iwata (Tohoku University, Tokyo University of Technology, Japan)

［3］成果

（3－1）研究成果

神経細胞は脳機能を発現するための主構成要素であり，神経細胞を人工的に培養した系は脳機能の理解のための簡略なモデル系として注目されている．培養神経細胞系は，脳スライスや *in vivo* 実験に比べて溶液組成の制御が容易で化学刺激を行いやすいという特長をもつ一方で，高次脳機能において中心的な役割を担うと考えられている長期可塑性の発現が困難という課題も抱えている．本研究では，培養神経細胞系での可塑性発現を目指し，培養の下地となる基板表面のパターニングにより神経細胞の配置と極性制御を行い，脳内神経細胞回路網の基板上への構築を試みた．表面パターニングには，マイクロコンタクトプリンティング法を用い細胞接着性のタンパク質の微細パターンを固体基板に転写することにより，細胞の配置や極性の制御を試みた．その結果，細胞接着部の形状を非対称にすることにより，軸索の伸長方向を高い確率で制御し，かつ機能的シナプスを形成させることに成功した．今後は，可塑性機能を獲得した培養神経細胞回路網の人工再構成へと発展させていきたいと考えている．

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクトが目指す，ナノテクノロジーに基づく再構成神経回路網の形成と制御法の開発は，神経生理学・神経生物学分野における従来の生化学・電気生理学的手法とは異なる新規解析手法の開発とともに，未知の神経生理メカニズムの発見へとつながると期待される．また，人工神経回路網の形成と実際の神経回路の動作原理実装は，脳型コンピュータ開発における情報処理回路の制御機構や情報の分散処理に適応しうる．このような神経回路網の基礎的知見，および，新規デバイスの創製は，電子工学や計算科学における萌芽的な学術研究分野を作り出すとともに，精神疾患の治療や脳の再生など医療面においても大きな波及効果が期待される．

［4］成果資料

[1] Ayumi Hirano-Iwata, Ryosuke Matsumura, Ryuta Tezuka, Michio Niwano, Tim V. P. Bliss, Masao Sugawara, “Interference between Field Excitatory Postsynaptic Potentials and Simultaneously Recorded Chronoamperometric L-Glutamate Currents in Mouse Hippocampal Slices.” Electrochem. Commun., 45, 1-4 (2014).

[2] Yamamoto, Hideaki, Demura, Takanori, Sekine, Kohei, Kono, Sho, Niwano, Michio, Hirano-Iwata, Ayumi, Tanii, Takashi, “Photopatterning Proteins and Cells in Aqueous Environment using TiO_2 Photocatalysis.”, Journal of Visualized Experiments, in press.

[3] Ayumi Hirano-Iwata, Yutaka Ishinari, Hideaki Yamamoto, and Michio Niwano, “Micro- and Nano-Technologies for Lipid Bilayer-Based Ion-Channel Functional Assays.”, Chemistry-An Asian Journal, in press.

採択回数	①　２　３

（先端・若手）

採択番号　H26／A13

動的手がかりを考慮した音空間知覚に関する研究

［1］組織

代表者：本多　明生
（山梨英和大学）
対応者：坂本　修一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：なし

研究費：物件費 19 万 1 千円
旅費 24 万 3 千円
若手、特別支援費 20 万円

［2］研究経過

大容量通信が可能となった現在，次世代通信技術には「量」だけでなく，高臨場感が得られる「質」を兼ね備えた情報システムの構築が求められている。そのようなシステムを構築するうえでは，システム内でユーザが示す様々な反応から得られる動的手がかりを情報システムに適切に反映させることが重要となる。本研究は，上述した視点に立脚し，東北大学電気通信研究所が所有している，身体運動対応型の音空間知覚実験システムを用いた心理実験を行うことを通じて，人間の音空間知覚における動的手がかりの処理特性を明らかにすることを目的にして開始した。以下，研究活動状況の概要を記す。

1. 2014 年 6 月 23 日～24 日：研究打ち合わせならびに聴取実験を行った。
2. 2014 年 7 月 7 日～8 日：予備実験の結果をもとに研究打ち合わせを行った。
3. 2014 年 9 月 1 日～9 月 2 日：7 月～8 月に実施した実験についての議論を行った。
4. 2014 年 10 月 7 日：9 月に実施した実験についての議論と 10 月に出席する国際ワークショップについての議論を行った。
5. 2014 年 11 月 27 日：受動回転時の聴取者の主観的正面に関する研究打ち合わせを行った。
6. 2015 年 1 月 6 日：正面方向に対する MAA 測定実験と主観的正面の検知実験についての研究打ち合わせを行った。
7. 2015 年 2 月 2 日～3 日：能動回転中の MAA 測定実験と受動回転時の主観的正面に関する研究打ち合わせを行った。
8. 2015 年 2 月 23 日～-24 日：共同研究プロジェクト発表会にて研究成果を報告した。
9. 2015 年 3 月 9 日～10 日：超低速度の受動回転時の主観的正面に関する研究打ち合わせを行った。

［3］成果

（3－1）研究成果

東北大学電気通信研究所の無響室に設置されている音空間知覚実験システムを用いた心理物理実験を行った。具体的には，同システムを利用して聴取者の身体回転速度を厳密に操作・制御することによって，聴取者の音源位置定位精度が身体回転速度によってどのように変動するのかを詳細に記録した。

その結果，平成２６年度の共同研究プロジェクトによって，⑴ 受動回転時の聴取者の主観的正面の検知限が上昇すること，すわなち，主観的正面に対する音空間知覚精度が劣化すること（増見ら, 2014; Honda et al., 2014），⑵ 測定法を変更し，最小弁別角度を指標にした場合においても，同様に，受動回転時の聴取者の音空間知覚精度が劣化する現象が確認された（増見ら，2015 予定）。

研究結果は，グラスゴーで開催された能動的聴取に関する国際ワークショップで発表したが，我が国からは申請者のみが研究成果の発表を許されたことから特筆すべき成果であるといえるだろう。

そして平成 26 年度の共同研究プロジェクトにおいても研究成果の発表したことも重要な実績であるといえるであろう。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

人間の音空間知覚における動的手がかりの処理特性に関しては知見が錯綜している。例えば，聴取者の動的手がかりと音空間知覚の関係を調べた研究か

らは，聴取者の頭部運動によって得られる動的手がかりが音空間知覚に効率的に寄与することが報告されているが（例えばIwaya et al., 2003），その一方で，聴取者の頭部運動によって音空間知覚に歪みが生じることも報告されており（Cooper et al., 2008），音空間知覚における動的手がかりの処理・統合過程に関しては未解明な部分が多いといえる。そのような状況のなかで，特別支援分の研究費によって，数多くの実験を実施することが可能になったことにより，極めて重要な知見を得ることができた。

具体的には，音が提示されたあとに頭部運動が実行された場合は定位精度が上昇する傾向があること（例えばHonda et al., 2013），その一方で，頭部運動が行われている最中に音が提示された場合は定位精度が低下する傾向があることを示唆する知見を得ることができた（Honda et al., 2014）。この知見は，能動的な情報処理系として人間を理解する際に極めて示唆に富んだ知見である。したがって，本研究からは，我々が実世界から得られる動的な手がかりをどのように統合しているのかを理解するうえで重要な知見が得られるといえるだろう。

また，本研究で利用する実験装置は，心理学，医学などをはじめとした人間の音空間知覚メカニズムを新しい視点から探求するための実験ツールとして用いることが可能であることから，学術的な成果が期待できる。さらに，研究成果を工学的に応用することによって，聴覚ディスプレイをはじめとする様々な音環境提示装置の高度化を実現することやそのような装置を基盤とした高臨場感・超臨場感通信技術を創生することができる。

［4］成果資料

(1) Sakamoto, S., Hasegawa, G., Honda, A., Iwaya, Y., Suzuki, Y., & Gyoba, J. (2014). Body Vibration Effects on Perceived Reality with Multi-Modal Contents. ITE Transactions on Media Technology and Applications.

(2) 増見洋治・本多明生・鈴木陽一・坂本修一 (2014). 受動回転中の主観的正面における音像定位弁別限．信学技報 IEICE Technical Report HIP2014-67(2014-12), 7-10.

(3) Honda, A., Suzuki, Y., Masumi, Y., Ohba, K., Sakamoto, S., & Iwaya, Y. (2014). Listener's Head Rotation Affects Their Sound Localization Acuity at the Subjective Front. Moving Sounds and Moving Listeners: A Two Day Workshop on the Use of Motion Tracking and Moving Audio in Hearing Research, October 13-14, 2014, Glasgow, Scotland, UK. 【Selected Talks】

(4) 本多明生 (2015). 動的手がかりを考慮した音空間知覚に関する研究. 東北大学電気通信研究所平成 26 年度共同プロジェクト研究発表会, 2015年2月23日, 東北大学片平さくらホール.【国際および若手プロジェクト成果報告】

(5) 増見洋治・鈴木陽一・本多明生・坂本修一 (2015 予定). 受動回転時の最少弁別角度に回転速度が与える影響. 日本音響学会 2015 年春季研究発表会, 2015 年 3 月 16-18 日, 中央大学.

採択回数	① 2 3

（萌芽・先端）

採択番号　H26/A14

ロングパスエコー下での 伝送パラメータを用いない音声了解度推定

［1］組織
代表者：近藤　和弘
（山形大学）
対応者：坂本　修一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
小林　洋介（都城工業高等専門学校）
延べ参加人数：3人

研究費：物件費19万2千円，旅費25万5千円

［2］研究経過
災害時における防災行政無線およびその屋外拡声系は重要な役割を担っている。全国の屋外行政無線の普及率は76.3%と非常に高く，2011年3月の東日本大震災でも多くの人が防災行政無線の屋外拡声系により情報を入手している。屋外拡声系は個々人が特別な装置を持つ必要がないため，有効な情報伝達手段であるが，東日本大震災では屋外拡声器による災害情報音声が聞き取れなかった事例があり，改善が求められている。このため，屋外における音響伝達特性の計測，スピーカアレイの利用やサイン音の検討など，これまでの音声・音響工学の知見を活かした取り組みが行われている。特に拡声された音声の聴き取りに直接関係する主観品質である音声了解度に関しては，文章を用いた主観評価法と評価環境のインパルス応答を利用して計算したSTI（Speech Transmission Index）から予測する方法が提案され，STIが0.6以上の値を取る環境では十分高い音声了解度が得られるとされている。

一方で，生活空間でのインパルス応答の取得は行政や市民の理解が必要であり，実験規模も小さく，突発的な外乱による測定値のバラつきが発生しやすいといった指摘がある。このため，インパルス応答の取得に用いるSwept-sine信号を実際の拡声系で再生することなく，了解度を推定する方式が必要である。特に拡声音声を録音し，その信号のみから了解度が予測できれば，拡声システムの平常放送（各種案内や時報など）から直接計測できるため，非常に使い勝手の良い予測システムとなる。

以上の背景より，本研究では，インパルス応答を用いずに屋外拡声器の音声了解度を推定する方式を提案する。提案推定モデルは，観測音声のみから音響特徴を求めるノンリファレンス特徴量を用い，主観評価値と特徴量を機械学習による回帰モデルで作成する。この推定は，人間が何らかの音声を聴取したときに，その音響的手がかりから，聴き取りやすさ（あるいはにくさ）がどのくらいかを推定することに近似しており，従来の物理計測を中心とした推定法よりも人間の知覚に近い。本プロジェクトでは，主観評価を行う音響モデルの検討とノンリファレンス特徴量の選択について議論を行い，高精度な推定方式の確立を目指す。

本プロジェクトは，本年度が初年度であった。以下に，研究活動状況の概要を記す。

・H26年8月に電気通信研究所にて，全員が参加して研究の進め方に関する打ち合わせを実施した。特に推定に利用する音響特徴量について意見交換した。また，同期間に東北学院大学で開催された電気音響研究会にて，本研究の予備実験の結果について発表を行った。
・H26年9月に北海学園大学で開催された音響学会秋季研究発表会の際に，研究の進捗状況について打ち合わせた。
・H27年2月に電気通信研究所で開催された共同研究プロジェクト研究発表会の際に，研究の総括について打ち合わせを実施し，今年度進捗した主観評価結果について討論した。同発表会で成果の一部を発表した。
・H27年3月に中央大学で開催された音響学会春季研究発表会の際に，最終報告を実施し，同発表会で成果の一部を発表した。

その他の研究会，研究討論会，研究発表会，研究集会等は開催しなかった。

［3］成果

（3－1）研究成果

①屋外拡声系の評価モデルと主観評価の実施

屋外拡声器に入力される音声は，防災行政無線システムを経由するため，親局から支局への音声伝送過程で符号化処理などによる通信劣化が生じる。また，拡声後には，エコーの他にも聴取位置での背景騒音がある。以上を考慮した了解度評価を検討する。

主観評価に用いる音源は，ATR 音素バランス文より自立語数，音声モーラ数，音声親密度およびクリーン音声での被験者5名による文章音声の平均自立語正答率（WCR: word correct rate）についてリスト間差がなくなるように集計し，男女5文ずつの10文からなる8つの文章音声リストを作成した。

了解度の評価は，符号化，背景騒音，およびエコーの3要因から16 条件を設定した。符号化条件は，サンプリング周波数 16 kHz のクリーン音声(Cl)と8 kHz に帯域制限した音声に ITU-T G.711 μ-law コーデックで符号化処理をした音声(Cd)の 2 条件，背景騒音はSN 比が 10 dB のスピーチノイズの有り無しの2条件を比較した。エコーの遅延時間は, 0, 81, 162, 324 msec とした。各条件に8リストを2回ずつ割り当て被験者 10 名にヘッドホンで評価音提示し，聴き取った内容を専用の GUI に回答させた。

評価結果を Fig. 1~4 に示す。図の横黒線は中央値,白ダイヤモンドは平均値を示し，被験者ごとの主観評価値の第一四分位から第三四分位までを IQR (interquartile range) とし，IQR の 1.5 倍を超える外れ値を黒丸で示す。この結果に有意な差があるか，コーデック，ノイズ，エコーの3要因による分散分析を下位検定も含め棄却率 5%で行った。その結果，全ての要因に有意差があった。エコー要因の4条件を多重比較した結果，エコーなしと他の3条件の間には有意差があったが，エコーのある3条件間差は有意ではなかった。交互作用分析では，ノイズとエコー間およびノイズとコーデック間には有意差がみられたが，コーデックとエコー間には有意差はなかった。また，3 要因の交互作用も有意差があった。下位検定の結果はノイズの効果はほとんどの組み合わせで有意な差だった。しかし，コーデックはノイズがある場合のエコーなし条件と 162 msec エコー条件でのみ有意差があり，エコーはノイズのある場合にのみ効果があった。以上の結果より，妨害騒音は10 dB 程度のSN 比で有意にWCR に影響するが，エコーとコーデックは単独ではなく組み合わせにより WCR を低下させることが明らかとなった。また，全ての劣化を含む Cd+N 条件は，他の条件よりも有意に WCR を低下させた。

以上の結果は，電気通信研究所で平成23 年度に実施した屋外拡声器の実地試験研究に近い値であり，屋外拡声器の品質評価に必要な条件の絞り込みができた。また，特定要因だけではなく，複合要因による劣化であることが明らかとなった。

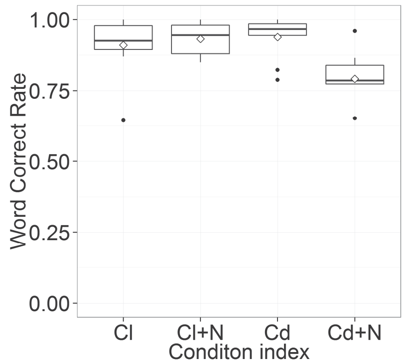


Fig. 1 Box plot for none echo delay.

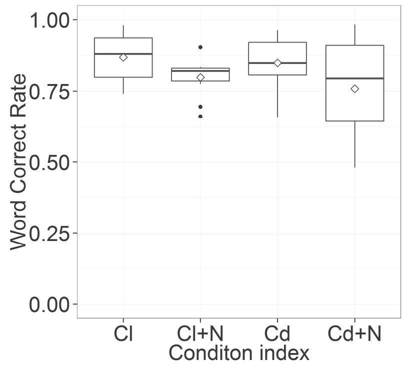


Fig. 2 Box plot for 81 msec echo delay.

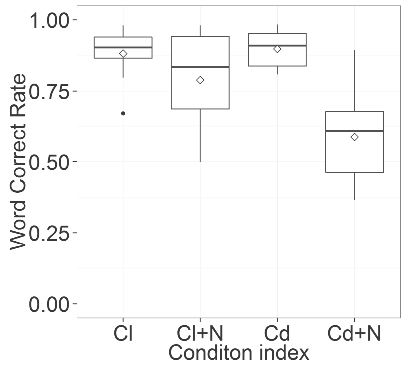


Fig. 3 Box plot for 162 msec echo delay.

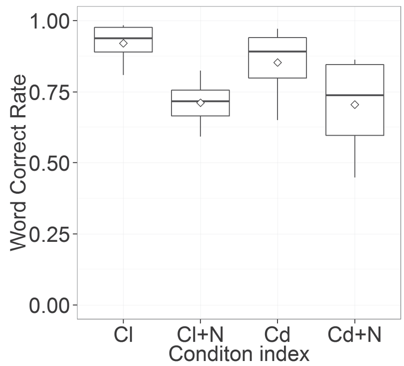


Fig. 4 Box plot for 324 msec echo delay.

②推定モデルの作成と推定性能評価

①の主観評価値の推定モデルを作成する。ノンリファレンス音響特徴量にはITU-T P.563勧告で用いられている音響特徴量と音声親密度から 11 次元の特徴量を算出し，主観評価によるWCRを教師としてRandom Forests法を用いた非線形回帰によって推定モデルを作成する。

ランダムに抽出した主観評価音源の半数を学習データとし，残りの半数をテストデータとして推定モデルを作成し，主観値と推定値の平均二乗誤差(RMSE)とピアソンの積率相関係数(r)を求めた結果をTable 1に示す。また，作成した推定モデルでの学習データとテストデータの主観値と推定値をFig. 5, 6に示す。結果より，学習データはほぼ対角線上にデータがプロットされ，良く学習できているが，テストデータは推定値が 0.8 前後のほぼ一定の値となっている。以上の結果より，現在のデータ数では過学習に陥っているものと考えられる。

Table 1 Estimation results.

	RMSE	r
Train	0.07	0.94
Test	0.13	0.50

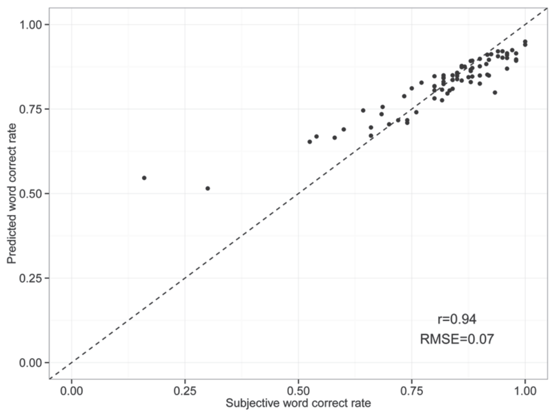


Fig. 5. Subjective vs. estimated WCR (train)

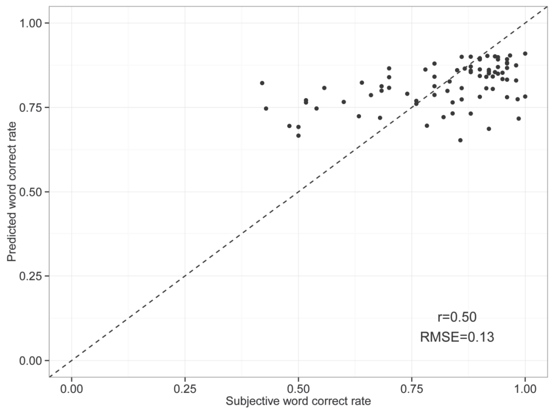


Fig. 6. Subjective vs. estimated WCR (test)

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究の予想される波及効果としては，屋外拡声器の了解度を予測する機器の開発が挙げられる。[2]でも述べたように，現在は了解度の推定値を得るためには，非音声の基準音の放射とその計測が必要である。提案法を組み込んだ機器があれば，標準放送のみで了解度推定値が求まるため，システム開発時の品質評価の大幅改善が考えられる。また，本プロジェクトでは，ロングパスエコー環境下を特に想定しているが，音声の了解度を評価しなければいけない環境は他にも多い。例えば，近年盛んに議論されているスピーチプライバシーの保護に関しても音声の了解度で議論されている。提案推定法のように，音響特徴と主観的な音声の知覚結果を高精度に非線形回帰することで，スピーチプライバシー保護度合いを推定可能になることが期待される。

本プロジェクトは，東北大学，山形大学，都城高専の３機関による共同研究体制の継続に貢献している。さらに，主観評価実験では屋外拡声器の品質評価結果に近い評価モデルを立ち上げることができた。今後は推定モデルの性能改善のために，基礎的なデータをさらに集積し，脳内の音声聴覚情報の解明を課題として研究活動を続けていく。また，本研究の成果を一部発展させる形で，分担者の小林が科研費の若手研究(B)に申請しており，今後は各種外部資金にも積極的に申請していく予定である。

［４］成果資料

（１）小林洋介，高橋憲敬，近藤和弘，"ロングパスエコーを想定した文章了解度評価法と伝送パラメータを用いない推定の基礎検討，" 電子情報通信学会技術研究報告，vol. 114, No. 178, EA2014-13, pp. 7-12, 2014 年８月

（２）小林洋介，西田楓，近藤和弘，” 音声伝送系の品質劣化を考慮した屋外拡声器のブラインド了解度予測，” 日本音響学会 2015 年春季研究大会, 2-Q-27(Poster) , pp.539-542, 2015 年３月

（３）西田楓，小林洋介，近藤和弘，” 音声伝送系の品質劣化を考慮した屋外拡声器の了解度評価，” 日本音響学会2015年春季研究大会， 2-Q-28(Poster) , pp.543-544, 2015 年３月

採択回数	① 2 3

（萌芽）

採択番号 H26／A15

膜面法線磁場制御で発現する高機能薄膜デバイスの研究

［1］組織
代表者：中居 倫夫
（宮城県産業技術総合センター）
対応者：石山 和志
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
荒井 賢一（電磁材料研究所）
山口 正洋（東北大学工学研究科）
松尾 哲司（京都大学）
枦 修一郎（東北大学電気通信研究所）
竹澤 昌晃（九州工業大学）
薮上 信 （東北学院大学）
小澤 哲也（東北学院大学）
菊池 弘昭（岩手大学）
延べ参加人数：10 人

研究費：物件費 19 万 2 千円，旅費 12 万 2 千円

［2］研究経過
本研究では，素子形状と磁気異方性の方向を制御した薄膜磁性体素子において，膜面法線方向磁場を印加することで発現する機能性デバイスに関する検討を行っている。研究の視点は 2 点ある。一つは，磁気異方性の方向制御で発現する磁区構造転移現象に関する基礎的な検討である。この検討は，磁区サイズと同程度の素子幅を有した矩形状の軟磁性素子に，短軸から面内に 60° の方向に一軸磁気異方性の磁化容易軸を誘導することで発現する磁区構造転移現象に対し，膜面法線磁場を印加した際の影響を明らかにすることを目的としている。二つ目は，磁気センサの研究である。この検討は，最終的に，上記の磁区転移現象を応用した磁気スイッチや事象記憶型センサの実現を目指しているが，当初は，従来型の連続特性を有した薄膜磁気センサについて，膜面法線方向磁場を印加した際のセンサ特性と磁気モーメントの状態変化についての実験検討を行うことを目的としている。これら 2 つの研究視点の最終目標は，新たな高機能磁気デバイスを提案して，人間と環境を調和させる情報技術に貢献することにある。

本プロジェクトは，本年度が初年度であり，以下に，研究活動状況の概要を記す。

初年度に注力した課題は，超高感度磁気センサとして知られる，高周波キャリア型薄膜磁界センサの膜面法線磁場による特性変化の検討である。高周波キャリア型薄膜磁界センサとは，磁気インピーダンスセンサとして知られる磁気センサの一種であり，外部磁界の変化により，センサのインピーダンスが変化する特性を利用した磁気センサである。このセンサは，数百 MHz という高周波電流をセンサ素子に通電して，素子のインピーダンス変化が大きい周波数領域を利用するとともに，高感度な高周波信号処理技術を組み合わせることで，小型高感度な磁気センサを実現しているセンサ素子である。

高周波キャリア型薄膜磁界センサの動作原理は，図 1 の模式図ように，矩形状素子の短軸方向に誘導された一軸磁気異方性の磁化容易軸に拘束されていた磁気モーメントが，外部磁界により磁化回転し，これに伴い，通電電流に対する透磁率が変化することで説明されている。素子内部の磁気モーメントは，ランダウリフシッツ型の磁区構造を形成しており，条件によっては，外部磁界による磁壁移動も発生するため，現象は複雑である。平成 2 6 年度の検討では，このセンサに膜面法線磁場を印加した際の特性変化について検討した。以下にその概要を示す。

この検討は，リチウムイオン電池の絶縁破壊を引き起こす微粒子異物の検出を用途として行っている。エネルギー貯蔵デバイスとして普及が拡大しているリチウムイオン電池においては，陽極と陰極を隔て

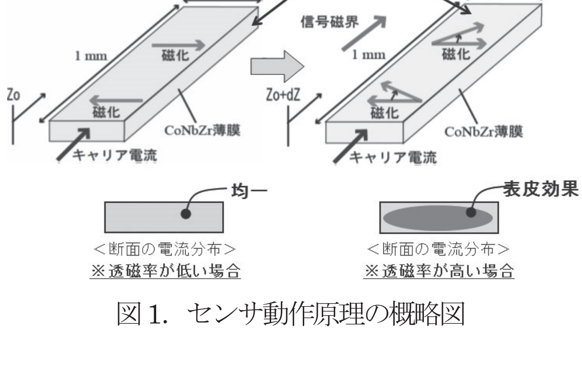


図 1．センサ動作原理の概略図

るセパレータ層に導電性の異物が混入して絶縁破壊を引き起こすことが致命傷となりうる。天然由来の原材料に含まれる鉄系の微粒子異物，原材料を搬送，粉砕する工程で混入する機械装置やパイプ等の鋼材磨耗粉など，混入する微粒子は，磁性体であることが多く，今後展開が加速すると予想される急速充電型のリチウムイオン電池では，より薄いセパレータの適用が要求されるため，微粒子異物の検出と除去は，現在以上に重要な課題になると予想される。

本検討では，薄膜磁気センサとその周辺の空間に膜面法線方向の強い磁場を印加することで微粒子を磁化させ，これと同時に，高感度な薄膜磁気センサで微粒子の発生磁場を検出するという方法を提案している。本手法は，センサが感知しない法線方向の磁場で微粒子を強く磁化させると同時に検出するため，残留磁束密度 Br が小さく軟磁性的な磁化特性を持つ微粒子であっても高感度に検出可能というメリットがある。本プロジェクト研究では，センサに膜面法線磁場を印加した際のセンサ特性の変化，及び，この場合のセンサ感度の確認を行った。

図２に実験の座標系，法線磁場とセンサ検出磁場の方向を示した。この実験は，図３に示すような測定装置を構築して実施した。法線磁場は，珪素鋼板で作ったＣ形コアの開口部にネオジム磁石をＮ極，Ｓ極が対向するように吸着させ，この間にセンサが位置するように配置することで発生させている。磁場強度の制御は，ネオジム磁石のサイズを変更することで行い，今回の実験では最大で 161 mT の法線磁場印加まで実施した。図３のヘルムホルツコイルは，センサ特性を測定するための検出方向の磁場掃引，及び，センサ感度確認のための微小磁界印加の目的で用いられる。

センサ素子は，RF スパッタ法で作製された膜厚 1.35 μm 単層の $Co_{85}Nb_{12}Zr_3$ のアモルファス軟磁性薄膜であり，形状を長さ 1000 μm，幅 50 μm の矩形状に微細加工したものである。センサ素子は，磁場中熱処理により，素子面内の短軸方向に７Oe の一軸磁気異方性を誘導している。磁場のセンシングは，この素子の長軸方向に 400 MHz の高周波を通電してインピーダンス変化を検出することで行った。

図４に，法線磁場強度を変化させた場合の，素子インピーダンスの検出方向磁場（X 方向磁場）依存性を示す。センサ感度は，この曲線の傾きで表されるが，161 mT の法線磁場印加でも若干の低下が見られるものの極端な感度低下が現れないことが確認できた。

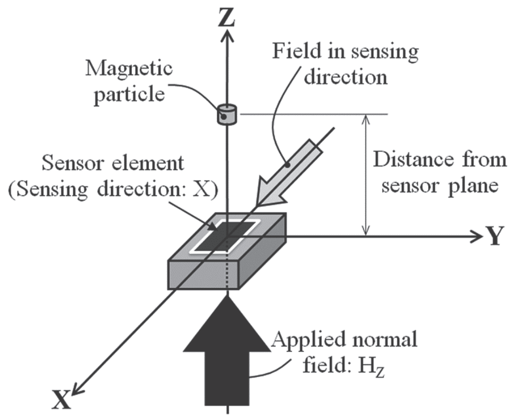


図２. 実験の座標系と磁場印加方向

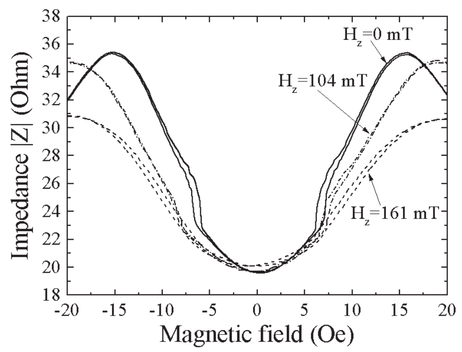


図４. 素子特性の法線磁場依存性

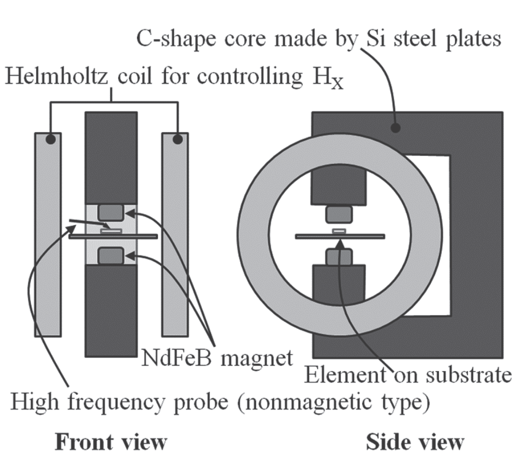


図３. 法線磁場印加の実験装置

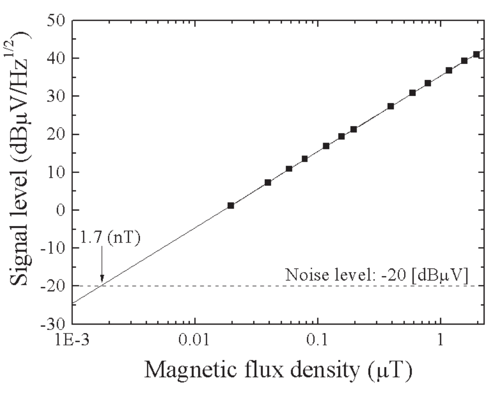


図５. 法線磁場 104 mT 印加時のセンサ感度

次に，このセンサをキャリアサプレス型の検出回路に接続してセンシング感度の評価を行った。図３に示すヘルムホルツコイルを用いて310 Hzの微小交流磁界をセンサに印加して測定した。この際の微小交流磁界は，コイルに通電する電流量で制御し，0.019 μT ～ 1.9 μTの範囲で変化させた。

図５は，外部から印加した310 Hzの微小交流磁界強度に対する，検出回路から出力された信号レベルの関係である。図には，検出回路のノイズレベルを破線で示しており，センサの信号レベルがこのノイズレベルに隠れるところをセンサの最高感度とした。今年度実施した実験では，法線磁場104 mT中において，感度1.7 nTを確認した。同一のセンサ素子と検出回路で，法線磁場を印加しない場合は，感度1.4 nTであるため，図４に示すインピーダンス特性の傾き変化と比較して，この程度の法線磁場では，感度低下が少ないことがわかった。

本課題で提案する微粒子異物の検出手法は，法線磁場の強度にほぼ比例して感度が向上する。そのため，より強い法線磁場を印加できるセンサ素子の実現が研究目標になる。今後は，図４に見られる，法線磁場強度の増加に伴うセンサ感度低下のメカニズムを明らかにして，この課題を解決する手法を見出すことを目標に研究を実施する予定である。

本プロジェクト研究の下，取り組んでいるもう一つの課題である「傾斜磁区素子の磁区転移現象」については，今年度の後半になってから，法線方向磁場印加による転移の誘起メカニズム解明に大きな進展があった。次年度の継続課題として鋭意取り組む予定である。

＜研究会開催実績＞
日時： 平成26年12月11日（木），14時～17時
場所： 東北大学電気通信研究所N308ゼミ室
内容： 研究報告とディスカッション

＜研究打合せ＞
日時：平成27年3月24日（火），16時～17時
場所： 東京都市大学（電気学会全国大会会場にて）
内容：磁区転移シミュレーションと実験の比較検討

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第1に，0.1 Tの膜面法線磁場を印加した環境下で，1.7 nTの感度を有するセンシング手法を提案し，実証確認した。

第2に，上記の法線磁場による感度低下について改善する切り口を見出した。

第3に，面内傾斜磁区を有した磁区転移素子に法線磁場を印加して転移を誘起する手法において，メカニズム解明の端緒を見出した。

2，3については次年度の継続課題として取り組む予定である。

（3－2）波及効果と発展性，研究分野への貢献など

本プロジェクトの実施により，全国の研究者間の交流が飛躍的に活性化し，磁区転移現象と磁区構造シミュレーションの融合による研究体制を実現しつつある。本プロジェクトで明らかにした磁区構造の“隠れた安定状態”の存在とこれを顕在化する手法は，新しい研究領域の開拓（萌芽的研究の発見）となりつつあり，今後の発展が期待される。

［4］成果資料

（1）中居 倫夫，「傾斜磁区を有した薄膜素子における幅方向パルス磁場印加による磁区転移の誘起」，平成26年電気学会基礎・材料・共通部門大会，発表番号：21-B-p-1，講演論文集p171-p176 (2014).

採択回数	1	2	3

（若手）

採択番号（H26/A16）

ナノ構造体ハイブリッド太陽電池の開発

［1］組織
代表者：木村　康男
（東北大学大学院工学研究科）
対応者：馬　騰
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
廣瀬　文彦（山形大学）
久保　田繁（山形大学）
石橋　健一（㈱半一）
林　靖彦　（山形大学）
中村　雅一（奈良先端大）
今井　裕司（仙台高等専門学校）
庭野　道夫（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：60名（シンポジウム参加者を含む）
研究費：物件費19万1千円，旅費27万円
若手、特別支援費20万円

［2］研究経過
ハイブリッド太陽電池の研究・開発は，近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトでは，ナノ構造を有するハイブリッド太陽電池を構築することを目的として研究を行った。
本プロジェクトは、「フレキシブル・プリンタブル製造有機ヘテロ接合太陽電池の研究」（Ｈ２３／Ａ０９）及び、「酸化物表面の機能化とナノ・デバイスへの応用」（Ｈ２４／Ｂ０７）の成果を融合しさらに発展させる。そこで，本年度は，これまでの成果を踏まえながら，ナノ構造体ハイブリッド太陽電池に関する研究を展開した。
本研究では、ナノ構造体構築技術を有する東京工科大学グループ、表面・界面計測、微細加工、有機デバイス、生体デバイスで十分な実績を有する東北大学グループ、及びヘテロ半導体デバイスの試作、評価、太陽電池評価技術を有する山形大研究グループの研究者相互の連携を図りながら研究を遂行した。ナノ構造体構築技術の構築し、温度制御及び添加剤導入による高速陽極酸化の実現、不純物による欠陥評価及びその制御を行った。さらに、陽極酸化TiO_2ナノチューブ表面の欠陥準位によるリーク電流の増大や電荷分離効率の低下を抑制するために、TiO_2ナノチューブ表面の修飾を行った。また、表面赤外吸収法を用いて修飾表面の化学状態を計測することにより、表面修飾解明及びその制御を行った。また、酸化チタンナノチューブ内に有機半導体、導電体、ペロブスカイトなどを充填することにより、ナノ構造体ハイブリッド太陽電池を構築し、その特性を評価した。
また、第6回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウムを開催しており、海外研究者との交流も深めた。

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
CREST, JST
日時：平成27年3月2日（月）－4日（水）
場所：　東北大学電気通信研究所
ナノ・スピン実験施設
４階カンファレンスルーム

3月2日（月）
「Self-organized TiO_2 nanotube arrays: Latest features and applications」P. Schmuki　(University of Erlangen-nuremberg, Germany)
「Probing ultrafast spin dynamics by laser-combined STM」 H. Shigekawa (University of Tsukuba, Japan)
「Polarity Reversal of Tunnel Magnetoresistance Observed in Lateral Ferromagnet-Superconductor-Ferromagnet Single-Electron Transistor」Y. Mizugaki (The Univ. of Electro-Communications, Japan)
「Incorporation of Surface Biofunctionalities by Chemical Plasma Techniques」C.-C. Fan (National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)
「Quantum-dot-based Nanometrological Analysis of Intracellular Trafficking Activities in Living Cell」M. Kanzaki (Tohoku University, Japan)

「Cell Membrane Permeabilization inside Irraidation Region Using Atmospheric-Pressure Plasma」S. Sasaki (Tohoku University, Japan)
「Type Classification of Exosome Adsorption to Solid Surfaces by Atomic Force Microsopy in Aqueous Environment」T.Ogino (Yokohama National University, Japan)
「Micro-/ nano-compartments between substrate-supported model membrane and silicone elastomer」K. Morigaki (Research Center for Environmental Genomics, Kobe University, Japan)
「A simple method for lipid bilayer formation using a fine gold electrode」T. Ide (Riken, The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, Okayama University)

3月3日（火）
「Mid-infrared Laser Tissue Interactions for Less-invasive and Selective Laser Treatments」K. Ishii (Osaka University, Japan)
「High-speed endoscopic Raman imaging by using hollow fiber bundle」T. Katagiri (Tohoku University)
「Incorporating magnetoelectric switching and metal-insulator transitions into next generations of non-volatile memory」P. Borisov (West Virginia University, USA)
「Magnetic oxides: applications of bulk and nanostructured forms」E. Kita (University of Tsukuba, Japan)
「Magnetoelectric switching of perpendicular exchange bias in $Pt/Co/Cr_2O_3/Pt$ stacked films」Y. Shiratsuchi (Osaka University, Japan)
「Brain Machine Interface Controlled Functional Electrical Stimulation Therapy」M. R. Popovic (University of Toronto, University Health Network, Canada)
「Robot-aided Rehabilitation Task Design Based on Musculoskeletal」Y. Pei (Tohoku University, Japan)
「Plasma Applications to Agriculture: Plasma Farming」S. Yoo (National Fusion Research Institute, Korea)
「Plasma and pulsed power applications for agriculture」K. Takaki (Iwate University, Japan)
「Suppression Effect on Germination of Strawberry Pathogen by Atmospheric Pressure Air and N_2 Plasma Irradiation」H. Konishi (Tohoku University, Miyagi Prefectural Agriculture and Horticulture Research Center, Japan)

3月4日（水）
「Developing microscale apertures for ion channel recordings with ultra-stable lipid bilayer membranes」M. de Planque (University of Southampton, United Kingdom)
「Cell LEGO – Recent advances -」H. Iwata (Kyoto University, Japan)
「Fusion of channel-incorporated proteoliposomes into solid-supported lipid bilayer」R. Tero (Toyohashi University of Technology, Japan)
「RT atomic layer deposition of hafnium oxide by using plasma excited oxygen and water vapor」F. Hirose (Yamagata University, Japan)
「Anodization process for Nanofabrication」Y. Kimura (Tokyo University of Technology, Japan)
「Recording activities of ion channel proteins in microfablicated silicon chips」A. Hirano-Iwata (Tohoku University, Tokyo University of Technology, Japan)

［3］成果
（3－1）研究成果
本年度は，①TiO_2ナノチューブの内壁への有機膜層の充填，②ナノ構造ハイブリッド太陽電池の特性の評価と改善，③TiO_2ナノチューブの内壁に色素の吸着プロセスを観察

① TiO_2ナノチューブ内への有機膜層の充填

図1に示すような電子輸送材料であるTiO_2ナノチューブの内に有機半導体であるポリ（3-ヘキシルチオフェン）(P3HT)とホール輸送材料であるポリ（スチレンスルホン酸）(PEDOT:PSS)を充填することにより、TiO_2/P3HT/PEDOT:PSS ハイブリッドナノ構造の作製を試みた。これを実現するためには、まず、P3HT 溶液をTiO_2ナノチューブ内に導入する必要があり、P3HT とTiO_2ナノチューブ内壁との親和性を向上させなければならない。そのために、サーファクタントとして、[6,6]-フェニル-C61-酪酸(PCBA）によってTiO_2ナノチューブ内壁を修飾した。図1の挿入図に有機層が充填されたTiO_2ナノチューブ膜を示す。内径約50 nmのTiO_2ナノチューブの内壁に10nm程度のP3HT膜をコーティングできていることがわかる。さらに、PEDOT:PSSをナノサイズの穴中に充填されていることがわかる。以上の結果は、ナノ構造ハイブリッド太陽電池の作製が可能であることを示している。

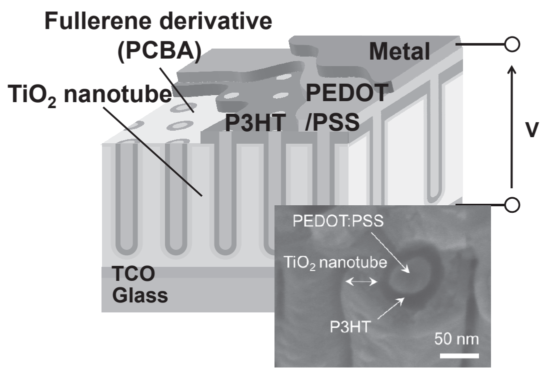


図 1．TiO_2 ナノチューブの内壁に充填された P3HT/PEDOT:PSS 構造とその FE-SEM 像

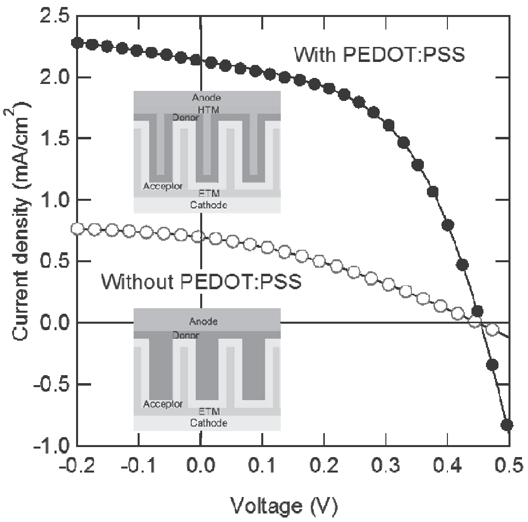


図 2. TiO_2 ナノチューブの内壁に充填された P3HT/PEDOT:PSS 構造太陽電池の I-V 特性

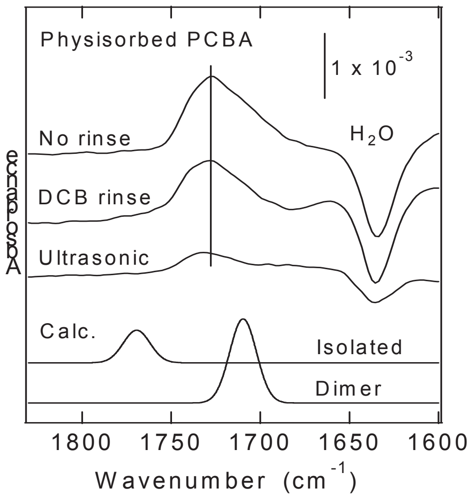


図 3. TiO_2 ナノチューブの内壁に充填された P3HT/PEDOT:PSS 構造太陽電池の I-V 特性

② ナノ構造ハイブリッド太陽電池の特性の評価と改善

図２にホール輸送材料 PEDOT/PSS 層の太陽電池の出力特性への効果示す。図２から PEDOT/PSS 層を充填することにより、ナノ構造太陽電池の直列抵抗が約 10 倍改善し、変換効率がおよそ 5 倍向上した。さらに、PCBA 溶液処理した表面には物理吸着した PCBA 分子も残存することを多重内部反射型赤外吸収分光法(MIR-IRAS)“その場”分析から明らかにし, その物理吸着した PCBA は開放電圧を低下させる原因となることがわかった。これを解決するために, 超音波洗浄処理による物理吸着 PCBA 分子の除去法を開発した。図３に, TiO_2 ナノチューブ内壁に物理吸着した PCBA 分子を MIR-IRAS で評価した結果を示す。図３から、洗浄前においては、多くの物理吸着した PCBA 分子が残存しており、ジクロロベンゼン(DCB)による洗浄ではほとんど除去できないことがわかる。一方、超音波洗浄することにより多くの物理吸着した PCBA 分子を除去できていることがわかる。本手法により、TiO_2 ナノチューブの内壁を PCBA 分子により化学吸着させた後、余分な物理吸着した PCBA 分子を除去することにより、開放電圧の低下を抑制することに成功した。

サーファクタント（PCBA）による TiO_2 ナノチューブ内壁を修飾し、内径約 50 nm の TiO_2 ナノチューブの内壁に 10nm 程度の P3HT 膜をコーティングができた。さらに、PEDOT:PSS をナノサイズの穴中に充填し、ナノ構造ハイブリッド太陽電池ができた。

③ TiO_2 ナノチューブに色素の吸着プロセス

TiO_2 ナノチューブを色素増感太陽電池(DSC)へ応用するためには、TiO_2 ナノチューブ内壁への色素分子の吸着過程を制御することが重要である。そこで、MIR-IRAS により、TiO_2 ナノチューブ内壁への吸着過程を観察した。その結果、色素の吸着二段階になることがわかった。まずは、ほとんどの色素がナノチューブの壁に化学吸着する。その後、化学吸着段々止まって、物理吸着がどんどん進めていく。色素吸着時間の最適化による、化学吸着だけか化学吸着と物理吸着両方あるパッタンが制御できるようになった。この知見より、色素増感太陽電池の変換効率の向上が期待される。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献

本プロジェクトは，学外研究者との交流が飛躍的に活性化し，ナノ構造作製方法や、表面観察法、生業法などについて重要な知見が得られ、ナノチューブ内の多層構造を有する太陽電池を作製の成功へと繋がった。また，本プロジェクトで明らかになったナノ構造太陽電池の成果は，ナノチューブ内多層構造という新しい有機／無機ハイブリッドナノ構造に関する研究領域の開拓に結びつき，今後の発展が期待されている。

・タイプ：若手研究者対象型

特別支援分の研究費により、学外研究者との交流が深めた。また、ナノ構造ハイブリッド太陽電池についてシミュレーションから、太陽電池の特性を改善する仕方を示した。

［４］成果資料

（１）Teng Ma (馬騰), Ryota Kojima, Daisuke Tadaki, Jinyu Zhang, Yasuo Kimura (木村 康男), Michio Niwano “Fabrication of polymer/TiO2-nanotube-based hybridstructures using a solvent-vapor-assisted coating method.” Materials Research Express, 1, (2014) 045048.

採択回数	①　２　３

（萌芽・若手）

採択番号　H26/A17

錯視効果を利用した立体物のデザインにおける，空間的構造の類型とその主観評価

［1］組織

代表者：大谷　智子
（東北大学電気通信研究所）
対応者：大谷　智子
（東北大学電気通信研究所）
分担者：天内　大樹（静岡文化芸術大学）
ヒガキ　ユウコ（デザイナー）

延べ参加人数：８人

研究費：物件費８万２千円，旅費18万１千円

若手、特別支援費20万円

［2］研究経過

古くから，パルテノン神殿，法隆寺東院伽藍廻廊の柱など，立体物のデザインに錯視効果を利用することは多い。しかし，このような立体物デザインでの錯視利用の方法論や効果の多くについては，定量化や体系化が行われておらず，対象物や熟練した設計者の感性と経験に依存してしまっているという問題点がある。そこで，本研究では，幾何学的な錯視が利用される立体物のデザインを体系化することを目標とする。具体的には，(a)三次元的な錯視模様の組合せの収集，(b)錯視模様の組み合わせの類型化とその特徴に関する分析を研究課題として設定した。

１年目にあたる本年度は，(a)に関しては，錯視ブロックを用いた立体物データ集積方法の開発を行い，一般市民を対象に実施した。(b)の解析対象としたデータは，助成を受ける以前に提案してきた錯視ブロック（図１）と，開発してきたワークショッププログラムを元に収集する。また，前年度までに採取したデータもあわせて解析を行う。これらのすべてのデータに対して，多く観察することのできたブロックの錯視模様の組み合わせを類型化し，その類型特有な主観的な印象を抽出し，関係性を分析することを試みた。

以下，研究活動状況の概要を記す。これら以外にも，Skypeや学会・研究会場等で打合せを行った。

<u>第１回研究打合せ　2014 年10月６〜7日</u>
研究進捗を報告し，11月に予定している調査について検討した。また，今後の研究計画についても議論した。

<u>第２回研究打合せ　2014年11月14〜16日</u>
一般市民を対象とした調査をせんだいメディアテークにて実施し，その結果の解析を行った。また，錯視に関する専門家を招聘し，勉強会を実施した。

<u>第３回研究打合せ　2015年２月23日</u>
今年度の成果について総括し，次年度以降の研究計画について議論した。また，東北大学にて開催された共同プロジェクト研究報告会に参加した。

［3］成果

（３－１）研究成果

本研究の共通する工程を図２に示した。ワークショップのプログラムには，評価する段階がある。ここでは，参加者はSemantic Differential method（以下，SD法）を用 いて，作成物の評価を12項目の刺激対に対して５件法で行った。

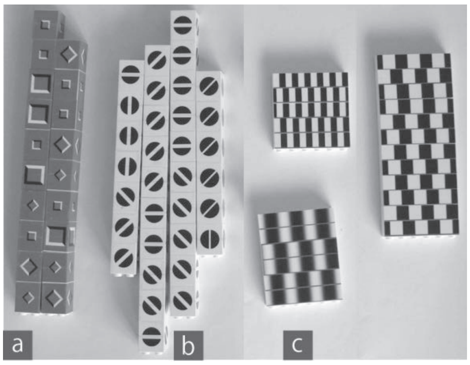


図１　錯視ブロック　aはSFSブロック，bはICブロック，cはCafé wall ブロックである。Café wallブロックは二側面，SFSブロックとICブロックは四側面に模様が付されている。

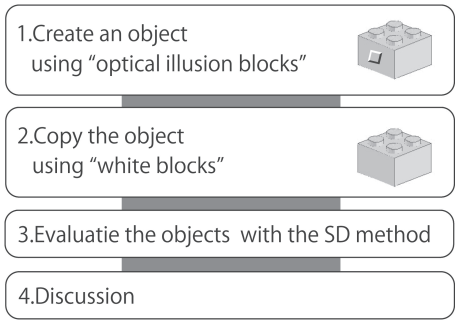


図２　ワークショップ工程

(a) 三次元的な錯視模様の組合せの収集

(a-1)集積方法の開発

これまでの検討から，立体物の中の錯視ブロックの組み合わせ方で，評定値が変化する可能性が示されたが，作例の数が少なく，得られた印象変化が錯視ブロックを用いて作成した立体の一般的な性質を反映しているのか，それぞれの作例に固有の性質であるのかが不明確であった．また，検証対象となる立体物には，複数の錯視模様が使われていて，模様による効果と組み方による効果が混在しているという問題点があった．加えて，印象評価は作成者本人によってのみ行われていて，他者が評価を行ったときに同様の印象評価が得られるかどうかは明らかではない．本研究では，これらの問題点を踏まえ，1人の参加者が用いる錯視模様を1種類に限定し，多くのデータを収集するワークショップの工程を開発および実施した。写真データは，2 日間でのべ 977 枚得た。

(a-2)第三者評価の実施

さらに，そこで得られた作例のうち，同意が得られた 249 例に対して，これまでの調査から，錯視ブロックを用いたときの印象変化が大きかった「派手さ」「強度」「強さ」「静かさ」の 4 つの印象に対して，20 段階評価を SD 法で行い，印象評価の傾向について検証した。その結果，各評価軸で強い印象を与える立体物が，どの錯視模様においても作成されていたことが確認された（例：図 3)。また，「派手さ」と「重さ」では，SFS ブロックと IC ブロックとの間に統計的に有意な差が見られた。

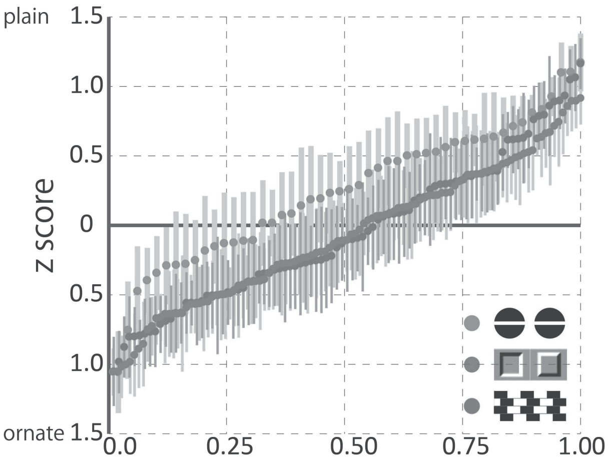


図 3　「派手さ」に対する各ブロックの印象評価値の分布　縦軸は正規化された評価値平均，横軸はパーセンタイル順位，ドットは平均値，バーは SE

(b) 錯視模様の組み合わせ方による印象変化に関する分析

錯視ブロックを用いて一般の参加者が立体物を作成するワークショップを試験的に実施して，そこから得た立体物について (i) 参加者の錯視ブロックの組み合わせ方を分類し，(ii)立体物への印象評定値を行い，分類ごとにその結果を解析した。また，比較対象のため，白地ブロックのみを用いて，錯視ブロックを用いた立体物と同じ形状を作成し，その評定もあわせて行った。

結果，錯視ブロックを用いた立体物と白地ブロックのみを用いた立体物の間で，評定値に有意な差があった。分類後の評定値では，いくつかの項目で，分類によって評定値に変化があることが明らかになった。統制条件との差が全ての立体物の評定値の変化と共通する方向に観察された。さらに類型化後の評定値では，全ての立体物の評定値ではみられなかったいくつかの項目（例えば，強度，派手さ，重さ）での統制条件との差が観察された（例：図4)。このように，分類によって，印象変化の詳細な性質を，一定の範囲内で明らかにすることができることが示された。

ただし，これらの考察は限られた数例に基づいたもので，その議論の一般性については，現時点ではかなり限定されている。今後は，より多くの立体作成物において同様の類型化を進めることで，これらの考察を検証していくことが必要である。また，今回は印象値と類型化の関係のみに焦点をあてて解析を行ったが，さらに多くの例を集めることで，観察者が立体物に対していだく印象を予測し，立体物作成時に作成者がもつ意図やその二次元－三次元間の変換時におこしがちな錯誤のパターンを類型化し，それぞれの個人がこの変換のどのポイントで問題を抱えているかを推測できることが期待できる。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究では，錯視ブロックの組み方を分類することで，三次元空間の見え方に関する感性が，立体物デザインに及ぼす影響を明らかにできると想定している。そのため，本研究は人間の視覚特性や錯視の特徴を活用し，系統的にデータを収集し解析している。現在，これらのデータと空間認知能力との関係についても検証する計画があり，これが明確になれば，建築物の意匠研究分野に応用できる可能性がある。

以上の展望を念頭に，静岡文化芸術大学の天内氏との共同研究体制が発足した。すでに 2015 年 2 月 28 日に静岡文化芸術大学にて，一般市民向けのワークショップを開催した。さらに，2015 年 9 月末にも開催する予定である。

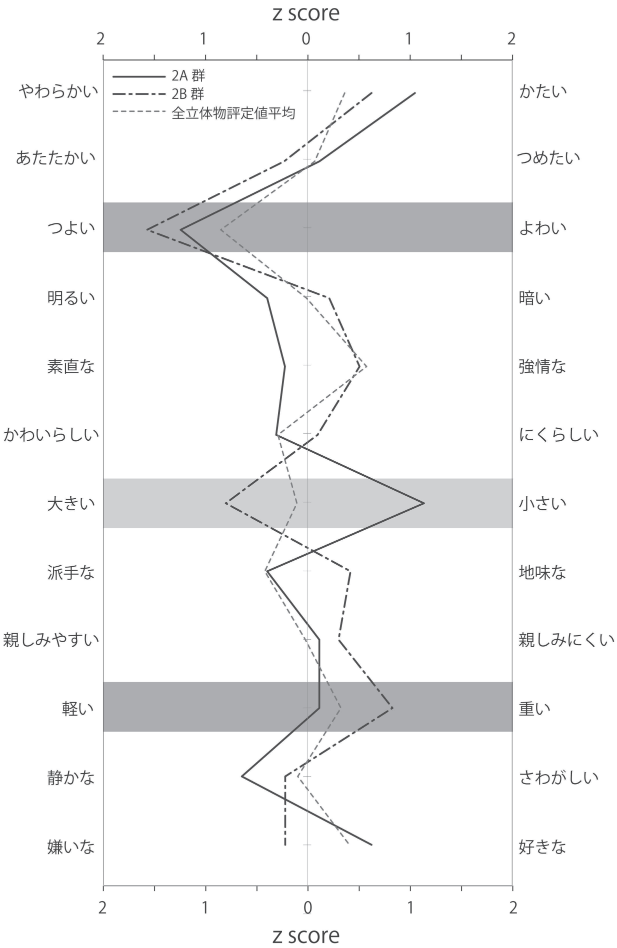


図 4 凸凹ブロックの分類後の印象評価値 実線は同じ形状・方向・大きさのブロックの組み合わせのみを使用している 2A 群, 濃灰点線は異なる形状のブロックの組み合わせのみを使用している 2B 群, 薄灰点線は白地ブロックで組んだ立体物全ての評定値平均を示す. 濃灰色で塗られた項目は, 図 6 で有意な差がみられた項目, 薄灰色はそれ以外で群間に差がみられた項目を示す.

［4］成果資料

（1）Ohtani, T. and Maruya, K. (2014). Using optical illusion patterns affixed to toy blocks for learning human errors in three-dimensional projection, 16th International Conference on Geometry and Graphics, Paper #51, (Full-paper, 8 pages, Talk session), Innsbruck, Austria.

（2）大谷智子・丸谷和史 (2014). 錯視立体デザインとその表面の錯視模様種別の関係, 2014 年度日本図学会秋季大会（東京）学術講演論文集, pp.49-52, 東京.

（2）大谷智子・丸谷和史・中村美惠子・天内大樹・ヒガキユウコ (2014). 錯視立体デザインとその表面の錯視模様種別の関係, 2014 年度日本図学会秋季大会（東京）学術講演論文集, p.186-187, 東京.

（3）大谷智子・丸谷和史 (2014). 錯視効果を利用した立体デザインの類型化, 2014 年度日本図学会春季大会（福岡）学術講演論文集, pp.89-94, 福岡.

（4）Ohtani, T. (2014). Learning skills for mental 3D conversion using optical illusion patterns affixed to toy blocks, RIEC International Symposium on Perception and Communication, 仙台.

（5）Ohtani,T. Nakamura, M, Amanai, D., and Maruya, K. (accepted). Effective evaluation and maximization of example object collection for a workshop on 3d object visualization using toy blocks, The 10th Asian Forum on Graphic Science 2015, #019, (Full-paper, Talk session), Bangkok, Thailand.

採択回数	①　２　３

（先端・国際）

採択番号　Ｈ２６／Ａ１８

デザイン学の手法に基づく３次元インタラクティブ技術の医学教育への応用展開

［１］組織

代表者： 北村 喜文（東北大学電気通信研究所）
対応者： 北村 喜文（東北大学電気通信研究所）
分担者：
Ellen Yi-Luen Do
Weiquan Lu
Kelvin Cheng
Teong Leong Chuah
Linh Chi Nguyen
（National University of Singapore）
伊藤 雄一 （大阪大学）
高嶋和毅 （東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数： 20 人
研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 7 万円
国際、特別支援費 30 万円

［２］研究経過

東北大学で培ってきた 3 次元インタラクティブ技術を，国立シンガポール大学が得意とするデザイン学に基づく手法を活用して，さまざまな応用展開を図る．その目的のため，次のような準備を昨年度中に進めて来た.

- 2014 年 1 月 31 日には，国立シンガポール大学の Ellen Yi-Luen Do 教授と綿密な打ち合わせのもと，本共同研究を，日本学術振興会の平成 26 年度(2014 年度)二国間交流事業オープンパートナーシップ共同研究に申請したところ，無事に採択された.
- 2014 年 3 月には，国立シンガポール大学の Do 教授と Lu 研究員をはじめとする研究参加者を含むグループの若手研究者（博士研究員や博士課程学生）計約 15 名が東北大学電気通信研究所の北村の研究グループを訪問し，双方のメンバー全員で顔を合わせての相互研究紹介やデモンストレーションなどによって，親密な交流を図り，今後のスムースな研究遂行に役立てた.

［３］成果

（３－１）研究成果

本共同研究の基盤技術の 1 つとして，我々がこれまで独自に進めてきた小型軽量磁気式３次元モーションセンサのこれまでの研究成果を，国際会議で発表して世界中から集まる当該分野の有名教授や多くの専門家の意見を伺い情報交換するため，コンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術の国際会議 SIGGRAPH （2014 年 8 月 10 日～14 日，カナダ・バンクーバーで開催）の Emerging Technologies で，デモ発表した．今年の SIGGRAPH には 14,045 人の世界中からの参加者がり，その中で Emerging Technologies は，採択率 20%と, 今年も難関査読付きデモ発表の場として, インタラクティブ技術の研究分野で最も権威のある国際会議の発表の場であった（写真 1）.

2014 年 10 月 26 日～29 日には，双方の研究参加者が一堂に会して，それまでの検討事項を持ちより発表し合う会議をシンガポールで開催した．日本側から，多人数共有型立体ディスプレイの技術（国際会議 APCHI で発表）と，小型軽量磁気式３次元モーションセンサの技術を活用して設計した，複数人でインタラクティブに立体映像を共有しながら複雑なマルチタッチ操作をすることができる３次元協調インタラクティブシミュレーションの基盤装置に関して，設計内容の報告と試作の進捗状況した．シンガポール側からは，人体解剖シミュレータに関する国立シンガポール大学医学部における状況についての調査結果と問題点，さらに，それを解決するために人にどのような経験や体験をさせるかを検討した結果について報告され，そのために日本側研究代表者のグループの３次元インタラクション技術をどのような形で導入するかの設計（デザイン）を行った結果について議論した（写真 2）.

2015年2月21日～24日には，シンガポール側の研究代表者であるEllen Do Yi-Luen教授が東北大学 電気通信研究所を訪問し，平成26年度の研究の総括をするとともに，27年度の研究計画について確認する打ち合わせを行った．この期間中には，同教授には，本共同研究プロジェクトについて，共同プロジェクト研究発表会で一般に向けて講演していただいた．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本共同研究は，日本学術振興会の平成 26 年度(2014年度)二国間交流事業オープンパートナーシップ共同研究にも採択されている．このプログラムは平成27年度も継続するが，その経費は本学のメンバーの活動費にのみ充てられるので，国立シンガポール大学のメンバーが来日して研究をする経費は，本共同プロジェクトの国際分の特別支援分を含めた研究費で賄うことになる．その結果，国際連携共同研究がをスムースに進め，実り多い結果を得ることができる．

医学だけでなく，歯学，薬学，看護学などの医療系分野では，臨床技能教育が極めて重要である．その中で，人体の構造や機能を再現したシミュレータや教材でトレーニングを行うシミュレーション教育は，誰もが安全に繰り返して教育を受けることができ，熟達度に応じて難易度のレベルを調整することも可能で，習得到達度を客観的に評価することも可能となることから，最近ますます注目を集め，幅広く研究開発されてきた．その多くは，通常のPC画面に表示される教材コンテンツをマウスなどで操作して学習を進めるものであったが，バーチャルリアリティの技術を活用して臨場感を高め，実際の対象と現場に即したシミュレーション教育をさせるものも登場してきた．しかし，立体映像を用いて奥行き感を表現するものはあっても，先生と生徒など複数人で立体像を共有してシミュレーションを行うことができないという問題があった．また，手による複雑な作業を行う際の手指の動きを計測できる装置がこれまではなかったため，解剖や手術など，高度で繊細な運指を記録することができなかった．そのため，こういった技能の伝承を正確に行うことができなかった．

本研究では，複数人でインタラクティブに立体映像を共有しながら複雑な協調マルチタッチ操作をすることができる3次元協調インタラクティブシミュレーションの基盤装置を試作することで，上記の問題点を解決するところに大きな特色がある．また，インタラクションデザインの手法を用いて，シミュレータを利用する人に快適な操作と体験の環境を提供できるようにするところにも，これまでの他の取り組みにはない特色がある．

写真1: SIGGRAPHでのデモ発表の様子

写真2: 国立シンガポール大学での会議の様子

写真3: 東北大学でのDo教授の講演の様子

［４］成果資料

・ Jiawei Huang, Kazuki Takashima, Shuichiro Hashi, Yoshifumi Kitamura: IM3D: Magnetic Motion Tracking System for Dexterous 3D Interactions, SIGGRAPH Emerging Technologies, August 2014.
・ Kasim Ozacar, Jiawei Huang, Kazuki Takashima, Yoshifumi Kitamura, Design of an Interactive Multi-user Stereoscopic Display using a 3D TV, In Proceedings of Asia-Pasific Computer-Human Interaction (APCHI), September 2014.

採択回数	①	2	3

（先端）

採択番号　Ｈ２６／Ａ１９

情報の流れに着目した新世代情報処理基盤技術に関する研究

［1］組織

代表者：安本 慶一
（奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科）
対応者：北形 元
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岡部 寿男（京都大学大学院情報学研究科）
加藤 由花（東京女子大学数理科学科）
河口 信夫（名古屋大学大学院工学研究科）
重野 寛（慶應義塾大学理工学部）
菅沼 拓夫（東北大学サイバーサイエンスセンター）
原 隆浩 （大阪大学大学院情報科学研究科）
峰野 博史（静岡大学情報学部）
山口 弘純（大阪大学大学院情報科学研究科）

研究費：物件費 19 万 1 千円，旅費 34 万 8 千円
延べ参加人数：10 人

［2］研究経過

本プロジェクトは，人，車，機械，ビル等，あらゆる場所や物に埋設・付帯された多種多様なセンサにより時々刻々と生成される情報ストリーム（情報流）を，一か所に蓄積することなく流通させ，ある価値判断や必要性に応じて複数の情報流を選別し，リアルタイムに収集，融合，編纂，提示することを可能にする情報流処理基盤の構築を目的とする．本基盤を用いることで，従来の静的に蓄積されたデータの分析では得ることのできない，あちこちで湧出する多数かつ多様な情報流をリアルタイムに融合・編纂することによってのみ得ることが可能な新たな「知」を創出することを目指す．

本プロジェクトは，本年度が初年度であり，研究開発領域を (a) 情報流に関する基盤技術，(b) 情報流の創成・組織化法，(c) 情報流の融合・活用法の3つに分け，分担者は各領域の中で個別テーマを設定して研究を進め，シンポジウムや研究会等の機会を捉えて意見交換を行った．

本年度のまとめとして，2014 年 12 月 12 日に東北大学電気通信研究所において，共同プロジェクト研究会を開催し，問題点，課題，今後の方向性について議論した．

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た．

(a1) オンデマンド型電力制御のための電力需要予測とプライバシー（岡部，京大）

我々は，オンデマンド型電力供給(Energy on Demand)の考え方に基づき，電力 ネットワークと情報ネットワークとを統合し，ユビキタスコンピューティングの 技術を応用することで実世界の人間の行動パターンに応じてプロアクティブにエネルギーを制御し，総合的に電力消費を下げながら QoL (Quality of Life)を維持するシステムの研究開発を行っている．多くの家庭の情報を長期に亘って集積 することで，地域の特性も含めた予測が可能である一方で，そのような行動監視は，プライバシー上もセキュリティ上も極めて慎重な取扱いが必要である．そこで，Home Energy Management を題材に，あらゆる機器が備えるセンサ機能／制御機能をネットワークでつなぐこと(Internet of Things)を前提にして，機器から時々刻々生成される情報を，部屋レベル，家庭レベル，地域レベルと上位へ流し，階層的に匿名化，統計情報化，ルール化する一方，各機器に近いところで， リアルタイムに，その時点での観測情報と上位のルールとから判断し，処理を決 定するアーキテクチャを提案し，情報流の考え方が IoT 時代のプライバシー保護の解となりうることを示した．

(a2) P2P ファイル共有のためのインセンティブベースのピース拡散手法の検討（重野，慶大）

P2P を用いたファイル共有ソフトの1つである BitTorrent では，ピースのアップロードに消極的なフリーライダへの対策として，ネットワークへの貢献度に応じた優先的なピース取得を認める評価値ベースのインセンティブ機構が研究されている．しかし，従来のインセンティブ機構ではピアの参加離脱によりピースの拡散が遅れ，ネットワーク全体でのダウンロード効率が低下する問題がある．本研究では，ピアの参加離脱が発生する環境下において，効率的にピースを拡散させることで，ダウンロード効率を向上させるピース拡散手法を提案した．提案手法は，ピアの帯域を有効活用することで，ネットワーク全体でのファイル取得率を向上することをシミュレーションによって確認した．

(a3) 情報流活用のためのサービス個人化に関する検討（北形、東北大）

情報流の安全な活用をめざし，移動型エージェントによる安全なサービス個人化手法について検討を行った．具体的には，サービスを個人化するためのロジックを積ん

だエージェントをサービス提供者側のサーバから個人情報サーバに移動させ，局所的に個人情報を参照させたのち，個人化したサービスデータのみをサービス提供者側のサーバに送り返す方式の検討を行い，基本アーキテクチャと要求要件について整理した．

(b1) 仮想環境を用いた移動ロボット用遠隔操作システムの提案（加藤，東京女子大）

我々はこれまで，大学等構内に設置された移動ロボットをインターネット越しに遠隔操作し，自らの自由な操作でキャンパスツアーを体験する Remote
Open Campus System（ROCS）を提案してきた．本研究では，ROCS を実現するための要素技術として，ゲームエンジンを利用して構築したユーザが操作する仮想世界とロボットの動作する実世界のマッピングを行う方式を提案した．プロトタイプシステムを利用した実証検証の結果から，ゲームエンジンを利用し，現実世界の忠実なモデリングを行うことにより，環境側の制約を受けず，操作性に優れた遠隔操作システムを実現できることがわかった．

(b2) HTML5 を用いた情報流 3 次元可視化システムの提案と評価（峰野，静岡大）

空間補間技術と HTML5 を用いて実空間内の温湿度状況を 3 次元に可視化する情報流 3 次元可視化システムだけでなく，処理量の多い空間補間演算をクライアントと Web サーバ間で動的負荷分散する手法を研究開発した．また，本可視化システムを用いることで，住空間内に湿度が上昇しやすい場所や温度が上昇しやすい場所が存在することを可視化でき，断熱，屋内空気循環，通風等の住環境性能を可
視化評価できることを示した．

(b3) キュレータの価値観に基づく複数映像流の実時間編纂支援システム（安本，奈良先端大）

現在のスポーツのライブ中継は，スタジアムの複数箇所に設置されたカメラで撮影されている映像を，経験豊富なディレクターが動的に取捨・選択することで，放送する映像をリアルタイムに編纂し配信している．しかし，放送される映像は 1 種類のみであり，様々な嗜好を持つ視聴者の多様なニーズに応えられていない．本研究では，キュレータと呼ばれるコンテンツの編纂者が，情報流と呼ばれる複数の映像ストリームや SNS ストリームをリアルタイムに編纂する作業を支援するシステムを提案する．提案システムは，複数の映像情報流や SNS 情報流をキュレータの価値観に合わせてスコア付けし，上位のもの数件のみを選択表示する機能と，コンテンツとして出力・配信する情報流（一つないし少数）を次々に切替えていく作業を支援する機能を提供する．フットサルの試合を様々な角度，ズームレベルで撮影した映像情報流を題材に，キュレータが本支援システムを用いて複数情報流をリアルタイム編纂できることを確認した．

(b4) 位置情報流生成技術の開発（山口，阪大）

スマートフォンを活用して各歩行者とその周辺の状況をセンシングし状況を推定する技術を提案している．スマートフォンに内蔵されたモバイルカメラとレーザレンジスキャナなどの高度トラッキングデバイスを組み合わせたセンチオーダーの位置特定技術をはじめ，スマートフォンのマイクや加速度を活用して歩行者の周辺を 4 つの混雑カテゴリに分類する混雑度推定，ならびに超音波測距などのスマートフォン間測距技術を活用した高精度なリアルタイム省電力型協調型位置推定技術を開発している．これらにより，都市における位置情報ストリーム生成を行い，都市行動支援を行うことを目的としている．

(c1) 人間行動情報の分析とその応用に関する検討（河口，名大）

歩行者自律測位などを用いた屋内測位の高度化が進んでいるが，その応用や活用が十分にできているとは言いがたい．本研究では，まず，磁場を用いた屋内測位技術を提案すると同時に，特定の位置の通過検知を行う技術を開発した．通過検知を行うために右左折や蛇行を伴わない歩行が一定時間以上安定している区間を安定歩行区間として定義する．安定歩行区間では，直線的な軌跡をたどることが考えられるため，この区間を直線化すると同時に，角速度のドリフト除去を行う．これにより，より精度の高い屋内測位が実現できる．

(c2)「人」センサデータを統合利用可能な基盤技術の研究開発（原，阪大）

本研究では，スマートフォンのセンサデータやアプリケーションの利用ログなど「人」が生成する様々なデータを，一種の実社会を現わすセンサデータとして利用するための基盤技術の研究開発を推進した．具体的には，不特定多数のユーザから収集したスマートフォンなどのセンサデータを，簡単に検索するための可視化システムを構築した．さらに，ユーザの高度なコンテキスト情報とアプリケーション利用ログを，少ない負荷でユーザから収集するために，育成ゲームを用いた情報収集システムを開発し，収集したログの解析を行った．

(c3) SDN を用いた情報流制御に関する検討（菅沼，東北大）

インターネットへのアクセス回線には有線・無線問わず様々なものが存在するが，従来は複数の利用可能な接続回線が存在する場合でも，単一回線の利用が一般的であり，回線利用の効率性に課題があった．そこで本研究では，ソフトウェア定義型ネットワーク（SDN）の概念を導入し，ネットワークに関する知識に基づいて効果的にアクセス回線を選択する手法を提案した．また，提案手法の詳細設計と OpenFlow を用いた実装を行った．さらに様々な状況下での利用シナリオを想定したシミュレーション実験により，提案手法の効果と適用範囲について評価した．

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクトの成果を広く共有するための活動として，2014 年 7 月には代表者の安本が，400 人超の参加者が集まる情報処理学会 DICOMO2014 シンポジウムで情報流に関する招待講演を行い，多数の出席者から情報流基盤に対する大きな期待と反響を得た．同年 9 月には情報処理学会と電子情報通信学会共催の FIT 情報科学技術フォーラムで情報流に関するイベントを開催し，IoT 分野の第一人者である慶大・徳田教授を基調講演者およびパネリストとして招致し，本プロジェクトのメンバーも交え活発な議論を繰り広げた．同月には電子情報通信学会主催のソサイエティ大会で情報流関連イベントを開催し，パネリストと参加者を交えた情報流基盤のモバイル応用に関する課題と解決策について議論した．さらに，代表者の 安本と分担者の山口は，情報処理学会の 2 万人超の会員が購読する学会誌「情報処 理 2014 年 11 月号」に『多数のデータストリームを実時間で融合・編纂し利活用するための次世代「情報流」技術』を寄稿し，情報流基盤の必要性に関する啓蒙活動に積極的に取り組んだ．

［4］成果資料

（A1）Hiroyuki Sato, Yasuo Okabe, Takeshi Nishimura, Kazutsuna Yamaji, Motonori Nakamura, Privacy Enhancing Proxies in a Federation: Agent Approach and Cascade Approach, Journal of Information Processing, Vol. 22, No. 3 pp. 464-471, 2014.

（A2）Yoshiharu Tsuzaki, Yasuo Okabe, Ray Atarashi, Tatsuya Hayashi, Development of an Automatic Managing System of Wide-area Distributed Networks with Defined Nework Specification, 1st International Workshop on Management of SDN and NFV Systems (ManSDN/NFV 2014), 2014.

（A3）武田苑子，梅田沙也華，重野寛，"ピアの参加離脱を考慮したインセンティブベースのピース拡散手法"，情報処理学会論文誌，Vol.56, No.2, pp.421-429, 2015 年 2 月．

（A4）Sayaka Umeda, Sonoko Takeda, Hiroshi Shigeno, "Trust Evaluation Method Adapted to Node Behavior for Secure Routing in Mobile Ad hoc Networks," The Eighth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2015), pp.145-150, 20-22, 2015.

（A5）Gen Kitagata, Yukihiro Karakama, Taishi Ito, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Tetsuo Kinoshita, "An Automatic VLAN Discovery Method based on IP Subnet Estimation," Proc. of Int'l. Conf. on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), pp.11-18, 2014.

（A6）Kazuto Sasai, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita "AIR-space: Cognitive Cooperation Space for Active Information Resources based Network Management System," Proc. of 13th IEEE Int'l. Conf. on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (ICCI*CC2014), pp.482-489, 2014.

（B1）Masanori Fujita, Yoshiaki Tokiwa, Osamu Ohashi and Yuka Kato, "A Virtual Campus Tour Service using Mobile Robots," 2014 IEEE Workshop of International Conference on Advanced Information Networking and Applications (WAINA2014), pp.287-292, 2014(5).

（B2）Osamu Ohashi, Eiji Ochiai and Yuka Kato, "A Remote Control Method for Mobile Robots using Game Engines," 2014 IEEE Workshop of International Conference on Advanced Information Networking and Applications (WAINA2014), pp.79-84, 2014(5).

（B3）柴田瞬，丸島晃明，峰野博史，"3 次元可視化システムと WSN を用いた視覚的評価手法の提案，" 情報処理学会第 77 回全国大会，3V-03, 18.Mar.2015.

（B4）丸島晃明，峰野博史，"HTML5 を用いた 3 次元可視化システムにおける C/S 動的負荷分散手法の研究，" 情報学ワークショップ，pp.24-29, 29.Nov.2014.

（B5）藤澤 和輝，平部 裕子，荒川 豊，安本 慶一：キュレータの価値観に基づく複数映像情報流の実時間編纂支援システム，第 22 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集，4 pages （2014）．

（B6）安本慶一，山口弘純：多数のデータストリームを実時間で融合・編纂し利活用するための次世代「情報流」技術，pp. 35-41，情報処理 Vol.55，No.11 （2014）．

（B7）岩橋 宏樹，樋口 雄大，山口 弘純，東野 輝夫歩行者群の移動軌跡情報を用いたモバイルカメラ画像内の人物位置推定手法，情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol. 56, No. 2, pp. 470-482, 2015

（B8）Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino Mobile Node Localization Focusing on Stop-and-Go Behavior of Indoor Pedestrians, IEEE Transactions on Mobile Computing (IEEE), Vol. 13, No. 7, pp. 1564-1578, 2014.

（C1）Ryoji Ban, Katsuhiko Kaji, Kei Hiroi, Nobuo Kawaguchi, "Indoor Positioning Method Integrating Pedestrian Dead Reckoning with Magnetic Field and WiFi Fingerprints", The Eighth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2015), pp.169-174, 2015.

（C2）Katsuhiko Kaji, Nobuo Kawaguchi, "Gate-Passing Detection Method Using WiFi and Accelerometer", Transactions on Engineering Technologies, Special Volume of the World Congress on Engineering 2013, pp.439-453, 2014.

（C3）C. Zhu, L.T. Yang, L. Shu, T. Hara, and S. Nishio: Insights of Top-k Query in Duty-Cycled Wireless Sensor Networks, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.62, No.2, pp.1317-1328, 2015.

（C4）H. Sazaki, A. Kanzaki, T. Hara, S. Nishio: SeRAVi: a Spatio-Temporal Data Distribution Visualization System for Mobile Sensor Data Retrieval, Proc. of Int'l. Workshop on Future Technologies for Smart Information Systems, pp.88-93, 2014.

（C5）Jin Ito, Asato Edo, Satoru Izumi, Toru Abe, Takuo Suganuma, "A Flexible Selection of Internet Connections based on Network Expert Knowledge," Proc. of 13th IEEE Int'l. Conf. on Cognitive Informatics & Cognitive Computing, pp.251-257, 2014.

（C6）Takuma Oide, Toru Abe, and Takuo Suganuma, "A Design of Contract-oriented Sensor Application Platform," The 6th International Workshop on Pervasive Collaboration and Social Networking (PerCol 2015), 2015.

採択回数	1	2	3

（萌芽・先端）

採択番号　H26／A20

心的状況共有のための共感デバイス協調機構の研究

［1］組織

代表者：山﨑　達也
（新潟大学大学院自然科学研究科）
対応者：高橋　秀幸
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
中野　敬介（新潟大学工学部情報工学科）
前田　義信（新潟大学工学部福祉人間工学科）
笹井　一人（東北大学電気通信研究所）
桑原　崚介（新潟大学工学部情報工学科）
齋藤　慎也（新潟大学工学部情報工学科）
延べ参加人数：７人

研究費：物件費１９万１千円，旅費２２万５千円

［2］研究経過

スマートフォン（スマホ）やタブレットPCなどの携帯形端末の普及が目覚ましく，ネットワーク上の情報へのアクセスや遠隔の相手との通信が非常に便利になった反面，物理的に近くにいる人への配慮が欠けたり，周囲の人とのコミュニケーションをうまく行えなくなったりという弊害が増えてきている。本プロジェクトでは，ユーザが自身の「嬉しい」や「困っている」というような心的状況を，ある程度物理的に近い距離にいる相手に伝えることで，送受信者間に共感的な雰囲気を作り上げるサービスと，それを実現するデバイス協調機構を構築することを目的として研究を推進してきた。

本プロジェクトは，本年度が初年度であり，提案するサービスのユースケース分析を行った上で必要とされる要件定義を行い，心的状況共有サービスを実現する共感デバイス協調機構を設計し，サービス実現に不可欠な端末間同期方式の新たな提案を行った。

以下，研究活動状況の概要を記す。

まず，平成２６年５月２７日に新潟大学より３名が東北大学電気通信研究所を訪問し，打合せを行った。そこでは解決すべき課題に対する共通認識を確認し，提案するサービスが適用されるべきネットワークモデルとシステム構成について議論し，その後の研究計画を立案した。

第１回目の打合せの結果に基づき，提案する共感デバイス協調機構が適用され得るユースケースを整理し，平成２６年６月１２日～１３日には新潟大学の研究代表者が再度東北大学電気通信研究所を訪問し，打合せを行った。その際に，ユースケースのターゲットとして短期的目標と長期的目標を絞り込み，特に短期的目標で必要とされるシステムの機能及び要件定義を行った。短期的目標では，端末間の物理的距離を考慮した上でユーザの心的状況を伝達することの必要性を確認し，対象とするユーザの種類は，従来からの知り合いに限定することなく，匿名的な一過性の相手の受け入れも設計に入れる必要性が議論された。

以上の議論に基づき，共感デバイス協調機構のシステム設計と実装を進め，第一のプロトタイプシステムを構築した。このプロトタイプシステムを基に，平成２６年９月１１日～１２日に新潟大学の研究分担者１名が東北大学電気通信研究所を訪問し，開発アプリケーションの進捗報告及び打合せを行った。また，これまでの議論とネットワークサービスへの適用について検討および整理を行い，電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会において，近距離無線通信を用いた心的状況を共有する新たなネットワークサービスの提案に関する内容をまとめ，新潟大学と東北大学電気通信研究所の研究者が共同で発表を行った。

その後，新潟大学において，共感デバイス協調機構に必要とされる各モジュールの詳細設計と実装を行い，特に端末間でメディア出力を同期して行うための通信方式に関する研究を進め，Bluetooth 方式の特徴に対応した“ニ連信号方式”と“常時信号方式”という２つの同期通信方式を提案した。

さらに，一般の人が楽しめる端末探しゲームを開発し，新潟大学で開催されたイベントで学外参加者に使用してもらい，好評を博した。最終的な成果を平成２７年２月２３日に東北大学で開催された，平成２６年度共同プロジェクト研究発表会でポスター発表した。

［3］成果

（3－1）研究成果

まず第1に，提案する共感デバイス協調機構が適用され得るユースケースを整理し，そこで必要とされるシステムの機能及び要件定義を行った。その結果，ユーザの種類を従来からの知り合いに加え匿名的な一過性の相手の受け入れを可能とする機能や，心的状況伝達デバイスの端末間同期を行う機能が重要であることが明確になった。これらの要件定義に基づき，共感デバイス協調機構を設計した。図1は，設計の一部である通信部分に関するミドルウェアのモジュール構成である。端末のオペレーティングシステム（OS: Operating System）の機能を用いて，通信リンクを管理する DataLink Manager，通信リンク上で Application により送受信されるデータを管理する UserData Manager，端末間の同期管理を行う MediaHandle Manager が主要な機能であり，それらを統括する Communication Manager と実際のサービスとのインタフェースとなる Application 層が上位に位置づけられている。

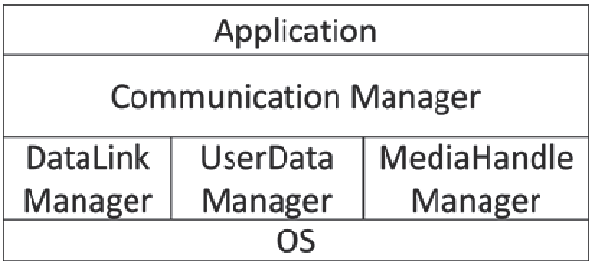


図1　通信ミドルウェアのモジュール構成

さらに，自律ソフトウェアとしてのエージェントの行動設計や，複数のエージェント間の相互作用による異種コンテンツや異種デバイスの連携機構の議論が，上記の議論の中から派生的に進められた。

第2に，図1に設計した通信ミドルウェアを Android OS で動作するタブレット端末上に実装し，Bluetooth 通信を用いて複数の送受信端末間で所望の機能の動作確認を行った。実装上の特徴としては，必要とする機能毎にモジュールとしてまとめた上で，それらを階層化した点が挙げられ，この特徴により作成したプログラムの再利用や新たな機能の追加が容易となっている。また，複数のアドレス指定で同時に複数端末への接続ができ，端末間でメディア出力を同期して行うための通信方式を備えている点も特徴である。

第3には，上記の同期通信方式を実現するために，Bluetooth 方式の実遅延の発生要因を分析し，それを回避する2つの手法を提案した点である。すなわち，Bluetooth 方式では信号送信間隔がある一定時間以上開くと返信の遅れが生じる現象が現れ，この遅れを生じさせないための信号送信間隔の閾値を実験的に明らかにした。さらに遅れを回避する方式として，所望の信号を送る前にダミー信号を1回送信する“ニ連信号方式”と，ダミー信号を一定間隔送信し続ける“常時信号方式”を提案した。ダミー信号の送信タイミングは実験により求められた閾値に基づく。“ニ連信号方式”は安定性に欠ける点があるが，冗長な信号の送信はある程度抑えられるという利点がある。一方，“常時信号方式”は常にダミー信号を送り続けているため，通信資源やバッテリーの無駄な消費が発生するものの，遅れの発生が確実に抑えられるため，同期品質が厳しく要求されるアプリケーションには適している方式であるといえる。

さらに，開発した共感デバイス協調機構の応用として，端末間の距離を受信電波強度の指標である RSSI（Received Signal Strength Indication）を測定することで推定し，近くにある端末同士が音を鳴らし合うことで協調するメカニズムを考案した。このメカニズムを利用した端末探しゲームを創作し，大学で開催するイベントで学外の参加者に試してもらい，５段階評価による満足度調査を行った。その結果，９５．６％の参加者が５段階中４以上の満足度を表す評価を示し，４３．５％の参加者は最高点の５の満足度評価を示すほど好評を博した。

また，関連して端末間の信号の遅延を許容するネットワークの研究も進められ，シミュレーション実験により一定の成果が挙げられている。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトにおいて，新潟大学と東北大学電気通信研究所の研究者が相互に情報交換し，連携することによって，単独では決して得られない成果へつなげることができた。複数の端末が相互に情報を交換するメカニズムはマルチエージェントシステムから発想を得ている。同時に実世界における端末距離と人の心的状況を結びつける着想は，実世界ネットワークと情報ネットワークを有機的に結びつけるものであり，従来の SNS（social networking service）では実現できない新規なネットワークサービス分野を開拓し，萌芽的研究を生み出していくものと考えられる。

［4］成果資料

（1） Naoyuki Karasawa, Arata Kato, Kazuyuki Miyakita, Keisuke Nakano and Hiroshi Tamura, "A Consideration on Efficient Message Delivery of Probe Epidemic Transmission in Delay Tolerant Networks," Proc. of the 29th International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC2014), pp.815-818, July 2014.

（２） Yuta Mifune, Shunsuke Hayatsu, Kazuyuki Miyakita and Keisuke Nakano, "Analysis of Information Floating in a Street Delay Tolerant Network," Proc. of the 29th International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC2014), pp.811-814, July 2014.

（3） 前田義信，龍田篤弥，谷賢太朗，伊藤尚，加藤浩介，“プレイヤの行動記録を用いた人工学級ゲーム　エージェントの行動設計，” 電子情報通信学会論文誌, vol.J97-A, no.8, pp.565-573, Aug 2014.

（4） 加藤匠，高橋秀幸，木下哲男，"Hierarchical Multiagent Approach for Priority-based Energy Management in Microgrid," 平成26年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集，p.2A01，Aug. 2014.

（５） Takumi Kato, Ryo Chiba, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Agent-Oriented Middleware for Cooperation of Heterogeneous Devices," Proc. of International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014), pp.103-109, Aug. 2014.

（6） 古田士翔大，蜂谷雄介，高橋秀幸，木下哲男，"利用者指向情報提供システムにおける異種コンテンツの自律的連携機構，" モバイルネットワークとアプリケーション研究会（MoNA）, pp.25-30, Sep. 2014.

（7） 桑原崚介，笹井一人，高橋秀幸，山崎達也，"近距離無線通信を用いた心的状況を共有する新たなネットワークサービスの提案，" 信学技報，vol. 114, no. 209, CQ2014-68, pp. 165-170, Sep. 2014.

（8） Yusuke Hachiya, Shota Kotato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita "Cooperation Mechanism of Heterogeneous Contents in User-Oriented Information Delivery System," Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.24-25, Oct. 2014.

（９） Takumi Kato, Ryo Chiba, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, " Multiagent-Based Cooperation Infrastructure for IoT Devices," Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.571-572, Oct. 2014.

（１０） Kouki Yamamoto and Yoshinobu Maeda, "Study on designing agent's behaviors using artificial school class game," Proc. of the 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), pp.202-203, Oct. 2014.

（１１） 蜂谷雄介，高橋秀幸, "利用者向き情報提供システムにおける異種コンテンツの連携機構，" 第9回先進的情報通信工学研究会, Oct. 2014.

（１２） 加藤匠，高橋秀幸, "マルチエージェントに基づく異種デバイス連携機構，" 第9回先進的情報通信工学研究会, Oct. 2014.

（１３） 谷賢太朗，伊藤尚，前田義信，"避難時における譲り合い行動の影響に関するシミュレーションと理論的考察，" 電子情報通信学会論文誌, vol.J98-A, no.3, pp.274-283, Mar. 2015.

採択回数	1	2	3

（萌芽・若手）

採択番号 Ｈ２６／Ａ２１

カメラ画像に基づく耳介の音響伝達関数の高精度推定

［1］組織

代表者：伊藤　仁　（東北工業大学工学部）
対応者：坂本　修一（東北大学電気通信研究所）
分担者：佐藤　直行（はこだて未来大学）
　　　：千葉　遼一（東北工業大学工学部）
　　　：千葉　拓　（東北工業大学工学部）
　　　：高野　勇気（東北工業大学工学部）

延べ参加人数：6人

研究費：物件費19万2千円，旅費15万0千円
　　　　若手、特別支援費20万円

［2］研究経過

○研究の目的

ダミーヘッドで収録した音響伝達特性（HRTF: Head Related Transfer Function）を用いて、臨場感の高い音場を再現するバイノーラル再生技術は、次世代のオーディオ装置の基盤技術として期待されている。しかし正確なHRTFを得るためには、無響室等で長時間の測定が必要となるため、被験者に強いる負荷が大きく、この技術を一般的なオーディオ装置へ展開する際の障害となっている。そこで本研究では、HRTFの個人差の中で主要な役割を果たす耳介形状に注目し、耳介を撮影した画像からHRTFを高精度で推定する手法の実現を目指している。

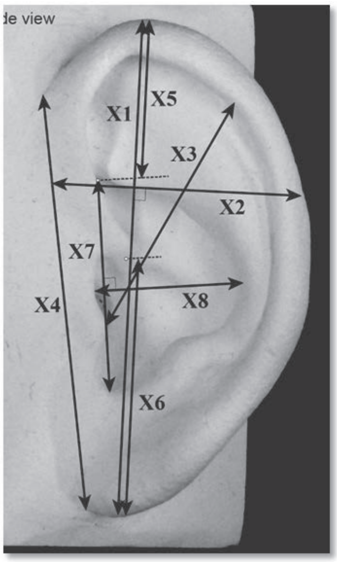


図1. 石膏模型の例と計測部位

○研究活動の概要

プロジェクト1年目にあたる本年度は、耳介の形状と音響特性の関係について調べるために、⑴耳介形状の評価手法、⑵音響特性の計測手法、⑶形状と音響特性の左右差について検討した。第一の耳介形状の評価に関しては、成人男性38名の耳介についジて石膏模型を作成し、その形状を光学式3次元ディタイザで計測し、有限要素法などのシミュレーションに利用可能な3次元データとする場合の問題点を洗い出した。図1に作成した石膏模型のカメラ画像の例を示す。

第二の音響特性の計測に関しては、上記の石膏模型すべてについて音の入射角を変えて音響伝達関数を算出し、音響特性が入射角によりどのように変化するか調べた。第三の左右差については、人間の左右の耳介は良く似た形状をしており、一方を計測するだけで他方の特性を推定できれば、カメラ画像から音響特性を推定する際に効率的であるという考えから、上記の石膏模型の左右差について調べた。これらの検討は、次年度のプロジェクト推進のための要素技術として位置付けられる。以下にそれぞれの成果を報告する。

［3］成果

（3－1）研究成果

○耳介形状の評価

図2に石膏模型の3次元データの例を示す。左の図が表側から見たデータ、右側の図が裏面から見たデータに対応する。図に示す通り、耳介は多数の襞を持つ複雑な形状をしているため、本研究で用いた光学式3次元デジタイザでは、正確なデータを計測できない部位があることが分かった。特に耳甲介腔や耳甲介舟など、音響伝達関数のノッチ生成と深く関与する部位のデータが取れず、このようにして得られた3次元データでは、研究目的が達成できないことが判明した。

この問題に対応するために、石膏模型を作成する際に用いる雌型についても3次元計測を行い、石膏模型のデータと統合する手法について検討した。図3に統合した3次元データの例を示す。図から分か

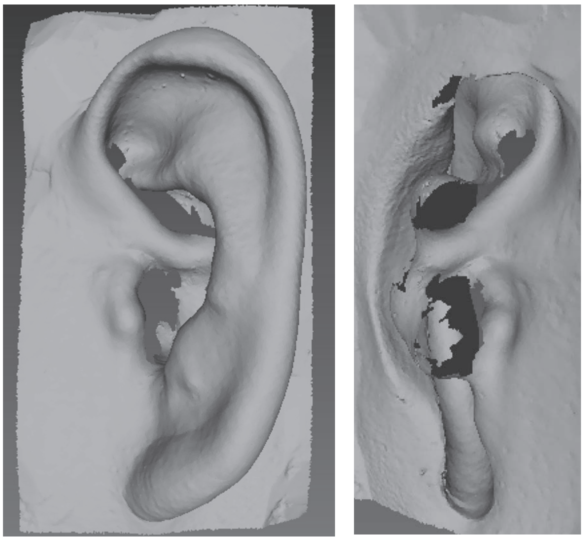


図 2. 耳介形状の 3 次元データ（統合前）

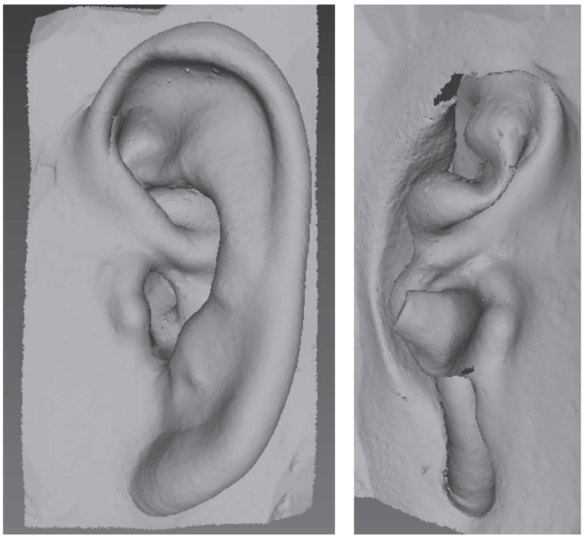


図 3. 耳介形状の 3 次元データ（統合後）

る通り、この様な統合を行うことで、石膏模型単体の計測では欠損していた部位の殆どが正確にデータ化できることが明らかになった。

○音響特性の評価

耳介の音響伝達特性は、音の入射角に応じて複雑に変化する。本年度の研究では、耳介に対して水平角 0, 30, 60 度の 3 通り（正面から側方）、鉛直角を −50〜50 度まで 10 度刻みで 11 通りの入射角について計測を行った。図 4 に伝達特性の例を示す。横軸が入射鉛直角、縦軸が周波数、色がゲインを表し、3 枚のパネルは水平角の違いに対応する。先行研究では、5〜10 kHz でゲインが谷となる周波数（第 1 ノッチ周波数）が、音の入射鉛直角に応じて増加することが報告されているが、本研究でも計測した耳介模型の殆どで同じ傾向が見られた。

また、この実験の結果から音響伝達特性の入射角

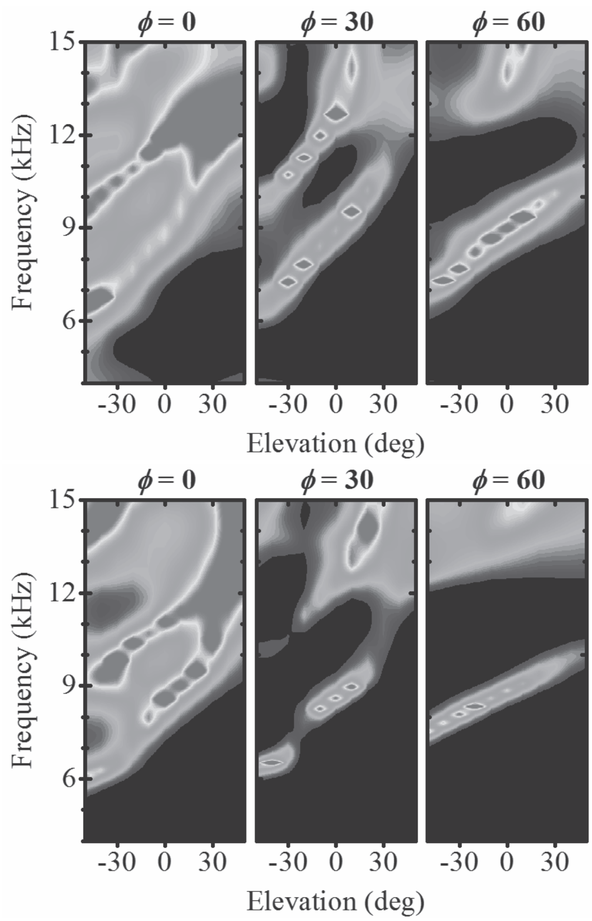


図 4. 耳介の音響伝達特性（上 : 左耳、下 : 右耳）

依存性を評価するためには、より細かい刻みで入射角を変える必要があることが判った。例えば、水平角が 0 度と 30 度では伝達特性が大きく変化するため、この間の入射角の計測は必須であるように思われる（図 4）。現在の計測は、ターンテーブルと治具を用いて入射角を手動で変えているが、より細かい刻みを実現するために自動計測手法の確立が必要であると考えられる。

○耳介の左右差

耳介形状の左右差については、耳介各部の長さ（図 1）を計測することで評価した。図 5 に、本年度作成したすべての石膏模型から得られた部位長 X1〜X10 の平均と標準偏差を示す。対応付き t 検定の結果、耳介の横方向の長さに対応する X2, X3, X8 は右耳より左耳の方が有意に長く、縦方向の長さに対応する X4, X5 は逆に左より右耳が有意に長かった（いずれも $p < 0.05$）。この結果は、左耳と比べて右耳が細長い形状をしている傾向があることを示している。

また音響特性については、図 4 の伝達関数から第 1, 第 2 ノッチ周波数を抽出し、左右の耳介模型で得られた値を比較することで評価した。第 1 ノッチ周

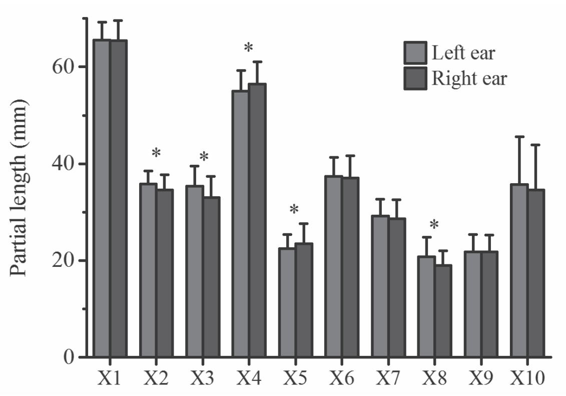


図 5. 耳介形状の左右差

波数には有意な左右差が殆どなかったが (33 種類の入射角のうち１つ)、第 2 ノッチ周波数は右耳より左耳が有意に低い傾向が見られた (33 種類の入射角のうち 7 つ)。この結果は、左右の耳介形状の違いを反映したものであると考えられる。この耳介形状と音響特性の左右差が持つ機能的な意味は本年度の研究で明らかにできなかったが、今後は知覚実験などを行ってこの点を明らかにしていきたい。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは、バイノーラル録音・再生技術の普及を促進する要素技術の確立を目指すものであり、これを達成するために本年度は耳介形状の評価、音響特性の計測、耳介の左右差の評価に取り組んだ。その中でも特に耳介の形状・音響特性に有意な左右差が見出されたことは重要であると考えられる。

我々の聴覚系は、両耳で受けた音の情報を脳内で処理することで周囲の状況を認識している。左右の耳の形状や、それに伴う音響伝達特性が異なっているのであれば、この外界認識処理において左右の耳が異なる役割を果たしている可能性がある。この様な考えに基づいて今後の研究を進めることで、聴覚だけでなく一般的な脳の情報処理機構の解明などにつながる成果が得られると期待できる。

（特別支援（若手）にかかる研究成果）

本プロジェクトは若手研究者対象型の特別支援の支援を受けた。この支援により、特に多数の被験者から両耳の３次元データを計測することが可能となり、耳介形状の左右差を見出すことができた。この結果はこれまで報告されていない重要な知見であり、バイノーラル技術の普及を実現するために有用な成果であると考えられる。

［４］成果資料

（１）千葉遼一, 高野勇気, 千葉拓, 伊藤仁 “石膏模型を用いた耳介の形状と音響特性の分析,” 平成 27 年東北地区若手研究者研究発表会講演論文集 pp.65-66.
※優秀発表賞を受賞

採択回数	①　２　３

（国際）

採択番号 H26/A22

磁性半導体・酸化物の磁性とスピン輸送に関する研究

［1］組織

代表者：松倉　文礼
（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）

対応者：大野　英男
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

周　雄（台湾国立中山大学）

孫　士傑（台湾国立中山大学）

延べ参加人数：5人

研究費：物件費19万1千円

国際、特別支援費30万円

［2］研究経過

強磁性半導体・酸化物はスピントロニクス材料として有望視されている。代表的な強磁性半導体である(Ga,Mn)As は正孔誘起強磁性であり、その強磁性発現機構はp-d Zenerモデルによって記述される。一方で、その他多くの強磁性半導体・酸化物の磁気的秩序の発現機構は必ずしも明らかになっている訳ではない。高品質な強磁性半導体・酸化物の詳細な磁気特性と磁気輸送特性の評価から、これらの材料の磁気的秩序とスピン依存伝導機構について明らかにすることを目的にする。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。本年度は、狭禁制帯強磁性半導体である(Ga,Mn)Sb 薄膜を対象に磁気輸送測定の評価を行い、代表的な強磁性半導体(Ga,Mn)As の輸送特性との類似点、相違点を明らかにした。

以下、研究活動状況の概要を記す。

電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設において既存の分子線エピタキシ装置により強磁性半導体(Ga,Mn)Sb の結晶成長を大野・松倉と中山大学の博士課程学生が担当した。電界効果素子作製と磁気輸送特性測定は松倉と同博士課程学生が担当した。周と孫は電気通信研究所に約1ケ月滞在し、研究に対する詳細な議論を行った。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

半絶縁性GaAs (001)基板上に(Al,Ga)Sbバッファ層を介して強磁性半導体(Ga,Mn)Sb 薄膜を低温分子線エピタキシ法により成長した。膜をホール・バー形状の電界効果素子に加工した。ゲート絶縁膜には原子層堆積法により成膜したZrO_2を用いた。素子面に垂直に外部磁界を印加し、素子のシート抵抗とホール抵抗を外部磁界・電界及び温度の関数として測定した。シート抵抗から(Ga,Mn)Sb 中の正孔濃度を決めることができる。低温でのホール抵抗は異常ホール効果が支配的であるため、ホール抵抗から磁化の振る舞いを決めることができる。

負の電界を印加して(Ga,Mn)Sb 中の正孔濃度を増

やすことでキュリー温度が上昇し、逆に正の電界を印加することでキュリー温度は低下した。これは(Ga,Mn)As で観測される振る舞いと同様であり、(Ga,Mn)Sb に対しても過去に同様の報告がされている。(Ga,Mn)As に対してキュリー温度 T_C と正孔濃度 p の関係は $T_C \propto p^{\gamma}$ で表され、指数γの値は~0.2 と報告されている。一方、ここでの(Ga,Mn)Sb に対しては$\gamma \sim 1.4$ が得られた。p-d Zener モデルを用いた数値計算との比較から、これは(Ga,Mn)As と(Ga,Mn)Sb では絶縁体との界面でのフェルミ準位のピニング位置が異なることによるものと考察され、これまでのGaAs、GaSb に対して蓄えられてきた知見と一致する。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

【特別支援費(国際)にかかる研究成果】

異常ホール伝導率σ_{xy} 対縦伝導率σ_{xx} の両対数プロットは多くの磁性金属と磁性半導体に対して$\sigma_{xy} \propto \sigma_{xx}^{1.6}$ のスケーリング則に従うことが知られている。しかし、σ_{xx} > 100 S/cm の比較的高い縦伝導率を持つ(Ga,Mn)As 薄膜はこのスケーリング則から外れることが知られており、その理由は明らかにされていない。一方で(Ga,Mn)Sb 薄膜に対しては、σ_{xx} > 500 S/cm を超える縦伝導率を持つ試料においてもこのスケーリング則に従うことを明らかにした。磁性半導体における磁気的性質と電気的性質の相関を詳細に理解するための手がかりとなる結果である。

強磁性半導体はこれ迄に新規デバイスの動作実証に用いられてきたが、その動作範囲は低温に限られてきた。強磁性半導体のキュリー温度は200 K 以下と低いためである。研究代表者らは、2000 年に理論計算により酸化物などの広禁制帯材料において、強磁性半導体と同じ機構で強磁性秩序を発生させることができたなら、室温を超えるキュリー温度が実現可能であることを予測した。以降、世界各国で数多くの実験がなされているが、未だ統一的な見解は得られていない。様々な材料において、磁化測定だけによらない、例えば磁気伝導特性の評価から強磁性発現機構を理解することが重要である。

通研対応教員である大野は台湾学術会議のパートナーシップ・プログラム"DRAGON"に平成23 年度から参画し、分担者である周教授の指導する博士後期課程学生を通研に受け入れてきた。本共同プロジェクト研究の成果の一部は同学生により得られたものであり、この成果をまとめた学位論文に対して平成27年１月に中山大学から博士の学位が授与された。

［４］成果資料

（１）H. W. Chang, S. Akita, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-field effects on magnetic properties of molecular beam epitaxially grown thin (Ga,Mn)Sb layers," J. Cryst Growth **401**, 633 (2014).

採択回数	1	2	3

(国際)

採択番号　H26 / A23

Japan-Spain International Research Collaboration on Terahertz Sensing Devices

テラヘルツセンシングデバイスに関する日西国際共同研究

［1］組織

代表者：MEZIANI Yahya Moubarak
(サラマンカ大学応用物理学専攻)
対応者：OTSUJI Taiichi
(東北大学電気通信研究所)
分担者：
Prof. J.E. Velazquez (サラマンカ大学)
Mr. V. Clerico (サラマンカ大学)
Assoc. Prof. S. Boubanga Tombet (東北大)
Dr. T. Watanabe (東北大)

延べ参加人数：６人

研究費：物件費　19 万 2 千円，旅費 37 万 6 千円
国際，特別支援費　30 万円

［2］研究経過

The aim of this project is to investigate terahertz detection by using two different types of transistors: Asymmetric double grating gates (ADGG) HEMTs from the group of Prof. T. Otsuji and strained silicon MODFET from the group of Prof. Y.M. Meziani. The former spent two months (July/August 2015) in the Prof. Otsuji laboratory at RIEC as visiting professor where he started the present research subject and gives two seminars in RIEC (Titles: "Terahertz time domain spectroscopy", and "Plasma wave transistor for terahertz imaging"). Y.M. Meziani gives also an invitation talk on RIEC Nation-Wide Collaborative Research Project Workshop; February 23d in Sendai entitled "Recent advances in research on terahertz detectors in the frame work of the Japan-Spain collaboration". Vito Clerico, a Ph.D student from Salamanca's group performed different experiments in his two weeks stay (first two weeks of January 2015) and gives his seminar on "Top-Down approach for Water Dispersible Threee-Dimensional LC- Nanoresonators".

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

① InP- based ADGG HEMT

ADGG HEMTs were designed and fabricated using InAlAs/InGaAs/InP material systems (Fig. 1). The electron density in the channel is 2.5x10^{12} cm^{-2} with the electron effective mass m = 0.043m_0 (m_0 is the free-electron mass) and the electron mobility μ=11,000 cm^2/V.s at 300K.

② Strained-Si MODFET

The strained-Si MODFETs had a 8 nm tensile strained Si channel, sandwiched between two heavily doped SiGe electron supply layers to generate a high carrier density in the strained-Si quantum well. Two transistors with different gate lengths (50 nm and 250 nm) were used in measurements. The gate width and the source-to-drain length were 30 μm and 1 μm, respectively (Fig. 2).

③ Room-temp. THz Detection

Detection of terahertz radiation has been performed for the ADGG HEMTs and the Si-strained MODFETs at room temperature using a UTC-PD source. The ADGG HEMT presented a good level of resposnsitivity in non-resonant detection even for high frequency up to 1THz (~ 12kV/W) (Fig. 3(a)), whereas the Si MODFET demonstrate a peculiar high responsivity with 'abrupt' increase below a specific threshold gate bias at 200~350 GHz (Fig. 3(b)). This is the 1st time discovery in the plasmonic THz detection in FETs.

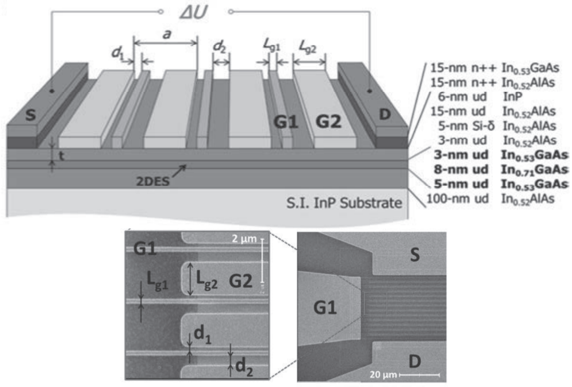


Fig. 1. ADGG HEMT structure.

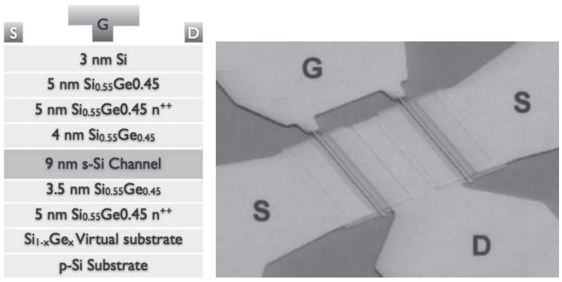
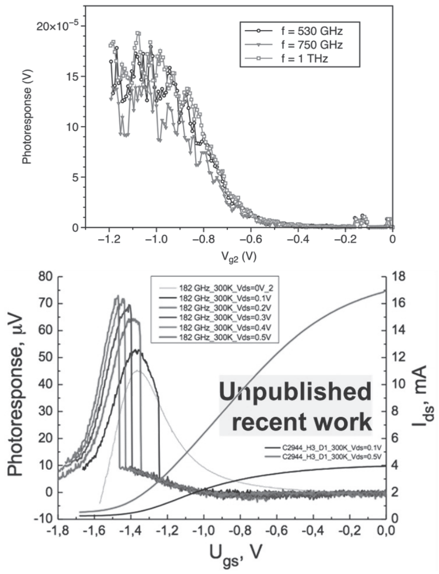


Fig. 2. Si-strained MODFET structure.



(a)

(b)

Fig. 3. Responsivity for a InP ADGG HEMT (a) and a Si-strained MODFET (b).

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

The observed results are very encouraging and they showed good responsitivities and NEPs. However, further investigations are needed on other devices first to confirm our present results and second to study the effect of the asymmetry of the ADGG on the photoresponse signal quantitatively.

［４］成果資料

[1] Y. Kurita, G. Ducournau, D. Coquillat, A. Satou, K. Kobayashi, S.A. Boubanga-Tombet, Y.M. Meziani, V.V. Popov, W. Knap, T. Suemitsu, and T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive sub-terahertz detection by InP-based asymmetric dual-grating-gate high-electron-mobility transistors and their broadband characteristics," Appl. Phys. Lett. **104**, 251114 (2014).

[2] T. Watanabe, T. Kawasaki, A. Satou, S.A. Boubanga Tombet, T. Suemitsu, G. Ducournau, D. Coquillat, W. Knap, H. Minamide, H. Ito, Y.M. Meziani, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Room-temperature zero-bias plasmonic THz detection by asymmetric dual-grating-gate HEMT," SPIE Photonics West, Paper No. 9362-13, San Francisco, CA, USA, 11 Feb. 2015.

[3] A. Satou, Y. Kurita, G. Ducournau, D. Coquillat, K. Kobayashi, S. Boubanga Tombet, Y.M. Meziani, V.V. Popov, W. Knap, T. Suemitsu, and T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive sub-terahertz plasmonic detector based on asymmetri ual-grating-gate HEMT," RJUS TeraTech-2014: The 3rd Russia-Japan-USA Symp. on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies Proc., S3-IT1, pp. 21-23, Buffalo, NY, USA, 20 June 2014. (invited)

[4] Y.M. Meziani, S. Morozov, K. Marem'yanin, J.E. Velázquez, K. Fobelets, “Enhancement of sub-terahertz detection by drain-to-source biasing on strained silicon MODFET devices”, accepted for Oral at 19th Int. Conf. on Electron Dynamics in Semicond., Opto-electron. and Nanostructures EDISON 19, 29 June – 2 July 2015, Salamanca, Spain.

[5] J.A. Delgado-Notario, Y.M. Meziani, J.E. Velazquez-Perez, K. Fobelets, “Optimization of THz response of strained-Si MODFETs” accepted for Oral at the 2015 E-MRS Spring Meeting and Exhibit, May 11 to 15, 2015, Lille, France.

採択回数	1	2	3

（国際）

採択番号H26／A24

ダイレクトディジタルRF変復調技術の研究

［1］組織
代表者：末松　憲治
（東北大学電気通信研究所）
対応者：末松　憲治
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
Banda Daliso（ザンビア大学）
亀田　卓（東北大学電気通信研究所）
本良　瑞樹（東北大学電気通信研究所）
小西　善雄（広島工業大学）
谷藤　正一（沖縄工業高等専門学校）

延べ参加人数：12人

研究費：物件費10万円，旅費27万4千円
国際、特別支援費30万円

［2］研究経過
無線通信用マイクロ波・ミリ波帯送受信機の小型，低消費電力化を目指して，RF信号を直接ベースバンドあるいは中間周波数(IF)のディジタル信号に変換するダイレクトディジタルRF技術が注目されている。近年1.5GHz帯のGPS受信機など限られた用途で実用化されるようになってきたが，より高い周波数帯，あるいはマルチチャネルシステムなどへの適用には，ブレークスルーが必要である。本研究では，ミリ波帯を含む，より高い周波数帯への適用，マルチチャネルシステムへの適用を可能とする次世代のダイレクトディジタルRF技術を実現することを目標に，国内外の研究者を交えて，ダイレクトディジタルRF方式の送受信サブシステム，送受信機構成，RFIC技術の基礎的な研究を行った。

本プロジェクトは，本年度が第1年度であった。ダイレクトディジタルRF受信機に関しては，H25年度で終了した総務省の研究開発「災害時に 有効な衛星通信ネットワークの研究開発」の中で，衛星通信小型地球局用に検討し，RFICの要素回路試作を行った。地上系の無線通信システムでは，衛星通信と異なり，自システム以外の無線システムからの干渉波が存在する。また自システム内の帯域においても，基地局－端末間距離の違いから，電力強度のことなる受信波が発生する。このため，衛星通信に比べて，極めて広いダイナミックレンジが必要とされ，ダイレクトディジタルRF受信機の実現が困難となっている。また，ミリ波を中心に開拓されつつある次世代ブロードバンド通信においては，サンプリングクロックの高周波数化および低位相雑音化や，サンプルホールド回路の高速化，高ダイナミックレンジ化が必要となる。

これらを克服するための技術について，2014年度は，2013年9月まで通研にて博士前期課程の留学生として上記研究開発プロジェクトに参画したBanda Daliso氏(現，ザンビア大学)を2014年10月28日から11月7日の約10日間にわたり招聘し，H25年度で終了した総務省の研究開発「災害時に有効な衛星通信ネットワークの研究開発」の研究成果を基にして，検討を行った。具体的には，上記プロジェクトで試作した受信ICのより高い周波数での特性の評価を実施した。さらに，その高周波動作時の問題点の抽出と対策の検討を行い，Ku帯さらにはミリ波帯に向けた高周波化，高ダイナミックレンジ化を実現する回路方式を検討し，回路シミュレーターを用いて検証した。これに関連する論文を，マイクロ波の3大国際学会のひとつであるAPMCに2件投稿し，採録された。さらに，電子情報通信学会英文論文誌に論文投稿し，採録された。

以下，研究活動状況の概要を記す。

・海外研究者の招聘
Banda Daliso氏(ザンビア大学, Staff Development Fellow)
期間：2014年10月28日～11月7日
・国内研究分担者での打合せ
年間6回実施。遠隔者は，電話会議にて参加。研究進捗についての報告およびディスカッション。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず第1に，Ku 帯でのダイレクトアンダーサンプリング受信機の構成，およびこれに必要となる Ku 帯CMOSサンプル／ホールドICの回路構成の提案である。H25年度で終了した総務省の研究開発「災害時に 有効な衛星通信ネットワークの研究開発」で開発したL帯サンプル／ホールドCMOS-ICについて，動作上限周波数を実測評価した。これまでの2GHzを大きく超える5GHz程度までの動作が可能ではあるものの，特性が劣化することが判明した。この特性劣化が，シミュレーション結果との比較により，スイッチング用 FET のソース端子の寄生容量によるものであることを明らかにした。さらに高い周波数帯であるKu帯(12GHz帯)での動作を可能とするための検討を行い，並列共振形直並列 FET スイッチを用い，かつ，ICのオンチップに整合回路を構成する回路を採用することで，上記周波数帯 VSATの全帯域(12.2～12.75GHz)で, QPSK変調信号の復調が可能な特性を大幅に上回る SNR が得られることをシミュレーションにより明らかにした。提案する Ku 帯ダイレクトアンダーサンプリング受信機の構成を図1に，Ku 帯サンプル／ホールドICの回路図を図2にそれぞれ示す。

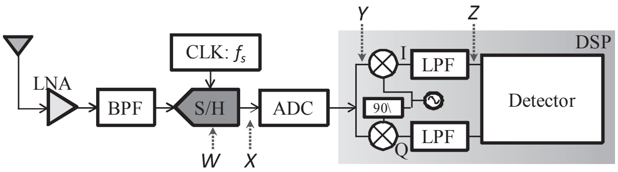


図1 提案する受信機構成

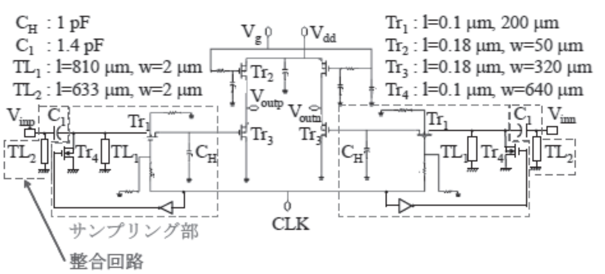


図2 Ku 帯サンプル／ホールドICの回路構成

第2に，上記提案のサンプルホールドICと受信機の試作による実証である。Daliso氏帰国後に，当方にて，ICの改良設計，試作，評価を行い，Ku帯でQPSK信号の復調に必要なSNRが得られることを確認した。試作したサンプルホールド IC を図3に，評価結果を図4,と図5にそれぞれ示す。12.2～12.75GHz の帯域にわたり，得られた SNR の実測値は，34.9dB 以上であり，ほぼシミュレーションの結果と一致している。

今回試作したRFアンダーサンプリング受信機の動作周波数は，これまでの学会発表の中では，最も高い値であると考えられる。この成果を，世界3大マイクロ波会議の1つであるヨーロッパマイクロ波会議（European Microwave Conference）に投稿した。また，以下の成果以外に，電子情報通信学会誌に学術論文を1件投稿し，採録された。

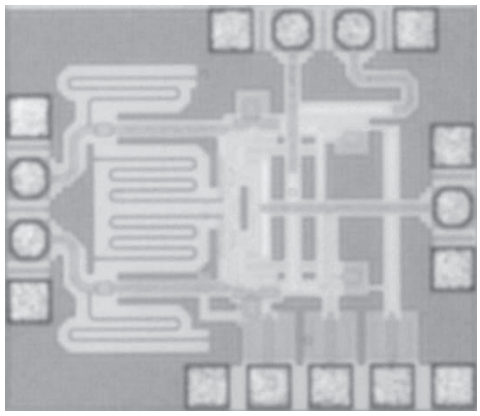


図3 試作したICチップ写真

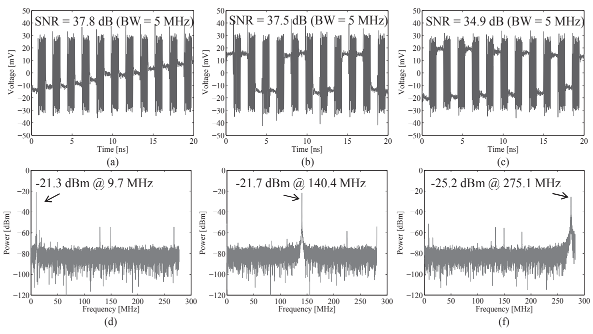


図4 評価結果 （時間波形，受信スペクトル ）

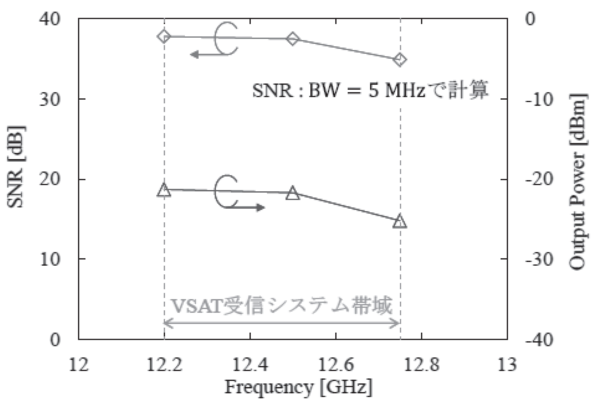


図5 評価結果（周波数特性）

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトの研究により，Ku 帯(12GHz 帯)での VSAT への適用の可能性が見えてきた。現在，自治体衛星通信機構において，末松が座長となり，2014 年度に技術検討委員会を立ち上げ，次世代 VSAT の検討を始めている。次世代 VSAT では，ALL-IP 化モデムの採用とともに，低価格化，小形化が課題となっており，研究事例の一つとして，本研究成果を紹介した。まだ，近々の VSAT 製品への適用は，信頼性などを含めて課題が残っているものの，将来の方向性を示す上で，重要な知見が得られたものと考えられる。

さらに，高い周波数帯への適用，また，複数の受信系を連動させて運用するフェーズドアレーアンテナへの適用についても検討を行おうと考え，H27 年度の総務省 SCOPE への提案も検討中である。

（特別支援（国際）にかかる研究成果）

・タイプ：国際共同研究推進型
・特別支援分の研究費により，2014 年 10 月 28 日～11 月 7 日の期間, ザンビア大学の Banda Daliso 氏を 2014 年 10 月 28 日から 11 月 7 日の約 10 日間にわたり招聘した。招聘期間中，集中的に，これまでに得られた実験結果のレビューを行い，その成果を整理, 解析して，Banda Daliso 氏を筆頭著者とした論文にまとめ，電子情報通信学会誌英文誌に投稿した。さらに，当研究室の学生を中心に，Ku 帯 IC および受信機の設計，試作を行い，実用的なレベルでの動作を確認した。これまでの論文では，2GHz 帯までの報告しかなく，今回，世界で初めて 10GHz を超える周波数でのダイレクトアンダーサンプリング受信動作を確認したことになる。

［4］成果資料

学術誌論文（査読あり）

(1) D.Banda, M.Motoyoshi, T.Koizumi, O.Wada, T.T.Ta, S.Kameda, N.Suematsu, T.Takagi, K.Tsubouchi, ”1/2fs Direct RF Under Sampling Receiver for Multi Channel Satellite Systems,” Trans. IEICE Electron.(条件付採録)

国際学会（査読あり）

(2) T. Koizumi, M. Motoyoshi, B. Daliso, O. Wada, S. Kameda, N. Suematsu, T. Takagi, K. Tsubouchi, “A Series/Shunt Switching Type Sample and Hold CMOS IC for 1 GHz-Band Direct RF Under Sampling Reception,” Asia-Pacific Microwave Conference 2014 (APMC2014), TH1B-5, Nov., 2014.
(3) D. Banda, O. Wada, T.T. Ta1, S. Kameda, N. Suematsu, T.Takagi, K. Tsubouchi,“1/2fs Direct RF Under Sampling Reception in Different RX Channels,” Asia-Pacific Microwave Conference 2014 (APMC2014), TH3G-23, Nov., 2014.

研究会

(4) 小泉友和, 本良瑞樹, バンダ ダリソー, 和田平, 亀田 卓, 末松憲治, 高木 直, 坪内和夫, “1 GHz 帯ダイレクトアンダーサンプリング受信用シリーズ/シャント型サンプル・ホールド CMOS IC,” 信学技報 MW2014-82, pp.203-208, 2014 年 7 月.

大会

(5) 小泉友和, 本良瑞樹, バンダ ダリソー, 和田平, 亀田 卓, 末松憲治, 高木 直, 坪内和夫, “Ku 帯ダイレクトアンダーサンプリング受信用サンプル・ホールド CMOS IC,” 信学総大, 2014 年 3 月.

採択回数	① 2 3

（国際）

採択番号　H26/A25

色名に関する文化差および個人差の研究

代表者：　内川惠二
（東京工業大学）
対応者：　塩入　諭
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
福田一帆（東京工業大学）
栗木一郎（東北大学）
松宮一道（東北大学）
I-Ping Chen（国立交通大学）
Su-Ling Yeh（国立台湾大学）
Lindsey Delwin（オハイオ州立大学）
Angela Brown（オハイオ州立大学）
研究費：物件費 19万1千円，旅費25万6千円
国際、特別支援費30万円

［2］研究経過

色は言語の壁を越え，人類共通のコミュニケーション手段として利用可能な概念である。特に色名と対応した色の知覚，カテゴリ色は，Berlin & Kay (1969) の研究によって示されたように，使用する言語によらずに共通のグループ化がなされる。そのグループは，白，黒，灰，赤，緑，青，黄，紫，オレンジ，茶，桃であり，基本色と呼ばれる。利用する色名の数は言語によって異なっても基本カテゴリの分類からはずれないため，文化や言語に依存しない色の概念分類として理解されている。

一方，近年の検討によると，日本語の水色のように基本カテゴリに近い特性を持つ色名の存在も指摘されている。また，同じ色に被験者全員が同一の色名を使うという一致は完全でないなど，単純な基本色の概念では説明しにくい知見も蓄積されている。特に興味深いことに，同一言語を利用する被験者における色カテゴリの個人差がある。Lindsey & Brown によると，その個人差は，言語間に共通ないくつかの様式（モチーフ）によって表現される可能性が指摘されている。言語差（文化差）と個人差を共通のモデルで説明することができれば，情報通信におけるカテゴリ色の利用の最適化などへの応用も期待できる。

本研究では，個人差に関する言語間の共通性を検討することを目的とする。そのために様々な色票を用いて，その色の名前を答えることから，色名と色の領域の関係を調べたLindsey & Brownの実験手法を用いる。彼らが，英語を母国語とする被験者を用いて行った実験を，日本語と中国語に拡張し，個人差と言語差の影響を統一的に理解するためのモデル構築を目指すものである。

本プロジェクトは本年度が初年度であるが，これまでのオハイオのグループとの連携に基づき，平成26年5月16日-21日開催のVision Science Society年次大会において，研究代表者内川，Lindsey， Brown，塩入，栗木がデータ解析に関する検討を行った。その後，東京工業大学と東北大学両研究室で，評価実験環境を構築し，日本語の色カテゴリ評価実験を実施した。さらに中国語による実験の準備のために，台湾のChen，およびYehを2015年3月11日から15日の間，招聘し，これまでの研究の情報交換および実験環境の共通化，手続きの確認などを行った。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

まず，東京工業大学と東北大学両研究室で，評価実験環境を構築し，日本語の色カテゴリ評価実験を実施し，合わせておよそ５０名の被験者のデータを集めた結果を，Lindsey と Brown らと同様の色カテゴリに関する検討を試みた。色名のカテゴリとしていわゆる基本１１色以外に，水色，肌色，黄土色など被験者によらず安定した反応が得られる色名の存在を明らかにした。また，それらよりは被験者間の一致が低いものの高い頻度で利用される色名として，紺，クリーム，抹茶などがあることを明らかにした。今後，英語で使用される色カテゴリーとの対応などを検討する予定である。

また，中国語との関連では，本プロジェクトで利用する実物の色票ではなく，コンピュータディスプレイを用いた過去の実験結果について検討した。類似した条件における色名判断の比較から，中国語と日本語では灰色の領域に顕著な差がみられること，中国語のオレンジの種類が多様であるなどの結果が得られた。今後，中国語でも日本語，英語と同一の実験条件でデータを取得し，言語間の差異について検討する予定である。データの公開についても検討を始めた。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは，色名に関する文化的相違に着目したもので，米国の英語に対する，実験結果と比較できる日本語の実験結果を取得した。さらに，中国語での実験計画を進めることができ，今後色名に関する詳細な国際比較が可能となる。信号の例を挙げるまでもなく，色は情報伝達に有効に利用できることから，その利用方法の国際化は重要な意義がある。そのような応用的視点も含めて今後の発展が期待される。

(特別支援(国際)にかかる研究成果)

2015年3月11日から15日の期間,台湾からI-Ping Chen (国立交通大学), Su-Ling Yeh (国立台湾大学)の２名の研究者を招聘し，色評価実験に関する講演，言語意味の無意識的理解に関する講演を行った。その後，色カテゴリーに関するこれまでの研究の情報交換および実験環境の共通化，手続きの確認などを行った。今後，中国語の色名実験を行うための十分な情報交換，およびこれまでの研究から予想される言語間の相違点などを検討することができた。

［４］成果資料

1) 栗木一郎，武藤ゆみ子，徳永留美，福田一帆，Lindsey Delwin T, Brown Angela M., 内川惠二, 塩入 諭, クラスタ分析による日本語自由色名の最適カテゴリ数の検討, 日本視覚学会 2015年冬季大会, Vision, 27 (1), pp. 34-35

採択回数	①　２　３

（萌芽・先端・国際）

採択番号　Ｈ２６／Ａ２６

細かい手の操作の機械学習とHCIへの応用

［１］組織

代表者：　幸村　琢（エジンバラ大学）

対応者：　北村喜文（東北大学電気通信研究所）

分担者：

白鳥貴亮（Microsoft Research）

高嶋和毅（東北大学電気通信研究所）

Joseph Henry　（エジンバラ大学）

延べ参加人数：　100人

研究費：物件費０円，旅費27万２千円

国際、特別支援費30万円

［２］研究経過

本研究では、東北大学電気通信研究所の北村研究室で開発中の磁気式モーションキャプチャーシステムIM3Dの精度を、機械学習的手法を用いることにより高めることを目的として研究を行った。また機械学習的手法をさらに別のデバイス等から得られるデータにも応用し、モーションキャプチャーの精度を一般的に高めるのが本研究の目標である。本研究はまだ一年目であり、様々な実験を通じて問題の認識、手法の選択が行われた。以下，研究活動状況の概要を記す。

エジンバラ大学より幸村琢准教授が８月中旬に来日し、電気通信研究所に約一ヶ月半滞在し、東北大学の北村教授のグループと研究の方向性について議論した。またマイクロソフト研究所の白鳥貴亮研究員も同時に来日し、有効な機械学習的な手法についての議論をともに行った。幸村准教授、白鳥貴亮研究員ともがこれまでの研究成果、関連研究を電気通信研究所や工学部でのセミナー等で発表した。また幸村准教授は９月18日に日本バーチャルリアリティ学会大会において招待講演を行った。さらにエジンバラ大学で11月10日に日本学術振興会の支援により、幸村琢准教授と北村教授がオーガナイザとして日英コンピューターグラフィックスとバーチャルリアリティシンポジウムと題して研究会を開催し、日英を代表する研究者が集い議論が行われた。

[3] 成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

IM3Dでは小型のコイルを指に付着させ、それにより生成される磁界をセンサーにより感知し、非線形方程式を逐次法により解くことによってコイルの位置、方向を算出する。コイルがセンサーのある面と平行になっている場合には方程式の解が得られないため、そのようなコイルの姿勢に対応することが課題であった。この問題を解決するため、理論値で得られるセンサーの値と対応するコイルの三次元座標、回転の間の回帰を行う研究を行った。そのためにRadial Basis Function(RBF)を用いたが、回帰関数から得られる値のエラーが大きく、実用的な結果を得ることができなかった。これらの問題を解決するために三つのコイルを組み合わせ、信頼度の高いセンサーの値の平均値を用いて手の指先の位置、回転を計算する手法を開発した[1]。

また、手の動作を学習するためにConditional Restricted Boltzmann Machine (cRBM) を用いる実験を行った。RBMは動作を学習できるが、問題点として動作に高周波が混じる、動作がある静止姿勢に収束してしまうということが確認された。cRBMを用いた動作学習はこれまであまりないので、今後どのように研究を進めるかは現在検討中であるが、現在エジンバラでは予備実験としてAutoencoderと呼ばれるcRBMと同様なdeep learningのモジュールを用いて動作のエラー除去、抽象化の研究を進めている。マイクロソフトKINECT等でキャプチャーされるデータはノイズが多く、また体の一部が隠れた場合に信頼度の低い姿勢を再構成してしまうことがよく知られている。本研究ではAutoencoderを用いて人間の動作データの多次元多様体を生成し、そこに獲得したKINECTのデータを射影することにより、より信頼度の高い動作を生成することができるが確認された。このような概念は体全体だけではなく、手などの動きにおいても同様に適用することができる。現在、本手法の評価、追加実験、および論文の執筆を行っている。さらに来年度においてはIM3Dで獲得したデータに対して実験する予定である。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など
本プロジェクトの一貫として、中国・北京にあるMicrosoft Research Asiaの白鳥研究員、そして、英国・エジンバラ大学の幸村准教授を招へいし、国際的な研究協力体制を整えてきた。また北村教授、幸村准教授協力のもと、JSPSの支援を受け、HCIとコンピューターグラフィクスのシンポジウムJSPS UK/Japan Symposium on Computer Graphics and Virtual Reality と，ACM Symposium on Virtual Reality Software Technology（VRST2014）をエジンバラで開催した。機械学習を用いた動作の学習手法は重要な研究分野であり、この研究協力のもと行っている研究は将来飛躍的に発展すると思われるので、それに貢献できるために様々な手法の開発を行っている段階である。

以下に本研究協力を通じて開催したシンポジウムと国際会議の詳細を記す。

JSPS UK/Japan Symposium on Computer Graphics and Virtual Reality
- 日時　2104年11月10日
- 開催場所：　英国エジンバラ
- 参加人数：　46名
- http://homepages.inf.ed.ac.uk/tkomura/jsps/

ACM Symposium on Virtual Reality Software Technology (VRST2014)
- 日時　2014年11月11～13日
- 開催場所：　英国エジンバラ
- 参加人数：　70名
- http://conferences.inf.ed.ac.uk/vrst2014/

［４］成果資料
- Jiawei Huang, Kazuki Takashima, Shuichiro Hashi, Yoshifumi Kitamura: IM3D: Magnetic Motion Tracking System for Dexterous 3D Interactions, SIGGRAPH Emerging Technologies, 2014年８月

幸村准教授の東北大学電気通信研究所での講演の様子

白鳥研究員の東北大学電気通信研究所での講演の様子

東北大学電気通信研究所での議論の様子

英国エジンバラで開催された JSPS UK/Japan Symposium on Computer Graphics and Virtual Reality の参加者

英国エジンバラで開催された JSPS UK/Japan Symposium on Computer Graphics and Virtual Reality の様子

採択回数	①　２　３

（先端・国際）

採択番号　Ｈ２６／Ａ２７

3次元ナチュラルユーザインタフェースの新展開

［1］組織
　代表者：　北村 喜文
　　　　　　（東北大学 電気通信研究所）
　対応者：　北村 喜文
　　　　　　（東北大学 電気通信研究所）
　分担者：　Pourang Irani
　　　　　　（University of Manitoba）
　　　　　Juan David Hincapié-Ramos
　　　　　　（University of Manitoba）
　　　　高嶋 和毅（東北大学 電気通信研究所）
　延べ参加人数：20 人
　研究費：　物件費 0 千円，旅費 25 万 9 千円
　　　　　　国際、特別支援費 30 万円

［2］研究経過

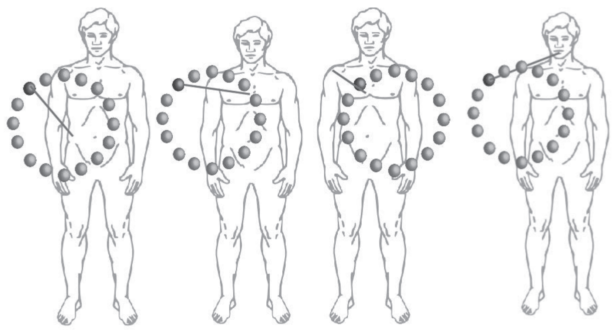
最近急速に普及しつつあるモバイルデバイスにおける 3 次元操作のためのユーザインタフェースでは，モーションキャプチャなどのシステムが利用できないため制約が多く，使いやすい 3 次元ユーザインタフェースが提供されて来なかった．そこで，本共同研究プロジェクトでは，一般的なタッチパネルを活用して直感的な 3 次元ナチュラルユーザインタフェースを検討する．そのため，2014 年 10 月から 12 月にかけて，カナダ・マニトバ大学の Pourang Irani 教授の指導のもと Juan David Hincapié-Ramos 研究員が東北大学電気通信研究所に滞在して研究を行った． 滞在中の 10 月 22 日には，Juan David Hincapié-Ramos 研究員のこれまでの研究を紹介し本研究プロジェクトの計画を議論するための講演会を開催した.

［3］成果

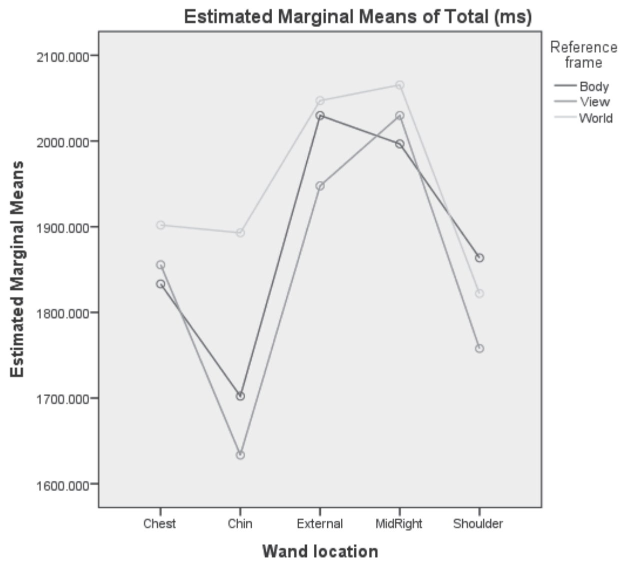
（3－1）研究成果

Ratcasring は，最も自然で直感的かつ重要な対象選択の 3 次元ユーザインタフェースの手法として，従来型の比較的規模が大きい VR や AR システムで多く利用されてきたが，モバイル環境では利用例が少ない．そこで，ジャイロと加速度センサという慣性計測ユニット（IMU）を用いた Ratcasring を試作し，実験を行うことで，モバイル環境で最適な 3 次元ナチュラルユーザインタフェースを実現するために必要な知見を得る.

Juan David Hincapié-Ramos 研究員の講演の様子



Ratcasring の原点：　ユーザ身体の右側／胸部／肩／顎



実験結果

検討すべき項目は，Ratcasring の原点をユーザ身体のどこに置くのがよいのか，奥行き方向の選択を明確にするにはどうすればよいのか，参照すべき座標系は世界座標系か身体座標系かどちらがよいのか，慣性計測ユニット（IMU）を用いた Ratcasring というインタラクションをどのようにデザインすればよいのか，といった点である．そのため，まず，Ratcasring の原点をユーザ身体の右側／胸部／肩／顎に置いて，Virtual Object を選択する際の効率を比較する実験を行った．

奥行き方向の明確な選択方法については，

- Lock and Drag (LD)
- Lock and Twist (LT)
- Autolock and Twist (AT)

を比較する実験を行った．現在，これらの実験結果を解析しているところであるが，顎を Ratcasring の原点にした際に最も早くタスクが完了できている等の結果が得られている．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトにより，カナダのマニトバ大学の Juan David Hincapié-Ramos を招へいし、3 次元ユーザインタフェースの分野でカナダのマニトバ大学と東北大学電気通信研究所との間の交流を飛躍的に密に発展させることができた．本プロジェクトには学生が主体的に参加できたので，人材育成という点からも効果があった．成果は，国際共著論文として国際会議に投稿し採択された．

［４］成果資料

Juan David Hincapié-Ramos, Kasım Özacar, Pourang P. Irani, Yoshifumi Kitamura: GyroWand: IMU-based Raycasting for Augmented Reality Head-Mounted Displays, Proceedings of ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI) , August 2015.

採択回数	1	2	3

（萌芽）

採択番号 H24/B01

プラズマ流による高機能性発現と反応場形成の基礎と応用

［1］組織

代表者：安藤　晃（東北大学工学研究科）
対応者：末光眞希　（東北大学電気通信研究所）
分担者：犬竹正明　（東北大学電気通信研究所）
高橋和貴　（東北大学工学研究科）
佐藤岳彦　（東北大学流体科学研究所）
服部邦彦　（日本工業大学共通教育系）
船木一幸　（宇宙航空研究開発機構）
佐々木浩一（北海道大学院工学研究科）
中島秀紀　（九州大学大学院総合理工学研究院）
篠原俊二郎（東京農工大学）
佐藤 浩之助（九州大学総合理工学研究院）
佐宗章弘　（名古屋大学大学院工学研究科）
小紫公也（東京大学大学院　新領域創成科学）
津島 晴（横浜国立大学大学院）
戸張博之（日本原子力研究開発機構）
田中雅慶（九州大学大学院総合理工学研究院）
高木浩一（岩手大学工学部電気電子工学科）
水野　彰（豊橋技術科学大学エコロジー工学系）
吉村信次（核融合科学研究所）
永田正義（兵庫県立大学工学研究科）
永岡賢一（核融合科学研究所）
上杉喜彦（金沢大学自然科学研究科）
津守克嘉（核融合科学研究所）
林　信哉（九州大学大学院総合理工学研究院）
竹入康彦（核融合科学研究所）
市村　真（筑波大学数理物質科学研究科）

研究費：旅費 35 万 7 千円

［2］研究経過

現在、プラズマ生成技術は新しい材料の製造プロセス分野において必要な手段として活用されており、半導体集積回路、太陽電池、発光ダイオード、ダイヤモンド合成、セラミック製造、磁性材料、超電導材料など各種薄膜形成、微細加工、表面改質応用に不可欠なナノテクノロジーの基盤技術となっている。特に、最近は高真空から大気圧領域を含む広範な圧力領域でのプラズマ流の形成技術に関する研究開発が進んでおり，その応用技術へも強い関心が寄せられている。このようなプラズマ生成制御技術にはプラズマの流れ場が重要な役割を果たしていることが明らかとなってきた。プラズマの流れが新しい機能性反応場を生み出し、ナノ分野をはじめ宇宙推進技術や種々の応用研究に重要な役割を果たしている。現在では基礎研究だけでなくプラズマ流の計測・可視化技術も含めた応用研究が積極的に進められている。

本研究では、次世代のナノ情報デバイスの創製をはじめ、宇宙技術や他の産業応用に関連した分野間を越えた研究交流を積極的に図ることを目的とし、プラズマの流れが生み出す新機能性場についての基礎研究から応用研究までを包括する研究会を開催した。これまで様々な立場で独立に研究が行われてきたプラズマ流の生成・制御法と、ナノ・バイオから核融合に至る広範囲な応用研究に携わる研究者間で情報交換を行い、お互いの研究で得られる基礎特性・応用デバイス特性の評価、理論的検討などを進め、関係する機能性場、反応場の高度化を進め、種々の応用研究へ適応することを目的としている。
以下に、本年度開催した研究討論会の概要を記す。

①　日　時：平成 27 年 2 月 3 日(火) 13:00 -18:00
　　　　　2 月 4 日(水) 9:30 – 12:20

東北大学工学研究科 電気情報系 103 講義室にて、「プラズマ流による高機能性発現と反応場形成の基礎と応用」に関する研究会を開催した。発表題目と講師は以下の通りであり，参加人数は延べ 100 人程度であった.

趣旨説明：安藤晃（東北大学）

(1) 安藤利得（金沢大学）
『極カスプ模擬実験と内部の粒子の流れの研究について』
(2) 永岡賢一（核融合科学研究所）
『トーラスプラズマの自発回転現象』
(3) 佐藤浩之助（九州大学）
『原子力発電の基礎・状況と科学技術の進め方』
(4) 篠原俊二郎（東京農工大学）
『高密度ヘリコン源を用いた無電極プラズマ推進』

(5) 高橋和貴（東北大学）
『ヘリコンスラスタとヘリコンMPDスラスタ』
(6) 大西直文（東北大学）
『推進技術に関連したプラズマ流の数値シミュレーション』
(7) 本村大成（産業技術総合研究所）
『ミニマルファブ用TSVプラズマエッチング装置』
(8) 吉村信次（核融合科学研究所）
『ラゲールガウスビームを用いたプラズマ流計測の検討』
(9) 上杉喜彦（金沢大学）
『水素化炭化膜成長と水素同位体吸蔵に対する窒素スカベンジャー効果』
(10)高橋宏幸（東北大学）
『高周波プラズマ源を用いた高エネルギーヘリウムイオン存在下のヘリウム体積再結合挙動調査』

まとめ　高橋和貴（東北大学）

また，上記プラグラム終了後に，プラズマ流の応用研究の一つでもある宇宙航行用電気推進分野に関する研究・開発，今後の展開に関して討論を実施した．

他にも海外からの研究者から講演・議論頂く機会があり，本プロジェクト研究会の一環として実施した．

② 日　時：平成27年3月17日(火) 16:00 -17:30
東北大学工学研究科 電気情報系451・453会議室にて、プラズマ流の生成・制御の応用研究である電気推進機に関して研究会を開催した。発表題目と講師は以下の通りであり，参加人数は 30 人程度であった．
Professor Amnon Fruchtman
(Holon Institute of Technology, Israel)
High thrust-over-power in electric propulsion

また講演終了後に，磁気ノズル中のプラズマ流運動量の理論限界値等に関して議論を行い，東北大学ヘリコンスラスタ装置の結果との比較検討を行った．

［３］成果
（３－１）研究成果
核融合プラズマ，実験室基礎プラズマ，宇宙航空用電気推進機プラズマ，およびプロセスプラズマにおけるプラズマ流の生成技術と付随する高機能性現象の発現，およびその応用技術に関連する報告がなされ，最新の研究発表と討論を行った．

まず金沢大学の安藤氏からは，地球を取り巻く磁気圏で北極や南極の上空に存在する極カスプ（Polar Cusp）領域に関する模擬実験の報告があった．ここでは，宇宙科学研究所所有の実験装置JAXA-CUSP を用いたプラズマ流の特性に関する基礎実験データが報告され，磁力線の向きが切り替わる領域での局所的なプラズマ流の発散や付随して誘起されるプラズマの不安定性に関する報告があった．この結果を踏まえて，プラズマ流の安定制御法に関する議論を行った．

核融合研永岡氏からは，核融合科学研究所のLarge Helical Device（LHD）において近年観測されているトーラスプラズマの自発回転現象に関して報告があった．またプラズマを閉じ込めている磁気面の壊れによってプラズマ流の堰き止め効果が起こることが観測され，プラズマ流堰き止めの新しい機構の存在が提唱された．このプラズマ流の堰き止めは，流れの持つ運動量の輸送現象に直接関与する問題であるため，その物理機構に関する討論が行われた．

九州大学佐藤氏からは，原子力発電の基礎・および東日本大震災を経た原子力発電分野の状況について紹介があった．またこの状況を踏まえた，プラズマ流の応用工学の一つである制御熱核融合発電技術の確立に向けた研究開発の現状，および各種課題について報告があった．また当該報告を踏まえた各課題に関する議論が行われ，磁場とプラズマ流の相互作用を系統的に理解し工学的に活用することが重要であることの方針が見出された．

東京農工大学篠原氏，東北大学高橋氏，東北大学大西氏からは，プラズマ流の応用研究の一つである電気推進機開発に関わる研究方向があった．東京農工大学篠原氏からは，高効率電気推進機の開発に有用である高密度ヘリコンプラズマ源の基礎研究に関する報告がなされ，外部印加磁場配位・強度，プラズマ源サイズ，高周波電力等を統合したスケーリング則の確立に関わる実験データの紹介があり，10^{13} cm^{-3}を超える高密度プラズマ生成に関する報告があった．また，得られた高密度プラズマを加速する工学的手法のコンセプトおよび予備実験結果に関して報告があり，回転電界型，回転磁界型，非線形効果であるポンデロモーティブ力を積極的に利用した加速方向のコンセプトが示された．また東北大学の高橋からは，ヘリコン波プラズマ源に発散型磁気ノズルを印加した際の自発的な電場形成，および付随するイオン加速現象，高エネルギー電子による電荷中和現象等の実験結果が報告され，またヘリコンプラズマ源を用いた無電極磁気ノズル推進機の推力直接計測に関する報告があった．ここでは，プラズマ源を構成する各種コンポーネントに起因する推力成分を独立に計測する手法が示され，プラズマ流体方程式から見積もった推力との比較・検討がなされた．

また，新型の大電力電気推進機として，低気圧環境下においても 500kW 以上の電力を投入可能であるヘリコン MPD スラスタのコンセプトおよび初期的な実験結果が示された．その結果，超高密度・高速プラズマ流の生成が可能であることが明らかになり，電気推進に留まらず，宇宙プラズマ，デバイス創生に関する応用研究に関して議論がなされた．また東北大大西氏からは，プラズマ流またはレーザーとプラズマ流の総合作用に関する数値シミュレーションに関する報告があり，パルスレーザーを用いて重力が存在する環境下においても物体を打ち上げることが可能であることが示された．

産業技術総合研究所本村氏からは，プラズマ流を用いた新規デバイス製造に直接関与する，プラズマエッチング装置の開発状況に関して報告があり，ミニマルファブシステム対応の装置開発とその性能評価に関して報告があった．まずはプラズマ生成に関する評価として，分光およびラングミュアプローブを用いた計測結果について報告があり，高周波電力 50W 程度で高密度プラズマ生成が可能であるとの報告があった．このプラズマを用いたシリコン微細加工の実施報告があり，今後の装置実用化に向けての課題と展望が紹介された．

核融合科学研究所吉村氏からは，プラズマ流に関する学理の理解を進めるための新規計測法として，ラゲールガウスビームまたは光渦と呼ばれる光の伝搬モードを用いたプラズマ流計測法の概念と準備状況に関する紹介があった．これは，通常の平面波ビームと異なり、ラゲールガウスビーム中の原子は光の進行方向と垂直な方向にもドップラー効果を感じるという性質を利用することで、これまで原理的に不可能であったビームを横切る流れのドップラー分光計測の実現が示唆された．

金沢大学の上杉氏からは， SOL 領域を模擬した水素/重水素・メタン混合プラズマにおける窒素導入による炭素膜堆積と水素同位体吸蔵抑制効果の検討に関して報告・討論がなされた．ここでは，Si サンプル上に堆積した膜厚を比較した結果、窒素導入による膜堆積抑制効果は表面温度に強く依存し、ある温度以上では窒素導入によって膜堆積が抑制される一方で，低温状態では窒素導入によって膜堆積が促進されたとの興味深い報告があった．

東北大学の高橋宏幸氏からは，DT-ALPHA と呼ばれる高周波放電とイオンビームを重畳した実験装置を用いたヘリウム体積再結合プラズマに対する高エネルギーヘリウムイオンビーム重畳実験についての結果が報告された．高エネルギーイオンと基底状態ヘリウム原子の荷電交換反応によってプラズマの電離進行過程が影響されることが示され，その一方で体積再結合過程に対しては高励起状態原子の荷電交換反応が発現しプラズマ中の体積再結合過程が抑制されることが示唆された．

また Amnon Fruchtman 氏からは，電気推進機の推力電力比に対する背景中性粒子の衝突効果の理論的検討に関する講演があった．ここでは，加速過程において衝突が起こる場合には最終的に得られる推力が増大することが提案され，東北大学のヘリコンスラスタ―における実験結果との比較・検討を行い，国際的な共同研究に発展する可能性が見出された．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクト研究会では，多岐にわたる産業応用が展開されているプラズマ流に関する研究成果が報告され、討論が行われた．新規デバイス創生にはじまり，宇宙開発・核融合研究など継続して研究を推進する必要がある分野にとってもプラズマ物理の基礎過程の理解は重要である．様々な実験装置でプラズマの流れ場が形成され、それとともに電場形成や構造化など新規現象が発現している．本研究会では、これらのプラズマの流れ場形成や、関連した複雑な挙動、加速、加熱、計測手法などについて議論や情報交換を行い、普遍性のある物理現象の理解を進めることが出来た．プラズマ流による高機能性の発現と反応場を理解し，その応用展開についても紹介があったことで，分野を横断した研究課題を認識できた点は本研究プロジェクトの大きな成果であった．本研究会活動を基盤として，プラズマ流れが生み出す新機能性の発現と反応場の基礎研究および応用分野において、今後ますます研究の発展・理解につながることが期待される．

また東北大学で進めてきた無電極プラズマスラスタ方式などでは，本プロジェクト研究会で講演を依頼した海外の著名研究者等との国際共同研究にも発展しており，継続して推進していく予定である．

［４］成果資料

(1) K. Ida, *et al.*, Nature Communications, **6**, 5816 (2015).

(2) S. Shinohara, *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., **42**, 1245 (2014).

(3) S. Yoshimura *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., 42, 2554 (2014).

(4) S. Yoshimura *et al.*, J. Plasma Phys., *in press* (2015).

(5) K. Takahashi *et al.*, Plasma Sources. Sci. Technol., **23**, 044004 (2014).

(6) K. Takahashi *et al.*, Appl. Phys. Lett., **105**, 193503 (2014).

(7) K. Takahashi et al., J. Phys. D: Appl. Phys., **47**, 425201 (2014).

採択回数	1	2	3

（先端・国際・その他）

採択番号　H24/B02

免許不要帯無線通信方式

［1］組織

代表者：加藤 修三
（東北大学電気通信研究所）
対応者：加藤 修三
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
中田　和一(青森大学)、
吉岡　良雄（弘前大学大学院理工学研究科）、
柴田　幸司 (八戸工業大学)、
本間　尚樹 (岩手大学)、
佐々木　重信（新潟大学工学部）、
小澤　哲也 (東北学院大学)、
海野　啓明　(仙台高専広瀬キャンパス)、
園田　潤　(仙台高専)、
米山　努（エムメックス）、
内海　哲史　(鶴岡高専)、
中橋 幸一（東京ドロウイング）、
鍬野　秀三（日本大学工学部）、
鹿子嶋　憲一（茨城大学工学部）、
梅比良　正弘（茨城大学工学部）、
橋本　研也（千葉大学工学部）、
原田　博司（(独)情報通信研究機構）、
中澤　勇夫（通信放送国際研究所）、
実野　邦久 (テクノメトリクス)、
磯　彰男(アイソ・スペース・リサーチ)、
栗原　宏（宏動　有限会社）、
安達　文幸（東北大学大学院工学研究科）、
末松　憲治　東北大学電気通信研究所)、
佐藤源之 (東北大学 東北アジア研究センター)、
澤谷　邦男（東北大学大学院工学研究科）、
坪内　和夫　(東北大学電気通信研究所)、
枦　修一郎 (東北大学電気通信研究所)、

研究費：旅費 37 万 8 千円、
国際、特別支援費 30 万円

［2］研究経過

【本プロジェクトの目的・概要】

近年、積極的に導入されつつあるワイヤレスLAN(WLAN)の性能拡大及びワイヤレス PAN（WPAN）の研究、開発が国際的に盛んになりつつある。前者は100m程度、後者は10m程度をサービスエリアとして通常 10dBm 程度の小電力で、前者は 300Mbps がすでに実現され、現在は Ethernet に接続された 1Gbps～数 Gbps 程度、後者は数 Gbps のピア - ピアの超高速伝送を当面のゴールとしている。世界的に大きく成長しつつあるこれらの分野では日本が PHY, MAC いずれの分野でも世界をリードしているとは言い難い。本研究会は東北大学電気通信研究所が幹事機関となり、東北・関東地方を中心にこれら無線の分野で活躍中の幅広い分野の研究者が集い、基礎的研究から、製品開発・応用までを見据えた日本における免許不要帯無線通信研究開発の底上げを狙う。また、1 機関では難しい研究開発のための競争的資金獲得に共同して挑戦する。今後の日本がグローバルにコンペテチブであるためには、次世代を担う若手研究・開発者が自由闊達に議論できる場が必要であり、本プロジェクトはこれにも資するものである。

【研究集会等の開催状況】

本年度は計４回の研究会を仙台で１回、東京分室で３回行った。各回のテーマはそれぞれ、⑴ 学生・技術者の英語力アップ、⑵ ワイヤレス・センサ・ネットワーク、⑶ 大学卒業生のスキルアップ、および⑷ ワイヤレス国際標準化についてで、その分野において第一線で活躍している内外の教育者・研究者にご講演いただいた。下記に各回の概要と講演題目を示す。

・研究会実績等

第１回開催：6 月 23 日

テーマ「“Seminar on University Globalization How to Improve English Quality of Japanese Students”」

研究成果発表の機会増大と研究情報収力アップの為には英語でコミュニケーションする力の増強が必須との観点から、“学生の英語力アップ”のためのセミナーを東北大学高等教育開発推進センターと共催し、さくらホールで開催した。本セミナーはこのシリーズの４年目であり、今回は日本の同時通訳者として第１線で活躍されている長井鞠子氏をキーノートスピーカーに招待し、参加者は中学、高校、大学の英語教育関連者及び OB/OG を含め、総数 160 名

を超える盛況であった。

講演は羽田東北大学高等教育開発推進センター副機構長のオープニングでスタートし、キーノートスピーカーの長井鞠子氏からは"The Power and Art of Communication – For an Effective Leadership in a Globalized World-"と題し講演いただき、国際社会の中でディベートに参加し意見を述べる重要さ、面倒くさがらずに好奇心をもって国際社会とつながっていくことの大切さを強調されました。また、効果的にコミュニケーションをとっていくために必要なこととして、長井氏は

(1) Contents(内容)、(2) Skill (スピーチの技術)、
(3) Passion(情熱)

の３つのポイント、さらに英語を上達させるための秘訣として、母音を大切にすることや、自分の好きなフレーズを見つけて暗記し、実際に喉を震わせて声に出すこと、またイメージトレーニングの必要性などを紹介いただきました。

一般講演は6人の方々にお願いし、産業界からの大学生英語力への要求条件を楽天の早瀬氏、トーストマスターズの元日本代表松本氏からお話いただいた。また、高校での英語教育の現状を仙台白百合学園のKorby 先生(Sendai Chapter President of JALT)からお話いただき、大学での教育の現状を Phelan 教授(宮城大学)から、本学名誉教授である宮本先生からは、学生のやる気の重要性、本学橘准教授からは英語学習の手助けとなる IT 技術の重要性等について講演いただきました。

セミナーの最後は"How to Foster Globally Competitive Students Mandating a Good Command of English?"と題し、学生の英語力アップのために高校での英語教育方法と大学での教育方法等について活発に意見交換が行われた。大学入学のための英語試験の改善 – 語学の４つの要素(Skill)全てを試験する案が提示されたが、十分な議論をするには至らなかった(2014年9/26日に発表された**文部科学省の有識者会議報告書ではこの"４つの要素の重要性・促進"が一つの柱となっている)**。

本セミナーは東北大学総務企画部広報課広報係が取材し、東北大学ホームページで紹介され、また東北大学学友会報道部も長井鞠子氏にインタビューし、その記事が東北大学新聞(7 月 15 日)で紹介された。

第２回開催：6 月 27 日

テーマ:「**International Symposium on Wireless Sensor Networks 2014**」

国際シンポジウム、ワイヤレスセンサーネットワーク 2014 は種々の応用が期待されワイヤレス通信で最もホットなトピックの一つである、ワイヤレスセンサーネットワークの基本技術から、システムの開発までをテーマとして Worcester Polytechnic Institute(WPI), CTIF – Aalborg University と共催し、6 月 27 日に東北大学東京分室で開催した。本シンポジウムは種々の応用が可能な最も先進的な技術をワイヤレスセンサーネットワークの研究者、技術者に紹介する。参加者はメーカ、大学の無線研究、開発者等、約 50 名が参加した。

キーノートスピーカーのKaveh Pahlavan教授からは"From WLAN to WiFi Localization – Evolution of a Revolutionary Technology"と題し講演いただき、WLANの1980年代の聡明期からWLAN開発に携わってきた研究者の１人として現在のWLAN２至った経緯を紹介いただくと同時に、今後の展開について講演いただいた。

一般講演は８人の方々に、国際標準化、デンマークでの取り組み、韓国での取り組み、及びシンガポールでの取り組みについて講演いただいた。

国際標準化関連では、電力計のメータリングで日本にも導入が予定されている IEEE802.15.4g の応用・展開について京都大学原田教授から、TV White Space への応用が期待されている IEEE802.22 の標準化状況・課題等について新潟大学佐々木教授から、広域ワイヤレスセンサネットワークの本命と目されている IEEE802.15.4k をベースにした 900 MHz システムの開発・特性について東北大学から発表した。また、デンマークでの取り組みについて Aalborg 大学 Mihovska 准教授から通信リンク確立方法を中心に、韓国での取り組みについては、Yonsei 大学 Chun 教授からメッシュネットワークのスループット改善法を中心に、シンガポールでの取り組みについては、Nanyang Technological 大学のSeng教授から送受信機用デバイスを中心に講演いただいた。

シンポジウムの最後は"How to Meet Market Demands on WSNs?"と題し、参加者と講演者間で活発に意見交換が行われた。大学で研究開発する課題がシステム実現のキーとなっていることの重要さが再認識された。

第３回開催：6 月 28 日

テーマ「**International Symposium on University Globalization 2014 - How to Foster Skilled Students and Young Staff -**」

国際シンポジウム-「How to Foster Skilled Students and Young Staff」は工科系大学のアウトカムとしていかにスキルのある学生および若手職員を育てるかをテーマに東北大学高等教育開発推進センター， IEEE Sendai Section, Worcester

Polytechnic Institute (WPI), CTIF - Aalborg University と共催し、6 月 28 日に東北大学東京分室にて開催した。本シンポジウムは約 30 名が参加し Project/problem based learning, industry-sponsored learning 等産学連携教育を積極的に進めている世界の大学から講演者を招待し、種々の環境下で、いかに目標を達成するかについて活発な議論が行われた。

キーノートスピーカーには元東工大学長(現文科省顧問)の木村　孟先生をお招きし“Imperial College of Engineering in Japan: 1873 - 1885 ”と題し講演いただいた。明治初期の日本にはImperial CollegeというPBLの日本版ともいうべき教育を実践していた大学があり、かつその卒業生は各界で、多いに活躍されていたとのお話があった。ただ、残念ながら、卒業生の多くが役人の道を選択するようになり、Imperial Collegeは創成から12年で東大工学部に吸収され消滅した。また、木村先生はJABEEの元日本会長としてJABEEの審査を受けたときのReviewerのコメントを、「日本の教育は原理を学ぶことに長けているが、エンジニアリングデザインの経験はほとんど無く、WA (Washington Accord)加盟の多くの国と異なる」と紹介された。

一般講演はPBL (Project based learning)を44年間実践しているWPIから、その実施形態 -One PBL project / year (4 times / undergraduate course)、課題等についてお話をいただき、大学の創立以来PBL (Problem based learning)を39年間実践しているAalborg Universityから、その実施形態 -One PBL project / term (10times / 5 years for Masters)、効果、課題等についてお話をいただいた。また、実践的な教育でスキルのある学生を輩出し国際的に評価の高いドイツからは、元Fraunhofer日本代表のGranrath氏からドイツにおける「長期インターンシップ」による学生のスキルアップについてお話をいただいた。シンガポールにおけるindustry-sponsored learningによる学生のスキルアップについてNanyang Technological 大学のSeng教授から、韓国におけるPBLの取り組み状況についてYonsei大学のChung教授から講演いただいた。日本からは、文科省ファンデングプロジェクト(enpit)を中心に関連3大学、九州大学福田教授、大阪大学井上教授、及び筑波大学田中教授から進行中の“分散型PBL”を中心にお話をただいた。また、金沢工大松石教授からは同校で取り組み中のPBLを中心にお話をいただいた。

シンポジウムの最後は“How to Foster Skilled Students and Young Staff - through PBL?”と題したパネルセッションで、参加者と講演者間で活発に意見交換が行われた。PBLは学生にスキルをつける素晴らしい方法ではあるが、そのための教員のスキルアップ、異なるPBL間のフエアネスを保つための評価についてはさらなる改善が必要との意見が多くだされた。

第 4 回開催：12 月 18 日
テーマ「**“IEEE Standardization Promotion Seminar”**」

本セミナーは、PCをはじめ多くの製品に採用されているが日本ではなじみの浅いIEEE標準化への日本企業のより積極的な参加を促すべく、日本の無線通信ビジネスをリードしている関連各機関のトップを対象に、東北大学通研共同プロジェクト(免許不要帯無線通信方式)とIEEESA(StandardsAssociation)とが12月18日に東北大学東京分室にて開催した。参加機関は通信キャリアの1社を除き、無線通信関連全ての大手メーカー、中堅メーカー、新規参入メーカー、TTC、ARIB、YRP、経団連等及び大学の50機関、68の異なる部門(同一機関を含む)と計画を上回る盛況であった。また参加者数は講演者７名、一般参加者80名、スタッフ8(内6名:東北大学電気通信研究所加藤研,2名:IEEE Japan Office)の総数95となり、会場の上限を超える盛況となった。

セミナーではIEEEの標準化が、国際的に無線通信ビジネスにどのように貢献してきたかをIEEE SAの現Presidentである、Bruce Kraemer氏がキーノートスピーチを、標準化の手順・プロセスをIEEE802.15.3c及び802.15.4k標準化の経験をベースに加藤教授が解説した。

また、標準化がビジネス成功をもたらした例として、米国のWLAN (802.11標準)の例をかつてBroadcom社にてWLANビジネスを立ち上げ,現在は起業家として、成功しているJason Trachewsky氏から, また台湾のWLAN (802.11標準)ビジネス立ち上げ・成功の例として, Inprocomm社を立ち上げ,現在はNational Taiwan University教授をしているProf K.C. Chenにお話いただいた。さらに日本における成功例として、スマートメータ(802.15.4g標準)の例についてパナソニック社の森健一氏からお話をいただいた。

パネルセッションのパネリストには講演者全員に加え、ミリ波チップの開発を中心にIEEE標準化に参画している高橋和晃氏(パナソニック)及び、ミリ波のTransfer Jetへの応用を中心にIEEE標準化に積極的に参加している清水雅史氏(NTT)に参加いただき、IEEE標準化及びビジネスモデルへの質問を中心にどのようにすればビジネスとIEEE標準化をリンクし、国際的に売れる製品開発につなげられるかについて活発な議論がされた。技術講演、パネルの最後には名刺交換会(レセプション)を開催し、積極的な意見・名刺交換が行われ、好評のうちに終了した。

以上、昨年12月18日に開催した“IEEE Standardization Promotion Seminar”は計画以上の成功裡に終了した。今後の日本企業のIEEE標準化での奮起が期待される。

［3］成果

（3－1）研究成果

第１回セミナでは、“How to Improve English Quality of Japanese Students”をテーマに講演が行われ、種々の意見交換が行われた。大きな問題は長年の英語教育にも関わらず、大学卒業生が英語でコミュニケーションができないことにある。英語の４つのスキルの内、大学入試では読む(200 点)及び聞く(50 点)しか評価されないことが、中学高校で偏った英語教育となり、英語の授業で良い点数がとれても、英語でコミュニケーションが出来ない理由の一つと考えられるが、解決までは時間がかかりそうである。

第２回セミナは、“**International Symposium on Wireless Sensor Networks 2014**”と題し、米国、デンマーク、韓国、シンガポール、日本の１線の研究者に講演いただいた。ヨーロッパは電波免許不要帯の研究の盛り上がりに幾分かけるが、米国、日本を含むアジアは活発であり、今後のさらなる応用発展と技術開発に期待がかかる。各国の現状・技術開発レベルを共有し良い議論することができた。

第３回セミナでは、“S **International Symposium on University Globalization 2014 - How to Foster Skilled Students and Young Staff -**”と題して、大学工学部卒業生がいかにスキルを身につけることができるかについて議論した。PBL (Project/problem Based Learning)は是に対する解を与える１手法であり、国際的に検討されている。シンポジウムではPBL のリーダー校である、WPI, Aalborg 大学から講師を招き彼らの取り組み方について議論すると同時に、韓国、シンガポール、ドイツでの取り組みについておよび成績評価等、実施上の問題点について議論が交わされた。今後の学習方法の一つとして要検討課題である。

第 4 回セミナでは、「IEEE Standardization Promotion Seminar」と題し東京で開催した。日本は国際標準化、特にIEEE 標準化が遅れており、追いつくためにも、このような Promotion Seminar は重要である。今回は総数、90 名を超える参加者が得られたことから、良いスタートが切れたと考えている。

（3－2）波及効果と発展性など

平成 21 年度 3 月に本共同プロジェクト研究の成果をベースに電子情報通信学会に提案した“短距離無線通信(SRW)時限研究会”が発足 4 年目を迎え、平成 25 年度から第一種研究会として常設化されるまでに発展している。今後も本研究分野における日本の研究活性化を強力に推進する一助となり、このSRW 研究会を通じて全国展開を図っていく予定である。

東北地方で開催したセミナでは、東北・関東地方の研究機関からの参加者に向けて情報を発信し、電気通信研究所の“拠点 CEO”としての役割に貢献した。また若手研究者・教育者の参加増により、若手の啓蒙・育成に資することができた。

来年度以降も本研究組織を継続し、他の機関と協働し、外部資金獲得の母体を構成し、技術・Funding両面から当該分野の無線技術の底上げを目指していく予定である。

［4］成果資料

【国際会議】以下の論文他４件

1. T. Baykas and S. Kato. “On the Spectrum Efficiency of Mesh and Star Topology Wider Area Wireless Sensor Networks," Proc. of PIMRC2014, , 2014, Washington DC, USA.

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号 H24/B03

知的ナノ集積システムの課題と展望

［1］組織

代表者：早川吉弘（仙台高等専門学校）
対応者：中島康治（東北大学電気通信研究所）
分担者：中尾光之（東北大学大学院情報科学研究科）
片山統裕（東北大学大学院情報科学研究科）
小山内実（東北大学大学院医科学研究科）
佐藤茂雄（東北大学電気通信研究所）
早川美徳（東北大学教育情報基盤センター）
矢内浩文（茨城大学工学部）
雨宮好仁（北海道大学工学部）
浅井哲也（北海道大学工学部）
原田知親（山形大学工学部）
廣瀬明（東京大学大学院工学研究科）
堀尾喜彦（東京電機大学工学部）
斎藤利通（法政大学工学部）
八木哲也（大阪大学大学院工学研究科）
土居伸二（京都大学大学院工学研究科）
森江隆（九州工業大学大学院生命体工学研究科）
和久屋寛（佐賀大学理工学部）
引原隆士（京都大学工学部）
上田哲士（徳島大学工学部）
西尾芳文（徳島大学工学部）
赤羽秀郎（茨城大学工学部）
石田文彦（富山高等専門学校専攻科）
荒木　修（東京理科大学理学部）
田中　敦（山形大学大学院理工学研究科）
佐野雅己（東京大学大学院理学系研究科）
菅原　研（東北学院大学教養学部情報科学科）
金城光永（琉球大学工学部電気電子工学科）
水柿義直（電気通信大学大学院情報理工学研究科）
丹野航太（東北大学金属材料研究所）

延べ参加人数：40 人
研究費：旅費 37 万 6 千円

［2］研究経過

本プロジェクトの目的は、新たな情報処理システムを原理的な観点から追求することである。そのシーズは生物神経系の実験的研究のモデルとして得られる脳の情報処理原理を活用したアクティブなシステムと量子計算であり、その融合をも視野に入れるものである。その可能性の理論的検討を行い、そこで得られた知見をハードウェア試作により実践的な検証を試みる。ハードウェアとしては従来どおり半導体（シリコン）と超伝導体（ニオブ）ベースの集積回路を対象とする。

これまでの実践的および理論的研究によってニューラルネットワークの可能性について様々な事実が蓄積されてきており、応用へと発展する成果も得られてきている。しかしながら本質的には、緩い意味で「人間とコンピューターでは得意課題が排他的である」という程度の理解しか未だ得られていないのも事実である。それは、ひとつには超並列的なデータを処理するアーキテクチャーが未だに明確になっていないこと、そもそも膨大な並列データの取捨選択方法が未知であることが理由である。実験、理論、実践を通して現状のコンピューターと脳の長所・短所を明確にし、新たな知的情報処理システムの基礎を築くばかりでなく、その実践的応用を進める上での現状の課題・展望を明らかにし、次のプロジェクト研究へのステップアップの準備研究会と位置づける。

本プロジェクトは，本年度が３年目にあたり，広範囲な脳機能・脳型計算機関連分野の研究者と現状の問題点について情報共有をすることを目的に、平成26年12月４日~5日に東北大学電気通信研究所 ナノスピン総合実験棟にて共同プロジェクト研究会を開催した。そこでの発表テーマは以下の通りである(発表順)。

【共同プロジェクト研究会】

「大規模人工神経回路網計算のためのモジュラー化の検討」
　○早川吉弘（仙台高等専門学校）

「脳刺激型人工視覚の可能性について」
　○林田祐樹（大阪大学）

「ニューロ様断熱量子計算性能向上に向けたJacobi法による大規模行列の固有値・固有ベクトル計算に関する考察」
　○金城光永（琉球大）

「しきい値結合非線形写像モデルとばらつき補償機能付きCMOS回路実装」
○上ノ原 誠二, 森江 隆(九州工業大学)
「逆関数ゼロ遅延モデルを用いたBP学習」
○堀内優太、中島康治(東北大学)

「プレトレーニングで得られたディープニューラルネットの学習初期値に関する考察(仮)」
○品川政太郎、中島康治(東北大学)

[3]成果

（3－1）研究成果

既存のコンピューターは、そのままでは人間と同等の知的情報処理をするには不十分であることが明確になってきた。また、脳のモデルであるニューラルネットワークも、理論は徐々に発展しているものの決定的な技術には成熟していない。そこでこのプロジェクト研究では、神経生理学、非線形物理学、理論脳科学、集積回路工学の広い分野の知見を総合的に取り入れた研究グループを構成することで、具体的問題へ応用するための基礎概念や構成法の理解が進むと期待している。

ニューロシステムを用いた組合せ最適化問題の解探索において被災時のパケットルーティングなど具体的問題において成果を得てきたが、原理的には高速であるがシミュレーション等の実計算においては速度低下の問題解決が望まれている。この計算速度問題に対して新しいニューロンモデルの提案、及び単一ネットワークシステムに問題を埋め込む従来手法から複数のネットワークの協調動作を利用する手法への切り替えによって、従来の約10倍の問題サイズまで計算が可能であることをシミュレーションによって確認できたが、ここで用いられてきたアクティブニューロンの簡易版にあたる逆関数遅延ゼロ(IDL)モデルが、正解性能の向上にどのように寄与するかに関する理解が十分ではなかった。そこで今年度は、比較的単純な組合最適化問題において、このIDL モデルのパラメータ依存性の特徴を捉えることに成功した。

また、学習動作においてもこのIDLモデルの能動性を導入することで、荷重値空間において生じる極小値状態を消去できることを小規模なニューラルネットワークで示すことに成功した。

さらに近年研究が盛んにされているDeep−Learningにおいて、荷重値の取りうる値を離散化(極端な場合には量子化)した場合における性能調査を行った。残念ながら明確な性能変化の傾向を見出すには至らなかったが、ハードウェア化を視野に入れたこの研究は、今後ハードウェアリソースの低減に結びつく有益な研究へ繋がるものと期待している。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトにでは、神経生理学、非線形物理学、理論脳科学、集積回路工学等に幅広い分野の研究者の知見を総合的に取り入れた研究グループを構成しているため、「International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications」をはじめとする様々な分野の国際会議においてその成果を発信することができ、現コンピューターでは克服しきれない知的処理の課題を補間する近未来の情報システムの議論の場所を作り上げることができたと考えている。そのために本プロジェクト研究の成果は、学術的あるいは技術的に、これまで克服困難であった人間らしい知的情報処理を克服する方向を示すと同時に、現コンピューターでは克服しきれない知的処理の課題を補間する役割を果たし、我々が必要とする近未来の情報システムの基礎となる成果を発信できたと考える。

［4］成果資料

1. H. Liang and T. Morie, A Motion Detection Model Inspired by Hippocampal Function and Its Applications to Obstacle Detection, Neurocomputing, Vol. 129, pp. 59-66, April 10, 2014.

2. K. Matsuzaka, H. Tanaka, S. Ohkubo, and T. Morie, VLSI Implementation of a Coupled MRF Model Using Pulse-coupled Phase Oscillators, Electronics Letters, Vol. 51, Issue 1, pp 46-48, 2015.

3. Y. Kim and T. Morie, A PWM-mode Pixel-parallel Image Processing Circuit Performing Directional State-propagation and Its Application to Subjective Contour Generation, Circuits, Systems & Signal Processing, Vol. 34, Issue 2, pp. 605-623, 2015.

4. K.Terabayashi R.Natsuaki A.Hirose, Ultra-Wideband Direction-of-Arrival Estimation Using Complex-Valued Spatiotemporal Neural Networks, IEEE Trans. on Neural Netw. and Learning Systems, 25, 9 (2014) 1727-1732

5. T.Ding A.Hirose, Fading Channel Prediction Based on Combination of Complex-Valued Neural Networks and Chirp Z-Transform,

IEEE Trans. on Neural Netw. and Learning Systems, 25, 9 (2014) 1686-1695

6. S.Onojima Y.Arima A.Hirose, Millimeter-wave Security Imaging Using Complex-Valued Self-Organizing Map for Visualization of Moving Targets, Neurocomputing, 134 (2014) 247 – 253

7. R.Natsuaki A.Hirose, Circular Property of Complex-Valued Correlation Learning in CMRF-Based Filtering for Synthetic Aperture Radar Interferometry, Neurocomputing, 134 (2014) 165-172

8. Ryotaro Tsuneki, Shinji Doi, Junko Inoue, Generation of slow phase-locked oscillation and variability of the interspike intervals in globally coupled neuronal oscillators, Mathematical Biosciences and Engineering, Volume 11, Number 1, pp.125-138 (2014).

9. Yuki SHOJI, Yoko UWATE and Yoshifumi NISHIO "Polygonal Structure Models of Ring Inhibitory Neural Network" RISP Journal of Signal Processing, vol. 18, no. 4, pp. 169-172, Jul. 2014.

10. Hiroshi Wakuya, Kensuke Kukihara, Hideaki Itoh, Hisao Fukumoto, and Tatsuya Furukawa "An application to vocal signal decomposition by a neural network with structural pruning" ICIC Express Letters --- An International Journal of Research and Surveys, Vol.8, No.4, pp.999-1005, 2014.04

11. J. Moriyasu and T. Saito, Sparsification and Stability of Simple Dynamic Binary Neural Networks, IEICE Trans. Fundamentals, E97-A, 4, pp. 985-988 (2014)

12. Locality and Connectivity of Anisotropic Inhibition for Directional Traveling Waves in the Hippocampal CA3, Toshikazu Samura, Yutaka Sakai, Hatsuo Hayashi, Takeshi Aihara, S4-2, The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, 2015.

13. Maruyama, Y., Kakimoto, Y., & Araki, O. (2014). Analysis of chaotic oscillations induced in two coupled Wilson–Cowan models. Biological Cybernetics, 108(3), 355-363.

14. Ayako Ueno, Norihiro Katayama, Akihiro Karashima, Mitsuyuki Nakao, Targeted subcortical nerve recruitment by controlling waveform of electrical stimulation for MRI-guided surgical ablation, Advanced Biomedical Engineering, 3, 139-146, 2014

15. 菊田里美, 柳川右千夫, 本間経康, 小山内実. (2015) 活動依存性 マンガン造影 MRI のための神経細胞内へのマンガン流入量の検討. 電気学会論 文誌 C. 135: 280-284.

16. Ishimura K., Komuro K., Schmid A., Asai T., and Motomura M., "Image steganography based on reaction diffusion models toward hardware implementation," Nonlinear Theory and Its Applications, vol. 5, no. 4, pp. 456-465 (2014).

17. Gonzalez-Carabarin L., Asai T., and Motomura M., "Low-power asynchronous digital pipeline based on mismatch-tolerant logic gates," IEICE Electronics Express, vol. 11, no. 15, pp. 20140632/1-9 (2014).

18. Mori M., Itou T., Ikebe M., Asai T., Kuroda T., and Motomura M., "FPGA-based design for motion-vector estimation exploiting high-speed imaging and its application to motion classification with neural networks," Journal of Signal Processing, vol. 18, no. 4, pp. 165-168 (2014).

採択回数	１　２　③

（萌芽・先端・国際）

採択番号　Ｈ２４／Ｂ０５

災害復興エンタテインメントコンピューティング

［１］組織

代表者：北村 喜文
（東北大学 電気通信研究所）
対応者：北村 喜文
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
足立 智昭（宮城学院女子大学 発達科学研究所／震災復興 心理・教育臨床センター代表）
米澤 朋子（関西大学 総合情報学部）
秋田 純一（金沢大学 理工学域電子情報学類）
嵯峨 智（筑波大学 システム情報系 情報工学域）
伊藤 雄一（大阪大学 ウェブデザインユニット（大学院情報科学研究科兼務））
Paul Milgram（University of Toronto）
Christian Sandor（奈良先端科学技術大学院大学）
金高 弘恭（東北大学大学院歯学研究科）
高嶋 和毅（東北大学 電気通信研究所）

延べ参加人数：　50 人

研究費：　旅費 292,000 円,
国際・特別支援分 300,000 円

［２］研究経過

エンタテインメントは，人々の心に豊かさを与え幸せにするものとして，私たちの生活の中に浸透している． これを，情報通信の技術を用いてその魅力をさらに高め，可能性を広げようとする研究がエンタテインメントコンピューティングである．この新しい研究成果を活かして，被災地の創造的復興につなげるとともに，今後， 世界中でいつ起きるかもしれない災害にも対処できるように，さまざまな分野の研究者や企業の方と協力しあいながら，いろいろな知見を蓄えようとするのが目的である．本年度の主なトピックスとしては，カナダ・トロント大学の Paul Milgram 教授を招いての国際シンポジウムを 7 月 23 日と 24 日に開催したことと，本共同プロジェクトで議論した結果に基づいて研究を進めた内容がヒューマンインタフェース学会研究賞を受賞したことである．

［３］研究成果

（３－１）研究成果

積木は古くから最も幅広く普及している玩具の 1 つである．それで遊ぶことによって，子供は想像力を豊かにし，空間知覚能力を養い，他者との社会的関係も学ぶことができる．その遊びには子供の心理状態や発達状態を表すとも言われており，それゆえ，心理療法としてプレイセラピィ(遊戯療法)等にもよく用いられてきた．訓練された治療者（セラピスト）は，子供が積木で遊ぶ様子を観察することによって,その子の心の状態を推し量ることができる．加えて，適切に遊びを誘導することによって，心理状態を改善する方向に向かわせることもできる．しかし，ここでの観察からの心理状態の推定では治療者の主観を完全に排除することは困難であるため，治療者による判断にばらつきが生じてしまうことも少なくない．そこで，何らかのセンサ等で計測・収集したデータに基づいた客観的な心理状態の推定手法が切望されている．

先の大震災で津波の被害を受けた子供たちの中には,ストレス障害の症状が見られる例も多かった．震災直後数か月の間には，幼児が険しい顔つきで積木を積んでは崩すという津波・地震遊びを繰り返し行うという例が，本共同プロジェクトの分担者である足立のもとに多数報告された．これは，様々なきっかけで想起される恐怖体験の情動表出としての行動と考えられた．また，この積木遊びは恐怖の感情を徐々に開放することに役立ち，治療的な役割も果たすことになった．このように，積木遊びは，心的ストレスを被った子供の状態を知り，さらに彼らに対する心理的ケアを考える上で，非常に重要なツールと成り得ることを示している．

そこで,積木に複数のセンサを実装することによって，子供が積木で遊ぶ最中の様々なデータを子供に負担をかけない方法で計測し，そのデータを解析して遊びの過程を認識するとともに子供の心理状態を客観的に推定して可視化することができれば，効果的であろうという結論に至った．そのために必ずしも多種のセンサを最初から実装する必要もなく，限定された種類のセンサを実装した積木を試作することによって，子供の積木遊びの過程をどの程度ま

で認識できるかのフィージビリティスタディを行うところから始めてもよいのではないかと考えられる．その結果を受けて，無線加速度センサを埋め込んだ積み木により，積み木の遊び方（動かし方）とストレス軽減効果の関係を定量的に検証することを試みた．各積み木の動きを加速度データで取得することにより，積み木遊びにおける基本的な特徴である置き方や動かし方を解析することができる．本研究では，幼児30名を（2歳から7歳程度）を対象とした積み木遊びの実験を実施し，幼児の積み木の動かし方の特徴量と遊び前後のストレス値（唾液アミラーゼ活性値）の関係を調査した．

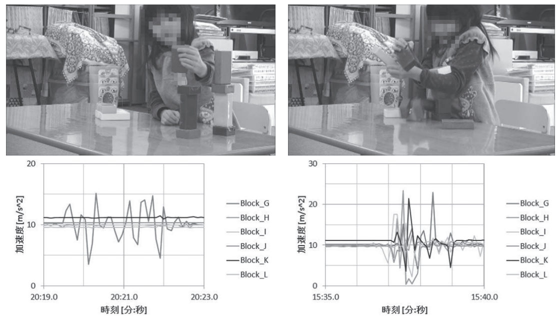
また，積木の各面間で手指などが接触している箇所や，自由に置かれた積木同志が重なったり接触したりしている領域を検出して積木の全体形状の認識を行うために，赤外線を用いた接触認識手法を検討し，赤外線LEDとフォトトランジスタを積木の各面に敷き詰め，赤外線の受光状態を利用して積木の面同志の重なりと面内の手指の接触認識することができる積木を実装した．

さらに，カナダ・トロント大学のPaul Milgram教授を招いての国際シンポジウムを7月23日と24日に開催した．7月24日は電気通信研究所国際シンポジウム「知覚と情報通信」として開催し，Manipulating (Visual) Perception to Affect Performance in Mixed Reality Environmentsというタイトルで講演していただいた．

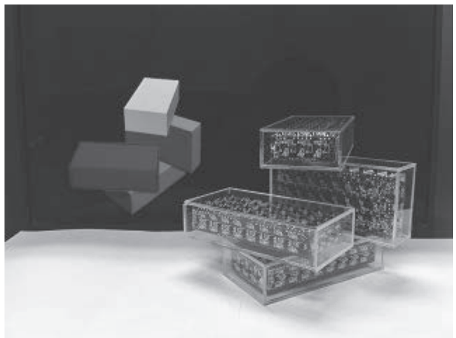
（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本共同プロジェクトで議論した結果に基づいて研究を進めた内容がヒューマンインタフェース学会研究賞を受賞した．本賞は，同学会の研究会で公表された新規性・独創性・将来性あるいは実用性・完成度の高い論文の著者に贈呈される．今回は149件の中から3件に贈られた．本研究は，大阪大学の伊藤准教授や発達臨床心理学を専門とする宮城学院女子大学の発達臨床学科の足立先生らとの共同研究の成果である．本研究では，PTSDやASDの治療のために用いられてきた積み木による遊戯療法において，加速度センサを実装したブロックを用い，これまで知られている積み木の組み立て過程とストレス軽減作用について，定量的に検証した．本研究成果は，より効果的な遊戯療法の構築のみならず，積み木遊びにおける運動や認知，情動等に関わる過程を明確化できる可能性を持っており，有用性・将来性を含めて評価された．

最近ネパールでも大規模な地震が起きた．災害は世界中いつでも起こりうるし，誰もが巻き込まれる危険をはらんでいる．そのため，こうした研究をさらに幅広い世界の研究者と共に進めるため，国際的なネットワークを拡大したいと考えている．



積木遊び中の積木の動き


赤外線LEDとフォトトランジスタを実装した積木


Milgram教授の講演と研究議論の様子

［4］成果資料

- 細井 俊輝, 佐藤 裕美, 高嶋 和毅, 伊藤 雄一, 足立 智昭, 北村 喜文, 加速度センサを用いた積み木による子供のストレス軽減効果に関する一検討, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 16, No. 4, pp. 91-96, 2014年7月.
【ヒューマンインタフェース学会研究賞を受賞】
- Ando M., Itoh Y, Hosoi T, Takashima K, Nakajima K, Kitamura Y, StackBlock: Block-Shaped Interface for Flexible Stacking, Adjunct Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST) 2014, pp. 41-42, October 2014.
- Hosoi T, Takashima K, Itoh, Y, Adachi T, Kitamura Y, A-Blocks: Recognizing and

Assessing Child Building Processes during Play with Toy Blocks, SIGGRAPH Asia Emerging Technologies, Article No. 1, December 2014.

- 安藤 正宏, 伊藤 雄一, 細井 俊輝, 高嶋 和毅, 北村 喜文, StackBlock: 積み重ね形状認識可能なブロック型 UI, 情報処理学会 インタラクション 2015 講演論文集, pp. 71-78, 2015 年 3 月.

採択回数	1　2　③

（国際）

採択番号　Ｈ２４／Ｂ０６

アジア太平洋地区におけるHCI分野の新学会設立

［1］組織
代表者：北村 喜文
（東北大学 電気通信研究所）
対応者：北村 喜文
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
Ellen Yi-Luen Do（National University of Singapore）
Robin Bing-Yu Chen（National Taiwan University）
Seongil Lee (Sungkyunkwan University, Korea)
Zhengjie Liu（Dalian Maritime University）
Shengdong Zhao（National University of Singapore）
Taku Komura (University of Edinburgh, UK)
中小路 久美代（京都大学）
葛岡 英明（筑波大学）

研究費：旅費 295,000 円
国際・特別支援分 300,000 円

［2］研究経過

ACM (Association for Computing Machinery) の SIGCHI (Special Interest Group on Computer Human Interaction)が，アジア太平洋地域の HCI 分野の研究活動を活性化する方策を話し合うためのワークショップを 2011 年 3 月 25 日～27 日に北京で企画し，この地域の各国から研究者を 2～3 人ずつ招聘した. 10 カ国から 26 人が集まり，SIGCHI の EC (Executive Committee) 6 名と一緒に会合を持った．ここで主に話し合ったのは，各国の HCI 分野の学界，産業界，教育などの現状に関する意見交換，今後のこの分野の発展の可能性や問題点，地域の HCI のコミュニティがこれまでに果たしてきた役割は何か，SIGCHI のような組織がこの地域に対してできることは何か，といった内容であった．この 3 日間のワークショップでの議論でいくつかの点があらためて明らかになり，各国の研究者間で共有された．そして，参加者達は次第に，この地域の HCI の研究者が互いにリソースや経験を共有しながら協力しあうことはできないだろうかと考えるようになった．そこで，2011 年 3 月に北京に集まった 26 名を中心として，約 35 名が電子メールなどでディスカッションを始め，2013 年度までに 12 回の会合を持った.

ヒューマンインタフェースやヒューマンコンピュータインタラクションなどと呼ばれる分野では，何らかの形で人と技術の関係を調べることが基本的な研究テーマの一つであるが，こうした研究の成果を，世の中に役立つものとして確実に還元（たとえば人々の生活の質や満足感の向上につなげるなど）するためには，新しいアイデアや技術に基づいて実際に稼働するもの（システムやサービスなど）を試作して，人に使ってもらい試してみるといったスタイルの研究推進の方法がよくとられる．このような研究の中で生み出される研究試作物は，インタラクティブ技術の研究遂行にとっては特に必要不可欠なものであり，学術集会などの中で併設されたデモのプログラムなどの機会によって，世の中の多くの人に体験してもらうことが，研究推進の原動力となっていることが多い.

インタラクティブ技術の研究推進のためには, 研究成果を発表する一つの大切なスタイルとして，デモは不可欠である．研究試作物のデモを体験したり使ったりすることで, 人々は, 技術の進歩を実感し，未来の生活を思い描き，また，さらに新しいより良いアイデアを思いついたりすることができる．またこのような研究を通して，新しい技術が生み出されるだけでなく，そのための理論の構築や，机上の研究だけでは得られにくいシステム指向の研究が推進され，さまざまな現場で役に立つ実工学といったものも展開される．そして研究者にはさまざまなノウハウや知識，方法論などが蓄積され，さらには職人魂までも育まれる.

この分野は, もともと人を相手にする学問技術分野である以上，論文の生産性は他の工学分野などと比べると低くなりがちである．そのため，そもそも論文数だけで比較されると我々の分野は不利で，そのため他から見ると実際よりも弱小な分野と思われている感もある．加えて，研究試作物を多くの人に体験してもらうデモシステムとして完成度を上げ，数日以上もの間説明もしながらそれを連続稼働させる（さらにデモをしながら日々内容を進化させる場

合も少なからずある）ことは，研究者やグループの多大なエネルギーを消費させ，さらに論文生産性を下げる要因となってしまう．こうなると，優秀な若手研究者の中には，インタラクティブ技術の研究，さらにヒューマンインタフェースやヒューマンコンピュータインタラクションの分野を避けようとする者が増えてしまうような負の連鎖が生じてしまう危機的な事態も起こりうる．

この分野で，これまで論文になりにくいからという理由で扱われなかった課題にも，重要な研究テーマは多く残っているだろう．そこで，「人」に関わる研究分野にある程度共通する対象として，人の体験や経験（エクスペリエンス）を中心に据えた研究の推進と，それに学術的権威を与えて加速させるための研究成果の発表活動を支える学会や学術集会の仕組みを作るべきだという結論に至った．まだ具体的な定義は議論中であるが，我々人間が遭遇するさまざまな体験こそが大事なのであり，それをどのようにより良くするかといったことを議論できるような仕組みや場が，今，必要のではないかと考えている．そういった研究のことを，エクスペレンシャルインタラクション（experiential interaction）と呼ぶことにする．

これまでにも，人の体験や経験を，従来通りの文字媒体による論文形式でまとめて発表するような例はあったが，やはり記述や表現が不完全になりがちで，困難が付いて回っていた．人の体験や経験を記録して他人に伝え，議論可能な形にするためのメディアは，将来的にはもっと適したものが登場するかもしれないが，現時点でその可能性が最も高いメディアは，ビデオではないかと考える．そこで，エクスペレンシャルインタラクションの研究では，ビデオを中心に活用した研究成果の発表と，それに対する権威付けの仕組みを整える必要があると思われる．簡単に言えば，従来の論文の代わりになるものをビデオで作ろうという訳であるが，ビデオで論文に匹敵する（または越える）論理性やリファレンスなどの情報をいかに盛り込むかや，物理的やコンテンツ的にどのように，またどの程度のルールや拘束を与えるか等，議論しなければいけない事項は少なくないと思うが，検討の価値はあるように思う．すでに一般の科学の分野でもビデオジャーナルのようなものもいくつか出始めているが，それらを参考にしながら，この分野に有効な方法を確立できればと考えている．

さらに，何らかの価値基準を設けて査読を行う体制も整える必要がある．エクスペレンシャルインタラクションの研究の良し悪しや，ビデオによる研究内容の表現方法の良し悪し等の基準を設ける必要がある．これは，研究に対する権威をどう与えるかという議論であり，学会などの研究コミュニティが果たすべき役割であると考える．これこそが我々が行うべきものであろう．ただ，こうしたニーズはアジアに留まるものではないので，他の地域も含めた国際的な議論ができればと思う．

このような委員内での議論の結果を踏まえ，一般の研究者の意見や考えを聞くため，パネル討論形式で，多くの人々と意見交換する機会を2回持った．1つは2013年11月22日に，中国の香港で開催されたSIGGRAPH Asiaの会場内であった．2度目は，東京で開かれた情報処理学会シンポジウム「インタラクション」の会場内であった．会場の意見は総じてポジティブで，こうした考えを歓迎して受け入れられたように思う．そうした中，ビデオを用いた論文の代わりの役割を果たすものをVaperと呼ぶことにし，それを用いて研究成果を共有する方法をデザインしてゆくことが，この分野の発展にとって大切なことであろうという考えが共有された．

［3］研究成果

（3－1）研究成果

Vaperは，VideoとPaperを組み合わせた造語である．これは，文字・図表中心の従来の論文形式では表現しきれなかった重要な情報を，音や映像等の形で合わせ込み，貴重な研究成果をより正確かつ魅力的に残してコミュニティで共有し，活用してゆくための新しい電子メディアである．しかし，まだどのようなものをVaperと呼ぶか，またどのようにそれらを評価し流通させるかといったことは，十分には検討されていない．そこで，

・試しにVaperを作ってみる
・試しにVaperを査読してみる
・その結果を皆で共有してみる

ことを通してVaperの可能性を検証し，研究者のコミュニティのための新しい成果共有方法を皆でデザインして確立してゆくためのWorkshopを，まずは日本で開催したいと考えた．そのため，このWorkshopを一緒に運営し，共にVaperをデザインしてくださるCommitteeメンバーを募集した．

ヒューマンコンピュータインタラクションやヒューマンインタフェースと呼ばれる分野では，そもそも論文化しにくかったり体験してみなければわかり得なかったりする対象も多くある．大切な問題が，文章で表現しにくいからという理由で研究として取り上げられずに残されてきたということはないだろ

うか．また、そのように置き去りにしてきた「人の体験や経験」に焦点を当てた研究の側面について，その推進のためには，研究者コミュニティにおける研究成果の新しい共有法が必要ではないだろうか．

これまで我々HCI 分野の研究者は，人の体験や経験を，従来通りの文字媒体による論文形式で記述し，発表して来た．しかしながら，文字による表現という制約から，記述や表現が不完全になりがちになるという点は否めない．人の体験や経験を記録して他人に伝え，議論可能な形にするためのメディアとして、現時点でその可能性が最も高いメディアはビデオではないかと考える．そこで，従来の論文に代わって研究成果を共有するための新しい方法として，「Vaper」を提案している．paper+video=vaperという安直なネーミングを敢えて使用している背景には，近い将来これを超えていくようなメディアをデザインし、広めていきたいという強い思いがある．vaper は，まだその詳細は十分には定義付けられていない．少なくとも，ビデオで論文に匹敵する，そしてさらに論文を越えるような，論理性やリファレンスなどの情報をいかに盛り込むかや，物理的・コンテンツ的にどのようなルールや拘束を与えるか等を検討し，決めていかなければいけない．そして，Vaper を活用した研究成果の発表と，研究業績としての評価や権威付けの仕組みといった，研究倫理や研究としての価値の枠組みを整える必要がある．

（３－２）波及効果と発展性など

研究者コミュニティが Vaper によって研究成果を共有する新しい方法を，コミュニティの皆と一緒にデザインしたいと考えている．特に，国際的な視点で議論して国際的なスタンダードとすることが重要であるため，トップコンファレンスなど世界的に有力な研究者が集まる場で議論をしたいと考えている．そして，Vaper のスタイルやエコシステムを確立するため，まず試しに Vaper を作ってみて，皆で議論したいと思っている．

［４］成果資料

今年度は公開資料は特になし

採択回数	1	2	3

（国際）

H24／B07

酸化物表面の機能化とナノ・デバイスへの応用

［1］組織

代表者：荻野　俊郎
（横浜国立大学大学院工学研究院）

対応者：庭野　道夫
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

越田　信義（東京農工大学大学院共生科学技術研究部）
立間　徹　（東京大学生産技術研究所）
玉田　薫　（九州大学先導物質化学研究所）
益田　秀樹（首都大学東京大学院都市環境科学研究科）
安田　哲二（産業技術総合研究所）
嘉数　誠　（佐賀大学大学院工学系研究科）
木村　康男（東京工科大学コンピュータサイエンス学部）
平野　愛弓（東北大学大学院医工学研究科）

研究費：旅費 359,000 円
国際，特別支援費：300,000 円
延べ参加人数 192 名（シンポジウム参加者を含む）

［2］研究経過

SnO_2，ZnO_2，ZrO_2，TiO_2 等の酸化物は，透明電極やガスセンサ，色素増感太陽電池等に利用されており，酸化物は，絶縁体としてのみならず，半導体として電子デバイスになくてはならない材料として注目を集めている。ガスセンサや色素増感太陽電池では，分子の吸着構造やナノ構造体の形状が性能に大きな影響を及ぼす。また，酸化物半導体ナノ構造体の微細化・集積化が実現されれば，ガスセンサの低消費電力化，冗長化により高機能化され，医療用の臭気センサなどへの応用が期待される。これらを実現するためには，ナノ構造体の制御が重要である。また，酸化物表面構造を制御，機能化することによってバイオセンサ等の新規センサの開発も期待される。以上のように，酸化物半導体ナノ構造を利用したデバイスは，その表面制御，ナノ構造制御が重要である。そこで，本研究では，半導体工学やナノテクのジー，表面科学，触媒，電気化学といった幅広い分野の研究者が協力して酸化物表面制御技術やナノ構造制御技術のデバイス化に向けた技術目標や戦略目標を討論することを目的とした。

本プロジェクトは，本年度が最終年度であり，電子工学，光電気化学，医療応用等，幅広い分野の研究者間の意見交換及び交流を目的とした合同国際シンポジウムを共催した。以下に，その国際シンポジウムのプログラムを付記する。

The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
日時：平成 27 年 2 月 18 日（水）－19 日（木）
場所：　東北大学電気通信研究所　本館
　　　６階　M６０１号室

2 月 18 日（水）

「On the nature and transmission of information among cell-assemblies in engineered neuronal topologies」T. DeMarse (Univ. Florida, USA)

「Long-term electrophysiological measurements in cultured human iPSC derived neurons」I. Suzuki (Tohoku Institute of Technology, Japan)

「Single-cell micropatterning techniques for engineering neuronal networks in vitro」H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, T. Tanii (Tohoku Univ., Japan)

「Functional reconstitution of ion channels in artificially formed bilayer lipid membranes」S. Kubota (Yamagata University, Japan) A. Hirano-Iwata, (Tohoku Univ., Japan)

「Integrated circuit for multi-channel pattern stimulation to neuronal network」T. Yagi (Osaka Univ., Japan)

「Real-time artificial cerebellum to study neuronal mechanisms of motor learning」R.D. Pinzon-Morales, Y. Hirata (Chubu Univ., Japan)

「Neural implementation of shape-invariant touch counter

based on Euler calculus」K. Miura (Tohoku Univ., Japan)
「Collective dynamics of bird flocks」Y. Hayakawa (Tohoku Univ., Japan)

2 月 19 日（木）
「Fine control of axonal spikes by neural activity」H. Kamiya (Hokkaido Univ., Japan)
「Locality and connectivity of anisotropic inhibition for directional traveling waves in the hippocampal CA3」T. Samura (Yamaguchi Univ., Japan)
「Optimizing stimulation to control normal and pathological oscillations in the brain」T. Netoff (Univ. Minnesota, USA)
「Bursting oscillation in subthalamic nucleus induced by hyperdirect pathway」S. Kubota (Yamagata Univ., Japan)
「Synchronization effects in a cortical attractor network model」P. Herman (Royal Institute of Technology, Sweden)
「Temporal modulation of irregularities on macaque visual neurons」K. Fujiwara (Tokyo Univ. Sci., Japan)
「Swarm robot as self-propelled granular particles and its application」K. Sugawara (Tohoku Gakuin Univ., Japan)
「Advances on SIMD architectures for spiking neural emulators」J. Madrenas (Technical University of Catalunya, Spain)
「A hardware complexity reduction scheme exploiting complex networked dynamics」Y. Horio (Tokyo Denki Univ., Japan)
「Quantum neural network and its application to optimization problems」S. Sato (Tohoku Univ., Japan)
「Inverse-function delay-less model as an active neural network」K. Nakajima (Tohoku Univ., Japan)

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
共催：電気通信研究所共同プロジェクト研究会
CREST, JST
日時：平成 27 年 3 月 2 日（月）－4 日（水）
場所：　東北大学電気通信研究所
ナノ・スピン実験施設
４階カンファレンスルーム

3 月 2 日（月）
「Self-organized TiO_2 nanotube arrays: Latest features and applications」P. Schmuki (University of Erlangen-nuremberg, Germany)
「Probing ultrafast spin dynamics by laser-combined STM」H. Shigekawa (University of Tsukuba, Japan)
「Polarity Reversal of Tunnel Magnetoresistance Observed in Lateral Ferromagnet-Superconductor-Ferromagnet Single-Electron Transistor」Y. Mizugaki (The Univ. of Electro-Communications, Japan)
「Incorporation of Surface Biofunctionalities by Chemical Plasma Techniques」C.-C. Fan (National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)
「Quantum-dot-based Nanometrological Analysis of Intracellular Trafficking Activities in Living Cell」M. Kanzaki (Tohoku University, Japan)
「Cell Membrane Permeabilization inside Irraidation Region Using Atmospheric-Pressure Plasma」S. Sasaki (Tohoku University, Japan)
「Type Classification of Exosome Adsorption to Solid Surfaces by Atomic Force Microsopy in Aqueous Environment」T.Ogino (Yokohama National University, Japan)
「Micro-/ nano-compartments between substrate-supported model membrane and silicone elastomer」K. Morigaki (Research Center for Environmental Genomics, Kobe University, Japan)
「A simple method for lipid bilayer formation using a fine gold electrode」T. Ide (Riken, The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, Okayama University)

3 月 3 日（火）
「Mid-infrared Laser Tissue Interactions for Less-invasive and Selective Laser Treatments」K. Ishii (Osaka University, Japan)
「High-speed endoscopic Raman imaging by using hollow fiber bundle」T. Katagiri (Tohoku University)
「Incorporating magnetoelectric switching and metal-insulator transitions into next generations of non-volatile memory」P. Borisov (West Virginia University, USA)
「Magnetic oxides: applications of bulk and nanostructured forms」E. Kita (University of Tsukuba, Japan)
「Magnetoelectric switching of perpendicular exchange bias in $Pt/Co/Cr_2O_3/Pt$ stacked films」Y. Shiratsuchi (Osaka University, Japan)
「Brain Machine Interface Controlled Functional Electrical Stimulation Therapy」M. R. Popovic (University of Toronto, University Health Network, Canada)
「Robot-aided Rehabilitation Task Design Based on Musculoskeletal」Y. Pei (Tohoku University, Japan)
「Plasma Applications to Agriculture: Plasma Farming」S. Yoo (National Fusion Research Institute, Korea)
「Plasma and pulsed power applications for agriculture」K. Takaki (Iwate University, Japan)
「Suppression Effect on Germination of Strawberry Pathogen by Atmospheric Pressure Air and N_2 Plasma Irradiation」H. Konishi (Tohoku University, Miyagi Prefectural Agriculture and Horticulture Research Center, Japan)

3月4日（水）
「Developing microscale apertures for ion channel recordings with ultra-stable lipid bilayer membranes」M. de Planque (University of Southampton, United Kingdom)
「Cell LEGO – Recent advances -」H. Iwata (Kyoto University, Japan)
「Fusion of channel-incorporated proteoliposomes into solid-supported lipid bilayer」R. Tero (Toyohashi University of Technology, Japan)
「RT atomic layer deposition of hafnium oxide by using plasma excited oxygen and water vapor」F. Hirose (Yamagata University, Japan)
「Anodization process for Nanofabrication」Y. Kimura (Tokyo University of Technology, Japan)
「Recording activities of ion channel proteins in microfabricated silicon chips」A. Hirano-Iwata (Tohoku University, Tokyo University of Technology, Japan)

［3］ 成果

（3－1）研究成果

本プロジェクト研究では，太陽電池やガスセンサ，バイオセンサなどの酸化物半導体を中心としたナノ構造体を利用した電子デバイスを構築するための基盤技術を開発することを目的としている。本技術が開発されれば，人が出す臭いから病気を診断することができる携帯型医療用臭気センサなどの実現に寄与でき，電子デバイス分野のみならず医療分野への貢献が期待される。本プロジェクト研究で共催した合同シンポジウムでは，陽極酸化を利用した酸化チタンナノチューブ形成技術や，金属ナノ粒子アレイの構築法等についての発表があり，ナノ構造体の形成法やそれらの特性についての深い議論がされた。また，半導体膜堆積技術やプラズマ等の医療応用など，基礎的な研究からそれらの応用研究まで様々な分野からの発表及び議論が活発になされた。

（3－2）波及効果と発展性，研究分野への貢献など

本プロジェクト研究では，酸化物半導体を中心としたナノ構造体を電子デバイスへ応用するための基盤技術の構築を目標に，幅広い分野の研究者間の意見交換及び交流を目的とした合同シンポジウムを共催した。

陽極酸化は，自己組織的に形状の揃った酸化チタンナノチューブ構造を形成することが可能であり，酸化物半導体ナノ構造体を集積化するために有用な手法であると考えられる。さらに，酸化チタンだけでなく酸化ニオブ等のナノチューブ構造の形成が可能であることも報告されており，今後，様々な金属酸化物のナノチューブ構造体が形成できるようになることが期待される。酸化物半導体・金属ナノ粒子の光電気化学的効果は，酸化物半導体の表面修飾によって様々な機能を有するデバイスが構築できる可能性を示している。また，多くのバイオテクノロジーや医療分野への応用に関する発表もあり，これらの知見及び広い分野の研究者の交流は，ナノエレクトロニクスやそれらの医療応用，グラフェンのバイオセンサ等への応用など，今後の研究の進展に大いに貢献すると考えられる。

［4］ 成果資料

（1）T. Ma, R. Kojima, D. Tadaki, J. Zhang, Y. Kimura and M. Niwano, "Fabrication of polymer/TiO_2-nanotube-based hybrid structures using a solvent-vapor-assisted coating method", Materials Research Express, vol. 1, 045048 (2014).
（2）D. Yamaura, K. Takeuchi, Z. Lu, Y. Arai, T. Ogino, "Height reversal of Si micro-dot and well patterns during Si nanowire formation by Ag-assisted chemical etching", Jpn. J. Appl. Phys., in press.

採択回数	１　２　③

（先端）

Ｈ２４／Ｂ０８

光ファイバーネットワークを利用した地震・津波・地殻変動の面的な計測技術に関する研究

［1］組織

代表者：新谷　昌人
（東京大学地震研究所）
対応者：中沢　正隆
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
三ヶ田　均（京都大学大学院工学研究科）
浅川　賢一（海洋研究開発機構）
高橋　幸男（海洋研究開発機構）
荒木　英一郎（海洋研究開発機構）
小林　直樹（宇宙航空研究開発機構）
高森　昭光（東京大学地震研究所）
新藤　雄吾（沖電気工業株式会社）
坂田　正治（元防災科学技術研究所）
葛西　恵介（東北大学電気通信研究所）
久世　直也（IMRA　America）
坪川　恒也（真英計測）
酒井　浩考（東京大学地震研究所）

延べ参加人数：１７人
研究費：旅費 261,000 円

［2］研究経過

わが国は地球科学的に地殻活動が活発な地域であるプレート境界に位置し、しばしば地震あるいは火山による災害に見舞われている。したがって、その現象を正確に観測し理解することは学術的にも防災の観点からも重要である。多くの地震は数～数十 km の地下深部で起こる現象であり、現状では発生域で直接観測することは困難である。従来陸上においては地震計やＧＰＳによる観測網の整備、海域では自己浮上式地震計の臨時観測や海底ケーブル式地震計の定常観測などが行われてきた。これらの観測により、地下深部の地震現象について一定の理解が得られていたが、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下東北地震）により、それまでの観測手法や地震現象の理解の限界が明らかになった。陸から離れた海底下の地殻の状態を把握するためには観測点が圧倒的に不足しており、また震源域の貴重な観測データは地震発生後の停電や津波被害により多くが消失した。

より稠密で高精度かつ災害時にも安定な観測手法が不可欠であり、東北地震後に変化した日本列島のひずみ場などの状況を正確に把握するためにもこのような手法の確立は火急の課題である。各種の光計測センサーやそれらを結びつける光ファイバーネットワークはそのような目的に対して有望な手法であると考えられ、光ファイバー網と複数の光計測センサーを組み合わせればデータ送受信や光源の一元管理が可能で、面的な観測データの取得や停電時の動作も可能となる。

地震研究所においてはレーザー干渉技術を用いた歪み計、地震計、重力計などの機器開発が行われ、電気通信研究所において研究されている光ファイバーネットワーク技術・周波数安定化光源を組み合わせ、両者が連携すれば光ファイバー観測網実現へさほど遠くない状況と思われる。本プロジェクトで開催される研究集会は、地震をはじめとした地球科学の研究者と光通信の研究者および光ファイバー・通信分野の民間の参加者などが計測技術と観測網構築に関する発表を行い、光観測網の早期実現へ向けて議論をすることを目的としている。本年度はプロジェクトの３年目であり、最新の研究の状況を報告するとともに、過去２年間の議論を踏まえ、今後の光観測網へ向けた具体的な取り組みや来年度以降の本研究の方向性について情報交換・議論する場として今回の研究集会を開催した。内容としては、光源の周波数安定化やその応用に関する研究成果や海域・陸域の計測手法の紹介などの講演をしていただいた。

平成２６年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「光ファイバーネットワークを利用した地震・津波・地殻変動の面的な計測技術に関する研究」は平成 27 年 2 月 17 日（火）13:30～17:00 に東北大学電気通信研究所オープンセミナールームにて開催された。対応教員である中沢教授の開会の挨拶のあと、中沢研葛西氏から「面的な地殻歪み光計測に向けた周波数安定化レーザの高出力増幅」という題目の講演があった。最初に、真空中の落体の運動を干渉計測し重力加速度を求める絶対重力計の

しくみと、中沢研で開発された周波数安定化光源を地震研で開発した絶対重力計の光源として導入した2009年の共同実験が紹介された。つぎに、絶対重力計を面的に展開し、光ファイバー観測網を構築した際の基準光源の配信を想定した高出力絶対周波数安定化レーザーの開発についての研究が紹介された。高出力化の方法としてはマスター発振器を光増幅するMOPA方式を採用し、過去にメーカーと共同開発したアラン分散が10^{-11}〜10^{-12}(1s〜100s)の安定度がある10mWクラスの出力のレーザー光をエルビウム添加ファイバー増幅器（EDFA）により10Wまで増幅することをめざす。高出力とするため、1.48μmカスケードラマンレーザーと高濃度エルビウム添加ファイバー（EDF）を用いた。最初の実験では、吸収係数が51.4dB/mの高濃度EDFを用い、励起光に対する信号光の変換効率33%を得たが、濃度消光により効率が低下したとみられ、30dB/mの低めの吸収係数のEDFに変更したところ、変換効率が65%に上昇し最大11.6Wの出力が得られた。線幅の特段の広がりは見られなかった。本研究で開発された高安定・高出力光源は今後光ファイバーネットワークを利用した地震・地殻変動観測装置への応用が期待される。

次に、IMRA Americaの久世氏は光コムの研究開発をされており、「計測応用のため最先端光コム」というタイトルで講演された。光コムはモードロックレーザーを利用した周波数安定化光源であり、地球計測への応用が検討されている。光の往復時間計測や干渉計測を用いれば距離計測ができる。ファイバー回折格子（FBG）を利用すれば地殻の歪みの計測が可能である。この場合、繰り返し周波数のわずかに異なる２台の光コムをモードロックし安定化させ、片方をFBGの光源として用いれば、コムが高精度長さ基準となるため、FBGを透過したコムのスペクトルパターンからFBGに加わる歪みが計測できる。現状では30×10^{-9}の分解能であるが、改良して10^{-9}を切る分解能が見込まれる。一方、光コムを利用して高精度のRF帯発振ができればレーダーやナビゲーションに応用できる。EDFファイバーレーザーの周波数をgrapheneとEOMの高速変調器で光コムのスペクトルにロックし、世界最小レベルに近い位相ノイズが得られた。このように、光コムの高い周波数安定性は地球計測用光源として有用である。

真英計測の坪川氏は「数メートルスパン光波干渉型傾斜計の提案」として、地殻変動観測用の傾斜計のアイデアが紹介された。傾斜計はいろいろな用途で使用されるが、地殻変動観測で使用されるものは分解能10^{-9}rad程度であり、数十m離れた水槽を管でつなぎ水面を基準に地面の傾斜を測定する水管傾斜計が主に使われている。水面の変位を読み取る方法として光干渉を用いれば高い計測精度がみこまれ、基線長を数mに短縮できる。また、干渉計は両水槽の水面の差を直接計測できる。水の代わりにオイルを用いれば結露や蒸発の心配が無くなる。地殻変動観測のほか、大型建造物の基礎変化の計測などにも応用できる。

海洋研究開発機構の浅川氏は「光塩分センサ・セラミックス耐圧容器・長期定域観測用水中グライダーの最近の進捗」について講演された。深海底における地震計等の観測用機器を収納する耐圧容器として従来はガラス球やチタン球が用いられてきたが、前者は6000mまでの深度であり、セラミックスを材料として用いればその高い圧縮強度により海溝の最深度である11000mにも耐え、チタン球の半分の重量のものを作ることができる。ガラス球と同等の容積・重量で耐圧性能は約２倍である。また、耐食性・低熱膨張係数・コストに優れ、長期精密観測に適している。超深海用自己浮上式海底地震計の容器や重量制限の厳しい自立型水中ロボット搭載用の容器に最適である。しかし、サンプルを用いたセラミック材の強度の測定は余分な応力の発生などで正確な測定が難しく、容器の設計に誤差を生じやすかった。そこで、ダンベル型のサンプルを工夫し余分な応力が発生しない形状にして一軸圧縮試験を行った結果、圧縮強さ測定値が１．５〜２倍に大きくなった。耐圧容器のさらなる軽量化が可能であることがわかった。また、容器の接合部の水密にO-ringや平板金属フタが使えることがわかり、自由度が高いこともわかった。海底地震観測へ順次導入されている。長期定域観測用水中グライダーに関しては、浮力制御の小型エンジンを新たに開発し、海中試験で方位が制御できることを確認した。今後、制御の最適化や海底への着底などの試験が予定されている。

東大地震研の酒井氏の講演タイトルは「反作用低減システムを有する火山観測のため小型投げ上げ式絶対重力計の開発」であり、火山観測で地下のマグマの動きを重力変化として捉える絶対重力計の開発について紹介された。小型化して野外で使用できるようにするため、重力測定の参照鏡を小型の装置で微小距離投げ上げる方式を採用している。投げ上げの際の反作用が誤差要因となるため、参照鏡を投げ上げると同時に反作用打ち消しのためのカウンターおもりを下方に打ち出す部分を加えた。また、加速度の小さい投げ上げ波形で駆動した。その結果、振動による系統誤差は残っているものの、地球潮汐による重力変動が確認できる精度であることがわかった。さらなる誤差低減を目指す。

最後の講演として、東大地震研の新谷は「絶対重

力計の計測誤差とネットワーク展開について」というタイトルで光ファイバーネットワークの有用性や火山監視を念頭に置いた絶対重力観測について講演を行った。霧島観測所での絶対重力計測を例に、測定方法や機器のパラメータに伴う計測誤差や地球科学的な原因の誤差についての説明があった。火山とともにプレート境界地震など、地下深部の情報を光計測センサや光ネットワークでいかに取り出すかその困難とアイデアが示された。

新谷による閉会挨拶として、今回が本共同プロジェクト研究の３年目に当たり、東北地震後の１年後にスタートした当時と現在は依然地震や火山噴火の被害に見舞われており本研究会の目指すところが変わっていないことやこれまで紹介された研究の進展、次年度以降も本研究グループで継続的な情報交換の場を設ける方針について述べられた。また、研究会終了後、関係者で今後の共同研究について議論した。

［３］成果

（３－１）研究成果

昨年度につづき、本研究会を通じて地球科学観測・光計測に関する最新の情報を共有することができた。今回は実際に光源を製造しているメーカーの研究者から光コムについての話題を提供していただき、地球計測への応用可能性が示された。絶対重力計を用いた火山観測に関連したトピックが複数あり、次年度以降はこの実現をめざした共同研究に着手するという、本研究会の講演や議論を踏まえた方針を検討するに至った。同時に、継続的な情報交換の場を維持することも合意した。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本研究プロジェクトは光ファイバーネットワークの構築にむけて、基礎研究を積み上げている段階からスタートし、実施に向けた共同研究に着手する段階にきた。来年度の共同研究に申請する予定である。また、一昨年に採択された科研費・挑戦的萌芽研究が２件継続している（海中観測用光塩分センサー開発、スロー地震観測を目指したレーザー干渉式歪偏差計開発）。小型絶対重力計と極限環境センサー開発は「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の建議の項目に挙げられている。

［４］成果資料

（１）Y. Nishikawa, A. Araya, K. Kurita, N. Kobayashi, and T. Kawamura, Designing a torque-less wind shield for broadband observation of marsquakes, Planet. Space Sci., 104, 288-294 (2014).

（２）A. Takamori, A. Araya, W. Morii, S. Telada, T. Uchiyama, and M. Ohashi, A 100-m Fabry-Perot cavity with automatic alignment controls for long-term observations of earth's strain, Technologies, 2, 129-142 (2014).

（３）S. Telada, A. Araya, and A. Takamori, Crustal strain observation using a two-color interferometer with accurate correction of refractive index of air, Technologies 2, 115-128 (2014).

（４）S. Svitlov and A. Araya, Homodyne interferometry with quadrature fringe detection for absolute gravimeter, Appl. Opt. 53, 3548-3555 (2014).

（５）S. Svitlov, A. Araya, and T. Tsubokawa, Digital fringe signal processing methods in absolute gravimetry, in Proc. of the International Association of Geodesy (IAG) Symposium on Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements (TGSMM-2013), 17-20 September 2013, Saint Petersburg, Russia, 117-124 (2014).

（６）A. Araya, H. Sakai, Y. Tamura, T. Tsubokawa, and S. Svitlov, Development of a compact absolute gravimeter with a built-in accelerometer and a silent drop mechanism, in Proc. of the International Association of Geodesy (IAG) Symposium on Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements (TGSMM-2013), 17-20 September 2013, Saint Petersburg, Russia, 98-104 (2014).

（７）A. Araya, N. Kobayashi, H. Shiraishi, T. Tsuji, Y. Ishihara, H. Senshu, T. Iwata, K. Matsumoto, and F. Kikuchi , Seismic and rotation measurements in the Martian landing mission MELOS1, Proceedings of the 46th ISAS Lunar and Planetary Symposium, 46-28 (2014).

（８）新谷昌人, 重力鉛直偏差計に関わる技術開発, 文部科学省平成２５年度科学技術試験研究委託事業「移動体搭載型重力計システムの高度化と実海域における実証試験観測」報告書, 27-33 (2014).

（９）K. Kasai, A. Fujisaki, M. Yoshida, T. Hirooka, M. Nakazawa, and S. Masuda, A 160 mW output, 5 kHz linewidth frequency-stabilized erbium silica fiber laser with a short cavity configuration, CLEO 2014,SW1N.4.

（１０）A. Fujisaki, S. Matsushita, K. Kasai, M. Yoshida, T. Hirooka, and M. Nakazawa, An 11.6 W output, 6 kHz linewidth, single-polarization EDFA-MOPA system with a $^{13}C_2H_2$ frequency stabilized fiber laser, Opt. Express, 23, 1081-1087 (2015).

採択回数	1　2　③

（先端）

Ｈ２４／Ｂ１０

高次元ニューラルネットワークの情報処理能力

［1］組織
代表者：廣瀬　明
（東京大学大学院工学系研究科）
対応者：佐藤　茂雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
中島　康治　（東北大学電気通信研究所）
黒江　康明　（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）
合原　一幸　（東京大学生産技術研究所）
田中　剛平　（東京大学生産技術研究所）
青木　宏之　（東京高等工業専門学校）
古橋　武　（名古屋大学大学院工学研究科）
橘　完太　（工学院大学情報学部）
Eckhard Hitzer（国際基督教大学教養学部）
松井　伸之　（兵庫県立大学大学院工学研究科）
礒川　悌次郎　（兵庫県立大学大学院工学研究科）
西村　治彦　（兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科）
金城　光永　（琉球大学工学部）
村瀬 一之　（福井大学工学部）
根本 幾　（東京電機大学情報環境学部）
西川 郁子　（立命館大学情報理工学部）
新田　徹　（産業技術総合研究所）
萩原　将文　（慶応義塾大学理工学部）
木ノ内　誠　（山形大学大学院理工学研究科）
小林　正樹　（山梨大学工学部）
西森　康則　（産業技術総合研究所）
延べ参加人数：２２人
研究費：旅費３６万３千円

［2］研究経過
高度に成熟したSi-LSI技術に支えられ，現代の計算機は驚異的な計算能力を有するようになった．しかし一方で，パターン認識や学習など，フォンノイマン型計算機が苦手とする問題も数多く残されている．アナログ情報処理が有効な課題も数多く存在し，脳型情報処理を実現するニューラルネットワークでは，パターン認識や組み合わせ最適化問題などを効率的に解くことができることが知られている．また自律的動作による解探索や学習によるエラー訂正・適応的動作が可能であり，こうした機能の重要性は今後高まっていくと予想される．ニューラルネットワークモデルのひとつとして複素ニューラルネットワークが提案されており，ニューロンの出力が振幅と位相で表現されるため，波動的性質を有することが知られている．またパターン認識，画像処理，時系列予測等において，位相情報を活用する波動的情報処理の優位性が知られている．代表者は複素ニューラルネットワークにいち早く注目し，レーダ画像の画像処理等へ応用しその有効性を明らかにしており，本分野において世界的に主導的役割を果たしてきている．また最近では，この技術を東南アジアの地雷発見等に応用し重要な社会貢献を果たしてきている．

この分野の最近の動向として，複素ニューラルネットワークや量子ニューラルネットワークを含む高次元化ニューラルネットワークの豊かな表現能力と情報処理能力に関する研究が盛んに行われている．複素表現，四元数表現，さらにはそれらを包含するクリフォード代数表現を用いて，統括的に理解する意欲的な試みがなされている．ちなみに，小惑星探査機「はやぶさ」の姿勢情報の表現には四元数が用いられていたことが知られている．

人間と環境を調和させるには，要求される情報処理を障壁なく効率的に行うことが必要不可欠であり，アナログ情報，デジタル情報，時間情報，位相情報などを適材適所で利用することが肝要である．本プロジェクトでは，豊かな表現能力を有する高次元ニューラルネットワークの情報処理能力を，クリフォード代数を用いた数理解析により明らかにし，ハードウェアの開発と併せて実用的技術として確立することを研究目的とする．

具体的には，まず，高次元ニューラルネットワークの情報処理能力を神経回路の統計力学やクリフォード代数を用いて評価する．その中で，情報表現方法と情報処理能力の関係を明らかにし，画像処理等実応用における高次元ニューラルネットワークの優位性を明らかにする．次に，FPGAやGPGPUを利用しハードウェアとして実現し，Si-LSIによる構

成への足がかりとする．本所ではハードウェア実現を主な研究テーマとする．

最終年度にあたる本年度は，８月5, 6日に研究会を開催し,各メンバーが関連する研究成果を報告し，かつ今後の研究方針や研究計画ついて議論した．以下に研究会のプログラムを示す．

1) 廣瀬　明，丁　天本（東大）
「複素ニューラルネットワークによるフェーディング・チャネル予測」
2) 秋間　学尚（東北大）
「運動視による空間認識を行う神経網モデルの集積化に関する研究」
3) 峯本俊文，礒川悌次郎，松井伸之（兵庫県立大）
「高次元ニューラルネットワークによる記銘パターンの擬似直交化」
4) 田附浩一郎，松井伸之，礒川悌次郎（兵庫県立大）
「動的環境下における量子粒子群最適化法の性能評価」
5) 畑　龍介，村瀬一之（福井大）
「多元数ニューロ･ファジィ学習アルゴリズムによるファジィ規則の生成とその応用」
6) 黒江　康明（京都工繊大）
「複素連想記憶　－モデル，ダイナミクスと記憶容量－」
7) 小林　正樹（山梨大）
「多値ホップフィールドネットワークのアトラクタ」
8) 新田　徹（産総研）
「複素自然勾配法」
9) フリーディスカッション　～高次元・複素ニューロの将来目標，社会への出口を打ち上げるためのブレインストーミング～

［3］成果

（3－1）研究成果

複素ニューラルネットワークを含む高次元ニューラルネットワークは，ニューラルネットワークの考え方を生かした数理的・物理的な面白さの探求や電気電子分野を中心とする工学利用を指向している．中でも複素ニューラルネットワークは電気電子工学的には，複素振幅を扱うニューラルネットワークであると言える．本年度は，移動体通信のマルチパス環境でのチャネル予測の高精度化を実現する次のような複素ニューラルネットワーク処理を提案し，その効果を実証した．受信信号をチャープ z 変換によって周波数領域に移し，そのスペクトル形状からチャネルをパス分離して，各パスのチャネルの振幅，ドプラ周波数，位相を推定する．これらを一体化した複素チャネルを実体として扱い，複素ニューラルネットワークで予測を行った．その結果，振幅，ドプラ周波数，位相をそれぞれ別個に予測するよりも高い精度でチャネル予測を行うことに成功した．複素ニューラルネットワークが複素チャネルそのものを実体として扱ったこと，この意味で電波伝搬の物理とニューロ予測の数理を統合したことが，高い精度の実現につながったものである．

また，ニューラルネットワークにおける情報表現の最適化の例として，川上等によって提案された，運動視により局所運動を検出する神経網モデルを取り上げ，このモデルのLSI化を行った．LSI化にあたり，二次元 DOG フィルタの一次元スケルトンDOG フィルタによる置換，及び時空間相関における積の乗算的演算による置換を行い，元のモデルと比較して加算回数を30 %, 使用メモリ量を5 KB削減した．この簡略化したモデルを元に，LSI を設計した．設計したLSIはHough 変換・時空間相関・逆Hough 変換の3モジュールから構成され，スループット向上のため3ステージのパイプラインを構成している. HDLシミュレーションにより，動作周波数100 MHz でスループット70 fps の動作を確認した．

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクト遂行により以下の成果が得られると考えられる．

・高次元ニューラルネットワークの持つ情報処理能力の解明

・画像解析など各種パターン認識課題における最適な情報表現方法

・FPGA や GPGPU を用いた高次元ニューラルネットワークのハードウェア化

［4］成果資料

1. K. Terabayashi, R. Natsuaki, A. Hirose, Ultra-Wideband Direction-of-Arrival Estimation Using Complex-Valued Spatiotemporal Neural Networks, IEEE Trans. on Neural Netw. and Learning Systems, 25, 9, 1727-1732, 2014.

2. T. Ding, A. Hirose, Fading Channel Prediction Based on Combination of Complex-Valued Neural Networks and Chirp Z-Transform, IEEE Trans. on Neural Netw. and Learning Systems, 25, 9, 1686-1695, 2014.

3. S. Onojima, Y. Arima, A. Hirose, Millimeter-wave Security Imaging Using Complex-Valued Self-Organizing Map for Visualization of Moving Targets, Neurocomputing,134, 247-253, 2014.

4. R.Natsuaki, A.Hirose, Circular Property of Complex-Valued Correlation Learning in CMRF-Based Filtering for Synthetic Aperture Radar Interferometry, Neurocomputing, 134, 165-172, 2014.
5. D. Danudirdjo, A. Hirose, InSAR Image Regularization and DEM Error Correction with Fractal Surface Scattering Model, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, 53, 3, 1427-1439, 2015.
6. F. Shang, A. Hirose, Quaternion Neural-Network-Based PolSAR Land Classification in Poincare-Sphere-Parameter Space, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, 52, 9, 5693-5703, 2014.
7. M. Kobayashi, Attractors Accompanied with a Training Pattern of Multi-Valued Hopfield Neural Networks, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 10, 2, 195-200, 2015.
8. Y. Suzuki, M. Kobayashi, Complex-valued Bipartite Auto-Associative Memory, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 97E-A, 8, 1680-1687, 2014.
9. M. Kitahara, M. Kobayashi, Projection Rule for Rotor Hopfield Neural Networks, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 25, 7, 1298-1307, 2014.
10. T. Minemoto, T. Isokawa, H. Nishimura, and N.Matsui, Extended Projection Rule for Quaternionic Multistate Hopfield Neural Network, Proceedings of 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015, 418-423, 2015.
11. T. Minemoto, T. Isokawa, H. Nishimura, and N. Matsui, Utilizing High-Dimensional Neural Networks for Pseudo-orthogonalization of Memory Patterns, Proceedings of 21st International Conference on Neural Information Processing, LNCS8834, 527-534, 2014.
12. E. Hitzer, New Developments in Clifford Fourier Transforms, in N. E. Mastorakis, P. M. Pardalos, R. P. Agarwal, L. Kocinac (eds.), Advances in Applied and Pure Mathematics, Proceedings of the 2014 International Conference on Pure Mathematics, Applied Mathematics, Computational Methods (PMAMCM 2014), Santorini Island, Greece, July 17-21, 2014, Mathematics and Computers in Science and Engineering Series, 29, 19-25, 2014. Preprint: http://viXra.org/abs/1407.0169
13. R. Bujack, M. Hlawitschka, G. Scheuermann, E. Hitzer, Customized TRS Invariants for 2D Vector Fields via Moment Normalization, accepted for Pattern Recognition Letters, online 27 May 2014, DOI: 10.1016/j.patrec.2014.05.005
14. R. Bujack, I. Hotz, G. Scheuermann, E. Hitzer, Moment Invariants for 2D Flow Fields via Normalization in Detail, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014. Preprint: http://vixra.org/abs/1411.0348 DOI: 10.1109/TVCG.2014.2369036
15. Ryusuke Hata, Kazuyuki Murase, Generation of Fuzzy Rules by a Complex-Valued Neuro-Fuzzy Learning Algorithm, Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics, 27, 1, 533-548, 2015.
16. Abdul Rahman Hafiz, Al-Nuaimi Ahmed Yarub, Md Faijul Amin, Kazuyuki Murase, Classification of Skeletal Wireframe Representation of Hand Gesture using Complex-Valued Neural Network, Neural Processing Letters, 00, 00, 1-16, DOI: 10.1007/s11063-014-9379-0, 2014.
17. Ryusuke Hata and Kazuyuki Murase, Quaternion Neuro-Fuzzy for real-valued classification problems, Proceedings of the Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2014), Kitakyushu, Japan, 655-660, 2014.
18. T. Nitta, Natural Gradient Descent for Training Stochastic Complex-Valued Neural Networks, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 5, 7, 193-198, 2014.
19. S. Sato, H. Akima, K. Nakajima, M. Sakuraba, Izhikevich neuron circuit using stochastic logic, Electronics Letters, 50, 1795-1797, 2014.
20. H. Akima, Y. Katayama, K. Nakajima, M.Sakuraba, S. Sato, Majority neuron circuit having large fan-in with non-volatile synaptic weight, Proc. 2014 International Joint Conference on Neural Networks, 4266-4271, 2014.

採択回数	1	2	③

（大型・国際）

採択番号Ｈ２４／Ｂ１１

人間の知覚認識系および意志決定系の理解に関する研究

代表者： 筒井健一郎
（東北大学生命科学研究科）
対応者： 塩入　諭
（東北大学電気通信研究所）

分担者：
酒井　宏（筑波大学）
西田眞也（NTTコミュニケーション科学基礎研究所）
村上郁也（東京大学）
宇賀貴紀（順天堂大学）
河原純一郎（産業技術総合研究所）
田中真樹（北海道大学）
一川　誠（千葉大学）
吉田正俊（生理学研究所）
富田浩史（東北大学）
金子寛彦（東京工業大学）
齋木　潤（京都大学）
小川　正（京都大学）
渡邊克己（東京大学）
七五三木聡（大阪大学）
佐藤暢哉（関西学院大学）
鮫島和行（玉川大学）
行場次朗（東北大学）
大内田裕（東北大学）
栗木一郎（東北大学）
松宮一道（東北大学）
河邉隆寛（ＮＴＴ基礎研）
櫻井研三（東北学院大学）
大木　紫（杏林大学）
村田　哲（近畿大学）
Derek Arnold (The University of Queensland)
下條信輔（California Institute of Technology）

研究費：旅費 35 万 5 千円
国際・特別支援費 30 万円

［2］研究経過

人間の情報処理機構を理解する事は，今後の情報通信技術の発展にとって必要不可欠である．今年度は視覚に注目し，行動や言語も含めた広範囲の処理との関連，聴覚や触覚との多感覚統合に関わる研究，時間感覚との関連など，視覚認識の結果がどのような脳機能へどのように影響するかに関する議論を深めた。本研究会の特徴を活かして，心理物理学，電気生理学，計算モデルを含む分野横断型の議論から，ヒューマンインタフェース技術開発なども含め，将来の方向性を検討した。

本プロジェクトは本年度が 3 年目であるが，今回から国際共同研究推進型として，海外の研究者を招聘し，以下の通研国際シンポジウムを開催した。平成 27 年 3 月 30 日に RIEC International Symposium on Vision and Cognition を開催した。このシンポジウムは，JSPS 海外研究者招聘プログラム，東北大学重点戦略支援プログラム「東北大学における包括的な脳科学研究・教育拠点の形成」国際共同研究助成制度との共催とし，それぞれ Stuart Anstis 教授（UCSD），Patrick Cavanagh 教授(パリ第 5 大学)の招聘を機に企画した。本プロジェクトでは，Derek Arnold 教授(The University of Queensland, Australia)を招聘し，3 名の海外研究者とプロジェクトメンバー6 人の講演を企画した。参加者は，プロジェクトメンバー10 名を含む 40 名であった。その後，平成 27 年 3 月 3 1 日に，プロジェクトメンバーによる研究会を開催し，シンポジウムの講演内容及び各自の最新の研究成果に関する情報交換を行った。

［3］成果
（3－1）研究成果
以下にシンポジウムおよび研究会において議論した各テーマについて，その概要を記す.
以下，研究活動状況の概要を記す。
以下講演内容と議論の概要を記す。

1. Implicit learning of object layouts in the 3D world
物体の 3 次元配置や自身を取り巻く空間に関して，繰り返しの観察によって無意識のその配置を覚えることができ，しかもその記憶された表象は，自身の移動によって更新されて利用可能であるとの報告であった。講演後，移動範囲の上限や，学習効果に関する無意識性についての議論，また受動的移動や移動を示す視覚情報の呈示の影響など将来的発展についての議論がなされた。

2. Partial representation of objects in visual working memory
物体の色や形などの属性と位置の視覚作業記憶に関して，いずれを記憶するかの課題において，位置の特異性について示した。脳波の記録からも，空間位置を無視したことによる能力の低下と，特徴を無視したことによる能力の向上と異なる脳波成分の相関を見いだした。これらの結果は，形や色の異なる物体が様々な位置にあるときに，それらを記憶する過程は，すべての特徴を合わせた表象を持つのではなく，例えば色と場所など部分的な組合せの表象を持つことを示唆する。この報告を受けて，空間位置情報の特殊性の意義などについて議論した。

３．The Language of Vision
脳内の情報交換における表現，言語について，視覚処理との関連で推測する挑戦的なアイデアが提案された。視覚情報処理にみられる特徴が名詞，動詞，前置詞などの言語における品詞と共通する点が多く，また実在しないものを表現する事が出来る点なども言語との類似が考えられることから，脳内の情報通信の言語としても有効であり，脳内の情報交換における言語を考える上で，視覚処理で得られている知見を元に検討する価値があることを示唆している。講演後，形容詞的処理など，講演に含まれなかった言語との類似点や，意識的処理である必要性などについて議論があった。

４．Visual motion perception near one's own hand
運動残効を用いることで，手を中心とした座標でものを見る視覚処理系があることを示す実験結果を報告した。そこでは，CG(Computer Graphics)の手を用いても，自分の手であり，自分で操作していると感じた場合には，この手中心座標系の働きがみられることから，手中心の視覚処理が自己所有感覚およびエイジェンシーの感覚を持つ場合にのみ活性化されることを意味する。実際に手を使って作業する場合は，いずれの条件を満たすことから，日常的に利用される機能であるといえる。講演後，異なる座標系において異なる残効を示す事が可能であるか，手の位置を大きく動かした場合に残効が付随するか，手に関する視覚情報が存在しない条件で示される生理学的知見との対応に関する問題点などについて議論した。

5. Compression of perceived auditory space during linearly self-motion
前進あるいは後退運動中の音源定位の実験から，真横に知覚される音源位置が進行方向にずれることを示し，自己運動にともなう空間的なゆがみの存在を報告した。このゆがみは，回転方向での知見と一致するが，後退運動では生じない点は直線運動独自の特性を示している。またこの効果は，能動運動でも受動運動でも同様に観察できることから，耳石など加速度感覚器の出力が関与していると考える事ができる。講演後には，前進と後退の差異の原因，視覚情報の付加による効果などについて議論した。

６．Cross modal facilitation & Metacognition
閾値測定において，視覚と聴覚の複合感覚刺激呈示において，感度の上昇がみられる。感度上昇と被験者の主観的な確信度の評価に基づき，複合感覚における感度上昇の原因を調べた。その結果，複合感覚においては，メタ認知過程より信頼性の高い信号を検出できることが感度上昇に繋がる可能性を示した。この結果は，確信度と感度の比較は，複合感覚刺激においては，単一感覚と異なる評価が必要であることも意味する興味深い結果でもある点などを議論した。

７．Effects of attention and awareness upon the motor-visual temporal recalibration
キイ押しとそれに対する視覚フィードバックの間の時間を変化すると，それに従って同時に感じる時間遅れが変化することが知られている。この同時性の再校正効果，そこに注意が必要であるかを確認し，この注意が向けられない場合にもこの再校正効果が得られることを明らかにした。さらに，ずれに対する気付きが必要であるかを確認したところ，必要であることが示唆された。これらは，同時性の再校正効果のメカニズムを考える上で重要な知見である。

講演後に，気付きの役割や，ずれの範囲の影響などに関して議論した。

８． Dilation and compression of subjective duration
呈示刺激に関する主観的な時間間隔の知覚は，刺激の属性に依存するが，それが速度によって決められるのか，時間周波数によって決められるのかの議論がある。本研究では，知覚的速度により，呈示時間の間隔の知覚が変化するかを検討するために，ジター錯視を利用した。ジター錯視は，周辺のランダムドットのフリッカーによる眼球運動由来の運動信号の強調であるが，その効果が呈示時間の感覚知覚に影響することを示した。これは，時間知覚に主観的な動き印象が影響することを意味し，時間知覚処理のレベルの検討に有益な知見である。講演後には，被験者間の差異の原因，刺激強度一般の影響などについて議論した。

９．Illusory movements
運動視に関連する多種多様な錯視の紹介から，運動視メカニズムの明暗信号処理，時間変化検出との関連など低次の運動検出の特性，相対運動処理，大域運動処理などの運動信号統合の特性，運動による位置ずれ知覚など位置の知覚への運動信号の影響など運動視メカニズム全般にわたる最新の研究成果が報告された。講演後運動錯視の応用についてなどの議論を行った。

その後の，研究会においては，触覚通信システムの特性，行動指標を用いた障害評価，脳表磁気刺激によるリーチングに対する同側，対側処理の影響，自転車運転中のスマホ利用時の視線移動への影響，無意識のペナルティ回避行動の学習などについての研究紹介があり，意志決定に関わる感覚処理の多面的な要因についても議論した。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

国際シンポジウムの開催およびそこでの議論をさらに進めるための研究会の開催によって，意志決定まで含めた人間の知覚認識系の理解のために，主に視覚研究によって積み重ねられた感覚知覚処理系の枠組みや研究手法の利用方法など将来の発展について有意義な情報交換ができ，それらの視点に基づき今後しい研究領域の開拓，その分野での大型プロジェクトへの発展についても検討した。

・会議、RIEC International Symposium on Vision and Cognition
・日時　２０１５年3月２０日
・開催場所　電気通信研究所本館大会議室
・参加人数　４０人

本シンポジウムは，JSPS 海外研究者招聘プログラム，東北大学重点戦略支援プログラム「東北大学における包括的な脳科学研究・教育拠点の形成」国際共同研究助成制度との共催とし，本プロジェクト代表者，通研対応教員の関連する共同研究をもとに 3 名の海外研究者を招聘し，本プロジェクトメンバー6 人とともに講演を行った。内容は，視覚研究に注目し，視覚処理内での相互作用，他感覚との相互作用，行動など他の脳処理へとの関連に関する近年の研究の問題について議論であり，意志決定に係わる要素的処理の理解や研究方向を示すものとなった。

【特別支援費（国際）にかかる研究成果】
2015 年 3 月 18 日から 21 日の期間に，Derek Arnold（**クイーンズ大学**）を招聘し，上記シンポジウムで複合感覚時の感度上昇と確信度の関連についての講演を行った。また，通研対応教員と視覚情報の統合を扱う実験として随伴残効についての議論をし，将来の共同研究テーマの可能性について検討した。また，関連プロジェクトによる招聘した，２名の研究者，Stuart Anstis 教授（UCSD），Patrick Cavanagh 教授(パリ第 5 大学)も含めたシンポジウムにおいて，視覚研究の将来的展開についての議論も行うことができた。

採択回数	1　2　③

（萌芽）

採択番号　Ｈ２４／Ｂ１２

超高速コンピューティング新概念要素技術の国産実用化展開

［1］組織

代表者：折田　義彦（公財：日本海洋科学振興財団）

対応者：羽生　貴弘（東北大学電気通信研究所）

分担者：

板倉　憲一（独法：海洋研究開発機構）

犬竹　正明（東北大学名誉教授）

小林　広明（東北大学ｻｲﾊﾞｰｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ）

高村　守幸（株式会社富士通研究所）

谷　啓二（日本ｱﾄﾞﾊﾞﾝｽﾄﾃｸﾉﾛｼﾞｰ株式会社）

徳田　伸二（一財：高度情報科学技術研究機構）

西川　岳（NECﾌﾟﾗｯﾄﾌｫｰﾑｽﾞ株式会社）

福井　義成（独法：海洋研究開発機構）

福田　正大（公財：計算科学振興財団）

松岡　浩（一財：高度情報科学技術研究機構）

峯尾　真一（一財：高度情報科学技術研究機構）

村岡　裕明（東北大学電気通信研究所）

村松　壽晴（独法：日本原子力研究開発機構）

渡辺　正（福井大学国際原子力工学研究所）

延べ参加人数：16人

研究費：旅費：　24万7千円

［2］研究経過

“超高速コンピューティング”は，①地球温暖化・異常気象・自然災害等から身を守る，②原子力・火力などのエネルギー供給システムを長期にわたり安全に動かす，③航空機・自動車などの交通手段の高い安全性・信頼性を確保する，④放射線治療・循環器系手術などの分野でより高度な医療技術を確立する等々，人の命・生活基盤に直接かかわる極めて重要な技術であり，“国家基幹技術”として継続的に国産技術が市場を先導していくことが望ましい。このためには，競争の激しい世界市場の中で，絶えず，革新的な新しい概念の要素技術を編み出し，実用システムにいち早く組み入れていく継続的な努力が必要である。

近年の“超高速コンピューティング”は，超低消費電力でコンパクト，そして，高い信頼性を求めている。このニーズに対応できる強力な方法として，東北大学電気通信研究所では，①不揮発性デバイス，②演算・記憶・制御機能の一体化や動的再構成可能化，③ロジックインメモリ構造，④非同期転送によるグローバルクロック削除など　のデバイス・回路レベルの要素技術が発案されている。

本共同プロジェクト研究会は，このような新概念回路技術をはじめとする新概念要素技術に注目して，その可能性を把握し，地球環境，航空・宇宙，原子力，ものづくり等の超高速コンピューティング応用分野における各種システム提案に適当なタイミングでそれを組み入れ，各分野の研究開発プロジェクトの中で新概念要素技術の国産実用化を促進することを目的としている。

本プロジェクトは，本年度が３年度目であった。

以下，研究活動状況の概要を記す。

本研究会は，地球環境，航空・宇宙，原子力等の超高速コンピューティング応用分野における各種システムの調査を行いながら，それらに応用可能な新概念回路技術をはじめとする新概念要素技術を検討し，各分野のプロジェクトへの国産技術実用化展開を図ろうとするものである。各種システムに関する調査は，本研究会のワーキンググループに位置づけられる少人数会合を，東京近郊において，個別に4回開催して行った。また，平成26年12月には，電気通信研究所（２号館W217会議室）において，下記のとおり全体会合を開催し，集中的に意見交換を行った。概要は，以下のとおりである。

○平成26年12月18日（木）13:30~17:00

冒頭，本共同プロジェクト研究会の代表者であり，公益財団法人海洋科学振興財団の常務理事・事務局長・むつ海洋研究所長である折田義彦氏により開会の挨拶がなされた。

最初は，「①脳型コンピューティングが切り開く日本企業のものづくり提案力」と題して，一般財団法人高度情報科学技術研究機構の松岡浩氏から説明があり，関連する質疑応答がなされた。日本企業が世界に差をつける“ものづくり提案力”を獲得するに当たって，“超高速コンピューティングによる数値シミュレーション”が有力な武器になる。ところが、

数値シミュレーションによって現実の物理世界を仮想認識の世界で的確にとらえるには、3つの壁（ⅰ. マルチスケールの壁，ⅱ. マルチフィジクスの壁，ⅲ. リアルワールドの壁）がある。これを超える有力なツールが“多速さ格子ガス法（整数型格子ボルツマン法）シミュレーション”であり、これを中核にして、日本が最初にこの壁を突破しよう！という提言がなされた。また，本手法における格子点と，通常の CFD における格子点の概念の差について質疑がなされた。

次に，「②海洋シミュレーションの応用例と展望」と題して，折田義彦氏から，海洋観測及び海洋数値シミュレーションの事例について説明があり，関連する質疑応答がなされた。流体シミュレーション機能を付加した海中放射能計測システム，ADCP による実測データの流速計算への取り込み等の課題例や、計測融合シミュレーションを利用したＡＵＶやＲＯＶの可能性、北東北における先端科学技術拠点立ち上げの可能性について説明がなされた。

続いて，「③地球シミュレータの最近の利用動向」について，独立行政法人海洋研究開発機構地球情報基盤センターの板倉憲一氏から説明があった。具体的には，利用区分ごとの課題数，利用機関数，ジョブ実行状況，ジョブ実行待ち時間分布等の現状説明とともに，ES2 から後継機(SX-ACE)への移行スケジュール，世界の主な気候・気象関係機関がもつスパコンの性能比較について紹介された。また，ES2 後継機のシステム構成(2048 ノードの大規模クラスタと 512 ノードの小規模クラスタ×６)と，その選定評価方法について詳しい解説がなされた。

さらに「④CAE Computer --- 日本をやる気にさせる CAE コンピュータ」について，独立行政法人海洋研究開発機構地球情報基盤センターシミュレーション応用研究開発プログラム特任技術主幹の福井義成氏から説明があり，関連する質疑応答がなされた。理想の CAE 計算機がもつべき性能の考察にはじまり，現在の計算機の問題点として，ⅰ. プロセッサ・メモリ間のデータ転送速度，ⅱ. ノード間通信，ⅲ. 汎用アプリへの適合性，ⅳ. 漏れ電流、を指摘するとともに，その解決策として，プロセッサ最近傍におけるメモリの配置，単段クロスバースイッチの活用や３次元実装における誘導結合の可能性について解説がなされた。これらの工夫により，１ボードで 1.31PF，１ラックで 42PF を実現することも可能であろうとのこと。

続いて，「⑤私が考える CAE プロセッサ」について，一般財団法人計算科学振興財団技術顧問の福田正大氏から説明があった。昔は「100 万格子点，１Gflops，１GB，10 時間」と言われていたが，現在の技術でこれを見積もり直すと「100 万格子点，32Gflops，512MB，20 分」ぐらいになると思われる。また，ノード間のデータ通信時間は，ノード内計算時におけるプロセッサとメモリの間のデータ交換時間に隠すことが可能と考えられるとのこと。

○平成 26 年 12 月 19 日（金）9:30~15:30

（1）午前の部　9:30~11:30

「⑥マルチコア計算機上でのブロック三重対角行列方程式を解くためのスパイクアルゴリズム」と題して，一般財団法人高度情報科学技術研究機構の徳田伸二氏から説明があった。核融合の実時間制御では，三重対角な１次方程式を１秒以下で解くことが求められる。一般的に，三重対角な行列は自己相似的なスパイク構造をもつことから，スパイクアルゴリズムを再帰的に適用して三重対角な１次方程式を効率よく解くアルゴリズムについて解説がなされた。

次に，「⑦(HPCI)申請課題における利用アプリケーション分析」について，一般財団法人高度情報科学技術研究機構の峯尾真一氏から説明があった。利用アプリケーションとしては，OpenFOAM が８件で多いこと，また，申請書に記載された数値をみる限りでは，「京」における実行効率は，ⅰ. 流体系(OpenFOAM，FFB)が 1~3%，ⅱ. 分子動力学系(GROMACS，MODYLAS)が 10~40%，ⅲ. 分子軌道法・密度汎関数法(NTChem)が 25~55%となっていること，並列化効率では，FFB が 98%以上と高いことなどの分析が紹介された。これに関連して，“効率”の定義や値の信頼性について意見交換がなされた。

続いて，「⑧原子力安全に関連する流体基礎シミュレーション事例の紹介」について，福井大学国際原子力工学研究所の渡辺正教授から詳細な説明があり，関連する質疑応答がなされた。ⅰ. 加圧水型原子炉(PWR)低温側配管に ECCS が冷水を注入した後の“流体・構造連成シミュレーション”（FFR コード＋Abaqus コード），ⅱ. 蒸気発生器を含む PWR システムにおける“システム・蒸気発生器 CFD 連成シミュレーション”（RELAP＋Ansys Fluent），ⅲ. ナトリウム液滴の落下・燃焼事象の解明を将来目標とした液滴の落下・回転挙動のシミュレーション，について詳細な説明がなされた。

（2）午後の部　13:30~15:30

「⑨東北大学サイバーサイエンスセンターの新スパコンシステムの概要と高性能計算に関する研究開発活動」について，東北大学サイバーサインスセンター長の小林広明教授から，平成 26 年度よりスーパーコンピュータシステムを強化することにしてお

り，新しいシステム構成、SX-ACEの特徴と実アプリケーションによる評価結果等について詳細な説明がなされ，SX-ACE導入による大きな効果への期待が示された。また，リアルタイム津波浸水・被害予測・災害情報配信による自治体の減災力強化の実証事業を開始しており，地震発生後 20 分以内に地震断層モデルに基づく津波発生予測を行うとともに，津波浸水現象については，６時間分の実現象を，SX-ACEによる10mメッシュの計算により10分間でシミュレーションすること等を目指していることが紹介された。

続いて,「⑩次世代の要素計算機の３次元実装の１提案」と題して，日本アドバンストテクノロジー株式会社谷啓二氏から説明があり，関連する質疑応答がなされた。谷氏は，代表的なアプリについて（３－２）に後述する３つのパラメータ(指標)を評価した結果，要素計算機の性能としては，概ね100~400Gflops 程度が求められているとしている。メモリバンド幅性能指標を 2.0~4.0 を実現するためには，ロジック・メモリ間に8000~16000 本の接続ピン数が必要であり，これには３次元実装が不可欠である。一般に貫通電極(TSV)については，何層が可能か？１チップあたり何本が可能か？等が問題になる。ここでは，新しい方法として，100 枚オーダーのチップを特殊な接着剤で積層接着させ，積層した断面を削り出して、そこにリソグラフィで配線を行う(例:１ミクロンの配線で1cm あたり5000 本の配線を手前側の積層断面に行い，反対側も同様に処理して合計10000 本。)という方法を提案している。

最後に，今年度で３年目を迎える本研究会の今後について意見交換がなされ，峯尾氏からは，有益な場であるので何かの形で研究会を存続させたいとの要望が提案された。また，代表者である折田義彦氏により閉会の挨拶がなされて，共同プロジェクト研究会が終了した。

［３］成果

（３－１）研究成果

昨年度の研究会では,“産業界のニーズに本当に役立つスパコン利用環境の構築”を進めるための具体的な手順を研究成果として得ることができた。それらは，構築すべきスパコン利用環境の規模から，①大規模センターマシン，②産業用 CAE マシン，③計測融合組込みマシン，の３つに分類することができる。①と②を実現する手順としては，まず，実アプリを高効率で処理できるような実効性能の良い要素計算機の開発を行い，次に，そのチップを共通ベースに“CAE マシン”から“センターマシン”をカバーすることとされた（超大規模なあるいはLINPACK ベンチマークをターゲットとするような計算機は開発の対象としない。)。今年度は,（３－２）に後述するように，波及効果として設立された新しい検討の場での議論が進められた。さらに，③の“組込みマシン”については，松岡浩氏から昨年度に“計測融合 DNS-stick”の提案があり，今年度も引き続き，折田義彦氏らとともに，海洋科学分野への具体的な応用事例の実現を目指す努力が続けられた。

なお、平成２５年度に引き続き、２６年度も共同プロジェクト研究発表会のポスターセッションにおいて、発表を行った。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献等

本研究会の直接の波及効果は，ここでの議論をきっかけに，将来に向けてのさらに深い検討が開始されたことである。谷啓二氏は，昨年度，本研究会とは別に,“計算機仕様検討会”を立ち上げ，代表的なアプリについて詳細な検討を行い，今年度に入って，実用アプリを効率よく計算するというニーズから計算機を評価する際に重要な評価指標を，３つのパラメータに要約して示した。ひとつは，メモリバンド幅性能指標$(B/F)_{BW}$:で，初代地球シミュレータが達成していた4.0を越える要求をするコードも数多く存在する。次は，ノード間の結合ネットワーク性能指標$(B/F)_{IN}$で，これに対する高性能性はあまり要求されていない。最後は，要素計算機(PE)当たりのメモリ容量の指標$(B/F)_{vol}$であり，アプリの問題サイズと計算機並列数を左右するパラメータであるがアプリにより要求値は様々である。

また，高村守幸氏，福田正大氏，福井義成氏ほかが中心になり，平成 26 年 5 月には，別途，“CAE 計算環境研究会”を立ち上げ，CAE 用プロセッサの設計・試作等を目指している。

［４］成果資料

本共同プロジェクト研究会は、超高速コンピューティングの国産実用化を促進する方策の検討を行うことが目的であるため，研究成果が掲載されている学術論文という意味での成果資料はない。

なお，参考資料として，以下を記載する。

ポスター：“超高速コンピューティング新概念要素技術の国産実用化展開”、研究代表者　折田義彦、東北大学電気通信研究所平成 26 年度共同プロジェクト研究発表会ポスターセッション、東北大学片平さくらホール、平成27年2月23日

採択回数	1　2　③

（萌芽・先端）

採択番号　　Ｈ２４／Ｂ１３

ディジタルコンテンツの高付加価値化技術に関する研究

［1］組織
代表者：西村　明
（東京情報大学総合情報学部）
対応者：鈴木　陽一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
青木　直史（北海道大学大学院情報科学研究科）
今泉　祥子　（千葉大学大学院融合科学研究科）
岩村　惠市（東京理科大学工学部）
越前　功　（国立情報学研究所コンテンツ科学研究系）
荻原　昭夫（近畿大学工学部）
河口　英二（九州工業大学名誉教授）
川村　正樹（山口大学大学院 理工学研究科）
姜　錫　（北海道大学大学院情報科学研究科）
栗林　稔　（神戸大学大学院工学研究科）
貴家　仁志（首都大学東京システムデザイン学部）
合志　清一（工学院大学情報学部）
梶山　朋子　（青山学院大学理工学部）
近藤　和弘（山形大学大学院理工学研究科）
小嶋　徹也（東京工業高等専門学校情報工学科）
篠田　浩一　（東京工業大学大学院情報理工学研究科）
生源寺　類（静岡大学工学部）
新見　道治（九州工業大学大学院情報工学研究院）
野崎　剛一（長崎大学情報メディア基盤センター）
野田　秀樹（九州工業大学情報工学部）
長谷川まどか（宇都宮大学大学院工学研究科）
馬場口　登（大阪大学大学院工学研究科）
日置　尋久（京都大学大学院人間・環境学研究科）
藤吉　正明　（首都大学東京システムデザイン学部）
吉田　真紀（情報通信研究機構）
脇山　正博　（北九州工業高等専門学校制御情報工学科）
延べ参加人数：550人
研究費：　旅費37万8千円

［2］研究経過
メディア処理技術やそれを用いた放送，媒体，ネットワークメディアの発展に伴い，文書，写真，映画，音楽などのディジタルコンテンツの流通が急増している。メディア上のコンテンツ流通が急速に多様化・複雑化するなかで，セキュリティ対策やプライバシー保護によるコンテンツの保護や，メディアに依存したコンテンツの統合方法や高付加価値化が強く求められている。そこで，本共同研究プロジェクトのメンバーが参加する電子情報通信学会『マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント（EMM）研究会では，メディアを流通するコンテンツの『価値』を守る・高める・創る・測るための技術および制度設計について，コンテンツ種別の垣根を掃って，幅広い議論や意見交換を行った。
プロジェクト三年目は，6回のEMM研究会を開催した。以下では，EMM研究会が単独で開催した3回の研究会，およびEMM研究会傘下の「情報ハイディング及びその評価基準研究会（IHC）」が実施した電子透かしコンテストを含んだ国際会議ワークショップについて活動状況を記載する。

第1回EMM研究会
日時：平成26年5月15，16日
場所：東京理科大 葛飾キャンパス
［一般講演］
- ディジタル画像データに対する可逆的情報ハイディング　～ 基礎から最新の話題まで ～ 新見道治・野田秀樹（九工大）
- 圧縮センシングを利用した画像表現に基づく秘密分散法，新見道治・井﨑真也・野田秀樹（九工大）
- 企業のFacebookページにおけるエンゲージメント率と投稿画像の関係性，大原　翔・梶山朋子・大内紀知（青学大）
- ポリゴン照合による危険物や著作権侵害物の3Dプリンター出力規制技術の提案，茂出木敏雄（大日本印刷）
- 可逆電子透かしの埋め込み容量および品質の改善，伊藤世紀・杉村　諒・岩村惠市（東京理

科大)
- スライド復号法を用いた同期誤り訂正の同期ずれに関する性能評価，門脇貞彦・重廣　亨・岩村恵市（東京理科大）

［チュートリアル講演］
- 音声言語処理のための要素技術と音声ドキュメント処理への応用，西崎博光（山梨大）
- 機械読唇技術，齊藤剛史（九工大）
- 秘密分散法と視覚復号型秘密分散法　～ 共通点と相違点 ～，岩本　貢（電通大）

第5回EMM研究会
日時：平成27年1月28日，29日
会場：東北大学 電気情報システム・応物系1号館
［招待講演］
- 有色性駆動源カルマンフィルタを用いたステレオ型雑音抑圧法とその応用事例，田邉　造（諏訪東京理科大）

［一般講演］
- エンタテインメントにおける情報ハイディングの可能性，青木直史（北大）
- 既存のパスワードリマインダを用いたステガノグラフィが利用可能となる新規システムの構築，宮元　章・河野哲也・中川竣太・脇山正博（北九州高専）
- HAMを用いた暗号化型可逆情報埋込法，武田耀・今泉祥子・青木直和・小林裕幸（千葉大）
- 3D形状の特徴ベクトル照合による危険物等の3Dプリンター出力規制技術の提案，茂出木敏雄（大日本印刷）
- 音楽電子透かし法における楽曲の調判定を用いた音質の改善，村田晴美（中京大）・荻原昭夫（近畿大）
- Study on Audio Watermarking Scheme based on Singular-Spectrum Analysis，Jessada Karnjana・Masashi Unoki（JAIST）・Pakinee Aimmanee（Thammasat Univ.）・Chai Wuthiwiwatchai（NECTEC）
- 画像の表面のみ用いた地色除去，野本佳織・長保　龍・田邉　造（諏訪東京理科大）・古川利博（東京理科大）
- 腸の蠕動運動を追従する可視化アプリケーションの開発と時間周波数解析，山口千佳（諏訪東京理科大）・長保　龍（東京理科大）・古川　顕（首都大東京）・田邉　造（諏訪東京理科大）・古川利博（東京理科大）
- FIST法を用いたWet paper符号による埋め込み手法の提案，山本隆博・川村正樹（山口大）
- 電子透かしに対する連接符号の導入，平田展裕・川村正樹（山口大）
- Study on Collaboration of Collusion Secure Code and Watermarking Technique，Minoru Kuribayashi（Kobe Univ.）

第6回EMM研究会
日時：平成26年3月7日，8日(木)
会場：大濱信泉記念館
［招待講演］
- 分散型仮想通貨の構造特性と制度設計　～ 中心を持たない通貨の制御と応用 ～，岡田仁志（NII）

［ポスター講演］
- ROI領域に対するJPEG2000符号化画像の選択的暗号化方式，中尾友哉・今泉祥子・青木直和・小林裕幸（千葉大）
- 限定色画像に対する多ビット情報埋込み方式の改善，茂木一磨・今泉祥子・青木直和・小林裕幸（千葉大）
- ヒストグラムの疎性を利用したニアロスレスな画像データハイディング，大石　涼・藤吉正明・貴家仁志（首都大東京）
- 生体認証のためのユニタリ変換に基づくテンプレート保護法の拡張とその応用，斉藤裕子・中村維吹・塩田さやか（首都大東京）・外村喜秀（NTT）・貴家仁志（首都大東京）
- 可逆情報埋込みを用いたJPEG2000符号化画像の改ざん検出法，小笠原剛史・今泉祥子・青木直和・小林裕幸（千葉大）
- SIFT特徴点周辺領域を用いた電子透かし法の検討，内田洸太・川村正樹（山口大）
- 音声コミュニケーション高付加価値化ツールモテ声ボイスチェンジャーの提案　～ はきはき、感謝、謝罪を強調した声への加工 ～
矢野早織・新見道治・水町光徳（九工大）
- 原動画が復元可能なモザイクシステム
草間雄一・姜　玄浩・岩村惠市（東京理科大）
- 電子透かしによる静止画像への類似領域情報埋め込みを利用した画像の改ざん検知と修復に関する一検討，青森祐人・山登一輝・篠田一馬・長谷川まどか・加藤茂夫（宇都宮大）
- 音声データハイディングを用いた防災無線システムにおける誤り訂正符号の導入
三島陵亮・小嶋徹也（東京高専）
- 共進化型最適化による2次元コード真贋判定用電子透かしの設計に関する基礎検討
前原　武・南　和成・小野智司（鹿児島大）
- 音声データハイディングを用いた防災サイレンにおけるステゴ音声品質の検討

大泉明弘・小嶋徹也（東京高専）
- PDF 文書に対する動的な不可視透かし埋め込みシステムの開発，岩本拓也・川村正樹（山口大）
- IHC 評価基準における圧縮率と加法電子透かし法の最適なパラメータとの関係，戸塚拓伸（阪大）・吉田真紀（NICT）・藤原　融（阪大）
- 秘密分散機能を有する QR コードの生成法
倉元雅樹（阪大）・河野和宏（関西大）・伊藤義道（阪電通大）・馬場口　登（阪大）
- 手指の構造と運動に対する制約からみたマルチタッチアクションにおけるユーザビリティの評価，中村公美（阪大）・河野和宏（関西大）・伊藤義道（阪電通大）・馬場口　登（阪大）
- 調理者サポーターアプリ「お料理彼氏」の提案 ～ 音による調理動作の認識 ～
岸野愛子・新見道治・水町光徳（九工大）

［一般講演］
- 限界積を用いたファジィ数入力ファジィ推論法，三石貴志（流通科学大）
- 可逆データハイディングのための 2 次元変換係数ヒストグラム拡張手法，山登一輝・篠田一馬・長谷川まどか・加藤茂夫（宇都宮大）
- 多段ブルームフィルタと墨塗り署名を用いた SNS における相互個人情報保護のための高速フィルタリング，幸地ひかり・宇田隆哉（東京工科大）・宇都宮靖人（慶大）
- プライバシー保護顔画像検索システムの実装評価，森村吉貴（京大）・舩冨卓哉（奈良先端大）・上原哲太郎（立命館大）・美濃導彦（京大）
- 顔画像解析、顔動作の時系列解析と撮影時のコンテキストを用いたプライバシー侵害予測方式の検討，村上陽子・超穎・尾崎敏司・隅岡隆之・輪島幸治・畠山智美・嶋田　茂（産技大）
- 非和声音を透かし信号として利用した音楽電子透かし法の検討，村田晴美（中京大）・荻原昭夫（近畿大）
- 異種コンテンツ間可逆的埋め込みを可能とする半開示スクランブル手法，李　雪霏・姜錫・坂本雄児（北大）
- Study on Watermarking for Digital Audio based on Adaptive Phase Modulation
Nhut Minh Ngo・Masashi Unoki（JAIST）

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は以下に挙げる研究成果を得た。

本共同プロジェクトメンバーが中心となる，EMM 研究会の傘下に設立された IHC 研究会は，動画像，静止画像および音響信号への電子透かし技術に対して統一的な評価基準を公開し，その基準を超える電子透かし方式を世界から募集した(http://www.ieice.org/iss/emm/ihc/)第三回コンテストを，国際会議のサテライトワークショップとして開催した[1]。

IWIHC2014　ACM 国際会議 ASIACCS2014 サテライトワークショップ

・日時：平成 26 年 6 月 3 日
・開催場所：京都ガーデンパレス
・参加人数：30 名

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

EMM 研究会は設立 4 年目を迎え，本分野のさらなる広がりを期待し，データハイディングのサイバーフィジカル連携分野での応用技術について，電子情報通信学会会誌において解説記事[2]を執筆した。この記事は，本研究分野に新たに参入する研究者への導入となる貢献を果たすことが見込まれる。

また，電子情報通信学会情報・システムソサイエティ英文論文誌では，EMM 特集号を企画し，本年 1 月に論文 8 件[3,4]，レター2 件を掲載して刊行された。

EMM 研究会は，次年度 10 月に東京理科大で開催される，最も歴史の長い電子透かしの国際会議 IWDW2015 の運営に全面的に協力することになった。また傘下の IHC 研究会は，IWDW2015 において，国際的な第二回電子透かし技術コンテストとなるスペシャルセッションの開催を予定している。

このように，本共同研究参画者は，本研究分野の国際的な広がりと新たな発展に貢献している。

［4］成果資料

[1] "Audio Watermarking based on Amplitude Modulation and Modulation Masking", Akira Nishimura, Proc. of IWIHC2014, pp.49-55, (2014).
[2] 情報ハイディングの新たな広がり，越前　功，新見　道治，西村　明，電子情報通信学会誌，Vol.97 No.9pp.788-792 (2014).
[3] “A Speech Intelligibility Estimation Method Using a Non-reference Feature Set Toshihiro SAKANO, Yosuke KOBAYASHI, Kazuhiro KONDO, IEICE Trans. Info. & Sys. Vol. E98-D, pp.21-28, (2015).
[4] “Individual Restoration of Tampered Pixels for Statistical Fragile Watermarking”, Maki YOSHIDA, Kazuya OHKITA, Toru FUJIWARA, IEICE Trans. Info. & Sys. Vol. E98-D, pp.18-24, (2014).).

採択回数	1　②　3

（萌芽・先端）

採択番号　H25/B01

非平衡スピン･ゆらぎの精緻な制御と観測による新規ナノデバイスの開拓研究

［1］組織
組織
代表者：野村 晋太郎
（筑波大学数理物質系）
対応者：大野　英男
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
押山　淳
（東京大学工学系研究科）
白石　賢二
（名古屋大学工学研究科）
小林　研介
（大阪大学大学院理学研究科）
佐々木　進
（新潟大学工学部）
長谷川　修司
（東京大学理学系研究科）
纐纈　明伯
（東京農工大学大学院工学系）
一宮　彪彦
（名古屋大学工学研究科）
中山　弘
（大阪市立大学大学院工学研究科）
宮崎　誠一
（名古屋大学大学院工学研究科）
名取　研二
（東京工業大学ﾌﾛﾝﾃｨｱ研究ｾﾝﾀｰ）
名西　憓之
（立命館大学・理工学部）
伊藤　智徳
（三重大学大学院工学研究科）
遠藤　哲郎
（東北大学大学院工学研究科）
山口　浩司
（NTT 物性科学基礎研究所）
平山　祥郎
（東北大学大学院理学研究科）
中山　隆史
（千葉大学大学院理学研究科）

延べ参加人数：１４人

研究費：旅費３４万６千円

［2］研究経過
急速に進歩しつつある不揮発性スピントロニクスデバイスにおいて消費電力の低減化と動作速度の向上を図るために、ナノ構造中での非平衡スピン・ゆらぎの観測手法とその物理的解明は、近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトは、ではナノ構造の作製･観測･理論解析の専門家による討論の場を設け、新規ナノデバイス創成に資する知見の獲得を目的として研究を行った。

本プロジェクトは，本年度が第２年度であった。前年度ではスピントロニクス素子中のスピンショットノイズ、GaN、ダイヤモンド等を用いたハイパワー素子の省電力化や高信頼性化、太陽電池の高効率化に対して大きな指針が示された。また、最先端デバイスにおいてのみ見いだされる問題点の徹底討論から、サイエンスの側から解決すべき課題が明らかにされた。そこで、本年度は、前年度の成果を踏まえながら、窒化物系における成長機構に遡った課題の克服方法、非平衡スピン、ゆらぎの精密測定と制御手法のさらなる精緻化の研究を行った。最近大きな発展の見られる精緻なスピン制御と観測手法、例えばコヒーレント反転連続パルス照射、超低ノイズ非平衡電流測定について議論を行い、非平衡スピンとゆらぎについての物理的解明のための研究手法と今後の研究の進め方について議論を深めた。
本プロジェクトでは、半導体サイエンスからは「ナノ電子物性理論」、「高度なレーザー技術」、「非平衡状態測定」等、半導体テクノロジーからは、「半導体結晶成長技術」、「半導体デバイス技術」等の国内を代表する研究者を主力メンバーとして組織した。平成２６年１１月１３日‑１１月１４日に宮城県黒川郡大和町「ベルサンピアみやぎ泉」に於いて開催された研究会では、１４名の参加者を得て、非平衡スピンとゆらぎをナノスケールで制御する処方箋の確立を目指した徹底的な討論を行った。

［3］成果
（3－1）研究成果
本年度は，以下に示す研究成果を得た。
まず第1に，InN を用いたデバイスの性能向上のための道筋について、Droplet Elimination by Radical Irradiation（DERI)を用いた手法により議論が行われ、応用に向けての研究課題が明らかにされた。
第2に、高い成長速度を有する HVPE 法を用いた GaN 大型基板の成長について議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第3に，高分子フィルム上の電子デバイスやディスプレイについて報告があり、フィルムベースエレクトロニクスの実現に向けての超親水化処理、超撥水化処理についての最新の研究成果について議論が行われ、商品化へ向けての研究課題が明らかにされた。
第4に、機械共振器による一次元フォノニック結晶について報告があり、音波の伝搬や熱伝導を制御するデバイスとしての応用に向けての今後の研究課題が明らかにされた。
第5に、ナノ構造中での非平衡状態にある近藤効果によるゆらぎの精密測定について報告があり、不揮発性スピントロニクスデバイスとの関わりの観点から議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第6に、トポロジカル絶縁体である Bi_2Se_3 結晶表面上での原子ステップを横切る電気伝導の精密測定についての報告があり、結晶表面上のステップによる散乱の効果が示され一次元ナノデバイスとの関わりから議論され、今後の研究課題が明らかにされた。
第7に、第一原理計算とボンドオーダーポテンシャルを用いた半導体の結晶構造安定性についての系統的な研究結果についての報告があり、3配位層状構造の安定性について議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第8に、全反射高速陽電子回折による結晶表面構造解析の実験データとの一致についての報告があり、なぜ信頼度が高い結果になるかについて総合的に議論された。
第9に、円偏光を照射可能な近接場工学顕微鏡を用いたナノデバイスへの光学的スピン注入についての報告があり、スピン分裂した非圧縮性液体ストリップについての議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第１０に、高感度化された NMR 装置による核スピンの精密測定に関する報告があり、半導体界面の講師不整合の観察とその分布についての議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第１１に、スプリットショットキーゲートに加えてセンターゲートのあるトリプルゲートポイントコンタクトの量子化特性についての報告があり、この素子を用いた抵抗検出 NMR について議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第１２に、第一原理計算を用いた金属／Ge 界面の欠陥とショットキーバリアについての報告があり、Metal Induced Gap States との関わりから議論が行われ、今後の研究課題が明らかにされた。
第１３に、なぜ、シリコン熱参加で良好な Si/SiO2 界面が形成されるか議論が行われ、原子レベルの機構の観点から界面準位の低減のための研究の今後の展望が明らかにされた。
第１４に、11 nm までの極微細磁気トンネル接合をもつスピントロニクス素子の特性についての報告があり、磁気的散逸と微細化の関わりについて議論され、今後の課題が明らかにされた。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など
（大型プロジェクトへの発展・国際会議，シンポジウムへの発展・学外研究者との交流共同研究による効果・研究者ネットワークの拡大・若手研究者の育成・新研究領域の開拓・成果の他分野への応用・萌芽的研究への発展等）
本プロジェクトは，半導体サイエンスからは「ナノ電子物性理論」、「高度なレーザー技術」、「非平衡状態測定」等、半導体テクノロジーからは、「半導体結晶成長技術」、「半導体デバイス技術」等の国内を代表する研究者を主力メンバーとして組織され、分野間の壁を越えたところで、非平衡スピン・ゆらぎについての物理的解明を行い、不揮発性スピントロニクスデバイスの超低消費電力化と超高速化のための処方箋の確立を目指した徹底的な討論する希有の機会を提供することができた。その結果、ナノスケールのゆらぎと電子相関が現行のデバイスに与えている限界、さらに、そこを越えて性能と新機能を追求する新原理デバイスのいくつかの可能性が提案された。具体的には、スピントロニクス素子中の磁気的散逸、GaN、InGaN 等を用いたハイパワー素子の省電力化や高信頼性化、高分子フィルム上デバイスの高信頼性化に対して大きな指針が示された。また、最先端デバイスにおいてのみ見いだされる問題点の徹底討論から、サイエンスの側から解決すべき課題が明らかにされた。以上のナノサイエンス・ナノテクノロジーに関する成果は、ナノスケール特有の非平衡スピン・ゆらぎの精緻な制御と観測に根ざした新原理デバイスの大きな指針を与え、科学技術立国日本の再生への大きな原動力となると期待される。

［4］成果資料

1. S. Schöche, T. Hofmann, V. Darakchieva, X. Wang, A. Yoshikawa, K. Wang, T. Araki, Y. Nanishi, M. Schubert, "Free-charge carrier parameters of n-type, p-type and compensated InN:Mg determined by infrared spectroscopic ellipsometry", Thin Solid Films **571**, 384 (2014).
2. S. Park, J. Jung, C. Seok, K. Shin, S. Park, Y. Nanishi, Y. Park, E. Yoon, “Effects of TMSb Overpressure on InSb Surface Morphology for InSb Epitaxial Growth Using Low Pressure Metalorganic Chemical Vapor Deposition” J. of Crystal Growth **401**, 518 (2014).
3. T. Araki, S. Uchimura, J. Sakaguchi, Y. Nanishi, T. Fujishima, A. Hsu, K. Kim, T. Palacios, A. Pesquera, A. Centeno and A. Zurutuza, “Radio-Frequency Plasma-Excited Molecular Beam Epitaxy Growth of GaN on Graphene/Si(100) Substrates”, Appl. Phys. Express 7/ 071001, 1-3 (2014).
4. Hisashi Murakami, Kazushiro Nomura, Ken Goto, Kohei Sasaki, Katsuaki Kawara, Quang Tu Thieu, Rie Togashi, Yoshinao Kumagai, Masataka Higashiwaki, Akito Kuramata, Shigenobu Yamakoshi, Bo Monemar and Akinori Koukitu, “Homoepitaxial growth of β-Ga2O3 layers by halide vapor phase epitaxy” Appl. Phys. Express **8,** 015503 (2015).
5. Yoshihiro Kangawa, Tomonori Ito, Akinori Koukitu and Koichi Kakimoto, “Progress in theoretical approach to InGaN and InN epitaxy: In incorporation efficiency and structural stability”, Jpn. J. Appl. Phys. **53,** 100202 (2014).
6. Mahboob, M. Mounaix, K. Nishiguchi, A. Fujiwara and H. Yamaguchi, "A multimode electromechanical parametric resonator array" Scientific Reports **4**, 4448 (2014).
7. Tomonori Ito, Toru Akiyama, Kohji Nakamura, “Empirical interatomic potential approach to the stability of graphitic structure in ANB8－N compounds”, Jpn. J. Appl. Phys. **53** 110304 (2014).
8. D. Hatanaka, I. Mahboob, K. Onomitsu and H. Yamaguchi, “Phonon waveguides for electromechanical circuits”, Nature Nanotechnology **9**, 520 (2014).
9. Tomonori Arakawa, Junichi Shiogai, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, Makoto Kohda, Junsaku Nitta, Dominique Bougeard, Dieter Weiss, Teruo Ono, and Kensuke Kobayashi, "Shot Noise Induced by Nonequilibrium Spin Accumulation", Phys. Rev. Lett. **114**, 016601-1-016601-5 (2015).
10. M. Aitani, T. Hirahara, S. Ichinokura, M. Hanaduka, D. Y. Shin, S. Hasegawa, "In situ Magnetotransport Measurements of Ultrathin Bi films: Evidence for a Surface-Bulk Coherent Transport", Phys. Rev. Lett. **113**, 206802 (2014).
11. N. Nagamura, R. Hobara, T. Uetake, T. Hirahara, M. Ogawa, T. Okuda, K. He, P. Moras, P. M. Sheverdyaeva, C. Carbone, K. Kobayashi, I. Matsuda, and S. Hasegawa, "Anisotropic Electronic Conduction in Metal Nanofilms Grown on a One-Dimensional Surface Superstructure", Phys. Rev. B **89**, 125415 (2014).
12. Syuhei Mamyouda, Hironori Ito, Yusuke Shibata, Satoshi Kashiwaya, Masumi Yamaguchi, Tatsushi Akazaki, Hiroyuki Tamura, Youiti Ootuka, and Shintaro Nomura, “Circularly polarized near-field optical mapping of spin-resolved quantum Hall chiral edge states”, Nano Lett. DOI: 10.1021/nl504767w (2015).
13. H. Okamoto, W. Izumida, Y. Hirayama, H. Yamaguchi, A. Riedel, and K.-J. Friedland, “Mechanical resonance characteristics of a cylindrical semiconductor heterostructure containing a high-mobility two-dimensional electron gas”, Phys. Rev. B **89**, 245304-1-8 (2014).
14. Blanka Magyari-Kope, Liang Zhao, Yoshio Nishi, Katsumasa Kamiya, Moon Young Yang, Kenji Shiraishi, "Ab initio modeling of resistive switching mechanism in binary metal oxides", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, DOI: 10.1109/ISCAS.2014.6865561 (2014).
15. Tomoki Hiramatsu, Takashi Yamauchi, Moon Young Yang, Katsumasa Kamiya, Kenji Shiraishi, Takashi Nakayama, “First-principles evaluation of penetration energy of metal atom into Si substrate”, Jpn. J. Appl. Phys, **53** 058006 (2014).
16. E. Hirayama, S. Kanai, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Ferromagnetic resonance in nanoscale CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions", Journal of Applied Physics, **117**, 17B708, (2015).
17. Ryo Hiramatsu, Kab-Jin Kim, Takuya Taniguchi, Takayuki Tono, Takahiro Moriyama, Shunsuke Fukami, Michihiko Yamanouchi, Hideo Ohno, Yoshinobu Nakatani, and Teruo Ono, "Localized precessional mode of domain wall controlled by magnetic field and dc current", Applied Physics Express, **8**, 023003 (2015).

採択回数	1	2	3

（萌芽）

採択番号　Ｈ２５/Ｂ０２

微粒子プラズマ物理に基づいた新規ナノ材料創成

［1］組織

代表者：白谷 正治
（九州大学大学院システム情報科学研究院）

対応者：庭野 道夫
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

足立 聡（宇宙航空研究開発機構）
飯塚 哲（東北大学大学院工学研究科）
石原 修（中部大学総合工学研究所）
内田 儀一郎（大阪大学接合科学研究所）
上村 鉄雄（核融合科学研究所）
古閑 一憲（九州大学大学院システム情報科学研究院）
佐藤 徳芳（東北大学）
齋藤 和史（宇都宮大学大学院工学研究科）
柴田 裕実（大阪大学）
高橋 和生（京都工芸繊維大学工芸科学研究科）
東辻 浩夫（岡山大学）
林 康明（京都工芸繊維大学工芸科学研究科）
増崎 貴（核融合科学研究所）
三重野 哲（静岡大学創造科学技術大学院）
山野内 敬（仙台高等専門学校）
渡辺 征夫（九州大学）

延べ参加人数：22人
研究費：旅費31万5千円

［2］研究経過

本研究プロジェクトの目的は、量子効果が期待できる新規ナノ材料を反応性微粒子プラズマプロセスを用いて探索し、次世代のナノ情報通信デバイスへと応用展開することにある。近年、反応性ガスを用いたプラズマプロセスにより、気相中で様々なナノ材料の生成が実現している。プラズマを利用したナノ粒子生成には、粒子の凝集を制御できる等のプラズマプロセス特有の利点があるが、サイズ制御や構造制御など微粒子微細制御法の確立までには至っていない。このような研究背景において、本研究プロジェクトでは、ナノサイズからミクロンサイズまでの微粒子を含むプラズマ（微粒子プラズマ）の基礎的物性を明らかし、その知見を新規ナノ粒子生成プロセスへと応用展開することを目的とする。具体的には、プラズマ中微粒子群の相転移・臨界現象など微粒子プラズマ特有の微細揺動現象の発現メカニズムを議論し、揺動制御による新規ナノ材料創成プラズマプロセスの実現を目指す。本研究プロジェクトの特徴は、基礎プラズマ分野と応用プラズマ分野の領域横断的な研究組織を構成することにより、多角的な視点から新規プラズマプロセスに関する活発な議論を行う点にある。以下、研究活動状況の概要を記す。

【研究討論会開催状況】
日時：平成26年9月25日、26日
場所：東北大学大学院工学研究科電気・情報系103号室
参加者：25日　48人、26日　42人

1. グロー放電プラズマ中のカーボンナノチューブ微粒子成長過程のモニタリング
   林 康明（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）
2. レーザー法によるナノ粒子の合成と複合化
   瀬戸 章文（金沢大学理工研究域）
3. 半導体原子層物質のプラズマ合成
   加藤 俊顕、金子 俊郎（東北大学大学院工学研究科）
4. ミストプラズマCVDを用いた透明導電酸化膜の形成
   竹中 弘祐、節原 裕一（大阪大学接合科学研究所）
5. 超臨界水を反応場とした金属酸化物ナノ結晶の水熱合成とその応用
   高見 誠一（東北大学多元物質科学研究所）
6. 酸素プラズマ処理によるナノチューブの機能性付加
   パメド・ジェルール・ラーマン、三重野 哲（静岡大学創造科学技術大学院）
7. 宇宙空間のダスト、実験室のコンプレックスプラズマ、応用の微粒子プラズマ
   石原 修（中部大学総合工学研究所）
8. プラズマ中ナノ粒子による散乱光強度の非線形現象
   白谷 正治（九州大学大学院システム情報科学研究院）
9. 円柱プラズマ中の微粒子：空間電荷の制御、ボイド形成、異種の分離
   東辻 浩夫（岡山大学）
10. 円柱状微粒子プラズマにおけるプラズマ診断
   高橋 和生（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）

［3］成果

（3－1）研究成果

静岡大　三重野先生より、水溶性ナノチューブの合成に関する成果が報告された。具体的には、ナノチューブをエタノール容器に溶かし、放電パワー電極に塗布し酸素プラズマ処理することにより、カーボンナノチューブ表面に COOH 官能基を付加することに成功した。この水溶性ナノチューブを用いてナノチューブインクを作製し、コットンに塗布することにより、コットンの導体化に成功した。このコットンに電流を流すことによるヒーターへの新規応用例が示された。

金沢大　瀬戸先生より、レーザーエアロゾルプロセスを用いたナノ粒子生成に関する成果が報告された。レーザープロセスを用いたナノ粒子生成の利点として、高いエネルギー密度のレーザー光を容易にターゲットに集光できる点や周りの壁からの不純物の影響が排除できる点があげられた。今回、Si と Ag のパッチ構造ターゲットにレーザーを照射することにより、プロセス初期に Si ナノ粒子を生成し、ナノ粒子輸送時に Ag 層を Si ナノ粒子表面に堆積させる新規プロセスの開発に成功した。このプロセスを用いることにより、多種多様なコアシェル構造ナノ粒子をワンステップで生成可能であり、Si/ZnO コアシェルナノ粒子の生成例も示された。また、ガラス基板に直接グラファイトやグラフェンを堆積可能な新規レーザープロセスの開発にも成功し、透明導電膜への応用例が示された。

東北大　加藤先生より、低温プラズマプロセスを用いたナノチューブのカイラリティー制御とグラフェンナノリボン作製に関する成果が報告された。ガスの on と off に併せて低温プラズマを短期間、繰り返し生成する新規プラズマ CVD プロセスにより、カーボンナノチューブの成長時間を精密に制御し、短長、小径、且つカイラリティーの揃ったカーボンナノチューブの選択的成長に成功した。また、基板の急加熱、急冷却、プラズマ短期間生成を併せた新規プラズマ CVD プロセスにより、Ni の蒸発量とカーボンの供給量を精密に制御し、グラフェンナノリボンの作製とその集積化に成功した。また、グラファイト同様の層状構造を有する遷移金属カルコゲナイドの成膜結果とその光学特性についても示された。

大阪大　竹中先生より、ミストプラズマ CVD プロセスを用いた酸化物導電性薄膜堆積に関する成果が報告された。従来プロセスと比べ、高速、低温成膜が可能である。酢酸亜鉛/エタノール溶液を噴霧した環境下で、Ar/O 酸素プラズマを生成することにより、ZnO 薄膜の堆積に成功した。高酸素濃度、高プラズマパワーの条件で高結晶性 ZnO 薄膜が得られた。ZnO 薄膜の抵抗率は 10^{-2} Ωcm で従来のミスト CVD プロセス生成薄膜より 2 桁低い低抵抗値が得られた．また、大気圧ミスト CVD プラズマプロセスへの展開についても示された。

東北大　高見先生より、超臨界流体を用いた酸化物ナノ粒子生成に関する成果が報告された。373 度、218 気圧以上の超臨界流体は、液体と気体の中間的媒体であり、この媒体中のナノ粒子生成プロセスにおいては、ナノ粒子の凝集を制御できる。金属硫酸塩や金属硝酸塩に水を加え、高速に温度を上昇させることにより、金属酸化物ナノ粒子の生成に成功した。また、反応速度を制御することにより、サイズ分布の精密制御に成功した。この金属酸化物ナノ粒子をポリマーに添加することにより、熱伝導度の高いポリマー系ナノコンポジットマテリアルの作製に成功した。

京都工芸大　林先生より、低温プラズマプロセスを用いた単層カーボンナノチューブ生成に関する成果が報告された。フィラメント近傍にプラズマを生成することにより、熱 CVD にプラズマ CVD を重畳した新規プロセスが提案された。セルフバイアスにより、プラズマ空間構造を制御することにより、単層カーボンナノチューブの生成に成功した。

中部大　石原先生より、微粒子プラズマ研究の最新動向について報告された。宇宙プラズマ、核融合プラズマ、プロセスプラズマ中における帯電微粒子群の多種多様な最新の物理現象が報告され、その物理現象がほぼ古典理論で説明できることが報告された。

九州大　白谷先生より、低温プラズマプロセスを用いた Si 系ナノ粒子生成とそのサイズ分布制御に関する成果が報告された。プラズマ揺動を積極的に制御することにより、生成物であるナノ粒子のサイズ制御に成功した。プラズマ揺動のスペクトル解析から揺動スペクトル間の非線形結合が見いだされ、ナノ粒子サイズ分布制御との相関について報告された。

岡山大　東辻先生より、微粒子プラズマ中のプラズマ電位構造、プラズマ密度構造に関する理論計算結果が報告された。負に帯電した微粒子群の存在により、プラズマ電位構造がよりフラットな構造へと変化することが示された。また、微粒子量の増大とともにイオン密度が増大することが理論的に示された。粒径の異なる 2 種類の微粒子がプラズマ中に存在する場合、小さな微粒子が中心近傍に、大きな微粒子が周辺に分布することが見いだされた。

京都工芸大　高橋先生より、円柱状微粒子プラズマの無重力実験最新結果が報告された。重力下で底部に浮上していた微粒子群は、無重力下ではプラズ

マ領域中心付近に浮上し、円筒軸方向に１列に配列する構造が観測された。また、微粒子クーロン結晶の３次元的面心立体構造も観測され、微粒子群の結合パラメータが200程度であることが報告された。

最後に九州大　渡辺先生、東北大　佐藤先生からプラズマ物理を意識した応用研究が重要であること、その応用研究を学問として体系化することが必要であることが述べられた。また、微粒子プラズマを通して新しいプラズマ物理を展開することが重要で、その成果は宇宙プラズマ分野等へ大きく貢献できることが述べられた。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献

- 平成25年10月16日、17日、核融合研究所で本プロジェクトと関連した国際ワークショップ、第 15 回微粒子プラズマ研究会が開催された（Organizing committee chair : 京都工芸大　高橋先生（分担者））。本プロジェクトの分担者はもとより、多数の参加があり、本分野が国際的に大きく発展する可能性を示した。
- 平成26年3月12日、応用物理学会春季学術講演会で、本プロジェクトと関連した「微粒子合成法とその応用最前線」に関するシンポジウムが開催された。分担者である九州大 白谷先生の発表を含む12件の講演が行われ、応用物理学の見地からも本プロジェクトの研究課題の重要性が認識された。
- 本プロジェクトで議論される微粒子プラズマの基礎物理現象と応用の最新トピックは、国際宇宙ステーションを用いたドイツ・ロシア・日本の微粒子プラズマに関する国際共同研究（JAXA、京都工芸大　高橋先生、岡山大　東辻先生ら）へと発展する可能性を有している。
- 若手育成に関して、今回の研究会において、多数の学生の参加があった。本研究プロジェクト研究会では、微粒子プラズマの基礎物理、ナノ粒子生成応用、デバイス応用と広範囲に渡る最新の研究成果が議論され、本分野の若手研究者の育成に大きく貢献したものと考えられる。

［４］成果資料

【学術論文】

[1] Behavior of dust particles in cylindrical discharges: Structure formation, mixture and void, effect of gravity, H. Totsuji, J. Plasma Phys. 80 (2014) 843.
[2] Differential dust disk rotation in a complex plasma with magnetic field,Y. Saitou, A. A. Samarian, O. Ishihara, Proceedings of the 12th Asia Pacific Physics Conference, JPS (Physical Society of Japan) Conference Proceedings 1 (2014) 015012-1~4.
[3] Dynamics of Charged Dust near Liquid Helium Surface, M. Shindo, A. Samarian, O. Ishihara, Proceedings of the 12th Asia Pacific Physics Conference, JPS (Physical Society of Japan) Conference Proceedings 1 (2014) 015049-1~4.
[4] Tempest in a Glass Tube - A Helical Vortex Formation in a Complex Plasma, Y. Saitou, O. Ishihara, Journal of Plasma Physics 80 (2014) 869-876.
[5] Water-Dispersible multiwalled carbon nanotube obtained from citric-acid-assisted oxygen plasma functionlization, M. J. Rahman, T. Mieno, J. Nanomaterials 2014 (2014) 508192-1-9.
[6] Effects of magnetic field and gravity on single-walled carbon nanotube production in tree directions of arc discharge current, Md. J. Rahman, T. Mieno, JPS Conf. Proc. 1 (2014) 015074-1-8.
[7] Synthesis of single-walled carbon nanotubes by low-frequency bipolar pulsed arc discharge method, K. H. Maria, T. Mieno, Vacuum 113 (2015) 11-19.
[8] Influence of N_2/O_2 Mixtures on Decomposition of Naphthalene in Surface Dielectric Barrier Discharge Based Reactor, A. Abdelaziz, T. Seto, M. Abdel-Salam, Y. Otani, PLASMA CHEMISTRY AND PLASMA PROCESSING 34 (2014) 1371-1385.
[9] Output characteristics of piezoelectric lead zirconate titanate detector using high-energy heavy-ion beam, S. Takechi, M. Sekiguchi, T. Miyachi, M. Kobayashi, M. Hattori, O. Okudaira, H. Shibata, M. Fujii, N. Okada, T. Murakami, Y. Uchihori, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A 737 (2014) 52-55.
[10] Variation in resonant frequency of piezoelectric lead–zirconate–titanate element undergoing high-level radiation, M. Kobayashi, T. Miyachi, S. Takechi, T. Mitsuhashi, Y. Miura, H. Shibata, N. Okada, M. Hattori, O. Okudaira, M. Fujii, T. Murakami, Y. Uchihori, Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 066602.
[11] Temperature Measurement of Coulomb Crystal in Complex Plasmas, S. Adachi, H. Totsuji, K. Takahashi, Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan 12(2014).
[12] Study of Cylindrical Dusty Plasmas in PK-4J; Theory and Simulations, H. Totsuji, C. Totsuji, K. Takahashi, S. Adachi, Int. J. Microgravity Sci. 2(2014) 55－61.
[13] Study of Cylindrical Dusty Plasmas in PK-4J; Experiments, K. Takahashi, M. Tonouchi, S. Adachi, H. Totsuji, Int. J. Microgravity Sci. 2 (2014) 62－65.
[14] Dust Hour Glass in a Capacitive RF Discharge, S. Iwashita, E. Schungel, J. Schulze, P. Hartmann, Z. Donko, G. Uchida, K. Koga, M. Shiratani, U. Czarnetzki, IEEE Trans. Plasma Science 42 (2014) pp. 2672-2673.
[15] Formation of carbon nanoparticle using Ar+CH_4 high pressure nanosecond discharges", K. Koga, X. Dong, S. Iwashita, U. Czarnetzki, M. Shiratani, J. Phys. : Conf. Series (SPSM26), 518(2014) 012020.

採択回数	1 ② 3

（萌芽）

採択番号　H25/B03

次世代通信機器用磁性材料ならびに磁性デバイスに関する研究

［1］組織

代表者：柳井　武志
（長崎大学大学大学院工学研究科）
対応者：石山 和志
枦 修一郎
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
薮上 信（東北学院大学工学部）
小澤 哲也（東北学院大学工学部）
直江 正幸（電磁材料研究所）
内田 裕久（東北工業大学工学部）
池田 愼治（富山高等専門学校）
佐藤 敏郎（信州大学工学部）
曽根原 誠（信州大学工学部）
中山 英俊（長野工業高等専門学校）
井上 光輝（豊橋技術科学大学大学院）
中村 雄一（豊橋技術科学大学大学院）
高木 宏幸（豊橋技術科学大学大学院）
後藤 太一（豊橋技術科学大学大学院）
本田 崇（九州工業大学大学院工学研究院）
竹澤昌晃（九州工業大学大学院工学研究院）
福永 博俊（長崎大学大学院工学研究科）
中野 正基（長崎大学大学院工学研究科）
山本 健一（琉球大学工学部）

延べ参加人数：３０人

研究費：旅費３４万２千円

［2］研究経過

携帯電話やパソコンなどに代表される情報通信機器は著しく発展しており，今後も更なる発展が予測される。情報通信機器の今後の発展のためには，内部で用いられる電気・電子デバイスの発展が不可欠であり，デバイスで用いる電気・電子材料の特性を熟知したうえで，デバイスに応用していく必要がある。すなわち，優れたデバイスの開発には材料からデバイス作製まで一貫した研究開発が有利といえるが，研究者が扱う研究テーマの細分化が進んでいる現状では，材料開発からデバイス開発まで一貫した研究開発を行うことは，設備的にも時間的にも容易なことではない。研究・開発のスピードと質を両立させようと考えると，それぞれの専門家・研究者が持つ知見や技術に関する情報交換の場を積極的に活用し，共有する必要があるといえる。

以上のような背景の下，我が国がこれまで学術面・産業面で世界的にリードしてきた“磁気”の分野に関するデバイスすなわちアクチュエータ，磁気センサ，各種インダクタ素子などに代表される「磁性デバイス」を発展させることを目的に，主に

① 材料開発
② 材料評価
③ 磁性デバイス開発

の各分野を専門とする研究者で本研究会を組織した。

本プロジェクトは，H25年度に採択され，本年度が2年目である。本年度は12/3- 4の2日間，東北大学電気通信研究所内の会議室にて，「次世代通信機器用磁性材料ならびに磁性デバイスに関する研究」というテーマにて研究会を行った。本研究会では，2名の博士課程の学生を交え，研究成果発表ならびにディスカッションを行った。本研究会では，前年度同様各自の研究を見つめなおすことによる研究の質の向上を主題としつつ，各自が得意とする研究分野および各自が有する技術を紹介し，また関連する成果報告を行った。この研究会を通じ，各々の分野の現状と課題を共有・理解し，ディスカッションを通じた課題克服法および共同研究の可能性の模索を行った。

［3］成果

（３－１）研究成果

詳細な成果に関しては[4]の成果資料内にて報告している。ここでは，代表者が関与した新しい連携が生まれた成果に関して記述する。

代表者らのグループは電析法で作製した硬・軟磁性膜に関する研究を進めた。以下にその成果をまとめる。

①10 kOe を超える大きな保磁力を有する白金系の電析膜を実現した。本成果は，東北大学のグループとの間に新しい研究テーマを創出した。具体低には，ナノ粒子を包含する高性能ナノコンポジット磁石の創製に共同で取り組んでいる。化学的な手法を用いた創製方法であることから量産化が期待され，かつレアアースを含まないことから既存の希土類磁石を代替する新規磁石として期待され，今後の発展が期待される興味深いテーマの一つである。

②水溶液を用いた Fe-Ni 膜に関して，高効率成膜を実現した。本成果は，信州大学のグループによって活用され，新しい情報記録法の確立に向け研究が進められている。また，センサへの活用に関して，興味を示すグループがあり，高感度センサの実現に向けた共同研究が進行中である。

③新しい薄帯作製法を考案し，豊田工大のグループと高周波駆動変圧器への応用を検討している。本成果は磁気の分野で大きな国際会議である the IEEE International Magnetics Conference (5 月)および 20th International Conference on Magnetism (7 月)にて報告予定である。

④水溶液に代わる新規溶媒として，新共晶溶媒（DES：Deep eutectic solvent）に着目し，Fe や Ni, Fe 系合金膜作製に関する研究に取り組んだ。その結果 DES 浴は，幅広い組成範囲で高い電流効率が得られることがわかってきた。DES に関しては，水溶液では作製できない磁性膜の実現が期待されており，大型予算の獲得に向けた準備を進めている。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本年度は，研究の連携が進んだ成果が数件，報告され始めた。これは，前年度のプロジェクト研究会を通じて，学外研究者との交流が活性化したことが一つの要因として考えられる。（３－１）で記述したように，プロジェクト研究会での講演内容をもとに，一部で共同研究が始まった。また，その他にも共同研究がスタートしたグループもあり，今後も継続的な交流を行うことで，新しい研究領域の開拓（萌芽的研究の発見）に結びつくと考えられ，今後の個々の研究あるいは研究者が連携した研究の発展が期待される。

［４］成果資料

1. R. Parsons, T. Yanai, H. Kishimoto, A. Kato, M. Ohnuma, and K. Suzuki, “Induced magnetic anisotropy in Si-free nanocrystalline soft magnetic materials: A transmission x-ray diffraction study”, *Journal of Applied Physics*, 2015.5, to be published.
2. T. Yanai, K. Shiraishi, Y. Watanabe, T. Ohgai, M. Nakano, K. Suzuki, and H.Fukunaga, “Magnetic Fe-Co films electroplated in a deep-eutectic-solvent-based plating bath”, Journal of Applied Physics, 2015.5, to be published.
3. T. Yanai, K. Furutani, T. Ohgai, M. Nakano, K. Suzuki, and H.Fukunaga, “Fe-Pt thick-film magnets prepared by electroplating method”, Journal of Applied Physics, 2015.5, to be published.
4. H. Fukunaga, R. Hori, M. Nakano, T. Yanai, R. Kato, Y. Nakazawa, “Computer simulation of coercivity improvement due to microstructural refinement”, Journal of Applied Physics, 2015.5, to be published.
5. Y. Watanabe, T. Yanai, M. Otsubo, A. Takahashi, T. Ohgai, M. Nakano, K. Suzuki, H. Fukunaga, “Improvement in current efficiency of electroplated Fe-Ni films prepared in citric-acid-based baths”, Journal of Applied Physics, 2015.5, to be published.
6. M. Naoe, N. Kobayashi, S. Ohnuma, M. Watanabe, T. Iwasa, and H. Masumoto, “Control of In-Plane Uniaxial Anisotropy of CoPd-CaF_2 Nanogranular Films by Tandem-Sputtering Deposition”, IEEE Magnetics Letters, Vol.5, 2014.11, #3700404.

7. T. Yanai, S. Horita, M. Nakano, S. Tsutsumi and H. Fukunaga, "Reduction in Flux Loss of a Nd-Fe-B Bonded Ring Magnet for a SPM Motor", IEEE Transactions on Magnetics, Vol.50, Issue 11, 2014.11, #7400804.

8. T. Yanai, K. Shiraishi, Y. Watanabe, M. Nakano, T. Ohgai, K. Suzuki, and H.Fukunaga, "Electroplated Fe-Ni films prepared from deep eutectic solvents", IEEE Transactions on Magnetics, Vol.50, Issue 11, 2014.11, #2008404.

9. M. Nakano, M. Itakura, T. Yanai, F. Yamashita and H. Fukunaga, "Isotropic Nd-Fe-B Thick-Film Magnets for Micro-Rotors Prepared by PLD Method", Electrical Engineering in Japan, 187, Issue 3, 2014.5, pp. 1-6.

10. T. Yanai, K. Shiraishi, T. Shimokawa, Y. Watanabe, T. Ohgai, M. Nakano, K. Suzuki, and H. Fukunaga, "Electroplated Fe films prepared from a deep eutectic solvent", Journal of Applied Physics, 115, No.17, 2014.5, pp. 17A344-1～3.

11. A. Tou, T. Morimura, M. Nakano, T. Yanai, and H. Fukunaga, "Magnetic properties and microstructure of Sm-Co/α-Fe nanocomposite thick film-magnets composed of multi-layers over 700 layers", Journal of Applied Physics, 115, No.17, 2014.5, pp. 17A748-1～3.

12. M. Nakano, S. Oshima, T. Yanai, and H. Fukunaga, "Magnetic properties of pulsed laser deposition-fabricated isotropic Pr-Fe-B thick-films magnets for magnetic micro-machines", Journal of Applied Physics, 115, No.17, 2014.5, pp. 17A741-1～3.

13. R. Horikawa, H. Fukunaga, M. Nakano, and T. Yanai, "Magnetic properties of isotropic and anisotropic $SmCo_5$/α-Fe nanocomposite magnets with a layered structure simulated by micromagnetic theory", Journal of Applied Physics, 115, No.17, 2014.5, pp. 17A707-1～3.

14. T. Yanai, T. Shimokawa, Y. Watanabe, T. Ohgai, M. Nakano, K. Suzuki, and H. Fukunaga, "Effect of current density on magnetic properties of electrodeposited Fe-Ni films prepared in a citric-acid-based-bath", Journal of Applied Physics, 115, No.17, 2014.5, pp. 17A325-1～3.

15. H. Fuketa, Y. Shinozuka, K. Ishida, M. Takamiya, T. Fujii, H. Shimizu, K. Kobayashi, T. Sato, T. Sakurai, "Efficiency Increase in On-Chip Buck Converter by Introduction of High Permeability Material to Inductor on Interposer", Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Vol.61, No.S1, 2014.5, pp.S340-S342.

16. Y. Yazaki, K. Ishidate, K. Hagita, Y. Kondo, S. Hattori, M. Sonehara, T. Sato, T. Watanabe, Y. Seino, N. Matsushita, "Embedded Planar Power Inductor in an Organic Interposer for Package-Level DC Power Grid", IEEE Transactions on Magnetics , Vol.50, No.11, 2014.11, #8401304.

17. D. Karasawa, M. Sonehara, S. Kitazawa, T. Sato, "Development of Optical Probe Current Sensor with Kerr Effect for Power Electronics", IEEE, IEEE Sensors 2014 Proceedings, 2014.11, pp.1928-1931.

（代表的な査読付き欧文紙を掲載）

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　Ｈ２５／Ｂ０４

磁性の電界制御の物理と応用

［１］組織
代表者：白井　正文
（東北大学 電気通信研究所）
対応者：白井　正文
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
小田　竜樹（金沢大学 理工研究域）
中村　浩次（三重大学 工学研究科）
古場　治朗（三重大学 工学研究科）
名和　憲嗣（三重大学 工学研究科）
三浦　良雄（京都工芸繊維大学）
鈴木　義茂（大阪大学 基礎工学研究科）
三輪　真嗣（大阪大学 基礎工学研究科）
野崎　隆行（産業技術総合研究所）
塩田　陽一（産業技術総合研究所）
今村　裕志（産業技術総合研究所）
北岡　幸恵（産業技術総合研究所）
小田　洋平（福島工業高等専門学校）
喜多　浩之（東京大学 工学系研究科）
大石　竜輔（東京大学 工学系研究科）
千葉　大地（東京大学 工学系研究科）
小山　知弘（東京大学 工学系研究科）
辻川　雅人（東北大学 電気通信研究所）
金井　　駿（東北大学 電気通信研究所）
延べ参加人数：１９人

研究費：旅費　２５万円

［２］研究経過

不揮発性磁気メモリをはじめとするスピントロニクス・デバイスのさらなる低消費電力化を実現するためには，電界印加による磁化反転の技術を確立することが不可欠である。本プロジェクトでは，磁性の電界効果の理解を深め，そのデバイス応用を促進することを目的として研究を行った。

以下，研究活動状況の概要を記す。

本年度は，平成 26 年 12 月 5 日に東北大学電気通信研究所に関連研究者を集めて，最新の研究成果を発表すると共に，共同研究に向けて意見交換した。研究会の参加者は 31 名であった。講演者と講演題目を以下に記す。

小田 竜樹「2 重界面系 MgO/Fe/MgO の磁気異方性電界変調における非線形性の起源について」

野崎 隆行, Witold Skowronski, 塩田 陽一, 薬師寺 啓, 久保田 均, 福島 章雄, 鈴木 義茂, 湯浅 新治「Fe 基合金/MgO 界面における電圧磁気異方性制御とアシスト磁化反転への応用」

塩田 陽一, 三輪 真嗣, 田丸 慎吾, 野崎 隆行, 久保田 均, 福島 章雄, 鈴木 義茂, 湯浅 新治「電圧誘起強磁性共鳴を用いた高出力マイクロ波検波器」

金井 駿, 仲谷 栄伸, 岡田 篤, 佐藤 英夫, 松倉 文礼, 大野 英男「Ta/CoFeB/MgO 接合における電界誘起磁化ダイナミクス」

大石 竜輔, 喜多 浩之「CoFeB/MO$_x$界面磁気異方性の電界応答性に対する界面構成元素 M の影響」

古場 治朗, 喜多 浩之「CoFeB/TiO$_x$界面の化学状態変化に伴う磁気異方性の変調」

大日方 絢, 日比野 有岐, 小山 知弘, 千葉 大地「Pd/Co/Pt 多層膜における磁性の電界制御」

中村 浩次「外部電場下における遷移金属薄膜のキュリー温度」

辻川 雅人, 白井 正文「ホイスラー合金における磁性の電界効果」

［３］成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

電流駆動型のスピントルクダイオードを用いることで，半導体ダイオードに比べ３倍の検出感度が得られている。しかし，図１に示すように，高バイアス下では出力電圧は飽和してしまう。本研究では，CoFeB 参照層/MgO (2 nm)/CoFeB (2 nm)/上部電極からなる素子において，電圧誘起の強磁性共鳴を用いることで高バイアス下でも高い出力電圧が実現されることを実証した（図２)。［成果資料(1), (2)］

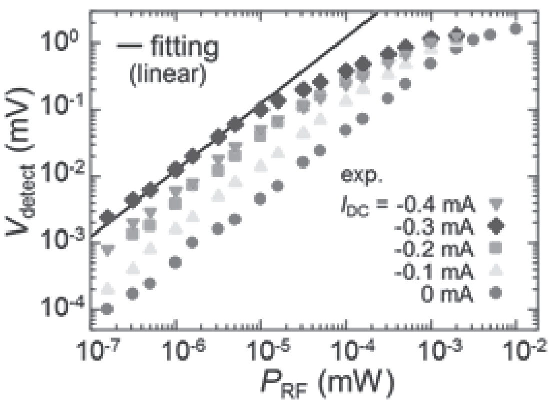


図 1. 電流駆動型スピントルクダイオードにおける出力電圧の入力電力依存性。

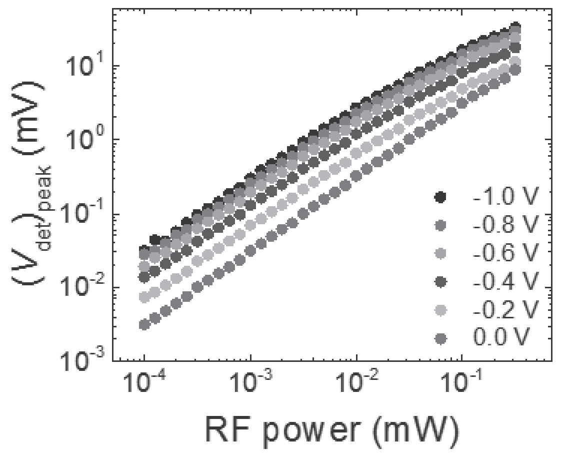


図 2. 電圧駆動型スピントルクダイオードにおける出力電圧の入力電力依存性。

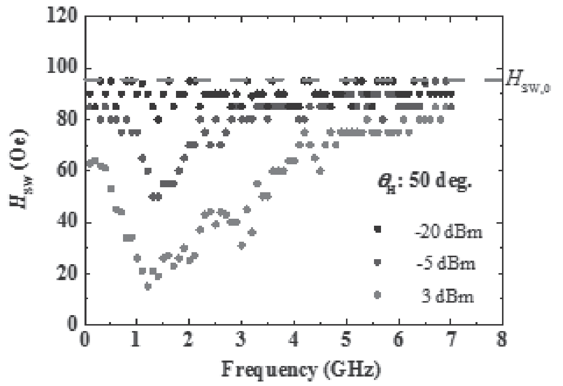


図 3. 高周波電力に対するスイッチング磁界の周波数依存性。

高周波電圧による垂直磁気異方性の振動変化を利用することで，アシスト磁化反転が可能であることを実証した。Fe 参照層 (0.7 nm)/MgO (2.5 nm)/FeB (1.5 nm)/上部電極からなるトンネル接合素子において，ホモダイン検波測定を用いることで，電圧誘起磁気異方性変化に起因した強磁性共鳴とそれによる反転磁界低減効果が確認された。図 3 に示すように 80%を超える反転磁界低減効果が得られており，電界効果を用いた新たなアシスト磁化反転手法の有効性が示された。 ［成果資料(3)］

下部電極/CoFeB (t nm)/MgO (2 nm)/Al_2O_3/上部電極からなるトンネル接合素子において，強磁性共鳴法を用いることで磁気異方性と磁気緩和定数の同時測定を可能とし，その電界効果の磁性層膜厚依存性を明らかにした。磁気異方性電界効果は膜厚に対して一定であり，界面による効果であることが示された。一方，磁気緩和定数は CoFeB 膜厚が 1.4 nm 以下において 1 V/nm あたり－14%と大きな電界変化が確認された（図 4)。 ［成果資料(4)］

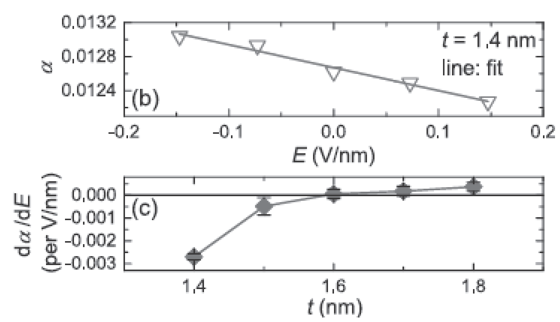


図 4. 磁気緩和定数とその電界変調の CoFeB 膜厚依存性。

MgO/FeB/MgO 系における実験で得られている磁気異方性の電界変調の非線形性について第一原理計算を用いて起源解明を行った。MgO (4 ML)/Fe (3 ML)/MgO (7 ML)のモデルにおける電界効果を求め，実験と同様な磁気異方性変調の非線形性が再現された。また，非線形性が界面 Fe の電子数に依存することを示した。 ［成果資料(5)］

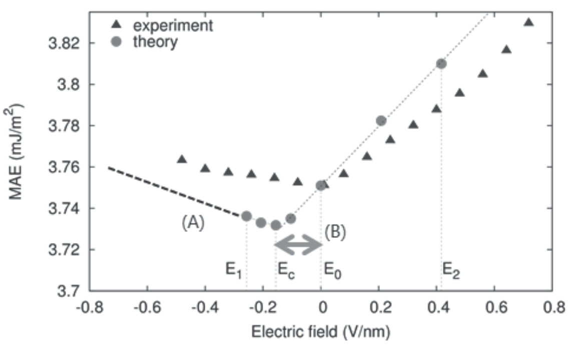


図 5. MgO/Fe/MgO 膜における磁気異方性エネルギーの電界依存性。

Pt 基板上の Co 超薄膜におけるキュリー温度の電界変化の起源を第一原理計算に基づいて解明した。スピンスパイラル状態のエネルギー分散から交換相互作用の電界依存を求めると共に，得られた交換相互作用および磁気異方性エネルギーからモンテカルロ法によりキュリー温度の見積もりを行った。Pt 基板上の Co 単原子層において実験と同じ傾向の Curie 温度の電界依存が得られた。また，*d* 軌道の電界による占有数依存性から，Curie 温度の変化が従来のSlater-Pauling則で説明可能であることを示した。［成果資料(6)］

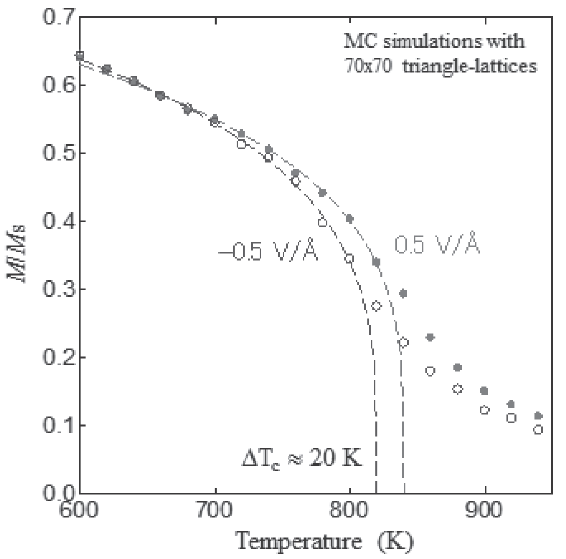


図 6. 第一原理計算およびモンテカルロ計算から得られた磁化の温度依存性。

（３－２）波及効果と発展性，研究分野への貢献

本プロジェクトにおいて，磁性の電界変調の微視的起源を解明することにより，磁性の電界制御を利用した省エネルギー・スピントロニクス・デバイスの実用化を促進できるものと，今後の発展が期待されている。

［４］成果資料

(1) S. Miwa, S. Ishibashi, H. Tomita, T. Nozaki, E. Tamura, K. Ando, N. Mizuochi, T. Saruya, H. Kubota, K. Yakushiji, T. Taniguchi, H. Imamura, A. Fukushima, S. Yuasa, and Y. Suzuki, “Highly sensitive nanoscale spin-torque diode”, *Nature Mater.* 13, 50 (2014).

(2) Y. Shiota, S. Miwa, S. Tamaru, T. Nozaki, H. Kubota, A. Fukushima, Y. Suzuki, and S. Yuasa, “High-output microwave detector using voltage-induced ferromagnetic resonance”, *Appl. Phys. Lett.* 105, 192408 (2014).

(3) T. Nozaki, H. Arai, K. Yakushiji, S. Tamaru, H. Kubota, H. Imamura, A. Fukushima, and S. Yuasa, “Magnetization switching assisted by high-frequency-voltage-induced ferromagnetic resonance”, *Appl. Phys. Express* 7, 073002 (2014).

(4) A. Okada, S. Kanai, M. Yamanouchi, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, “Electric-field effects on magnetic anisotropy and damping constant in Ta/CoFeB/MgO investigated by ferromagnetic resonance”, *Appl. Phys. Lett.* 105, 052415 (2014).

(5) D. Yoshikawa, M. Obata, Y. Taguchi, S. Haraguchi, and T. Oda, “Possible origin of nonlinear magnetic anisotropy variation in electric field effect in a double interface system”, *Appl. Phys. Express*, 7, 113005 (2014).

(6) M. Oba, K. Nakamura, T. Akiyama, T. Ito, M. Weinert, and A. J. Freeman, “Electric-field-induced modification of the magnon energy, exchange interaction, and Cuire temperature of transition-metal thin films”, *Phys. Rev. Lett.* 114, 107202 (2015).

採択回数	1　②　3

（先端）

採択番号　H25B05

新しい光科学の創成とナノ情報デバイスへの展開

［1］組織

代表者：尾松　孝茂
（千葉大学大学院融合科学研究科）
対応者：枝松　圭一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：桂川　眞幸（電気通信大学）
井戸　哲也（(独)情報通信研究機構）
芦田　昌明（大阪大学）
大村　英樹（(独)産業技術総合研究所）
熊倉　光孝（福井大学）
石川　顕一（東京大学）
長谷　宗明（筑波大学）
森下　亨　（電気通信大学）
延べ参加人数：４５人

研究費：旅費 273,000 円

［2］研究経過

○目的

光源開発、物質科学、量子光学、デバイス工学が高度に融合したことで、光の位相や電場ベクトルなどの時間・空間パラメーターが極限化され、アト秒物理をはじめとする革新的光科学が生まれた。
量子光学を研究する枝松圭一教授と新規光源開発を研究する千葉大学尾松孝茂教授をコーディネーターとし、光源開発、物質科学、量子光学、デバイス工学を手がけている第一線の若手研究者を一同に集め、協調的融合を促す。その結果、光を用いた革新的ナノ情報デバイスが創成できる。

○概要

本プロジェクト研究会の具体的な実施状況を以下に示す。
5 月 27 日　招待講演者リストアップと研究会日程の決定。（メール審議）
7 月―9 月　研究会プログラムの決定と各学会及び研究会への案内の配信。（メール審議）
10 月 30-31 日　研究会実施。（東北大学電気通信研究所）
研究会規模は講演件数 27 件(招待講演者 5 名含む)、聴衆約 70 名。（当日のプログラムは以下に添付）
11 月-12 月　反省会と研究会実施報告書作成。メール審議）

光を用いた次世代ナノ情報デバイス創成には光源開発、物質科学、量子光学、デバイス工学の研究者ネットワークと協調的な融合が必要不可欠である。そこで、本研究会では、これらの研究分野で活躍している若手研究者を一同に集め、最新の情報交換と研究討議を行った。その結果、次世代の日本の新しいナノ情報デバイス創成に向けた研究者ネットワークが構築できた。

「新しい光科学の創成とナノ情報デバイスへの展開Ⅱ」研究会

2014 年 10 月 30 日(木) ～31 日(金)
東北大学ナノスピン実験施設 4F　カンファレンスルーム

10 月 30 日(木)
9:50－10:00　開会の挨拶　田中拓男　（理研）

10:00－10:45　原子・量子光学（座長：田中拓男）

清水　亮介「強く相関した光子系の光科学」
熊倉　光孝「レーザー冷却・トラップ技術の微粒子への応用 II」
木下　俊哉「アンチドット型光格子内での超流動性の崩壊」
10:45－11:30　　招待講演 1（座長：木下俊哉）
酒見泰寛（東北大）「レーザー冷却原子による素粒子・原子核物理研究」
11:30－12:30　　高強度物理（座長：木下俊哉）
板谷　治郎「高強度赤外レーザーによる軟 X 線高次高調波発生」
森下　亨　「高強度レーザーによる超高分解能 4 次元時空イメージング」
石川　顕一「Enhanced Ionization のボーム経路解析」
芦原　聡　「赤外超短パルス電磁場の共鳴増強による光電界放出」
12:30－13:30　　昼食
13:30－14:15　　先端光源とその応用（座長：芦原聡）
桂川　眞幸「任意に操作可能な非線形光学過程」
井戸　哲也「フッ化物多層膜による VUV 光の高効率アウトプットカップリング」
長谷　宗明「X 線自由電子レーザー(SACLA)を用いた相変化ダイナミクスの観測」
14:15－15:00　　招待講演 2　（座長：櫛引俊宏）
横山弘之（東北大）「極限機能半導体レーザとバイオメディカル応用」
15:00－15:15　　休憩
15:15－16:00　　招待講演 3（座長：櫛引俊宏）
松浦祐司（東北大）「中空光ファイバ　ーX 線からテラヘルツまでー」
16:00－16:30　　光による物質操作（座長：櫛引俊宏）
櫛引　俊宏「オプトジェネティクスによる細胞制御」
芦田　昌明「超流動ヘリウム中における真球単結晶の作製」
16:30－17:15　　プラズモニクス・メタマテリアル
久保　敦　「非同径パルス対を用いた局所励起光応答の追跡」
田中　拓男　「湾曲金ナノロッドを用いたプラズモン誘起透明化と
ダークプラズモンモードの可視化」
宮丸　文章　「メタマテリアルによるテラヘルツ波の時間制御」
18:00－20:00　　懇親会

10 月 31 日(金)
9:15－10:00　　招待講演 4（座長：越野和樹）
三森康義（東北大）「半導体量子ドットの光学応答における局所電場効果」
10:00－10:45　　量子光学（座長：越野和樹）
青木　隆朗「断熱条件を満たすテーパーファイバー」
越野　和樹「インピーダンス整合 Λ 系によるマイクロ波光子検出」
早瀬　潤子「ダイヤモンド NV 中心を用いた磁場センシング」
10:45－11:00　　休憩
11:00－12:00　　強レーザー場現象（座長：青木隆朗）
前田　はるか「Rydberg 原子のマイクロ波多光子イオン化」
菱川　明栄「近赤外強レーザー場における He 原子の超高速２光子ラビ振動過程」
永井　正也「高強度 THz パルスによる有機結晶のアブレーション」
尾松　孝茂「光渦が拓くカイラル・フォトニクス」
12:00－12:45　　招待講演 5（座長：芦原聡）
伊藤弘昌（理研）「産学連携と大学研究・教育」
12:45－12:50　　閉会の挨拶　枝松圭一　（東北大）

○研究成果

1) "Ultraviolet vortex generation using periodically bonded β-BaB_2O_4 device," Yuta Sasaki, Mio Koyama, Katsuhiko Miyamoto, Yoshimi Ariga, Tomomi Onda, Ichiro Shoji, Takashige Omatsu, Optics Express, 22,11,

12829-12835 (2014).
2) “Direct observation of the topological charge of a terahertz vortex beam generated by a Tsurupica spiral phase plate,” Katsuhiko Miyamoto, Takuya Akiba, Kouji Suizu, Takashige Omatsu, Applied Physics Letters, 104, 261104 (2014).
3) "Uniaxial-isotropic Metamaterials by Three-dimensional Split-Ring Resonators," Che-Chin Chen, Atsushi Ishikawa, Yu-Hsiang Tang, Ming-Hua Shiao, Din Ping Tsai, and Takuo Tanaka, Advanced Optical Materials 3, pp. 44-48 (DOI: 10.1002/adom.201400316) (2015).
4) “単一光子による決定論的な量子状態スイッチング” 越野和樹，猪股邦宏，中村泰信，山本剛，日本物理学会誌 第69巻 第12号 (2014) 870.
5) "Efficient Single-Mode Photon-Coupling Device Utilizing a Nanofiber Tip", S. Chonan, S. Kato, and T. Aoki, Sci. Rep. 4, 4785 (2014).
6) “Spectral Response of Localized Surface Plasmon in Resonance with Mid-Infrared Light,” F. Kusa and S. Ashihara, J. Appl. Phys. Vol.116, No.15, 153103 (2014).
7) “Optogenetics: Novel tools for controlling mammalian cell functions with light” Toshihiro Kushibiki, Shinpei Okawa, Takeshi Hirasawa, Miya Ishihara, International Journal of Photoenergy, Article ID 895039, 1-10 (2014).

採択回数	1	2	3

（先端）

H25／B06

低炭素エネルギー社会を実現する電磁波技術に関する研究

［1］組織

代表者：大平　孝
（豊橋技術科学大学）
対応者：末松　憲治
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
水野　皓司（東北大学 電気通信研究所）
石川　容平（京都大学 生存圏研究所）
伊東　健治（金沢工業大学 工学部）
伊山　義忠（熊本高専）
澤谷　邦男（東北大学 工学部）
常信　和清（富士通研究所）
高木　直（東北大学 電気通信研究所）
徳満　恒雄（住友電工）
二川　佳央（国士舘大学 理工学部）
野本　俊裕（東北工業大学 工学部）
橋本　修（青山学院大学 理工学部）
松永　誠（岡山理科大学）
宮崎　守泰（三菱電機）

延べ参加人数：10人
研究費：旅費30万6千円

［2］研究経過

有限な地球資源の有効活用、さらに環境汚染のないエネルギー世界の実現は、未来の世界が持続的に発展していく上で不可欠なものであり、現在の我々に課せられた大きな課題でもある。また、先の東日本大震災の教訓を受け、原子力に代わるエネルギーの探索も重要である。これらの課題解決の方策として、脱化石燃料化、再生可能エネルギーによる発電技術（太陽光、風力、etc.）の開発・実用化が世界規模で進められつつある。

電力の有効利用に関しては、家庭における太陽光発電、スマートメータ、HEMS(Home Energy Management System)、V2G(Vehicle to Grid)/V2H(Vehicle to Home)などからなるスマートハウスシステムが提案され、大きな市場が見込まれる。また、脱化石燃料の観点から電気自動車（PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) / EV (Electric Vehicle)）の開発が世界中で積極的に進められつつある。

これらのシステムを実現する上で重要な技術として、蓄電技術とワイヤレス給電技術が注目され、積極的に技術開発が進められている。また、一方、省電力技術は古くて新しい課題であり、高効率化、低消費電力化、低損失化の技術開発、さらには、エネルギー・ハーベスティングなどの新技術開発が進められつつある。

このような現状における課題解決のため、本プロジェクトでは、電磁波によるエネルギー応用技術に着目し、以下の項目を中心に研究を行う。

(1) ワイヤレス給電技術の研究
(2) 電磁波によるエネルギー応用に関する新技術・新システム提案と課題検討
(3) 省電力RF技術の研究

昨年度に引き続き年1回の研究討論会を実施した。以下に実施内容を示す。

＜研究討論会＞
日時：平成26年11月14日（金）13：00～
場所：仙台市青葉区片平2丁目
東北大学電気通信研究所2号館 中会議室
出席者（敬称略）：水野、大平、石川、伊東、伊山、常信、高木、徳満、松永、佐々木

［プログラム］
(1)「ワイヤレス電力伝送の拡張kQ公式」　大平孝
(2)「小形ブリッジ形整流回路を用いた2.4GHz 帯レクテナ」伊東健治
(3)「海洋インバースダムの会発足1年の歩み」石川容平
(4)「ミリ波GaN HEMT技術　」常信和清
(5)「オールシリコンCMOS IC 技術」高木直
(6)「テラヘルツ波、熱放射、生命」　水野皓司
(7)「熊本高専における最近の高周波技術教育について」　伊山義忠
(8)「SEI/SEDIが推進する3-D WLCSPの現況」徳満恒雄
(9)「トピックス紹介-オーディオ技術-」松永誠

［3］成果
（3－1）研究成果
研究討論会での報告・討論を通じて⑴ ワイヤレス給電技術、⑵新技術・新システム、⑶ 省電力 RF 技術、に関して以下の知見を得た。
（1）　ワイヤレス給電技術
・これまで、主なワイヤレス技術の応用分野は、1）ラジオ・テレビ放送、2）移動通信であり、既に国民一人1台にまで普及率が到達しほぼ飽和しつつある。近年これに続く第3の波「ワイヤレス電力伝送」が浮上してきた。そのキラーアプリのひとつは路面インフラからエネルギーを送り続けて電気自動車を走行させる「移動体電力伝送」である。高周波電力伝送の電力効率の理論的上限を与える指標として「kQ 積」が知られている。ここで、k は送電器と受電器の結合係数、Q はこれらに用いられている素子の Q ファクタである。本研究ではこの理念を拡張し、最大電力効率を統一的に説明する「拡張 kQ 公式」の発見に成功した。この公式はあらゆる高周波電力伝送の研究開発の際に理論的性能指標として設計および評価プロセスにおいて広く活用することが期待できる。
・小形ブリッジ形整流回路と折り返しダイポールアンテナを組み合わせた 2.4GHz 帯レクテナの設計、試作をおこなった。このブリッジ形整流回路は、付加回路なく全波整流動作が可能であり小形化に適している。さらに、L 形 LPF を用いることにより、ショットキバリアダイオード（SBD）の接合容量による効率低下を抑制でき、また、高インピーダンス化が容易な折返しダイポールアンテナを用いることで、高効率化が図れる。Si-SBD を用いた 2.4GHz 帯レクテナを試作し、26.2dBm 入力時に 80.0%の高効率動作を確認した。
（2）新技術・新システム
・平成25年10月4日に海洋インバースダムの会を発足して1年が過ぎた。この間、会を取り巻く環境や再生可能エネルギー（再エネ）を取り巻く環境は大きく変化した。当初、海洋インバースダムのみを開発実用化すれば再エネ比率は容易に上がるという前提で出発したが、我が国の状況は再エネ生産地と消費地が離れているため電力伝送を同時に考えなければならないことが新たな課題として浮上した。この問題に対する根本的な対策については経済産業省の系統ワーキンググループなどで検討されているが、いまだ方向性が示されていないほど困難な課題である。この会ではこの種の問題に答えるべく活動を行っている。海洋インバースダムによる大量電力備蓄によって地産地消を促進するとともに遠方で生産された再エネを大量に有効利用する方策の検討を行っている。
（3）省電力 RF 技術
・窒化ガリウム（GaN）を用いた青色 LED は既に省エネ光デバイスとして実用化されているが、GaN は電子デバイス用途でも GaN 高電子移動度トランジスタ（GaN HEMT : High Electron Mobility Transistor）として ICT システムへの応用が期待されている。GaN HEMT は低抵抗特性と高い破壊耐圧特性により、高周波パワーデバイスとしての優れた性能を有しており、高効率・省電力な GaN HEMT による低炭素エネルギー社会への貢献が期待されている。E-band 通信や 5G 通信システムなどの、新たな市場として注目されているミリ波大容量通信システム向けパワーアンプ用途に GaN HEMT 技術は有望である。ここでは、特に、電子供給層に InAlN を用いてさらに高出力化をめざした InAlN/GaN HEMT のデバイス設計技術と回路設計用モデル技術について紹介した。
・Machine to machine(M2M)通信など、移動体通信の需要はますます増大し、通信トラヒックは今後10年で1,000倍に達すると言われている。また、東日本大震災などの経験を踏まえて、災害時にも必ずつながる通信が求められている。これらの“通信トラフィックの増大”と“必ずつながる”という要求に応えることができる通信システムとしてディペンダブルエアを提案し、そのネットワーク技術および端末用回路技術の開発を行っている。特に端末は小型・低コストである必要から、CMOS IC による RF とデジタルの集積が重要であると考えられる。一方、近年の微細化により CMOS トランジスタの fT は 350GHz に達しており、CMOS でミリ波帯までカバーできる時代になりつつある。ここでは、端末を実現する上でキーとなる CMOSIC の試作結果について紹介している。
（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献
本プロジェクトメンバが実行委員長となり下記国際会議およびワークショップを成功裏に開催した。会議において、本プロジェクトテーマの内容についても積極的に議論がされた。
⑴ 国際会議 : APMC 2014
実行委員長 : 末松 憲治（東北大学）
開催期日 : 2014年11月4〜7日
開催場所 : 仙台国際センタ（仙台）
参加人数 : 767名
⑵ ワークショップ : MWE 2014
実行委員長 : 常信 和清（富士通研究所）
開催期日 : 2014年12月10〜12日
開催場所 : パシフィコ横浜（横浜）
参加人数 : 5,502名

［4］成果資料

(1) Takashi Ohira, "Extended k-Q product formulas for capacitive- and inductive-coupling wireless power transfer schemes" IEICE Electronics Express, ELEX, vol. 11, no. 9, pp.1-7, May 2014.

(2) Takashi Ohira, "A lucid design criterion for wireless power transfer systems to enhance their maximum available efficiency (invited)," Asia-Pacific Microwave Conference, APMC2014, pp.1157-1158, Sendai, Nov. 2014.

(3) Takashi Ohira, "Maximum available efficiency formulation based on a black-box model of linear two-port power transfer systems," IEICE Electronics Express, ELEX, vol.11, no.13, pp.1-6, June 2014.

(4) Takashi Ohira, "Via-Wheel Power Transfer for Fourth Generation Road Vehicles (invited)," SAE Electric Vehicle Technology Conference, EVTeC2014, pp.20144030, Yokohama, May 2014.

(5) 石川容平, “マイクロ波ミラー衛星と海洋インバースダムを中核としたグローバルスマートグリッド構想～究極の再エネと究極の省エネを狙う～ (Keynote Address)”, 2014 Microwave Workshops and Exhibition (MWE 2014), Yokohama Japan, pp.3-8,Dec.2014.

(6) K. Joshin, K. Makiyama, S. Ozaki, T. Ohki, N. Okamoto, Y. Niida, M. Sato, S. Masuda, and K. Watanabe, "Millimeter-wave GaN HEMT for power amplifier applications," IEICE Trans. on Electronics vol. E97-C, pp. 923-929, 2014.

(7) K. Joshin, S. Ozaki, T. Ohki, N. Okamoto, Y. Niida, and K. Makiyama, "Millimeter-wave GaN HEMT model with VDS dependence of CDS for power amplifier applications," Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), pp.582-584, 2014.

(8) T. Tokumitsu, M. Kubota, K. Sakai, and T. Kawai, "Application of GaAs Device Technology to Millimeter-Waves," SEI Tech. Review, no. 79, pp. 57-65, Oct. 2014.

(9) K. Mizuno, “The Mm-wave and THz Band as a Transition Region,” 7th Global Symposium on Millimeter-waves (GSMM2014), Seoul, Korea, May 2014.

(10) K. Yokoo and K. Mizuno, “History of the Microwave-Tube Art at Tohoku University,” 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), Sendai, Japan, Nov. 2014.

(11) Jun Hashimoto, Kenji Itoh, Mitsuhiro Shimozawa, Koji Mizuno, "Fundamental Limitations on the Output Power of Balanced Mixers and Even Harmonic Mixers in Modulator Operation," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol.62, no. 12, pp.3085-3094, 2014-12.

(12) Motoki Ito, Kohei Hosodani, Kenji Itoh, Shin-ichi Betsudan, Shigeru Makino, Tetsuo Hirota, Keisuke Noguchi, Eiji Taniguchi,"High Efficient Bridge Rectifiers in 100MHz and 2.4GHz bands,"Proc. IEEE Wireless Power Transmission Conference 2014, T-Fr1-1, 2014.

(13) 伊山義忠, “バラクタダイオード並列共振回路についての寄生抵抗を考慮した発振回路のQファクタ解析,” 信学技報, MW2014-128, pp.27-31, Nov. 2014.

(14) Shinya Kitagawa, Ryosuke Suga, ane Osamu Hashimoto, "A Switchable Microwave Reflector Using Pin Diodes," IEICE Trans. Electron., Vol.E97-C, No.7, pp.683-688, Jul. 2014.

(15) Kunio Sawaya, “Historical review of research and development on linear antennas in Tohoku University,” Proc. Asia-Pacific Microwave Conference 2014 (APMC 2014), Sendai, Japan, pp.986-988, Nov. 2014.

(16) N. Suematsu, S. Kameda, H. Oguma, M. Sasanuma, S. Eguchi, and K. Kuroda, "Multi-Mode Portable VSAT for Disaster-Resilient Wireless Networks," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014),TH2E-4, Nov. 2014 (Invited).

(17) K. Terajima, K. Fujii, T. Sonoda, T. Takagi,E. Nakayama, S. Kameda, N. Suematsu, K. Tsubouchi,"A 2.0 GHz CMOS Triple Cascode Push-Pull Power Amplifier with Second Harmonic Injection for Linearity Enhancement,"European Microwave Week 2014 (EuMW2014), EuMC/EuMIC01-04, Roma, Oct. 2014.

(18) K. Fujii, K. Terajima, T. Sonoda, T. Takagi, S. Kameda, N. Suematsu,and K. Tsubouchi,"The Improvement of Efficiency in L-Band 10W GaN HEMT Power Amplifier by Harmonic Injection," 2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014), TH1G-19, Nov. 2014.

採択回数	1	②	3

（先端・大型・その他）

採択番号：Ｈ２５／Ｂ０７

物体の表面属性の視知覚に関わる脳内メカニズムの研究

［1］代表者：岡嶋　克典
（横浜国立大学）
対応者：栗木　一郎
（東北大学）
分担者（５０音順）：
内川　惠二（東京工業大学）
北岡　明佳（立命館大学）
鯉田　孝和（豊橋技術科学大学）
郷田　直一（自然科学研究機構生理学研究所）
小松　英彦（自然科学研究機構生理学研究所）
齊藤　晴美（NTT サイバーソリューション研究所）
坂田　勝亮（女子美術大学）
篠森　敬三（高知工科大学）
須長　正治（九州大学）
徳永　留美（立命館大学）
辻村　誠一（鹿児島大学）
中内　茂樹（豊橋技術科学大学）
永井　岳大（山形大学）
仲泊　聡　（国立障害者ﾘﾊﾋﾞﾘﾃｰｼｮﾝｾﾝﾀｰ病院）
西田　眞也（NTT コミュニケーション科学基礎研）
福田　一帆（東京工業大学）
本吉　勇　（東京大学）
溝上　陽子（千葉大学）
矢口　博久（千葉大学）
山内　泰樹（山形大学）

延べ参加人数：２７人

研究費：旅費２８万８千円

［2］研究経過

ICT 技術によりコミュニケーションが行われる際に，必要な情報が的確に伝達される事は重要な要素技術であると考えられる．例えば電子商取引などの場面において，質感や色の情報が的確に伝えられる事は社会的にも要請の高い重要な技術である．一方，観察対象を物体として同定・認識することは人間の視覚情報処理機構の重要な目的の一つである．質感や色は物体の同定において特に重要な情報であり，人間はこれらの情報を視覚的に取得し，視覚的な物体の同定を日常的に行っている．本研究では，物体表面の属性に関する様々な研究を行っている第一線の視覚研究者や，当該分野で著明な業績を上げている関連研究者などが一堂に会して研究会を行うことにより，物体表面の属性（質感・色など）を視覚的に取得する情報処理に関する知見を結集することを目的とする．

人間の脳内における，物体表面の属性（質感や色など）に関する情報処理メカニズムの研究を主題とする．色彩は視覚情報の中で強い影響力を持っている．例えば，白黒画像中で物の探索を行うのは，カラー画像中で行うよりはるかに困難である．また，物体の同定（identification）は視覚情報処理の重要なゴールの１つであり，物体表面の持つ特徴（質感や色）の分析は物体同定のための重要な役割を担っている．質感は科研の新学術研究領域（質感脳情報）として取り上げられており，視覚科学・神経科学の分野では重要な研究課題の１つと認められている．

本研究会では，これらの視覚情報処理に関連する研究を推進している工学・生理学・医学・心理学・美術学などの文理の多様な分野にまたがる研究者を招聘して研究会を開催し，深いディスカッションを通して人間の物体認識メカニズムにおける未解決の重要な研究課題の抽出を行うことを目的とする．

第２年度の研究会においては，質感や色などの物体表面の特徴に関する視覚的情報処理の研究分野におけるホットトピックを探る目的で，研究者同士の意見交換を目的とした研究会を行った．

以下の概要で研究会を開き，各研究者の研究状況の報告およびその内容に関する詳細な検討を２回にわたって行った．

平成２６年度，質感・色覚研究会（第１回）
日時：平成２６年９月２２日～２３日
場所：東北大学電気通信研究所　大会議室

１．溝上陽子：かすみに対する順応と彩度知覚の安定性
２．佐藤いまり（招聘）：反射・蛍光分光特性のモデル化
３．坂田勝亮：長時間色順応における色補正メカニズム

4．日浦慎作（招聘）：メタリック塗装のモデリング
5．中内茂樹：分光情報の修飾で出来ること
6．木村英司：左右眼でのユニーク色の対応と両眼性色処理過程
7．郷田直一：視覚野における物体素材表現に視触覚経験が及ぼす効果
8．鯉田孝和：グレア錯視と白色の知覚

平成２６年度，質感・色覚研究会（第２回）
日時：平成２６年１２月２５～２６日
場所：東北大学電気通信研究所　中会議室

1．徳永留美・篠田博之：顔色のカラーネーミングと想起される色の一致度について
2．若井宏平（招聘）：塗装色差の目視評価に対応する機器測色差と色座標
3．佐藤智治：不完全色順応による錐体感度変化と色の見えの不一致
4．本吉　勇：オン・オフ信号とブラーの知覚
5．北岡明佳：静脈錯視のメカニズム
6．渡邊智章・山内泰樹：長時間両眼に異なる色刺激を呈示した際の順応効果
7．永井岳大・山田尚純：素材カテゴリ認知の時間特性

いずれの研究会も文部科学省新学術研究領域「質感認知の脳神経メカニズムと高度質感情報処理技術の融合的研究（略称：質感脳情報学）」との共同開催として行われた．招聘講演者はいずれも，質感脳情報学との交流に基づいて選出された．

［3］研究成果
以下，研究会におけるそれぞれの講演について，報告・検討された事項を要約する．

［3．1］第1回研究会

溝上は，「かすみ（haze/fog）」を伴う視野に対する順応の効果について行った実験結果を報告した．かすみは加齢による水晶体の白濁などに伴って光学的に生じる現象であり，その影響を除去する生理的メカニズムの有無について論じられた．

佐藤（い）は，蛍光を伴う反射物体の分光的な特徴の特殊性に着目し，照明光スペクトルの操作と画像の取得・処理に工夫を施して蛍光物質を含む領域を分離する技術について，最近の研究動向や自身の研究成果を報告した．

坂田は，色刺激に対して長時間（>４時間）の順応を行うと，順応刺激の補色を感じる正の残効と，順応と同じ色相を感じる負の残効の両方が観測された実験の結果について報告した．

日浦は，煌めきを伴うメタリック塗装表面をコンピュータグラフィクス上で再現するための近似的な方法に関する研究について報告した．金属表面の煌めきの表現については，近似計算に用いられるパーリンノイズの性質に依拠する部分が大きい事が解った．

中内は，物質間で異なる分光特徴の差分を拡大して表示する技術により，例えば化粧肌と素肌を可視化する応用を紹介した．分光特徴の違いが存在する波長に的を絞れば，簡易な装置で可視化が可能である事や，撮像系ではなく照明の分光特徴を操作する事も有効であると報告した．

木村は，左右眼でユニーク色が一致するかという問いに対する実験を行う事により，ユニーク色が両眼性のシステムで決定されているのか，片眼性のシステムで決定されているのかを明らかにしようと試みた．明順応／暗順応下にて左右眼の特性を調べた．

郷田は，質感を視覚的に得る能力が素材に対する触覚経験による影響を受けるか，受けるとしたらどの脳部位が深く関連しているか，サルの行動実験とfMRI 実験によって調べた結果を報告した．触覚実験において，一部の素材（毛皮）に対し一切手を触れようとしない現象が生じ，触覚的経験を与える条件を統制する事の困難が報告された．

鯉田は，発光を知覚させる絵画や写真中において，被写体の周辺に現れる輝度グラデーションにより知覚される「グレア錯視」について，その着色による効果の特徴について報告した．

［3．2］第2回研究会

徳永は，最近のテーマである「法と心理」に関する研究について，目撃証言，警察官，裁判官で色に関する表現や解釈が食い違う事象について，それを防ぐ技術が求められている事を報告した．例えば，顔色の一般的な表現による「ゆらぎ」がどの程度存在するかについて実験を行った成果を報告した．言語や記憶による変容も考慮すると，言葉を用いない方が適切では，等の議論が交わされた．

若井は，自動車塗装の実車評価において生じる錯覚的な色の見えの変容に関する研究について報告した．実際に塗板サンプルを見ながら，どのようなレベルの色差が問題になっているか，錯視（水彩錯視，クレイク・オブライエン・コーンスウィート錯視な

ど）がどのような形で色味の評価に影響を及ぼすかを紹介した．さらに，それらの影響を考慮した色差評価システムの開発の可能性について活発な意見交換が行われた．

佐藤（智）は，微妙な色の違いを見分ける（弁別）能力と，色の見え方を量的に評価する能力を評価する実験を行なったところ，赤背景に順応した時には両者の能力の中立点が異なる事を示す結果を得た．白色順応時は中立点が一致していた．色弁別の研究は主に，少数メカニズムの出力の組み合わせで実験結果が表現できると主張しているが，それだけでは色の見え方は説明できない事を示した．

本吉は，画像の平均輝度からのコントラスト増分・減分の各々を独立に操作すると，一部の条件でボケあるいは輪郭強調に似た画像が得られることを報告した．画像の統制がどの程度正確に行なわれているかなど，初期の実験計画について細かい討論が行なわれた．

北岡は，静脈の色が青み／緑みを帯びて知覚されるが実際にはほとんど灰色であるという静脈錯視について，独自の画像処理ソフトウェアを用いて解説を試みた．画像処理ソフトは，RGB３原色のゲイン調整に加え，画像全体に共通する成分を差し引く減算処理を行なう．光の混合の原理を考慮すると，ゲイン調整ではなく減算処理の方が静脈錯視との関連が深そうとの仮説を示し，それについて深い議論が行なわれた．本研究については，共同プロジェクト研究発表会においてもポスター発表を行なった．

渡辺は，左右眼に異なる色ゴーグルを用いた順応を行ない，左右眼で順応効果の統合による打ち消しが生じるか否かについて議論を行なった．討論も活発に行なわれたが，研究が萌芽的段階にある事から，確定的な結論にはまだ至っていない．

永井は，質感の知覚に関連する要素のうち光沢感などの視覚的要素と，ざらざら感などの非視覚的要素の知覚成立に掛かる時間が異なる事を応答時間の分析により求めた結果について報告した．

［３．３］まとめ

昨年度に引き続き，文部科学省の新学術領域・質感脳情報との共催で研究会を企画し，質感脳情報の班員から特に本研究会と関連の深い研究を進めている研究者を話題提供者として招聘し，意見交換を行った．

工学的立場での研究では，知覚としての見え方（アピアランス）と測光器の値が同値であるとの誤解が生じやすい．しかし，今年度の招聘研究者はいずれも，目視による定量的評価の必要性を強く認識しており，一部の先端的研究においては測定器と見え方の齟齬が障壁となっている事を示している．一方，視覚基礎研究は，物理的に同じ光の見え方が変化する様子を定量的に測定・評価する技術が研究されており，その成果応用の場として工学的研究の評価が重要なフィールドとなりうると考えられる．工学的研究と視覚基礎研究の両分野における交流の重要性が改めて認識された．

新学術領域「質感脳情報」は本年度で終了となるが，次年度以降もネットワークを維持し，様々な分野の研究者と交流を続けて行く予定である．

［４］成果資料（関連する研究発表など）

1) 高橋 有希, 溝上 陽子, 矢口 博久 (2014) かすみに対する順応時間が彩度知覚に与える影響. *日本色彩学会第 45 回全国大会, 日本色彩学会誌 38,* 140-141.
2) Fu, Y., Lam, A., Kobashi, Y., Sato, I., Okabe, T., & Sato, Y. (2014). Reflectance and fluorescent spectra recovery based on fluorescent chromaticity invariance under varying illumination. *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR),* (pp. 2171-2178). IEEE.
3) Goda N, Tachibana A, Okazawa G, Komatsu H (2014) Representation of the material properties of objects in the visual cortex of nonhuman primates. *Journal of Neuroscience 34*(7) 2660-2673.
4) 若井宏平（2015）マルチアングル測色における⊿L*補正項の計算法. *日本色彩学会 測色研究会.* 2015/3/3.
5) 北岡明佳（2014）色の錯視いろいろ (13) 静脈の色の錯視. *日本色彩学会誌 38*(4), 323-324.
6) 渡邊智章，川島祐貴，永井岳大，山内泰樹(2015) 長時間両眼に異なる色刺激を呈示した際の順応効果. *VISION, 27*(1), 50.
7) 山田尚純，川島祐貴，山内泰樹，永井岳大(2015) 様々な質感属性の感覚量に対する刺激呈示時間の影響. *VISION, 27*(1), 52.
8) 佐藤智治, 永井岳大, 栗木一郎, 中内茂樹（2015）不完全色順応における色の見えと色弁別の基準点. *VISION, 27*(1), 34.

採択回数	1 ② 3

（大型）

採択番号Ｈ２５／Ｂ０８

身体性に基づく人間の適応的運動機能の理解

［1］組織

代表者：近藤　敏之
（東京農工大学大学院工学研究院）
対応者：石黒　章夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
太田　順（東京大学人工物研究センター）
今水　寛（ATR）
村田　哲（近畿大学医学部）
大木　紫（杏林大学医学部）
渋谷　賢（杏林大学医学部）
中島　剛（杏林大学医学部）
高草木　薫（旭川医科大学医学部）
筧　慎治（東京都医学総合研究所）
中陦　克己（近畿大学医学部）
船越　洋（旭川医科大学医学部）
淺間　一（東京大学大学院工学研究科）
田中　宏和
（北陸先端科学技術大学院大学）
前田　貴記（慶応義塾大学医学部）
加藤　元一郎（慶応義塾大学医学部）
千葉　龍介（首都大学東京）
青井　伸也（京都大学工学研究科）
稲邑　哲也（国立情報学研究所）
出江　紳一（東北大学医工学研究科）
田中　尚文（東北大学医工学研究科）
大内田　裕（東北大学医工学研究科）
芳賀　信彦（東京大学医学部）
内藤　栄一（情報通信研究機構）
花川　隆
（国立・精神神経医療研究センター）
関　和彦
（国立・精神神経医療研究センター）
横井　浩史（電気通信大学）
四津　有人（東京大学医学部）
矢野　雅文（東北大学電気通信研究所）
伊藤　宏司（立命館大学）

延べ参加人数：35 人
研究費：旅費 37 万 8 千円

［2］研究経過

外界から得られる膨大な感覚情報を統合し，身体を構成する600余りの骨格筋を適切に制御することによって，我々の意図は外界に表出される．その実現には，感覚を統合し運動への仲立ちとなる“脳内の身体表現”が存在し，これが自身の意図により円滑に駆動されることが必要である．通常我々はこの“脳内身体表現”を意識することはないが，脳疾患によりこれが損なわれると，身体の動かし方がわからない，動かしていることがわからない，そもそも身体が自分のものであることがわからない等の状況が生じる．このことは，脳卒中や認知症・パーキンソン病などの脳疾患に伴う運動障害の背景に，この“脳内身体表現の異常”が潜んでいる可能性を強く示唆する．

また社会の超高齢化により，我が国では運動障害を有する患者が急増している．脳疾患に伴う運動障害者数は100 万人を超え，また，将来，介護やリハビリテーションが必要となるロコモティブシンドローム（運動器疾患）の罹患者数も 4,000 万人を超えている．加えて，人工物技術の発展や脳と機械を直接結ぶ BMI（Brain-Machine Interface）技術の発展は，自身の身体を利用しない社会の趨勢を加速させている．

このような現状は，今こそ身体の意義を問い直す時期に来ていることを意味しており，感覚知覚・運動制御と“脳内身体表現”の関係を解明し，これに基づく適応的運動機能の再構築を可能とする研究領域を設立することが本プロジェクトの目的である．

本プロジェクトは本年度が２年目であった．昨年度の議論を通して，脳神経科学とシステム工学およびリハビリテーション医学を融合する新しい研究領域発足に関する具体的方策の手がかりが得られた．このプロジェクト研究における議論をベースとして，平成 26 年度文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）に応募し，採択された．

本年度は，新学術領域の発足にあたり，脳神経科学，システム工学，リハビリ医学から構成される領域メンバー間の具体的連携方法についての議論を目的として研究会を開催した．

以下にその概要を記す.
○ H２６年度 共同プロジェクト研究会
開催日程：平成26年7月31日〜8月1日
場所：東北大学電気通信研究所大会議室
プログラム：
1) 太田 順（東京大学）：「脳内身体表現の変容機構の理解と制御に関する総括研究」
2) 今水 寛（ATR）：「脳内身体表現の変容を促す神経機構」
3) 関 和彦（国立精神・神経医療研究センター）：「身体変化への脳適応機構の解明」
4) 高草木 薫（旭川医科大学医学部）：「姿勢–歩行戦略の変更に伴う脳適応機能の解明」
5) 淺間 一（東京大学工学系研究科）：「脳内身体表現のスローダイナミクスモデル」
6) 太田 順（東京大学人工物工学研究センター）：「脳内身体表現を変容させる運動制御モデル」
7) 出江 紳一（東北大学医工学研究科）：「脳内身体表現の変容を用いたニューロリハビリテーション」
8) 芳賀信彦（東京大学医学系研究科）：「感覚入力への介入を用いた姿勢・歩行リハビリテーション」

［3］成果

（3－1）研究成果

昨年度の議論を通して，脳神経科学とシステム工学およびリハビリテーション医工学を融合する新しい研究領域発足に関する具体的方策の手がかりが得られた．この議論をベースとして，平成２６年度文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）に応募し，採択された．本プロジェクト研究で立ち上げたコンセプトの新学術領域を発足させることができたことが第一の成果である．

本年度は，領域のキックオフに先駆けて，H２６年７月３１日および８月１日に共同プロジェクト研究会を開催し，脳神経科学とシステム工学およびリハビリテーション医工学の連携による具体的な研究計画について議論し，以下の成果を得た．

まず，人間の身体認知・運動制御という二つの観点について，システム工学，脳神経科学，リハビリテーション医学のそれぞれの分野における取り組みを相互にヒアリングすることによって，プロジェクトとして目指すべき研究の方向性の再確認と，具体的な連携の方針が定まった．本プロジェクトでは，脳神経科学的知見に基づき，予後予測可能なレベルのモデルベースドリハビリテーションの実現を最終的な目標とすることを再確認した．その実現のためには，患者の脳内で現在の身体状態がどのように表現されているか定量的にモニタするためのバイオマーカー（脳内身体表現マーカー）を同定することが必要であること，またこのマーカーの候補としては，ミラーニューロンシステムを中心とする前頭–頭頂ネットワークの活動動態に注目することが重要であることが議論された.

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

これまで，脳疾患に起因する運動機能障害に対するリハビリテーションは，主として臨床医学の分野で研究されてきたが，脳内身体表現マーカーに関する脳神経科学的知見と脳機能イメージングの方法論，さらにはシステム工学における数理モデル化の技術や仮想現実情報呈示技術，データベース構築技術などを組み合わせて用いることで，モデルベースドリハビリテーションなる新たなニューロリハビリテーションの枠組み展開され始めている．このような分野融合型のプロジェクトは世界的に見てもまだ珍しく，当該新学術分野の創成に貢献することが大いに期待される.

［4］成果資料

1. Masahiro Yamashita, Mitsuo Kawato, Hiroshi Imamizu: Predicting learning plateau of working memory from whole-brain intrinsic network connectivity patterns, Scientific Reports 5, Article number: 7622 doi:10.1038/srep07622, 2015
2. K. Maeda, H. Ishida, K. Nakajima, M. Inase and A. Murata: Functional properties of parietal hand-manipulation neurons and mirror neurons responding vision of own hand action, Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 27, No. 3, pp. 560-572, 2015
3. 村田哲, 前田和孝: 社会的行動発現のための感覚運動制御システム, Clinical Neuroscience, 33(2) 151-154, 2015
4. T. Asai: Illusory body-ownership entails automatic compensative movement: for the unified representation between body and action, Experimental Brain Research, Vol 233, Issue 3, pp 777-785, 2015
5. Puentes S, Seki K.: Internal capsule stroke in the common marmoset, Neuroscience, 284, pp.400-411, 2015
6. T. Okumura, T. Nozu, S. Kumei, K. Takakusaki, S. Miyagishi, M. Ohhira: Antinociceptive action against colonic distension by brain orexin in conscious rats, Brain research, 1598, 12-17, 2015.
7. Imaizumi, S., Asai, T., Kanayama, N., Kawamura, M., & Koyama, S.: Agency over a phantom limb and

electromyographic activity on the stump depend on visuomotor synchrony: a case study., Frontiers in Human Neuroscience, Vol 8, pp. 545., 2014

8. Maeda, K., H. Ishida, K. Nakajima, M. Inase, and A. Murata, Functional Properties of Parietal Hand Manipulation-related Neurons and Mirror Neurons Responding to Vision of Own Hand Action/./ J Cogn Neurosci.,2015. *27*(3): p. 560-72. doi: 10.1162/jocn_a_00742.
9. 村田哲, 前田和孝: ミラーニューロンの明らかにしたもの　再考, BRAIN and NERVE: 神経研究の進歩, 66(6): p. 635-646, 2014
10. E Naito and S Hirose: Efficient foot motor control by Neymar's brain, Frontiers in Human Neuroscience, 2014, doi: 10.3389/fnhum.2014.00594
11. 内藤栄一, 守田知代: ヒトの身体図式の脳内表現と身体的自己意識，Brain and Nerve, 2014, 66(4):367-380
12. DE Callan and E Naito: Neural processes distinguishing elite from expert and novice athletes., Cognitive and Behavioral Neurology, Vol. 27, No. 4, pp. 183-188, 2014
13. S. Hirose, I. Nambu, E. Naito: An empirical solution for over-pruning with a novel ensemble-learning method for fMRI decoding, Journal of Neuroscience Methods, 2015, Vol. 235C, pp. 238-245
14. 大屋知徹, 関和彦: 中脳赤核と運動機能ー系統発生的観点からー，脊髄外科，Vol28. No.3, pp258-264, 2014
15. T. Umeda, T. Isa, and Y. Nishimura: Proprioceptive information coded by populational sensory afferents, J. Phys. Fitness Sports Med, Vol. 3, No. 5, pp. 477-482, 2014
16. T. Ikegami, G. Ganesh Watching novice action degrades expert motor performance: Causation between action production and outcome prediction of observed actions by humans. Scientific Reports 2014 4, 6989; doi: 10.1038/srep06989
17. Ganesh G, Yoshioka T, Osu R, Ikegami T: Immediate tool incorporation processes determine human motor planning with tools, Nature Communications, 2014, doi: 10.1038/ncomms5524
18. T. Ishikawa, S. Tomatsu, Y. Tsunoda, J. Lee, D.S. Hoffman, S. Kakei: Releasing dentate nucleus cells from Purkinje cell inhibition generates output from the cerebrocerebellum, PLoS ONE, Vol. 9, No. 10, e108774, 2014
19. T. Ishikawa, S. Tomatsu, Y. Tsunoda, D.S. Hoffman, S. Kakei: Mossy fibers in the cerebellar hemisphere show delay activity in a delayed response task Neuroscience Research, Vol. 87, pp84-89, doi: 10.1016/j.neures.2014.07.006, 2014
20. T. Nozu, K. Takakusaki, T. Okumura: Urocortin 2 blocks the suppression of gastric antral contractions induced by lipopolysaccharide in freely moving conscious rats, Regulatory peptides, 190, 12-17, 2014.
21. T. Nozu, K. Takakusaki, T. Okumura: A balance theory of peripheral corticotropin-releasing factor receptor type 1 and type 2 signaling to induce colonic contractions and visceral hyperalgesia in rats, Endocrinology, 155(12), 4655-4664, 2014
22. H. Matsui, T. Noguchi, K. Takakusaki, M. Kashiwayanagi: Co-localization of TRPV2 and insulin-like growth factor-I receptor in olfactory neurons in adult and fetal mouse, Biological & pharmaceutical bulletin, 37(12), 1907-1912, 2014.
23. 高草木: 脚橋被蓋核（PPN）の機能と Parkinson 病, 神経内科, 科学評論社, Vol.80(5), pp.527-535, 2014
24. L. Firmin, P. Field, M. Maire, A. Kraskov, P. Kirkwood, K. Nakajima, R. Lemon and M. Glickstein: Axon diameters and conduction velocities in the macaque pyramidal tract, Journal of Physiology, Vol. 112, No. 6, pp. 1229-1240, 2014
25. 中陦克己: 霊長類の歩行と一次運動野, バイオメカニズム学会誌, Vol. 38, No. 3, pp. 175-180, 2014
26. J. Nakagawa, Q. An, Y. Ishikawa, H. Oka, K. Takakusaki, H. Yamakawa, A. Yamashita, and H. Asama: Analysis of Human Motor Skill in Dart Throwing Motion at Different Distance, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.8, No.1, pp.79–85, 2015
27. T. Kondo, M. Saeki, Y. Hayashi, K. Nakayashiki, and Y. Takata: Effect of instructive visual stimuli on neurofeedback training for motor imagery-based brain-computer interface, Human Movement Science, 2014, doi:10.1016/j.humov.2014.08.014
28. Hirokazu Tanaka, Terrence Sejnowski: Motor adaptation and generalization of reaching movements using motor primitives based on spatial coordinates, Journal of Neurophysiology, 2015, DOI: 10.1152/jn.00002.2014
29. N. Haga N, M Kubota, and Z Miwa: Hereditary sensory and autonomic neuropathy types IV and V in Japan Pediatrics International, Epub Ahead of Print, 2014
30. 四津有人, 芳賀信彦, 太田順: 発達の見方とリハビリテーション, Journal of Clinical Rehabilitation 2014 Vol. 23, No. 9, pp. 902-906

採択回数	1	2	3

（先端）

Ｈ２５／Ｂ０９

マイクロ波およびレーザ応用合成開口レーダの開発と民生応用

［１］　組織

代表者：近木祐一郎
（福岡工業大学電子情報工学科）
対応者：八坂　　洋
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
池地弘行　（九州大学産学連携センター）
間瀬　淳　（九州大学産学連携センター）
山口芳雄　（新潟大学工学部情報工学科）
木村　宏　（岐阜大学工学部）
森山敏文（長崎大学工学部）
浦塚清峰（情報通信研究機構）
降旗正忠（資源探査用観測システム・
宇宙環境利用研究開発機構）
金井　宏（無人宇宙実験システム開発機構）
奥野善則（宇宙航空研究開発機構）
冨尾　武（宇宙航空研究開発機構）
牧野　滋（三菱電機株式会社）
原　芳久（三菱電機株式会社）
村田　稔（日本電気株式会社）
王　小龍（筑波大学プラズマ研究センター）
犬竹正明（東北大学電気通信研究所）
米澤千夏（東北大学大学院農学研究科）
佐藤源之（東北大学東北アジア研究センター）
齋藤元也（東北大学農学研究科）
中沢正隆（東北大学電気通信研究所）
伊藤直樹　（宇部工業高等専門学校）
際本泰士（京都大学）
高橋一徳（東北大学東北アジア研究センター）
島田政信（JAXA 地球観測利用推進センター）
山鹿光紀（富士重工業（株））
加茂圭介（富士重工業（株））
徳田伸二（高度情報科学技術研究機構）
小木曽 賢（アンテナ技研）
酒井文則（サクラテック（株））
鈴木昭広（個人事業主）
村手直明（中日本航空（株））
能美　仁（ｱﾙｳｪｯﾄﾃｸﾉﾛｼﾞｰ（株））
水野皓司（NICHe）

研究費：旅費 26.6 万円

［２］研究経過

本研究は、電波（マイクロ波）および光（赤外レーザ）を用いた合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar: SAR）システムの開発・製作および評価を効率よく推進していくこと、特に、要素技術としてのハードウエアおよびソフトウエアの開発を進めるとともに、同技術を組み合わせた先進 SAR システムの製作と民生応用を主体とした実用化を目的としている。具体的には、

ｉ）Ku バンド（波長 2 cm）および赤外線（波長 1.55 μm）を用いた航空機搭載合成開口レーダの民生応用についての調査検討を行う。

ⅱ）1-10 cm の高空間分解を実現する、スポットライト方式 SAR システムの開発と実機検証を進めていく。

本プロジェクトは，本年度が第２年度であった。前年度では、研究代表者らが所属するグループにより開発を進めている Ku バンドスポットライトモード SAR やレーザ SAR(レーザレーダ)のハードおよびソフトウェアに関する技術課題の現状を踏まえ、本年度はスポットライト SAR ではレーダ制御ソフトの改修による画像解像度向上を、レーザ SAR では実験室内における原理実証実験を展開した。

以下，研究活動状況の概要を記す。

I)　東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究発表会 2015：平成 27 年 2 月 23 日、ポスター展示。

II)　東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会：平成 27 年 3 月 2 日、電気通信研究所 1 号館Ｎ棟 303 講義室、参加者８名

III)　H26 年度 Live SAR およびレーザ SAR 開発に関する検討会：平成 27 年３月３日、電気通信研究所１号館Ｎ棟 303 講義室、参加者８名

IV)　LiveSAR データ取得および画像生成の高速化の検討会：平成 27 年 3 月 6 日、福岡工業大学先端計測技術研究センター、参加者２名

V)　実験室内におけるレーザ SAR 原理実証実験への参加：平成 27 年 3 月 9，10 日、九州大学産学連携センター、参加者６名

［3］成果
（3－1）研究成果
各研究活動において得られた成果を記述する。
I) 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究発表会2010：本プロジェクトに関連し、犬竹により「合成開口レーダの高性能化と民生応用」のパネル展示がなされた。
II) 共同プロジェクト研究会:本研究プロジェクト研究会では、マイクロ波およびレーザを用いた合成開口レーダの研究開発および災害監視への適用報告や、レーダを搭載するためのヘリ運用の現状について5件の報告があった。以下にそれら報告の概要を示す。
Ⅱ-1）LiveSAR高性能化改善試験(近木)
平成26年度に行ったKuバンドスポットライト合成開口レーダ(LiveSAR)改修の概要と、改修後に得られた画像について報告した。平成25年度まではレーダ出力波形の制御やデータ取得時の問題により、これまで提案してきた10cm級解像度のレーダ画像を高確度で取得することが難しかった。波形制御やデータ取得を制御する運転ソフトウェアを実験室内において改修するべく、レーダプラットフォームの移動をエミュレートするジンバル信号エミュレータを開発することで、効率的に改修ができるようになったことが報告された。
Ⅱ-2）チャープマイクロ波変調近赤外レーザを用いた合成開口イメージングの研究（間瀬）
超広帯域マイクロ波で強度変調した近赤外レーザを用いたレーザレーダによる距離測定の原理実証実験について報告があった。マイクロ波帯の波形発生器と光送受信送信機を接続し、送受信を共用するモノスタティック方式と、送受信を個別に設けるバイスタティック方式によるレーザの実験室内における伝送実験により、方式や帯域によらず数メートル程度遠方の測定対象物までの距離が10ミリメートル程度の誤差で測定できることが報告された。モノスタティック方式は送受信共用のため、ターゲットからの後方散乱光の受信は容易であるが、一方計測システム内の回り込みも多く低後方散乱光強度の測定には適当ではなく、一方バイスタティック方式は低強度光の測定は可能であるが受信レンズと後方散乱光のマッチングに調整が必要になる課題が提起された。より遠距離のターゲットを測定するための受信用増幅器の使用のためには、出力ノイズレベル低減のため、狭帯域の波長フィルタの使用で改善できることが報告された。
Ⅱ-3）LiveSARの開発（池地）
LiveSAR のハードウェアおよびソフトウェアの詳細について報告があった。始めにスポットライトモードSARの測定原理について、次いでより鮮鋭な画像を出力するためのソフトウェア処理（オートフォーカスとポーラーフォーッマッティング）の手法について解説があった。LiveSARで用いているINS(GPS,IMU)はマイクロ波回路部と同期動作していなく、かつ信号の出力周波数が低い。それに加えてGPSの更新毎に10cm程度の位置のドリフトが起こるため、オートフォーカス処理による移動量補正の必要性が述べられた。地上試験データに対するオートフォーカス処理のデモンストレーションでは、数フリンジにわたる移送補正を行っている様子が示された。以上のLiveSARでの知見を踏まえ、次期LiveSARに用いるハードウェアおよびその制御方法についての提案があった。それは、より正確なIMUを用いること、2台以上の波形発生器を用いて信号の回り込みを物理的になくすこと、より広帯域の波形発生器を用いて周波数変換器を簡素化するなどにより小型軽量化すること等が提案された。
Ⅱ-4) Ground-Based SARによる崩落現場監視（佐藤）
「Ground-Based SARによる崩落現場監視」について報告した。GB-SARは地表に設置する合成開口レーダで，地滑り，火山活動，雪崩など，特定の位置での連続モニタリングとしての利用が期待されている。繰り返し計測することで，微小な地表面の変位計測（干渉測定:1/100波長の精度で17 GHzでは0.2 mmに対応）が可能である。報告では，干渉測定における信頼性向上のため，大気補正として温度および湿度の変位を組み込んだ屈折率の式を導入し，実データを用いた検証を進めたことが強調された。コーナーキューブを用いた変位測定では従来手法と同程度の精度が得られることも検証されている。
Ⅱ-5）悪天候下夜間におけるヘリコプターの運行可能化（冨尾：犬竹代理報告）
東日本大震災などの地震発生時では、発生直後から消防防災ヘリコプターが救急救助・物資輸送・捜索活動に積極的に利用されている。ところが現状の有視界飛行方式を基本とするヘリコプターの運用では、夜間に飛行できないことからヘリコプターの運用効率が低下すること、悪天候時の飛行安全がハイリスクになるといった問題がある。そこで、本報告では、現在構築中の「ヘリコプター用365日24時間全天候運行航空システム」を紹介した。過去の天候不良・夜間が原因となったヘリコプター事故発生箇所を集計し、それを回避するように悪天候時や夜間でも計器飛行方式で運用できる航空路の整備を進めていることが報告された。今後発生が予測される大規模地震発生の際は、全国に配備された消防防災ヘリコプターが昼夜天候に制約されず迅速に被災地まで進出し、天候不良時は計器飛行による上空から合成開口レーダによる情報収集、夜間や天候良好時

は低空からのカメラや合成開口レーダによる情報収集を行い、その後の救急救助活動へつなげる運用方法の提案がなされた。

III)　　H26 年度 Live SAR およびレーザ SAR 開発に関する検討会では、以下の内容が検討された。

Ⅲ-1）平成 26 年度 LiveSAR 改修の詳細について説明があり、AD 変換器および波形発生器の不具合の改善について鈴木および近木から報告があった。

Ⅲ-2）LiveSAR のソフトウェア(SarTools)の高度化について議論を行った。運転ソフトウェアに関しては、通常モードに加えて、移動体を検知する MTI モードやストリップマップモードを今後実装していくことを確認（池地）し、応用ソフトに関しては浸水域監視のための研究開発題材の蓄積を行っていくことを確認した（犬竹）。

Ⅲ-3）LiveSAR 実験局延長申請に関して、公的外部予算の獲得（科研費、SCOPE）を根拠にした実験局申請を目指すことで一致した。

Ⅲ-4）平成 27 年度の通研共同プロジェクト研究会継続申請の報告が近木よりあった。

Ⅳ）LiveSAR データ取得および画像生成の高速化の検討を行った。現状 LiveSAR ではデータを取得した後に信号処理を行うため、1 ショットの画像生成にデータ取得を含めて 40-60 秒程度の時間がかかっている。より画像出力までのリアルタイム性を改善するため、データ取得完了前の時間分割されたデータにより得られる複数の低解像度画像を統合して高解像度画像にする手法に関して検討を行った。

ｖ）実験室内におけるレーザ SAR 原理実証実験を行った。ベクトルネットワークアナライザと光変換器を組み合わせたレーザレーダ試験を行い、近距離の試験物体までの距離を高精度に測定できることを確認できた。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など本プロジェクトは、ｉ）Ku バンド（波長 2 cm）および赤外線（波長 1.55 μm）を用いた航空機搭載合成開口レーダの民生応用についての調査検討、ⅱ）1-10 cm の高空間分解を実現する、スポットライト方式 SAR システムの開発と実機検証、を主目的に進めてきた。

今年度の研究の発展により、Ku 帯の LiveSAR では 10cm 級分解能の画像を航空機から良い歩留まりで取得できる見込みがつき、今後は分解能改善だけではなく、浸水域監視などより民生に応用できるソフトウェアの開発に進んでいける段階となった。一方、近赤外を用いたレーザレーダでも 10GHz を超える帯域の利用により 1cm 級の距離測定精度が達成されていて、今後は屋外での性能検証実験や、実際的な利用方法の検討が期待される。

［４］成果資料

1. Kuwahata, H. Igami, E. Kawamori, Y. Kogi, M. Inomoto, and Y. Ono, "*Excitation of Electrostatic Waves in the Electron Cyclotron Frequency Range during Magnetic Reconnection in Laboratory Overdense Plasmas*", Phys. Plasmas, 21, 102116(2014)
2. Y. Kogi, T. Higashi, S. Matsukawa, A. Mase, J. Kohagura, Y. Nagayama, K. Kawahata, D. Kuwahara and M. Yoshikawa," *Validation experiment of a numerically processed millimeter-wave interferometer in a laboratory*", Review of Scientific Instruments, 85, 11D411
3. Xiaolong Wang, Atsushi Mase, Hiroyuki Ikezi, Masaaki Inutake, Yuichiro Kogi, Kiichiro Uchino, "*Synthetic aperture radar using ultra- wideband microwave-modulated laser*", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 28, 11, 1275-1281
4. D. Kuwahara, N. Ito, Y. Nagayama, T. Yoshinaga, S. Yamaguchi, M. Yoshikawa, J. Kohagura, S. Sugito, Y. Kogi and A. Mase, "*Development of horn antenna mixer array with internal local oscillator module for microwave imaging diagnostics*", Review of Scientific Instruments, 85, 11D805
5. G. S. Yun, W. Lee, M. J. Choi, J. Lee, M. W. Kim, J. Leem, Y. B. Nam, G. H. Choe, H. K., "Quasi 3-D ECE Imaging System for Study of MHD instabilities in KSTAR", Rev. Sci. Instrum. Vol. 85, No. 11, 11D820 (2014)
6. Xiaolong Wang, Iwata Sakagami, Zhewang Ma, Atsushi Mase, Masayuki Yoshikawa," Generalized, Miniaturized, Dual-Band Wilkinson Power Divider with a Parallel RLC Circuit", Int. J. Electron. Commun. Vol. 69, pp. 418-423 (2015)
7. X. Wang, I. Sakagami, Z. Ma, A. Mase, M. Yoshikawa, M. Ichimura, "Miniaturized Dual-Band Wilkinson Power Divider with Self-compensation Structure", IEEE Trans. Compon. Packag. Manuf. Technol. Vol. 5, No. 3, pp. 389-397 (Mar. 2015)
8. 犬竹正明、池地弘行、間瀬　淳、佐藤源之、近木祐一郎「レーザレーダ装置及びレーザ合成開口レーダ装置」特許第 5686342 号（登録日 2015 年 1 月 30 日）

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号　Ｈ２５／Ｂ１０

メタプログラムに対する論理学的アプローチ

［1］　組織

代表者：
亀山　幸義（筑波大学システム情報系）
対応者：
外山　芳人（東北大学電気通信研究所）
分担者：
佐藤　雅彦（京都大学名誉教授）
桜井　貴文（千葉大学理学研究科）
五十嵐　淳（京都大学情報学研究科）
中澤　巧爾（京都大学情報学研究科）
浜名　誠　（群馬大学大学院理工学府）
竹内　泉　（産業技術総合研究所）
飛澤　和則（東京大学数理科学研究科、新規）
協力者：
青戸　等人（東北大学電気通信研究所）
菊池　健太郎（東北大学電気通信研究所）
Oleg Kiselyov（東北大学情報科学研究科、新規）
江口　直日（千葉大学理学部、新規）
井上　純　（Rice 大学 Ph.D.、新規）

延べ参加人数：　１４人

研究費：旅費１８万５千円

［2］研究経過

メタプログラムは，プログラムをデータとして扱うプログラムのことであり，プログラム変換，プログラム特化，実行時コード生成など幅広い応用を持つ．一方で，メタプログラムの安全性や信頼性を確保する手法およびその理論的基礎付けについては十分研究されていない．本プロジェクトは，メタプログラムに対する論理的アプローチに関する最新の成果に基づき，高い信頼性を持つメタプログラムの高性能の確立と，メタプログラム検証法の確立を目指すものである．

２年目となる本年度の集会では、メタプログラム・メタ計算に関する幅広いアプローチを俯瞰し、共通する体系・手法・実現方法等について討論を行うことを目的とした。このため、当初メンバ（研究代表者、分担者、協力者）の他に、新たに、この分野で活発な研究を行っている４名の研究者の参加を得て、それぞれの最新の研究内容を紹介してもらうとともに、すべての議論に参加してもらい、議論をさらに活性化した。

今年度の活動：平成２７年２月２３～２４日の２日間，東北大学電気通信研究所において，研究集会を開催した．参加者は，本プロジェクトのメンバに新規参加者を加えた総勢１４名である．昨年度の集会では、当初予定の時間枠に収まらないほどの活発な議論が行われたため、今年度は時間枠を延長して実施して実施した。研究集会での発表は以下の通りである．（発表順）

- 江口 直日、木構造の再帰法とグラフ表現によるメモ化の関係について
- 飛澤 和則、A Meta Lambda Calculus with Cross-Level Computation
- 井上 純、Reasoning about Staged Programs
- 中澤 巧爾、Confluence proofs for lambda calculi with permutative conversion
- 菊池 健太郎、Confluence of Orthogonal Nominal Rewriting Systems
- 佐藤 雅彦・桜井貴文、The L-calculus — A natural extension of the lambda calculus
- 外山 芳人、Proving Ground Confluence by Rewriting Induction
- Oleg Kiselyov、多相 let-式の生成について
- 五十嵐 淳、多段階プログラミングと多相性
- 青戸 等人、Proving Ground Confluence of TRSs Automatically
- 亀山 幸義、Answer Type and Continuation
- 浜名 誠、A Sound and Complete Equational Axiomatisation of Cyclic Semi-structured Data
- 竹内 泉、数学と変数-Part II

［3］成果
（3－1）研究成果
・無限グラフ書き換えシステムの複雑さ解析
関数の時間計算量との対応関係により項書き換えシステムの複雑さは書き換え列の長さにより測られるが，木構造上などの一般化された再帰原理を表現する書き換えシステムについては書き換え列の最小上界は、定義される関数の時間計算量に必ずしも対応しない．正確な対応関係を得るために考案された展開グラフ書き換え規則と呼ばれる無限グラフ書き換えの概念を抽象化し，制限的なリダクション順序で順序付け可能な無限グラフ書き換えシステムは多項式解釈が可能であり、書き換え列の長さが多項式上界をもつことを示した．(論文[1])
・メタラムダ計算に関する研究
メタ変数を用いたテキスト代入のモデルとして，メタラムダ計算 Lambda-*を構築した．この計算体系の特徴は，任意のベータ簡約形式が，メタレベル変数を含んでいるかに関わらず簡約可能である点にある．そのような計算機構は，アルファ変換によって束縛構造を管理する従来の手法を，メタレベル変数を含む言語に対して拡張することが困難であったために，これまで提案されてこなかった．本研究ではアルファ変換を用いずに束縛構造を管理する新たな手法を用いてその困難を解決した．(論文[2])
・置換簡約を含むラムダ計算の合流性
置換簡約は選言や存在量化を含む自然演繹の証明簡約に対して Prawitz によって導入された概念であるが，この置換簡約を含むラムダ計算の合流性は素朴な並行簡約では証明できないことが指摘されており，Ando は自然演繹古典一階述語論理の合流性を切片木などの複雑な概念を用いて証明している．本研究では, 置換簡約を含むラムダ計算の合流性に対して，Dehornoy らの Z 定理を適用することによって、より単純な証明を与え，このアイディアが自然演繹古典一階述語論理や，明示的代入を含むラムダ計算に対しても適用できることを示した．(論文[3,4])
・直交名目書き換えシステムの合流性
名目書き換えは，変数束縛を扱えるように通常の項書き換えを拡張した枠組みの一つである．本年度の研究では，直交名目書き換えシステムの合流性について従来研究の問題点を指摘し，アルファ安定性の概念を用いることによりその問題点を解決した．また，アルファ安定性の十分条件を与え，直交名目書き換えシステムの合流性判定手法を提案した．さらに，提案手法に基づいた合流性自動判定システムを計算機上に実装し，実験を通じて手法の有効性を示した．(論文[5,6])
・L-計算：ラムダ計算の自然な拡張
伝統的なλ項の構成法に代わる新しい構成法を考案し、その性質について考察した。これは、自由な帰納的構成法によりλ項を作る方法で、α同値という概念を導入する必要がない。したがって、λ項の性質に関する証明においても新しい変数名を取るという操作を行なう必要がなくなり、簡明な証明になる。さらに、従来の合流性の証明を改良し、この構成法によって証明した。これらの証明は、minlog システムにより形式化し検証した。
・永続性と減少ダイアグラム法に基づく新しい合流性自動証明法
本研究では，非線形項書き換えシステムに適用可能な，永続性と減少ダイアグラム法に基づく新しい合流性自動証明法を提案した．提案手法では，非線形項書き換えシステムの合流性の証明問題を，永続性と弱線形性を利用して線形型付き項書き換えシステムの合流性の証明問題に変換する．この線形型付き項書き換えシステムに対してルールラベリングに基づく減少ダイアグラム法を適用することで合流性を証明する．さらに，提案手法に基づいた合流性自動判定システムを計算機上に実装し，実験を通じて手法の有効性を示した．(論文[7])
・多段階プログラミング言語における多相性
型表現への擬似引用機構とそれに基づく新しい多相性の導入方式についての研究を行った．型の擬似引用により，コード生成器と生成されるコードで，同じ核言語を使いながら違うライブラリやプリミティブを仮定することができる利点などを確認した．また，型変数を引用レベル毎に区別するアイディアを応用することで，Kiselyov と Shan によって発見され未解決であった多段階プログラミング言語の型システムの問題に対してひとつの解決が与えられることを示した．(論文[8])
・帰納的定理の自動証明
検証に適したプログラムに変換するための文脈移動法や文脈分割法といったプログラム変換法が知られている．これらのプログラム変換法を項書き換えの枠組みに適合させるとともに，帰納的定理証明を利用し，変換の正しさを自動検証するシステムを構築した．そして，実験により，これらのプログラム変換が書き換え帰納法に基づく帰納的定理証明に有効であることを明らかにした．また，帰納的定理証明を応用した，項書き換えシステムの基底合流性証明システムを構築した．(論文[9,10])
・コントロールオペレータの返り値型
メタプログラミングの一種である実行時コード生成においては、コード生成器の構造と生成されるコードの構造が異なることが頻繁に発生し、そのギャップを補うため、コントロールオペレータが用いら

れる。このようなコントロールオペレータが、「返り値の型」を変更する必要がある場合、既存の多くのプログラミング言語の型システムでは対応できなかった。本年度の研究では、返り値型を変更する機能を、複数のコントロールオペレータでシミュレートする方法を提案し、OCaml, Haskell などの主流の関数型プログラミング言語においてこれらの機能を自然に利用できるようにした。(論文[11])

・グラフ等価性に関して完全な等式論理

Buneman らによるグラフ変換計算体系の UnCAL は、グラフデータベースの質問言語のメタ言語として設計された。このグラフ計算系 UnCAL に対して初めての、完全な公理化と代数的意味論を与えた。Bloom と Esik によるイテレーション理論を援用し、グラフ間の等式による完全な公理化と、トレース圏を含むようなイテレーション圏を用いた圏論的意味論を与えた。これによりグラフ構成子を圏論的構成として理解することが可能となった。結果として UnCAL のグラフの等価性に対する健全かつ完全な等式論理が得られた。

・数学における変数に関する研究

数学には様々な変数が現れるが、本年度の研究では自由変数と束縛変数について議論した．自由変数と束縛変数が現れる数学の議論を述語論理に翻訳するには，以下のように行なう：(1) 独立変数は全称束縛される束縛変数に翻訳する．(2) 従属変数は，独立変数を表す暗黙の変数と、独立変数からの函数を表す函数記号とに翻訳する．これにより，自由変数と束縛変数を消し去ることが出来る．

（３－２）波及効果と発展性など

本研究集会は、メタプログラム・メタ計算の信頼性を格段に向上させることを目標に、プログラムや論理の基礎理論の様々な領域の第一線の研究者が集い、それぞれ独自の手法を理解して他へ応用することを目的としている。今年度は新たな４人の参加者を得て、更に広い題材における「メタ」について議論を深めている。これらの活動は、複数のメンバによる共同研究の深化という形につながっており、最終的には共著論文の発表、共同プロジェクトの提案という形で結実する予定である。

［４］成果資料

[1] Naohi Eguchi. Proving Termination of Unfolding Graph Rewriting for General Safe Recursion. In Proc. of 8th International Workshop on Computing with Terms and Graphs, pp 18 – 22, 2014.

[2] Kazunori Tobisawa. A Meta Lambda Calculus with Cross-Level Computation. In Proc. of the 42nd Annual ACM SIGPLAN-SIGACT Symp. on Principles of Programming Languages, pp. 383-393, 2015.

[3] Koji Nakazawa and Tomoharu Nagai. Reduction system for extensional lambda-mu calculus. In Proc. of 25th International Conf. on Rewriting Techniques and Applications, joint with the 12th International Conf. on Typed Lambda Calculi and Applications, LNCS 8560, pp. 340–363, 2014.

[4] José Espírito Santo, Ralph Matthes, Koji Nakazawa, and Luís Pinto. Confluence for classical logic through the distinction between values and computation. In Proc. of the Fifth International Workshop on Classical Logic and Computation, EPTCS 164, pp. 63–77, 2014.

[5] Kentaro Kikuchi and Takafumi Sakurai. A Translation of Intersection and Union Types for the λμ-Calculus. In Proc. of the 12th Asian Symp. on Programming Languages and Systems, LNCS 8858, pp.120-139, 2014.

[6] Kentaro Kikuchi. Uniform Proofs of Normalisation and Approximation for Intersection Types (extended abstract). In Proc. of the 7th Workshop on Intersection Types and Related Systems, 2014.

[7] Takahito Aoto, Yoshihito Toyama and Kazumasa Uchida. Proving confluence of term rewriting systems via persistency and decreasing diagrams. In Proc. of Joint 25th International Conf. on Rewriting Techniques and Applications and 12th International Conf. on Typed Lambda Calculi and Applications, LNCS 8560, pp.46-60, 2014.

[8] 小林 恵, 五十嵐 淳. 参照を備えた多段階計算のための多相的型システム. PPL 2015 ポスター発表, 2015.

[9] 佐藤洸一, 菊池健太郎, 青戸等人, 外山 芳人. 項書き換えシステムの変換を利用した帰納的定理自動証明. コンピュータソフトウェア, Vol.32, No.1, pp.179-193, 2015.

[10] Takahito Aoto and Sorin Stratulat. Decision procedures for proving inductive theorems without induction. In Proc. of 16th International Symp. on Principles and Practice of Declarative Programming, pp.237-248, ACM Press, 2014.

[11] Ikuo Kobori, Yukiyoshi Kameyama, Oleg Kiselyov, ATM without Tears: Prompt-Passing Translation for Typed Delimited-Control Operators. In Proc. of Workshop on Continuations 2015 , 12 pages, to appear.

採択回数	1	2	3

（先端）

採択番号 H26/B01

高性能圧電材料の開発と通信・計測デバイスへの応用

［1］組織

代表者：梅村　晋一郎
　（東北大学大学院医工学研究科）
対応者：鈴木　陽一
　（東北大学電気通信研究所）
分担者：
安達正利（富山県立大学名誉教授）
今野和彦（秋田大学大学院工学資源学研究科）
宇野武彦（神奈川工科大学工学部）
江口　治（C&A）
小田川裕之（熊本高等専門学校））
垣尾省司（山梨大学大学院医学工学総合研究部）
門田道雄（東北大学大学院工学研究科）
金井　浩（東北大学大学院工学研究科）
唐木智明（富山県立大学工学部）
木村悟利（日本電波工業）
櫛引淳一（東北大学名誉教授）
工藤すばる（石巻専修大学理工学部）
黒澤実（東京工業大学大学院総合理工学研究科）
小松隆一（山口大学大学院理工学研究科）
近藤　淳（静岡大学創造科学大学院
　ナノマテリアル部門）
佐藤良夫（太陽誘電）
鹿田真一（独立行政法人産業技術総合研究所
　ダイヤモンド研究センター）
芝　隆司（日立メディアエレクトロニクス）
高野剛浩（東北工業大学工学部）
長　康雄（東北大学電気通信研究所）
永田　肇（東京理科大学理工学部）
中村僖良（PDT ラボラトリー）
橋本研也（千葉大学大学院工学研究科）
広瀬精二（山形大学大学院理工学研究科）
舩坂　司（セイコーエプソン）
宝川幸司（神奈川工科大学工学部）
森田剛（東京大学大学院新領域創成科学研究科）
谷津田博美（日本無線）
山田　顕（東北学院大学工学部）
山中一司（東北大学大学院工学研究科）
山之内 和彦（東北大名誉教授）
若月　昇（石巻専修大学大学院理工学研究科）
和佐清孝（京都大学大学院工学研究科）
渡部泰明（首都大学東京理工学研究科）
延べ参加人数：８６人
研究費：旅費３７万８千円

［2］研究経過

本研究会は，次世代情報通信システム用の圧電材料の開発からその物性と性能評価，更にはデバイスまで包括的に研究討論を行い，研究・開発を進めることを目的に行われている．本年度は平成 27 年 2 月 18 日，2 月 19 日の両日に東北大学工学部青葉記念会館を会場とし，「圧電材料・デバイスシンポジウム 2015」と題する公開シンポジウム形式で行った．プロジェクト研究メンバーのほか，一般からも講演を募り，日本電波工業の木村悟利博士による「MEMS 技術の弾性波デバイス応用」，東北大学の山中一司教授による「ボール SAW センサとその応用」と題する招待講演 2 件を含む計 31 件の研究発表が行われた．参加者は昨年度とほぼ同じ 86 名であり活発なシンポジウムとなった．各セッションでの発表内容の概略は次のとおりである．

(A) 生体応用：光音響イメージングセンサに向けた ZnO 透明膜と V 添加 ZnO 透明導電膜の積層堆積，超音波照射による骨中誘発電位の極性，音波&超音波刺激の長寿装置は実現出来るかについて発表があった．

(B) 薄膜作製：陽極 RF バイアス法による 2 次モード(000)/(0001) ScAlN FBAR，Sc-Al 合金ターゲットによる ScAlN 薄膜のスパッタ堆積（窒素ガス流量の影響），ScAlN 薄膜における弾性定数テンソルの Sc 濃度依存性，高性能圧電 MEMS センサのための c 軸配向 PMnN-PZT エピタキシャル薄膜の Si 基板上への形成について発表があった．

(C) 圧電特性評価：走査型非線形誘電率顕微法による層状構造圧電薄膜の極性評価，Si(001)面の異方性を利用した誘電体薄膜の弾性定数推定，SAW フィルタ用オンウェハ耐電力測定系の構築，圧電振動におけるハイパワー特性評価，基板付き圧電薄膜の kt

評価法の比較（共振反共振法、共振スペクトル法および変換損失による方法）について発表があった．
(D) 単結晶：高キュリー温度 $Bi(Me)O_3$-$PbTiO_3$ 単結晶薄膜の構造と強誘電特性，ランガサイト系単結晶 $Ca_3NbGa_{3-x}Al_xSi_2O_{14}$ の育成と高温特性評価，$Ca_3Ta(Ga_{1-x}Al_x)_3Si_2O_{14}$ 単結晶育成と圧電特性評価，$Ca_3Ta(Ga_{0.5}Al_{0.5})_3Si_2O_{14}$ 単結晶の Al 置換効果による音響特性への影響の検討について発表があった．
(E) SAW デバイス：ランガサイト型圧電単結晶を用いた弾性波デバイス作製に関する一考察，超広帯域ラダーフィルタとその応用，Enhancement of Effective Electromechanical Coupling Factor by Mass Loading in Layered SAW Device Structures, すだれ状電極を用いたチューナブルトランスバーサルフィルタ及びチューナブル共振器・フィルタの解析と実験について発表があった．
(F) セラミック等：ビスマス系非鉛圧電セラミックスにおけるハイパワー圧電特性の温度依存性，ポーラス非鉛系圧電セラミックス作製と評価，アモルファス Ta_2O_5 薄膜装荷 Y-X $LiTaO_3$ 上のラブ波型弾性表面波，水晶発振回路における振動子追加位置による位相雑音の改善について発表があった．
(G) センサ応用：ボール SAW センサを用いた小型・高速・高感度な微量水分計の開発，横波型弾性表面波を用いた血液凝固反応の測定と数値解析を用いた検討，広域加熱・局所冷却による閉じたき裂の超音波フェーズドアレイ映像化の定量解析，共焦点サブハーモニック超音波フェーズドアレイを用いた閉口き裂映像化と減衰二重節点モデルによる解析，界面での屈折・モード変換を用いたき裂評価のための分調波フェーズドアレイの開発について発表があった．

［３］成果

（３－１）研究成果

生体応用関連では，新しい生体イメージングである光音響イメージング用センサとして ZnO の可能性を示し，骨の圧電体としての性質を解明するための新規なアプローチが提示された．

薄膜作製関連では，移動体通信用フィルタとして用いられている AlN 薄膜よりもさらに優れた性能をもつ ScAlN 薄膜について，その作製法と得られた特性の関連が明らかにされた．また，高性能 MEMS センサの実現をめざし，PZT 薄膜を Si 基板上にエピタキシャル形成することに成功した．

圧電特性評価関連では，新規な非線形誘電率顕微法により圧電薄膜の極性評価に成功し，また，結晶異方性を利用して誘電体薄膜の弾性定数を推定した．さらに，オンウェハにて SAW フィルタ耐電力測定系を構築し，また，これまで困難であったハイパワー圧電振動における特性評価に成功した．

単結晶関連では，最近，高耐熱性圧電材料として注目を集めるランガサイト系単結晶について，その育成と特性との関連が少しずつ明らかになってきた．また，$PBi(Me)O_3$-$PbTiO_3$ 単結晶薄膜について PZT を超える耐熱性を示唆する結果が得られた．

SAW デバイス関連では，従来の SAW の応用範囲を拡大する試みとして，超広帯域ラダーフィルタや層構造 SAW やチューナブルトランスバーサルフィルタなどの可能性が示された．

セラミック等については，非鉛圧電セラミックスやポーラス非鉛系圧電セラミックスの可能性が示され，また，アモルファス薄膜を装荷した SAW デバイスの可能性も示された．さらに，水晶発振回路の位相雑音の改善が振動子追加位置による可能となることが示された．

センサ応用については，ボール SAW センサを用いた小型・高速・高感度な微量水分計の開発に成功し，横波型弾性表面波を用いた血液凝固反応の測定の可能性を示した．また，閉じたき裂の超音波フェーズドアレイによる映像化が，広域加熱・局所冷却や，共焦点分調波フェーズドアレイの開発により可能となった．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本共同プロジェクト研究会を母体として開催してきた「圧電材料・デバイスシンポジウム」は，圧電材料を主題として，材料探索，作製，評価，デバイスへの応用と，それぞれ第一線の研究を包括的に討論できる数少ない場として高く評価されている．発表された論文が他の学術誌で引用されており，当該分野での主要な研究集会の一つとして認知されるに至っている．関連分野で活発に研究を進めている研究者が集って発表と討論を行うことで，密接な情報交換と研究協力が促進し，次世代の圧電デバイスの研究・開発の進展に貢献している．本プロジェクト研究会での成果は通信分野のみならず，最近では医療における可視化，評価などの様々な圧電デバイス応用への一層の発展が進みつつある．

［４］成果資料

(1) F. Matsukura and S. Kakio, "Loss reduction of longitudinal-type leaky surface acoustic wave by loading with high-velocity thin film," Jpn. J. Appl. Phys., vol.53, no.7, pp. 07KD04-1-07KD04-6, 2014.
(2) 齊藤健史，木村悟利，"双音さ形結合子を用いた

圧電 AlN 対称伸び円板振動子," 信学論(A), Vol. J96-A, No.6, pp. 335-341, 2013.

(3) 平野圭介, 木村悟利, 田中秀治, 江刺正喜, "Ge を犠牲層に用いた圧電 AlN ラム波共振子," 信学論(A), Vol. J96-A, No.6, pp. 327-3334, 2013.

(4) A. Kamijo, S. Monoe, N. Murayama, T. Saito and N. Kimura, "Wafer Level Quartz Dry Etching Technology," Proc. IEEE Freq. Contr. Symp., pp. 81-84, 2014.

(5) Michio Kadota, Yasuhiro Kuratani, Tetsuya Kimura, Masayoshi Esashi, and Shuji Tanaka: "Ultra Wideband and High Frequency Resonators using SH Type Plate Wave in $LiNbO_3$ Thin Plate", Jpn. J. Appl. Phys., vol.53, No.7, 07KD03-1-4 (2014.7).

(6) J.S.Liu, T.Omori, C.J.Ahn, and K.Hashimoto, "Design and Simulation of Coupled Resonator Filters Using Periodically Slotted Electrodes on FBARs," IEEE Trans. Ultrason., Ferroelec., and Freq. Contr., 61, 5 (2014) pp. 881-885

(7) TJ. Kondoh, Y. Kusaka,"Measurements of human plasma clotting reactions using a shear horizontal surface acoustic wave biosensor," Digest of 13th International Conference on Global Research and Education "Inter-Academia", pp. 23-24, 2014.

(8) 和佐清孝：「セラミックスの薄膜化(4)ー応力緩和されたＰＺＴ系ヘテロエピタキシャル膜のキュリー温度ー」学振 150 委員会 137 回研究会（2014　8 月 1 日）資料, p.7-12.

(9) Wasa,T. Matsushima, H. Adachi, T. Matsunaga,T. Yanagitani, and T. Yamamoto, J. Appl. Phys., vol.117, no.12 , p.124106 (2015).

(10) Shun ENDO, Hajime NAGATA, and Tadashi TAKENAKA, Fabrication and High-Power Piezoelectric Characteristics of Textured (Sr0.7Ca0.3)2Bi4Ti5O18 Ceramics, JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 53, 07KB05 (2014).

(11) Shinya Someno, Hajime Nagata, and Tadashi Takenaka, High-temperature and High-power Piezoelectric Characteristics for (Bi0.5Na0.5)TiO3- based Lead-Free Piezoelectric Ceramics, JOURNAL OF CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, 122, 404 - 409 (2014).

(12) Genta Nishio, Hajime Nagata and Tadashi Takenaka Fabrication and Electrical Properties of (K0.5Bi0.5)Bi4Ti4O15 Ceramics, JOURNAL OF CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, 122, 443 - 446 (2014).

(13) Y. Sakai, T. Futakuchi, T. Karaki, and M. Adachi, "Effects of NiO addition on (K,Na,Li)NbO3–BaZrO3–(Bi,Na)TiO3-based ceramics" Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53, 09PB07, 2014.

(14) S. Bai, Y. Lu, and T. Karaki, "Preparation of Plate-Like Sodium Niobate Particles by Hydrothermal Method" Journal of American Ceramics Society, Vol. 98 [2], pp. 654–658 (2015).

(15) 坂元 克明, 鈴木 瞭, 渡部 泰明, "複数の水晶振動子を用いた発振回路に おけるキャリア近傍位相雑音の検討", 電気学会論文誌 C, Vol.135, 12-17, 2015

(16) Takami YOKOSE, Hiroshi HOSAKA, Ryuichi YOSHIDA and Takeshi MORITA, "Resonant frequency ratio control with an additional inductor for a miniaturized resonant-type SIDM actuator", Sensors and Actuators A, vol. 214, pp. 142-148, 2014.

(17) Teppei UCHIHO, Kazuo UZUKA, Hideyuki SUENAGA and Takeshi MORITA,"Quartz force sensor and facing spiral coils for noncontact detection", Jpn. J. Appl. Phys. ,vol. 53, 07KD09, 2014

(18) Yukiko FUJIUCHI and Takeshi MORITA, "Domain orientation controlled potassium niobate family piezoelectric materials with hydrothermal powders", IEEE Trans. on Ultrasonic, Ferroelectrics and Frequency Control, vol. 61, pp.1593-1598, 2014.

(19) 山中一司, "ボール SAW センサを用いたガス中微量水分計測", 応用物理, Vol. 84 No. 3, 218-223, 2015.

(20) S. Hagihara, T. Tsuji, T. Oizumi, N. Takeda, S. Akao, T. Ohgi, K. Takayanagi, T. Yanagisawa, N. Nakaso, Y. Tsukahara, K. Yamanaka, "Highly Sensitive Trace Moisture Ball Surface Acoustic Wave Sensor Using SiOx Film", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 53(7), 07KD08-1- 07KD08-5, 2014.

(21) K. Takayanagi, S. Akao, T. Yanagisaewa, N. Nakaso, Y. Tsukahara, S. Hagihara, T. Oizumi, N. Takeda, T. Tsuji, K. Yamanaka, "Detection of Trance Water Vapor Using SiOx-Coated Ball SAW Sensor", Materials Transactions, Vol. 55(7), 988-993, 2014.

(22) T. Tsuji, R. Mihara, T. Saito, S. Hagihara, T. Oizumi, N. Takeda, T. Ohgi, T. Yanagisawa, S. Akao, N. Nakaso, K. Yamanaka, "Highly Sensitive Ball

Surface Acoustic Wave Hydrogen Sensor with Porous Pd-Alloy Film", Materials Transactions, 55(7), 1040-1044, 2014.

(23) K. Takahashi, K. Jinno, Y. Ohara, K. Yamanaka, "Evaluation of Crack Closure Stress by Analyses of Ultrasonic Phased Array Images during Global Preheating and Local Cooling", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 53, 07KC20-1-07KC20-7, 2014.

(24) Y. Ohara, K. Takahashi, K. Jinno, K. Yamanaka, "High-Selectivity Ultrasonic Imaging of Closed Cracks Using Global Preheating and Local Cooling", Materials Transactions, Vol. 55(7), 1003-1010, 2014.

(25) K. Jinno, A. Sugawara, Y. Ohara, K. Yamanaka, "Analysis on Nonlinear Ultrasonic Images of Vertical Closed Cracks by Damped Double Node Model", Materials Transactions, Vol. 55(7), 1017-1023, 2014.

(26) M. Fukuda, T. Harada and K. Imano, Application of high-polymer adhesive tape to closed-crack detection using second-harmonic ultrasonic pulse waves, Acoust. Sci. & Tech., 36[2], 175-177, (2015).

採択回数	① 2 3

（先端）

H26/B02

ナノ材料とシリコン技術の融合による新概念デバイスに関する研究

［1］ 組織

代表者：渡部 平司
（大阪大学 大学院工学研究科）
対応者：大野 英男
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
遠藤 哲郎
（東北大学 大学院工学研究科）
宮崎 誠一
（名古屋大学 大学院工学研究科）
堀口 文男
（東洋大学 工学部
コンピュテーショナル工学科）
内富 直隆
（長岡技術科学大学 工学部電気系）
佐竹 郁夫
（大阪大学 大学院理学研究科）
白石 賢二
（名古屋大学 大学院工学研究科）
名取 研二
（東京工業大学フロンティア研究機構）
有門 経敏
（東京エレクトロン）
執行 直之
（東芝 セミコンダクター社）
延べ参加人数：３２人

研究費：旅費３６万９千円

［2］研究経過

電子機器が世界の消費電力に占める割合は年々増大の一途をたどっており、その省エネ化は世界的な課題である。この課題を解決するためには、電子機器の心臓部である集積回路の飛躍的な省エネ化技術と、それに加えてコンセントから各種電子機器へ、さらにはその中にある集積回路へのエネルギー供給の極限までの低損失化技術が極めて重要である。

一方で、これらの技術を支えるシリコン半導体デバイスは微細化の進展により、ナノスケールの材料による複雑な構造の形成が必要不可欠となっている。そのため、現在の先端的デバイス中では、量子効果と統計的揺らぎ効果を伴う様々な新しい現象が発現しており、従来の技術の延長のみでは、LSI の基本素子である MOSFET や、エネルギー変換のためのパワーデバイスの大容量化・高性能化を実現することは困難である。

実際、シリコン集積回路においては、産業上中核をなす MPU、ワーキングメモリ、ストレージメモリなどを構成する全ての基本素子において、従来の動作原理のままでは、20nm 世代以降の微細化・大容量化を実現することが困難であると予想されている。

加えて、エネルギーの高効率利用においても、これ以上の高効率化・高性能化を実現するためには回路技術のみでは限界であり、微細構造下にて高耐圧・高速動作を実現できるデバイスレベルでの革新技術が強く求められている。現在は、これらの課題に対し、ナノ材料の新しい物性を利用したデバイスの研究が盛んに行われているが、新規物性を利用したデバイスとシリコン技術の融合については十分な議論がなされていないのが現状である。

この状況を打破するためには、ナノスケールにおけるデバイスの動作原理にまで立ち返った、材料物性の検討、デバイス構造の設計を行い、集積回路の基盤技術であるシリコン技術との融合を図ることが必要不可欠である。

本共同プロジェクト研究会では、以上の認識に立ち、材料・物性の研究者とデバイス回路研究者を一同に集めて、ナノ材料とシリコン技術の融合による新概念デバイスについて緊密な研究討論を行い、ナノスケール時代でも安定で高速動作可能な新概念デバイス技術の将来の方向性を模索してきた。そして、将来の新概念デバイスのあるべき姿に対する今後の技術戦略を立案することを目的として研究を進めている。

本プロジェクトは，本年度が初年度であった。

以下に，研究活動状況の概要を記す。

本年度は、「ナノ材料の物性」と「プラットフォームであるシリコン技術」との融合を意図し、得られ

た知見を有機的かつ効率的につなぐことで、将来の新概念デバイスのあるべき姿とそのシステム応用に対する今後の技術戦略が明らかにすることを目指した。

研究会として、2015年3月7日に半導体科学の中核を担う産官学の研究者による研究会であるNWDTFと共同で研究会を開催し、ナノ材料とシリコン技術の融合による新概念集積回路素子およびエネルギー変換デバイスについて意見交換および技術討論を行い、本テーマの深化を図った。

また、最先端デバイスのための材料・プロセスの主要研究会であるゲートスタック研究会、International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES (IWDTF)、において会合を持ち、将来のエレクトロニクスに必要なナノ材料およびそのデバイスの動作原理について意見交換・技術討論を行った。

［2］　成果

（3－1）研究成果

今年度は、「新規のナノ材料の物性」と「プラットフォームであるシリコン技術」とに着目した新技術分野の開拓を目指し検討を進めた。新規のナノ材料に関しては、実験的アプローチと理論的アプローチの研究者から評価分析の研究者までを、またシリコン技術との融合およびそのシステム応用に関しては、デバイス技術の研究者からセル配置等のCAD技術の研究者までを、さらに日本を代表する材料プロセス企業とデバイス企業の研究者も加えて組織し、本共同プロジェクト研究会を実施することができた。

このメンバーにより、研究会においては、ナノ材料の物性やナノデバイスの動作メカニズムなど、微視的な視点からの新技術の探索をテーマとして議論を進めた。具体的には、高誘電材料や強磁性材料などの材料とシリコン半導体をベースとしたデバイスをそれぞれの材料の特性を最大限引き出しつつ融合させ、動作させるための課題を明確化した。加えて、研究会のもうひとつのテーマとして、「新たなアプリケーションによる新市場創出・価値創出を志向した研究開発」という視点を設定し、今後どのような研究体制が求められるのかなどについて、多角的な議論を行った。

これらにより、本プロジェクトの目的であるナノ材料とシリコン技術の融合による新概念デバイスの創出のために必要な課題を抽出することが出来た。また、その中で出口としての新概念の集積回路技術、エネルギー変換デバイスなどの必要性も明確化出来た。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献

本年度は、本プロジェクト研究を通した、研究者間の交流の活発化と研究者ネットワークの拡大を推し進め、上述した、産官学の集積エレクトロニクス分野の中核をなす研究者らによる研究会NWDTFとの共同での研究会を開催し、広く将来の新概念デバイスのあるべき姿とそのシステム応用に関する研究への応用について意見交換および技術討論を行うことができた。

また、多くの若手研究者に本研究会において研究報告の機会を与え、一流の研究者達と、自身の成果について議論できる場を設けた。これにより若手研究者に成長のきっかけを与えることが出来たと考えている。

本プロジェクトは、大学のみならず産業界の研究者を多数集め、研究会を組織し、分野を横断した活発な議論が行うことが特徴である。この場で検討された技術戦略目標は、ナノエレクトロニクス時代の情報通信産業、半導体産業を初めとする電子・情報技術分野における成長の維持・競争力の強化に貢献することが期待出来、本年度の研究を端緒として、来年度以降の大型予算の獲得、シンポジウムの開催、さらには将来の産学連携研究への発展などへつなげていける体制が整った。

本研究会の活動は、世界的な競争を勝ち残る真のナノエレクトロニクスを構築していく上で必要不可欠であり、科学技術立国日本の更なる競争力強化に大きく貢献するものと考える。

［4］成果資料

(1) T. Hosoi, Y. Suzuki, T. Shimura, and H. Watanabe, "Mobility characterization of Ge-on-insulator metal-oxide- semiconductor field-effect transistors with striped Ge channels fabricated by lateral liquid-phase epitaxy," Appl. Phys. Lett., 105, (17) 173502 (2014).

(2) 淺原 亮平, 細井 卓治, 志村 考功, 渡部 平司, "極薄EOT high-k/Geゲートスタックの熱安定性及び界面特性改善に向けたプロセス設計," 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス(SDM)研究会, 信学技報 114, (88) 1-5, 名古屋大学, June 19, 2014.

(3) 梶村 恵子,松江 将博,細井 卓治,志村 考功, 渡部 平司, ″横方向液相成長法により作製した n 型 Ge-on-insulator 層の直接遷移発光の増強,″ 2014 年春季 第 61 回応用物理学関係連合講演会予稿集, 18a-F6-10, 青山学院大学, March 17-20, 2014).

(4) Masakazu Muraguchi and Tetsuo Endoh, ″Size dependence of electrostatic lens effect in vertical MOSFETs″, Japanese Journal of Applied Physics(JJAP) , Vol. 53, No. 4S, pp. 04EJ09 (4pages), 2014.

(5) S. Ohuchida, K. Ito and T. Endoh, "Impact of Sub-Volume Excitation for Improving Overdrive Delay Product in Sub-40nm p-MTJ and Its Beyond," International Conference on Solid State Dvices and Materails (SSDM), A-8-2, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan, September 9-11, 2014.

採択回数	① 2 3

（先端）

H26 / B03

ナノ半導体材料とそのデバイス・回路による電子システムに関する研究

［1］組織

代表者：山部　紀久夫
（筑波大学　大学院数理物質科学研究科）
対応者：大野　英男
（東北大学 電気通信研究所）
分担者：
遠藤　哲郎
（東北大学 大学院工学研究科）
山田 啓作
（筑波大学 大学院数理物質科学研究科）
蓮沼　隆
（筑波大学 大学院数理物質科学研究科）
知京　豊裕
（独立行政法人　物質・材料研究機構
半導体材料センター）
猪川　洋
（静岡大学　電子工学研究所）
中山　隆史
（千葉大学　大学院理学研究科）
延べ参加人数：31 人

研究費：旅費 33 万 6,000 円

［２］ 研究経過

シリコン MOS 集積回路技術に基づく電子システムは、社会を支える基盤技術である。将来の大規模マルチメディア情報処理や超高速データ通信、知能化生活支援・管理などを実現できるユビキタス電子システムの実現に向けて、電子システムには今後もより一層の継続的な高性能化が求められており、その中核を担う集積回路の高性能化、高集積化、高速化、低消費電力化、低コスト化が必要不可欠である一方で、集積回路を構成する基本素子であるシリコン MOS デバイスは継続的な微細化に伴い、既に数十ナノメートルのスケールに到達している。そのため、ナノ半導体材料・ナノデバイス中では、微細化に伴う様々な量子効果と統計的揺らぎ効果を伴う新しい現象が発現し、従来の学理と技術だけではこれ以上の高性能化が困難な状況に達している。特に、20nm 世代を超えた真のナノメータスケールのデバイス・回路にまで対応可能なナノ半導体材料は、未だ確立されておらず、それに基づく電子システムの姿は未だ明らかになっていない。

本共同プロジェクト研究会では，以上の認識に立ち、将来の電子システムのためのナノ半導体材料とナノ構造デバイス・回路のあるべき姿について、緊密に研究討論を行い、その学理と工学技術の構築を目指す。本件研究課題は，研究開始後もますますその重要性を増している。本研究を通して得られた知見を基にナノ半導体材料とそのデバイス・回路による電子システムに関する今後の技術戦略を提案することを目的として研究を展開した。

本プロジェクトは，本年度が初年度であった。以下，研究活動状況の概要を記す。

今年度は特に、ナノ半導体材料によってもたらされるデバイス・回路が電子システムに与える影響について検討を進めた。以下，研究活動状況の概要を記す。

上記目的および今年度の課題を踏まえ、2015 年 3 月 7 日に、我が国の集積エレクトロニクス分野の中核を担う産官学の研究者による研究会である NWDTF と共同で研究会を開催した。プロジェクトメンバーのみならず産業界からも多数の研究者を招聘し、高誘電体材料やスピン素子などを含むナノ材料に基づくデバイス・回路とそれらが要求する電子システムについて議論を深めた。さらに、今後の半導体集積化技術のあるべき姿について、世界の技術動向を踏まえた事例検討と議論を行った。これにより、本プロジェクトの主要テーマであるナノ半導体材料とそのデバイス・回路による電子システムの特徴の抽出を行い、またそれが拓く新たなアプリケーションの探索を進めた。

加えて、上記研究会に加えて、半導体研究の中核を担う研究者の集まる研究会である、ゲートスタッ

ク研究会などを中心に、コアメンバーによる議論を行い、本研究課題への理解を深化させた。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度開催した研究会においては、現代のナノ半導体素子に不可欠な材料である高誘電材料による薄膜の研究開発をモチーフとして検討を行った。材料物性の基本に立ち返り、材料開発の系譜からその材料選択の妥当性について議論し、それがデバイス・回路に与えてきた影響について明確化した。加えて、ナノスケールデバイス中のチャネル・ドレイン間での電子散乱がデバイス特性に与える影響についても議論した。これらの議論を通して、ナノスケールの半導体材料を用いたデバイス・回路によるシステムの性能を十分に引き出すためには、従来の方法論のみでは不十分であり、ナノスケールの材料物性やデバイス動作原理を踏まえたシステム設計が求められることが明確化された。

さらに、出口となる新たな応用分野の創出の観点からも討論を行った。これまでの我が国における研究開発（シーズ）とアプリケーション（ニーズ）の関係を俯瞰し産業界側からの問題提起を受け、さらに諸外国の事例を検討した。これにより、将来の電子システムの研究開発体制を構築するうえで求められる要件を明確化し、産学連携による新技術創出に向けた端緒を得た。

以上述べたように本年度の研究会における検討成果により、単なるナノ半導体材料とナノ構造デバイスの研究にとどまらない、より上位の電子システムを視野に入れた学理構築のための端緒が得られつつあると考えている。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献

本プロジェクト研究を通して、研究者間の交流の活発化と研究者ネットワークの拡大を推し進めた結果、上述したように、産学官の集積エレクトロニクス分野の主要な研究者らによる NWDTF 研究会と共同で研究会を開催することができた。特に、産業界からの招聘者を多数加えることで、より幅広い分野・立場からの研究者による議論が起こり、多角的視点から今後のナノ構造半導体材料とその新機能半導体デバイス技術について意見交換を行う場が構築できた。これにより、ナノ半導体材料に基づくデバイス・回路が要求する電子システムに対する分野を横断した共通認識の構築と、それに基づく今後の技術戦略の提案の端緒を得た。これらの知見を来年度以降の大型研究費獲得に向けて活かしていく。

加えて、本プロジェクトにおける研究会では、博士課程の学生や若手研究者にも研究報告の機会を与えており、若手研究者が大学の研究者からのみならず企業側の研究者の視点からも意見を聞くことの出来る貴重な場となっている。若手研究者の育成という意味でも、重要な役割を果たしていると考えている。

本研究を進めていくことで、ナノスケールの素子で発現する量子効果や統計的揺らぎ効果などの諸物理現象を、デバイス・回路の設計理論にまで落とし込み、それらに基づくシステムの性能を最大限引き出すための技術開発と、学理の方向性の解明が進展すると考えられる。

同時に、これらのナノスケールにおける材料・デバイス・回路技術をコアとした将来の電子システムの目指す方向性を打ち出すことができると期待される。また、量子論・統計学などを学術的背景とする研究者と、材料工学・デバイス工学・集積回路工学を学術的背景とする研究者の連携により、テクノロジーの視点とサイエンスの視点の両面から、今後の技術戦略の策定を行うこと自身も大きな成果となると考える。

半導体産業は、日本の基幹産業のひとつであり、今後のナノメータ時代に適合するその学理と技術を再構築することの意義は非常に大きい。また、ナノ半導体分野は、バイオテクノロジー、生態認証、磁性デバイス、MEMS など多くの異なる技術分野に対する共通プラットフォームになることが期待されているため、本研究会での成果は、半導体分野のみならず、今後のナノテク分野を広くカバーするような波及効果を持つと考えられる。したがって、本研究会における課題は波及効果が大きく、引き続き発展させていくべき課題であると考えている。

［4］成果資料

(1) R. Hasunuma, Y. Tomura and K. Yamabe,, “Reliability of Polycrystalline HfO2 Thin Films Directly Bonded to Si Substrates”, SSDM2014, PS-1-11, Tsukuba, Japan, 2014.

(2) 戸村有佑, 蓮沼隆, 山部紀久夫, 右田真司, “多結晶 HfO2 膜における絶縁破壊箇所の同定”, 20a-PA3-5, 応用物理学会 2014 秋季大会.

(3) 戸村 有佑, 蓮沼 隆, 山部 紀久夫, 右田 真司, “TDDB における多結晶 HfO2 膜の優位性”, ゲートスタック研究会, 2-2, 2015.

(4) Takeshi Sasaki、Masakazu Muraguchi、Moon-Sik Seo、Sung-kye Park and Tetsuo Endoh, "Effect with High Density Nano Dot Type Storage Layer Structure on 20nm Planar NAND Flash Memory Characteristics", Japanese Journal of Applied Physics(JJAP), Vol. 53, No. 4S, pp. 04ED17, 2014.

採択回数	① 2 3

(国際)

採択番号 H26/B04

マイクロ波磁性材料とそのナノ情報デバイスへの応用

［1］組織

代表者：山口 正洋
(東北大学大学院工学研究科)

対応者：石山 和志
(東北大学電気通信研究所)

分担者：

安藤 康夫 (東北大学大学院工学研究科)
遠藤 恭 (東北大学大学院工学研究科)
大谷 義近 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻)
木嶌 英恵 (東北大学学際科学フロンティア研究所)
佐藤 敏郎 (信州大学工学部)
曽根原 誠 (信州大学工学部)
能崎 幸雄 (慶應大学理工学部)
松下 伸広 (東京工業大学応用セラミックス研究所)
水上 成美 (東北大学原子分子材料科学高等研究機構)
劉 小晰 (信州大学工学部)
Adekunle Adeyeye (シンガポール国立大学, シンガポール)
Seok Bae (LG Innotek, 韓国)
Anil Kumar (IISc, インド)
Huahui He (華中科技大学, 中国)
石田 光一 (TU Dresden, ドイツ)
Nian Sun (Northeastern University, アメリカ)
Mean-Jue Tung (Industrial Technology Research Institute, 台湾)
Qun Wu (ハルピン工科大学, 中国)
Srinivasrao Shivashankar (IISc, インド)

延べ参加人数：132人

研究費：旅費 37万8千円
国際特別支援費 30万円

［2］研究経過

第五世代 (5G) 無線通信システムの開発にともない電磁干渉抑制技術の研究・開発は, 近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトでは, アジア域の研究者との議論を基に, 5Gシステムの通信品質確保を先導する新しい電磁干渉抑制技術を創出するための指針を見出すとともに, ナノ情報デバイスへの適用を適用技術の基本形態を提案することを目的として研究会を行った。

本プロジェクトは, 本年度が新規であった。以下, 研究活動状況の概要を記す。

・研究打ち合わせ
日時：2014年6月30日 (月) 12:30～14:00
場所：仙台国際センター会議室
打ち合わせ内容：研究会の進め方に関する議論
参加者：12名

・国際ワークショップ
日時：2015年3月13日 (金) 10:30～17:30
場所：東北大学電気系1号館大会議室
講演：招待講演6件, 一般講演1件

・Chemical routes to versatile oxide nanostructures (invited)
S.A. Shivashankar (IISc, インド)
・Small terrestrial TV broadcast reception antenna(invited)
Setsuo Yamamoto (山口大学)
・Introduction of ferrites – material, device and module (invited)
Mean Jue Tung (ITRIT, 台湾)
・Electromagnetic noise suppression using ferrite-plated thin film(invited)
Koichi Kondo (NEC-TOKIN)
・Magnetic nanostructures for logic and magnonic applications(invited)
Adekunle Adeyeye (シンガポール国立大)
・Tetragonal Mn-based alloy films for THz wave applications(invited)
Shigemi Mizukami (東北大)
・Development of high-frequency MFM
Yasushi Endo (東北大)
参加者：30名

［3］成果

（3－1）研究成果

本プロジェクトでは，マイクロ波～準ミリ波帯の電磁ノイズ抑制用材料を探索・開発する可能性を議論するために，RF，マイクロ波，ミリ波デバイス分野，高周波材料分野，磁化ダイナミックス，磁気緩和，非線形応答現象分野，RF およびマイクロ波集積化デバイス分野といった主要な分野に焦点を当てて，以下に示す研究成果を得た。

RF，マイクロ波，ミリ波デバイス分野に関しては，携帯電話用擬似伝送線路コモンモードフィルタの開発などいくつかの具体的なデバイスの開発動向を整理することによって，それらのデバイスをマイクロ波帯～準ミリ波帯で適用するための指針が整理された。

高周波材料分野に関しては，マイクロ波照射により低温合成した Zn フェライトの高周波透磁率特性を基にして，合成法の開発，高周波透磁率とノイズ抑制特性の関係等を整理することによって，新材料として準ミリ波帯への適用するためのフェライト材料の設計指針が整理された。

磁化ダイナミックス，磁気緩和，非線形応答現象分野に関しては，とりわけ磁性薄膜および微小磁性体の磁化ダイナミックスが可能な光ポンププローブ測定法や干渉計型磁気共鳴測定法といった新規磁化ダイナミックス計測法の最新研究開発動向が整理され，新材料の探索開発に向けたマイクロ波～準ミリ波帯の高周波磁気特性計測の指針が整理された。

RF およびマイクロ波集積化デバイス分野に関しては，LTE（Long Term Evolution）級デジタルアナログ回路を搭載した TEG（Test Element Group）チップ上に磁性薄膜を集積化し，携帯端末用 IC チップレベルでの低ノイズ化が可能であることを見出され，5G 無線通信システムの通信品質確保を先導する新たな電磁干渉抑制技術創出のための指針が整理された。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトは，アジア域の学外研究者との交流が飛躍的に活性化し，5G 無線通信システムの通信品質確保を先導する要素技術の指針を見出すことにより，電波の有効利用に関わる基盤技術として大きな波及効果が期待できる。また，本プロジェクトで明らかになったマイクロ波から準ミリ波帯用ノイズ抑制材料の探索・開発に関する成果は，準ミリ波帯における新しい高周波スピン工学という研究領域の開拓（萌芽的研究）に結びつき，今後の発展が期待されている。

（国際会議）

- 会議名　2014 IEEE ICMM
- 日時　2014 年 6 月 29 日（日）～7 月 2 日（水）
- 開催場所　仙台国際センター
- 参加人数　国外 52 名，国内 38 名

（国際ワークショップ）

- 会議名　International Workshop on Microwave Magnetic Materials and Application to Nano Information Devices
- 日時　2015 年 3 月 13 日（金）
- 開催場所　東北大学電気系 1 号館 2F 会議室
- 参加人数　国外 3 名，国内 27 名

（特別支援（国際）にかかる研究成果）

特別支援分の研究費により，2015 年 3 月 13 日（金）に主催した国際ワークショップにおいて，アジア域より，インド・IISc・教授　S.A. Shivashankar 氏，台湾・ITRIT・上級研究員 Mean Jue Tung 氏，シンガポール・シンガポール国立大学・教授 Adekunle Adeyeye 氏の 3 名を招聘して講演会を開催し，マイクロ波磁性材料とそのナノ情報デバイスへの応用に関する今後の展望と共同研究テーマの創出の可能性を検討した。その結果，インド・IISc とは新規高周波材料として期待される Sr 系フェライト，Ba 系フェライトなどに関する共同研究を，またシンガポール国立大学とはナノ磁性体を用いたナノ情報デバイス応用に向けた基本要素技術に関する共同研究をそれぞれ推進する予定であり，新たな研究グループ形成の構築において一定の研究成果が得られた。

採択回数	1	2	3

（先端・国際）

採択番号Ｈ２６／Ｂ０５

ハイブリッドセミコンダクタ回路技術とその応用

［１］組織

代表者：西川　健二郎

（鹿児島大学大学院理工学研究科）

対応者：末松　憲治

（東北大学電気通信研究所）

分担者：

石崎俊雄（龍谷大学）

伊藤信之（岡山県立大学）

岡崎浩司（NTT ドコモ）

亀田　卓（東北大学電気通信研究所）

河合邦浩（NTT ドコモ）

河合　正（兵庫県立大学）

川崎繁男（JAXA 宇宙研）

古神義則（宇都宮大学）

真田篤志（山口大学）

関　智弘（NTT 未来ねっと研究所）

楢橋祥一（NTT ドコモ）

西川健二郎（鹿児島大学）

西野　有（三菱電機鎌倉製作所）

藤本竜一（東芝セミコンダクター社）

丸橋建一（NEC システム IP コア研究所）

檜枝護重（三菱電機情報総研）

谷口英司（三菱電機情報総研）

藤島　実（広島大学）

Jenshan Lin（Univ. of Florida）

Dmitry V. Kholodnyak（St. Petersburg Electrotechnical Univ.）

研究費：旅費 37 万 8 千円，

国際特別支援 30 万円

［２］研究経過

無線を使った超ブロードバンド通信を実現するには，小型な無線端末に用いられている高周波（RF: Radio Frequency）IC のブレークスルーが必要である．本研究会では，次世代の高周波 IC を実現することを目標に，主に，RFIC の高性能化（高周波 SoC: System-on-Chip）を実現するハイブリッド化技術を提案する．ここでいうハイブリッド化とは，単なる異種デバイスの集積化（例えば，III-V on Si）だけでなく，アナログ-ディジタル，ハードウエア-ソフトウエア等の有機的な繋がり，集積化をイメージしている．

新しい概念の高周波 SoC とそれを用いた将来の無線端末について議論を行い，上記目的達成のため，国内外の研究者間で研究交流を図り，一層の研究の進展を図った．また，無線通信キャリヤ技術者などシステム側の研究者との交流を図り，これを通じて，システム応用への道すじについても検討している．

本プロジェクトは，本年度が第１年度であり，RFIC の最新技術動向を取り上げ，将来の高周波 SoC のイメージ，必要な機能，課題について，デバイスプロセス，回路技術，システム等多方面から集中的に議論した．今年度は２回の研究討論会を実施した（内１回は特別支援分による研究会実施）．以下に実施内容を記載する．

［研究討論会 1］

日時：平成 26 年 9 月 5 日（金）〜9 月 6 日（土）

場所：仙台市青葉区片平２丁目

東北大学電気通信研究所 ２号館 4F 中会議室 他

出席者（敬称略）：西川，末松，石崎，伊藤，岡崎，河合，川崎，真田，関，西野，藤本，檜枝，谷口，藤島，岸本，本良

なお，招待講演者として，終日，宮地晃平（JAXA），Mohammad Madihian（DrexelUniv.）が参加した．

・プログラム

9 月 5 日

13:00-13:15　研究代表者（西川）挨拶
末松よりプロジェクト運営説明

13:15-14:45　“Si-based Monolithic TX/RX IC Development for THz Applications”
Mohammad Madihian

15:00-16:30　“異種デバイスの集積化技術とその応用，ハード／ソフトの集積化”
宮地晃平

16:30-17:00　ハイブリッドセミコンダクタ回路についての議論

20:00-23:00　ハイブリッドセミコンダクタ回路についての議論及び各自の近況報告

9月6日

10:00-12:00　ハイブリッドセミコンダクタ回路についての議論

［研究討論会２（特別支援分）］
日時：平成26年11月8日（土）
場所：仙台市青葉区片平２丁目
東北大学電気通信研究所１号館3FS306セミナー室
出席者（敬称略）：末松，石崎，伊藤，岡崎，河合，川崎，真田，関，西野，藤本，檜枝，谷口，藤島，岸本，Dmitry V. Kholodnyak，本良

・プログラム

11月8日

13:30-14:30　ハイブリッドセミコンダクタ回路技術と最新の研究動向
Dmitry V. Kholodnyak

［3］成果

(3-1) 研究成果

THz 帯は大容量無線通信だけでなく，セキュリティ，イメージング，分析技術等への応用が期待される周波数帯であり，送受信機の小型化，高性能化が求められている．従来は導波管をベースとした化合物半導体を用いた送受信機の開発が中心であったが最近のSiデバイスの著しい性能向上により，SiLSI化の研究が進展している．図1はSiGe BiCMOSプロセスを用いた400GHz帯送受信機の回路図である．

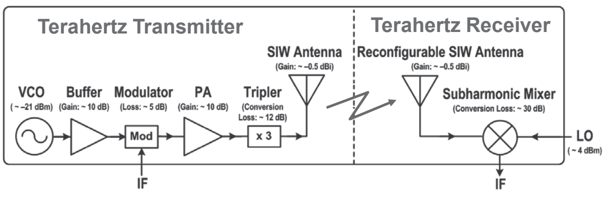


図1　400GHz帯送受信機構成

送信機側は発信機，変調器，増幅器，PA及びオンチップアンテナ，受信機側はオンチップアンテナと周波数変換器という構成である．オンチップアンテナはSIW(Substrate Integrated Waveguide)構造としている．図2にオンチップアンテナの詳細を示す．

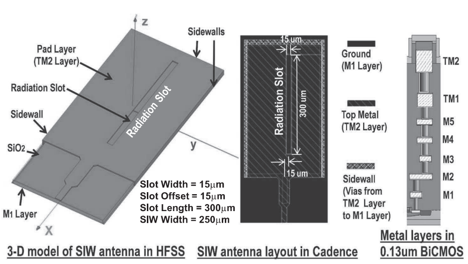
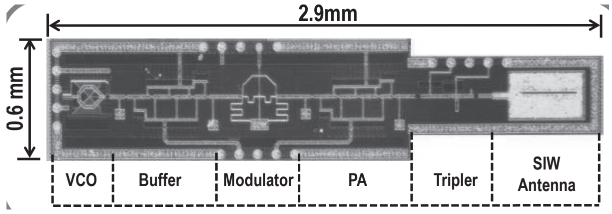
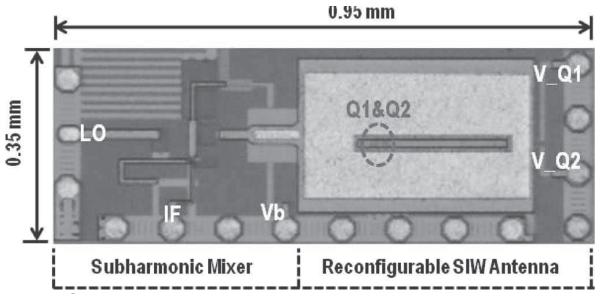


図2　SIWオンチップアンテナ

図3は試作した送受信機LSIのチップ写真であり，送信機は2.9mmX0.6mm，受信機は0.95mmX0.35mmと小型である．



(a)送信機LSI



(b)受信機LSI

図3　送受信機LSI

送信機出力は-20dBm，受信機変換損失は34dBであり，通信距離6cmにおいて送受信LSIの通信動作を確認している．

異種機能デバイス集積化回路（Hybrid Semiconductor Integrated Circuit (HySIC)）とは図4に示すように，SiLSIを基に化合物MMIC等をその上に集積化した回路をいう．つまり，コア処理部をSiCMOSICに限らず最適なデバイスを採用し，それを制御する回路が搭載されたSiLSI上に集積したものである．HySICを実現するにはMMIC等の性能を劣化させない接合プロセスが必要である．つまり，コア製造技術として，常温（低温）接合プロセス技術インターフェース技術としてTSV(Through Si Via)プロセスが必要であることを明らかにした．

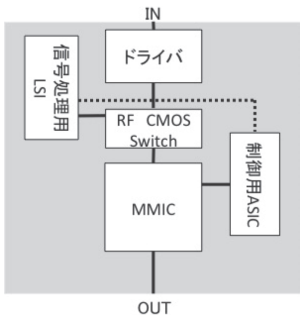


図4 異種機能デバイス集積化回路

(3-2) 波及効果と発展性など

今年度開催した研究会を通じて，ハイブリッドセミコンダクタ回路のイメージ，製造課題，応用技術について，集中的に議論を行った．その結果，無線システムの高度化に合わせて，RFICの高性能化が求

められており，アナディジ混在によるディジタルアシスト技術やSiCOMIC上に化合物デバイスを集積する回路技術だけでなく，今後の無線システムの一層の発展（フレキシビリティ，高速化，途切れない通信等）を実現するにはRFICの新たな概念を提案，構築する必要があることが委員共通の認識となった．本研究会においては，異種デバイス，アナログ-ディジタル，ハードウエア-ソフトウエアの有機的な繋がり、集積化された高周波SoCを提案し，それを実現するためのロードマップ作成及び応用技術を提示することを成果とする予定である．

平成27年度は海外の著名なRFIC研究者を招聘し，最新動向，将来の高周波SoCのイメージ，必要な機能，課題について，デバイスプロセス，回路技術，システム等多方面から集中的に議論する．

平成28年度にDmitry V. Kholodnyak教授と協力して，St. Petersburgにおいて本研究会の成果及び関連研究成果を発表する国際ワークショップを開催することが決定された（特別支援分）．

［4］ 成果資料

(1)N. Suematsu, S. Kameda, H. Oguma, M. Sasanuma, S. Eguchi, K. Kuroda, “Multi-Mode Portable VSAT for Disaster-Resilient Wireless Networks,” Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)2014, TH2E-4, Nov., 2014.

(2)中村美琴，タ トァンタン，亀田 卓，末松憲治，平 明徳，高木 直，坪内和夫，“ブロードバンド通信アレーアンテナ用低域ループ制御自律ビームフォーミング方式の検討，”信学技報 MW2014-82, pp.203-208, July, 2014.

(3)末松憲治，亀田 卓，小熊 博，笹沼 満，江口茂，黒田幸明，“災害時に有効なマルチモード可搬型VSAT，”信学技報 MW2014-184, pp.19-23, Jan., 2015.

(4)中村美琴，タ トァン タン，本良瑞樹，亀田 卓，末松憲治，平 明徳，高木 直，坪内和夫，“ミリ波広帯域通信用低域ループ制御自律ビームフォーミングIF受信器，” 信学技報 MW2014-227, pp.137-142, Mar., 2015.

(5)R. Takamori, K. Nishikawa, Y. Maru, and S. Kawasaki, Interference Analysis of Dual-band WiCoPT System for Wireless Sensor Network in RVT, 2014 Asia-Pacific Microwave Conf. Proc., pp.167-169 (2014).

(6)H. Sakaki, and K. Nishikawa, Broadband Rectifier Design based on Quality Factor of Input Matching Circuit, 2014 Asia-Pacific Microwave Conf. Proc., pp.1205-1207 (2014).

(7)H. Sakaki, F. Kuroiwa, M.Tsujii, M. Muraguchi, K. Nishikawa, K. Kawai, H. Okazaki, and S. Narahashi, A Novel Wide Dynamic Range Rectifier Design For Wireless Power Transfer System, 2014 Asia-Pacific Microwave Conf. Proc., pp.1208-1210 (2014).

(8)榊 裕翔，黒岩史登，村口昌史，西川健二郎，無線電力伝送用広ダイナミックレンジ整流回路の提案，電子情報通信学会技術研究報告 MW2014-80, pp.191-196, 2014年 7月.

(9)榊裕翔，黒岩史登，村口昌史，西川健二郎，無線電力伝送用広ダイナミックレンジ整流回路の提案，2014電子情報通信学会ソサイエティ大会，C-2-8, 2014年 9月.

(10)高森 凌，野地拓匡，桑原達朗，川崎繁男，西川健二郎，小型レクティファイアの作製，平成26年度電気・情報関係学会九州支部連合大会，12-2A-10, 2014年 9月.

(11)Hiroto Sakaki, Masanobu Tsujii, enjiro Nishikawa, Kunihiro Kawai, Hiroshi Okazaki, and Shoichi Narahashi, Performance Analysis of Adjacent Channel Leakage power Ratio depending on RF Components for Multiband Base Station, Thailand-Japan MicroWave 2014, TH4-7 / Vietnam-Japan MicroWave 2014, P-15, 2014年 11月.

(12)Machiko Maeno, Ryo Takamori, Hiroto Sakaki, Kenjiro Nishikawa, and Shigeo Kawasaki, Novel RF Configuration on IC Tag for Multi-frequency Transmission WiCoPT System, Thailand-Japan MicroWave 2014, TH4-18 / Vietnam-Japan MicroWave 2014, P-17, 2014年 11月

(13)高森 凌，西川健二郎，丸 祐介，川崎繁男，ロケット内無線センサネットワーク用デュアルバンドWiCoPTシステムにおける信号干渉に関する検討，電子情報通信学会技術研究報告 MW2014-186, pp.31-34, 2015年 1月.

(14)榊 裕翔，黒岩 史登，辻井 優伸，西川 健二郎，河合 邦浩，岡崎 浩司，楢橋 祥一，広ダイナミックレンジ・デュアルバンド整流回路の提案，電子情報通信学会技術研究報告 WPT2014-81, pp. 19-24, 2015年 1月

(15)榊裕翔，辻井優伸，西川健二郎，河合邦浩，岡崎浩司，楢橋祥一，2 周波数対応ドハティ型整流回路の提案，2015電子情報通信学会総合大会，B-21-13, 2015年 3月

(16)黒木 真，榊裕翔，辻井優伸，西川健二郎，河合邦浩，岡崎浩司，楢橋祥一，シーケンシャル動作による広ダイナミックレンジ整流回路の提案，2015電子情報通信学会総合大会，C-2-8, 2015年 3月

採択回数	①	2	3

（先端）

Ｈ２６／Ｂ０６

マルチキャリア光波による
先進通信・計測システムに関する研究

［1］組織

代表者：土田 英実
（産業技術総合研究所 電子光技術研究部門）

対応者：中沢 正隆
（東北大学 電気通信研究所）

分担者：

廣岡 俊彦	（東北大学電気通信研究所）
吉田 真人	（東北大学電気通信研究所）
森 雅彦	（産業技術総合研究所）
鳥塚 健二	（産業技術総合研究所）
吉富 大	（産業技術総合研究所）
石川 浩	（産業技術総合研究所）
鍬塚 治彦	（産業技術総合研究所）
稲場 肇	（産業技術総合研究所）
大苗 敦	（産業技術総合研究所）
挾間 寿文	（産業技術総合研究所）
大久保 章	（産業技術総合研究所）
Nguyen-Tan Hung	（産業技術総合研究所）
洪 鋒雷	（横浜国立大学）
小林 拓実	（横浜国立大学）
美濃島 薫	（電気通信大学）
中嶋 善晶	（電気通信大学）
岩國 加奈	（慶應大学）
鈴木 淳太	（東京理科大学）
美濃島 薫	（電気通信大学）
山崎 裕幸	（ＮＥＣ山梨）
吉本 直人	（千歳科学技術大学）
高田 篤	（徳島大学）

延べ参加人数：２４人

研究費：旅費２２万２千円

［2］研究経過

現在の光通信システムは単一キャリアの光源をベースとして、波長の異なる多数の光源を多重化して、大容量化を実現してきた。一方、光周波数の物差しである光周波数コムは、位相同期した多数のキャリア（マルチキャリア）を巧みに利用して、マイクロ波領域の時間・周波数標準と光領域を繋いでいる。光通信の更なる大容量化を実現するためには、単一キャリア光源では限界があり、無線通信で実用化されているマルチキャリア方式の導入が必須である。しかしながら、位相同期したマルチキャリア光波を取り扱う技術は未成熟であり、発生、変調、伝送、復調、検出などの処理を一括して行う技術の開発が必要である。一方、すでに実用化されている光周波数コムについても、発生だけでなく、多数の位相同期キャリアを一括して扱う高度な技術が実現できれば、分光・分析、センシングなどへの応用を拡大し、飛躍的な性能向上をもたらすことが期待できる。本研究では、先進的な通信、計測・標準システムの確立に貢献することを目的として、東北大学・電気通信研究所と産業技術総合研究所等の研究者の間で、マルチキャリア光波の発生、制御、検出技術、通信、計測への応用に関する研究討論を行った。

本プロジェクトは，今年度が１年目に当たり、平成２６年１２月１５日に電気通信研究所において、東北大学、産業技術総合研究所、横浜国立大学、電気通信大学、ＮＥＣ山梨、千歳科学技術大学、徳島大学の研究者が参加して研究会を開催し、15 件の発表を行った。コヒーレント光伝送、ナイキスト光パルス伝送、量子暗号、光注入同期、波長可変レーザ、光パラメトリック増幅、光周波数コムの応用等の発表に対して、活発な討論を行った。研究会のプログラムを以下に示す（○は発表者を示す）。

１２月１５日（月）

１．開会挨拶　中沢正隆（東北大学）

２．2048QAM デジタルコヒーレント伝送：○別府翔平・吉田真人・葛西恵介・中沢正隆（東北大）

３．光注入同期を用いた 140Gbit/s, 128QAM コヒーレント伝送：○王怡昕・別府翔平・吉田真人・葛西恵介・中沢正隆（東北大）

４．QAM を用いた2次元量子ストリーム暗号：○中沢正隆・吉田真人・廣岡俊彦（東北大）

５．周波数利用効率 10.6 bit/s/Hz を有する 1.92 Tbit/s/ch, 64QAM コヒーレントナイキストパルス伝送：○David Odeke Otuya・原子広大・葛西恵介・廣

岡俊彦・中沢正隆(東北大)
6．Optical Nyquist filtering of OTDM signals and their spectral defragmentation for elastic optical networks：○Nguyen-Tan Hung (産総研)
7．コヒーレント技術が拓くしなやかなアクセスネットワークの構築に向けて：○吉本直人(千歳科学技術大)
8．シリコンフォトニクスによる高出力、狭線幅波長可変レーザ：○山崎裕幸・佐藤健二・小林直樹・波若雅彦(NEC 山梨)山本圭介(NEC)北智洋・山田博仁(東北大)
9．産総研で展開するシリコンフォトニクス研究：○森雅彦(産総研)
10. 半導体レーザへの注入同期による光信号処理の最近の進展：○鍬塚治彦(産総研)
11. コヒーレント信号の位相感応型光パラメトリック増幅：○高田篤・岡村康弘(徳島大)古賀正文(大分大)
12. 狭線幅光コムを用いた、3つの異波長狭線幅レーザーの周波数安定度測定：○稲場肇・保坂一元・大久保章・赤松大輔・安田正美・大苗敦(産総研)洪鋒雷(横浜国大)
13. ワンショットで 1.0-1.7μm を MHz 級の分解能で観測できるデュアルコム分光:○大久保章・岩國加奈・稲場肇・保坂一元・大苗敦(産総研)佐々田博之(慶應大)洪鋒雷(横浜国大)
14. 光コム干渉計におけるファイバノイズキャンセリング手法の研究:○中嶋善晶・美濃島薫（電通大）
15. 横国大/産総研におけるヨウ素安定化レーザーの最近の研究:洪鋒雷・○小林拓実（横浜国大）赤松大輔・保坂一元・稲場肇・大久保章・田邊健彦・安田正美・大苗敦（産総研）
16. マルチキャリアフォトニクス:○土田英実（産総研）
17. 閉会挨拶　土田英実（産業技術総合研究所）

［3］成果
（3－1）研究成果
① 偏波多重2048QAM-150km伝送(66Gbit/s)において、コヒーレント検波系のOSNR増大、位相雑音抑制、ENOB 向上を図り、周波数利用効率15.3bit/s/Hz を実現した。
② 半導体レーザを用いた注入同期ホモダイン検出回路を開発し、低位相雑音キャリア位相同期を実現し、偏波多重128QAM-150km伝送（140Gbit/s）を達成した。
③ QAM変調方式を用いた2次元量子ストリーム暗号を提案し、暗号化した10Gbit/s-16QAM/QSC信号の160km伝送を行い、ASK方式に比べて安全性を飛躍的に増大できることを示した。また、偏波多重40Gbit/s-16QAM/QSC信号(40Gbit/s)の160km伝送に成功し、世界最高の伝送容量と伝送距離を実現した。
④ ナイキスト光パルスを用いた直交 TDM 多重分離法を開発し、1.92Tbit/s-64QAM-150km コヒーレントナイキストパルス伝送において、周波数利用効率10.6bit/s/Hz を実現した。
⑤ エラスティック光パスネットワークを実現するため、OTDM/WDM 信号に対する光学的ナイキストフィルタリング技術、およびスペクトルデフラグ技術を開発した。
⑥ 光・無線融合アクセスネットワークの実現に必要なインフラ融合、コヒーレント技術を活用したネットワーク仮想化、ならびに期待されるデバイス技術を解説した。
⑦ Si フォトニクスによるリング共振型フィルタを用いた外部共振器型波長可変レーザを開発した。損失0.5dB/cmのSi細線導波路、出力100mW、スペクトル線幅15kHz を実現した。
⑧ 産総研で展開しているSiフォトニクスデバイスの製造設備、および関連する国家プロジェクトを紹介した。
⑨ デジタルコヒーレントトランシーバにおけるDSP処理を軽減することを目的として、注入同期と非線形光学効果を用いたキャリア再生技術を開発した。
⑩ 位相感応型光増幅器の基本動作と光ファイバ伝送への適用を紹介し、PSK信号の増幅中継における励起光の位相同期技術を開発した。
⑪ 3コーナーハット法を利用して、光共振器に安定化された異なる 3 波長の狭線幅レーザの周波数安定度を測定した。安定度は光共振器の熱雑音により制限されていることを明らかにした。
⑫ 位相同期した 2 台の光周波数コムを用いた分光計を構築し、1.0-1.7μmに渡る波長域を数10MHzの分解能で高速（<100ms）測定できる技術を開発した。
⑬ 絶対距離測定に用いる光コム干渉計において、参照光路に用いる光ファイバの光路長変動に起因する雑音をキャンセルする手法を開発した。
⑭ 次世代光通信・計測の基盤となる技術体系としてマルチキャリアフォトニクスを提案し、注入同期を利用したマルチキャリア光源を開発した。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

光領域において位相同期したマルチキャリアを一括して処理、利用する技術を確立し、通信や計測システムの飛躍的な性能向上を目指す点において、独自性と優位性を有していると考えられる。超高速、

およびコヒーレント光伝送に関して世界最先端のポテンシャルを有する東北大学・電気通信研究所と、光デバイス、光信号処理、レーザ制御技術、標準・計測技術に多大の実績を有する産業技術総合研究所の研究者が討論を行うことにより、当該分野の研究開発が一層加速されるとともに、我が国の技術的優位性の確立に貢献する。さらに、このような交流を学官だけでなく、産業界や海外にまで広げることにより、電気通信研究所が当該分野の世界的な研究拠点となることが期待される。

［4］成果資料

(1) S. Beppu, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, “2048 QAM (66 Gbit/s) single-carrier coherent optical transmission over 150 km with a potential SE of 15.3 bit/s/Hz,” Opt. Express, vol. 23, no. 4, pp. 4960-4969, February (2015).

(2) Y. Wang, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, “60 Gbit/s, 64 QAM LD-based injection-locked coherent heterodyne transmission over 160 km with a spectral efficiency of 9 bit/s/Hz,” IEICE Electron. Express, vol. 11, no. 17, 20140601, September (2014).

(3) Y. Wang, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa, “120 Gbit/s injection-locked homodyne coherent transmission of polarization-multiplexed 64 QAM signals over 150 km,” Opt. Express, vol. 22, no. 25, pp. 31310-31316, December (2014).

(4) D. O. Otuya, K. Kasai, M. Yoshida, T. Hirooka, and M. Nakazawa, “Single-channel 1.92 Tbit/s, Pol-Mux-64 QAM coherent Nyquist pulse transmission over 150 km with a spectral efficiency of 7.5 bit/s/Hz,” Opt. Express, vol. 22, no. 20, pp. 23776-23785, October (2014).

(5) K. Harako, D. O. Otuya, K. Kasai, T. Hirooka, and M. Nakazawa, “High-performance TDM demultiplexing of coherent Nyquist pulses using time-domain orthogonality,” Opt. Express, vol. 22, no. 24, pp. 29456-29464, December (2014).

(6) N. Yoshimoto, “A new trend in optical access networks toward 2020 in Japan,” OECC/ACOFT 2014, Tu4A-1, Melbourne, Australia, July (2014).

(7) N. Yoshimoto, “Impact on society and industry due to fusion of light and radio waves in future information communication technologies,” URSI 2014, p. 17, Tokyo, Japan, September (2014).

(8) 吉本直人, “将来無線アクセス向け光ネットワークの最新技術と標準化動向,” 信学技報, CS2014-84, pp. 19-24 (2014).

(9) N. Kobayashi, K. Sato, M. Namiwaka, K. Yamamoto, S. Watanabe, T. Kita, H. Yamada and H. Yamazaki, “Silicon photonic hybrid ring-filter external cavity wavelength tunable lasers,” J. Lightwave Technol., vol 33, no. 6, pp. 1241 - 1246, March (2015).

(10) K. Sato, N. Kobayashi, M. Namiwaka, K. Yamamoto, S. Watanabe, T. Kita, H. Yamada and H. Yamazaki, “High output power and narrow linewidth silicon photonic hybrid ring-filter external cavity wavelength tunable lasers,” ECOC2014, PD.2.3, September (2014).

(11) A. Albores-Mejia, R. Slavik, J. Kakande, T. Kaneko, E. Banno, K. Uesaka, H. Shoji, D. Richardson, and H. Kuwatsuka, “Optical feed- forward carrier recovery using semiconductor optical devices and low frequency electronics,” OECC/ACOFT2014, pp.299-301, July (2014).

(12) A. Albores-Mejia, T. Kaneko, E. Bannno, K. Uesaka, H. Shoji, and H. Kuwatsuka, “Optical- comb-line selection from a low-power/low-OSNR comb using a low-coherence semiconductor laser for flexible ultra-dense short range transceivers,” OFC2015, W2A.23, March (2015).

(13) A. Takada, K. Higashiyama, E. Hamada, Y. Okamura, A. Mizutori, and M. Koga, “Optical phase locking between pump and multiple-carrier signal lights in frequency-nondegenerate parametric phase-sensitive amplifier,” OECC/ACOFT2014, WEPS2-74, Melbourne, Australia, July (2014).

採択回数	① 2 3

（大型）

採択番号 Ｈ２６／Ｂ０７

コトミメティクス学創成： バイオミメティクスの新展開

［１］組織

代表者：大須賀公一
（大阪大学大学院工学研究科）

対応者：石黒 章夫
（東北大学電気通信研究所）

分担者：

小林 亮
（広島大学大学院理学研究科）

伊藤悦朗
（徳島文理大学香川薬学部）

青沼仁志
（北海道大学電子科学研究所）

神崎亮平
（東京大学先端科学技術研究センター）

辻 瑞樹
（琉球大学農学部）

岡浩太郎
（慶応義塾大学理工学部）

石川将人
（大阪大学大学院工学研究科）

杉本靖博
（大阪大学大学院工学研究科）

倉林大輔
（東京工業大学大学院理工学研究科）

池本有助
（富山大学工学部）

井上康介
（茨城大学知能システム工学科）

伊達 央
（防衛大学情報工学科）

秋山 正和
（北海道大学電子科学研究所）

伊藤 賢太郎
（広島大学大学院理学研究科）

延べ参加人数：２５名（参加した学生を含む）

研究費：旅費 363,000 円

［２］研究経過

生物が持つ「変化する環境に対し適応的に振る舞う能力」がどのように達成されるかを理解・模倣し，工学的に活用する「コトミメティクス」という新しい学問領域を創成する．生物には物質的側面（モノ）と動態的側面（コト）があるため，上記の能力を理解するためには，これまでの「モノ」偏重の姿勢を改め，「コト」の理解を進化させなくてはならない．そして「コト」の理解には，あるがままに生物を見る「理学の目」と，そこに「合目的性」を見出す「工学の目」の両者を適切に融合させる必要がある．本課題では，これら二つの見方を止揚する「制御の視座」を武器に，生物のさまざまな階層から「コト」を抽出する．この試みを通して，生物学・工学・数学・哲学を融合させたユニークな学術領域を生み出す．

今年度は，参加メンバー間の情報交換を目的として研究会を開催した．以下にその概要を示す：

開催日程： 平成 26 年 11 月 4 日〜5 日

場所： 東北大学電気通信研究所 2 号館大会議室（11 月 4 日），中会議室（11 月 5 日）

プログラム：

1) 小林 亮 教授（広島大学）： 環境を友とする制御法の創成
2) 大須賀公一 教授（大阪大学）： 陰陽制御とは何か？
3) 青沼仁志 准教授（北海道大学）： 生物実験から探る手応え制御の実装
4) 石黒章夫 教授（東北大学）： 手応え制御の数理モデル
5) 黒田 茂 助教（北海道大学）： ムカデの脚間協調メカニズム

上記の講演後は，参加者全員でディスカッションと石黒研究室の見学を行った．

［３］成果

（３－１）研究成果

生物が示す優れた能力（コト）の発現機序を解明するには，制御という視座に基づき，以下のような研究項目を採り上げ，これらの個別的理解とともに，すべてを通貫する理解を目指すアプローチが有効であるとの結論に至った：

1. 細胞内から生み出されるコト
2. 細胞間相互作用から生み出されるコト
3. 個体と場の相互作用から生み出されるコト
4. 個体間相互作用から生み出されるコト
5. 大規模集団から生み出されるコト

次年度からは，上記のアプローチに基づいた研究を展開する．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

コトミメティクスは工学にとっては基礎学問になる．構築されるものが基礎的であればあるほどその影響力は大きい．具体的には，生物規範システムを構築する分野，例えばロボティクスやシステム工学に新たな展開基軸を提供することができ，それらの分野の学術水準が向上・強化される．また，生物のコトの理解が進むために，生物学そのものに新奇な知見や視座をもたらすことができる．

本共同プロジェクト研究を通して学外研究者との交流が飛躍的に活性化し，以下の研究予算の獲得につながった：

- 環境を友とする制御法の創成（代表　小林亮　広島大学教授）
- JST CREST
- 広島大学，東北大学，大阪大学，北海道大学
- H26 年度～H31 年度

今後はこれ以外にも，科研費新学術領域や，基盤研究(S)，基盤研究(A)などの大型研究予算にも積極的に申請していきたい．

［４］成果資料

1) Kano T., Owaki D., and Ishiguro A., (2014) A simple measure for evaluating gait patterns during multi-legged locomotion, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, 7(4): 214-218

2) Owaki D. and Ishiguro A. (2014) Mechanism of Quadruped Gait Transition, *Proc. of Dynamic Walking 2014*.

3) Owaki D. and Ishiguro A. (2014) CPG-based Control of Bipedal Walking by Exploiting Plantar Sensation, *Proc. of the CLAWAR 2014*, 335-342.

4) Kano, T., Date, H., and Ishiguro, A. (2014) Simple Decentralized Control Scheme Can Reproduce Versatile Gait Patterns of Snakes, in Proc. of the 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2014): 20-23.

5) Kano, T., Satake, F., Date, H., Inoue, K., and Ishiguro, A., (2014) *Doing Well in Narrow Aisle!* Decentralized Control Mechanism Underlying Adaptive Concertina Locomotion of Snakes, in Proc. of the 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2014): 32-35.

6) Kano, T., Osuka, K., Kawakatsu, T., and Ishiguro, A. (2014) Self-organization of Motile Oscillators Inspired by Friendship Formation, in Proc. of the 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2014): 341-344.

7) Ishiguro, A., Nakamura, K., Kano, T., and Owaki, D. (2014), Neural communication vs. physical communication between limbs: Which is essential for hexapod walking?, Proc. of Dynamic Walking 2014

8) Kazama, T., Kano, T., Iima, M., Kobayashi, R., and Ishiguro, A., (2014) On the applicability of the decentralized control mechanism of snake locomotion to sea snake locomotion, The sixth international symposium on aero aqua bio-mechanisms (ISABMEC2014)

9) Sugimoto Y., Kibayashi T., Ishikawa M. and Osuka K. (2014) Nonlinear control by coupled oscillator: from nonholonomic systems to quasi-passive dynamic walker, *Proc. of 2014 Int'l. Symp. on Nonlinear Theory and its Applications(NOLTA2014)*, 288-291

10) Sueoka Y., Kita T., Ishikawa M., Sugimoto Y. and Osuka K. (2014) Distributed control of the number of clusters in obstacle collecting by swarm agents, *Nonlinear Theory and Its Applications*, 5(4): (inpress)

11) Alessi A.M., O'Connor V., Aonuma H. and Newland P.L. (2014) Dopaminergic modulation of phase reversal in desert locusts. *Front. Behav. Neurosci.* 8:371. doi: 10.3389/fnbeh.2014.00371
12) Watanabe T. and Aonuma H. (2014) Tissue-specific promoter usage and diverse splicing variants of the found in neurons; an ancestral Hu/ELAV-like RNA binding protein gene of insects, in a direct developing-insect *Gryllus bimaculatus*. *Insect Mol. Biol.*, 23(1): 26-41
13) Yokoyama TD., Hotta K., Oka K. (2014) Comprehensive morphological analysis of individual peripheral neuron dendritic arbors in ascidian larvae using the photoconvertible protein kaede. *Dev Dyn.* in press
14) Iwasaki M., Poulsen TM., Oka K., Hessler NA. (2014) Sexually dimorphic activation of dopaminergic areas depends on affiliation during courtship and pair formation. *Front Behav Neurosci.* 8:210
15) Shimoi T., Mizutani K., Kojima D., Kitamura Y., Hotta K., Ogawa H., Oka K. (2014) Identification of oscillatory firing neurons associated with locomotion in the earthworm through synapse imaging. *Neuroscience.* 268:149-158
16) Kunita I., Kuorda S., Ohki K. and Nakagaki T., (2014) Attempts to retreat from a dead-ended long capillary by backward swimming in *Paramecium*. *Frontiers in Microbiology*, 5, doi:10.3389/fmicb.2014.0027
17) Jouh YC., Kurabayashi D. (2014) Quantitative analysis of the silk moth's chemical plume tracing locomotion using a hierarchical classification method, *J. Bionic Eng.* 11(2), 268-281
18) Kuroda S., Kunita I., Tanaka Y., Ishiguro A., Kobayashi R. and Nakagaki T. (2014) Common mechanics of mode switching in locomotion of limbless and legged animals. *J. R. Soc. Interface*, 11(95): 20140205
19) Iwamoto M., Ueyama D. and Kobayashi R. (2014) The advantage of mucus for adhesive locomotion in gastropods. *J. Theo. Biol.*, 353: 133-141
20) Nakayama K., Sueoka Y., Ishikawa M., Sugimoto Y. and Osuka K. (2014) Control of transportation trails by distributed autonomous agents inspired by the foraging behavior of ants. *Nonlinear Theory and Its Applications*, 5(4), in press

採択回数	①	2	3

（国際）

採択番号　H26／B08

多感覚統合への自己身体運動の寄与

［1］組織

代表者：櫻井　研三
（東北学院大学　教養学部）
対応者：鈴木　陽一
（東北大学　電気通信研究所）
分担者：
行場　次朗（東北大学　文学研究科）
Hiroshi Ono（York 大学 心理学部）
古賀　一男（京都ノートルダム女子大学）
Laurence R. Harris（York 大学 心理学部）
佐藤　雅之（北九州市立大学 国際環境工学部）
岡嶋　克典（横浜国立大学 環境情報研究院）
一川　誠（千葉大学　文学部）
蘆田　宏（京都大学　文学研究科）
金子　寛彦（東京工業大学 総合理工学研究科）
北崎　充晃（豊橋技術科学大学　工学研究科）
妹尾　武治（九州大学　高等研究院）
Philip M. Grove（Queensland 大学 心理学）
白井　述（新潟大学 人文学部）
寺本　渉（室蘭工業大学）
坂本　修一（東北大学　電気通信研究所）
松宮　一道（東北大学　電気通信研究所）
延べ参加人数：80 人
研究費：旅費 37 万 8 千円，特別支援費（国際）30 万円

［2］研究経過

日常の環境における観察者の行動は能動的であり，自己の身体を適切に制御しながら空間内を移動し，外界の対象に近づいてそれを自分の四肢で操作する。それらの能動的行動において主要な役割を果たす自己身体の感覚情報は前庭覚と自己受容感覚であるが，これらの感覚が視覚や聴覚とどのように統合されるのかに関しては未知の部分が多く，この問題を扱う多感覚研究が行なわれるようになってきた。本プロジェクトでは，観察者の能動的運動が観察者自身の知覚をどのように変容させるのかという問題に焦点を当て，能動的観察事態における前庭覚と視覚，聴覚の関係，あるいは自己受容感覚と視覚の関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

プロジェクト 1 年目の今年度は，最初の研究会を 2015 年 2 月 25 日と 26 日に電気通信研究所本館 6 階中会議室（M602）において開催し，7 件の講演と参加者全員での議論を行なった。

また特別支援費により，海外メンバーの Hiroshi Ono 教授の講演会を 9 月 16 日に，2 号館 4 階大会議室で行なった。主に在仙の研究者を対象に公開で行なった。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度の成果の第 1 は，1）注意や文脈が自己運動知覚に与える影響を検討した研究と，2）ベクションを中心とした錯覚的自己運動知覚に関する脳イメージングを含めた最先端の研究，および 3）奥行知覚への自己身体運動の関与に関する研究，の 3 点について集中的に議論できたことである。

また，成果の第 2 は，本プロジェクトのネットワークを用いて，今後，関連学会でのシンポジウムやワークショップの開催を目指すことになった点である。本プロジェクト研究会が関連研究者同士のネットワーク形成と定期的な議論の機会を生み出し，グループとしての活動基盤を得たことは，大きな意義がある。

以下に，1 月に行なわれた研究会での 7 件の講演の要約を述べる。

1）知覚―運動時間的再較正に注意や意識が及ぼす影響（一川　誠・辻田匡葵・千葉大学）

本研究では，この運動―知覚時間的再較正に，運動と視覚的フィードバックとの間の時間的ズレに対する注意や意識が必要なのか検討した．

運動―知覚時間的再較正に注意が及ぼす影響を検討するため，動作と，それに対する視覚的フィードバック提示時に二重課題を課し，その難易度が再較正に及ぼす影響を調べた．視覚的二重課題においては，難易度によらず，有意な時間的再較正が認められた．聴覚的二重課題においては，中程度の難易度で有意な再較正が認められなかったものの，その

他の条件では有意な再較正が認められた．これらの結果より，動作とフィードバックとの間のズレについての注意は，時間的再較正の成立には関係ないものと考えられた．

動作とそれに対する視覚的フィードバックとの間の時間的ズレに対する意識が再較正に及ぼす影響を調べるため，動作とフィードバックとの間のズレについて教示する被験者群と，教示を行わない被験者群とに分けた．時間的ズレに気づかない観察者においてはまったく再較正が認められなかったのに対し，ズレについて気づいた被験者群においては，有意な再較正が認められた．動作とフィードバックとの間のズレについて意識（気付き）が時間的再較正の成立に重要な役割を果たしていると考えられた．

２）呼吸が視覚探索に及ぼす効果（一川　誠・小池俊徳・千葉大学）

呼吸に対するタイミング（吐中，吐後，吸中，吸後）と，注意課題における成績との関係について一貫した傾向があるか検討した．視覚探索課題（単一特徴探索，結合特徴探索）と損失利得法による先行刺激による処理促進・抑制（刺激駆動的注意，意識駆動的注意）での実験を行った．単一特徴探索課題のような，動作の速さに関わる課題成績は吐くこと，息を止めることで向上しやすくなることが見出された．他方，注意資源を必要とするような探索は，むしろ，吸うことで効率が向上することが見出された．また，意識的に注意を向けることによる処理促進は呼吸の影響を受け難いことが見出された．

３）大きな奥行き領域における運動視差と絵画的な手がかりの相互作用（玉田靖明・㈱三城）

本研究では，運動視差と絵画的な手がかりの相互作用について検討した．（ｉ）「運動視差あり，きめ勾配なし」（ii）「運動視差なし，きめ勾配あり」(iii)「運動視差あり，きめ勾配あり」の３つの条件で，マッチング刺激をつかって知覚される奥行き量を比較した．「運動視差あり，きめ勾配なし」の条件では，先行研究と同様に，シミュレートされた奥行きが大きくなると，奥行きがほとんど知覚されなくなった．「運動視差なし，きめ勾配あり」の条件では，シミュレートした奥行きに比例して知覚される奥行き量は増加したが，その量は小さかった．「運動視差あり，きめ勾配あり」の条件では，他の２条件に比べて大きな奥行きが知覚された．被験者の中には，手がかりが単独で存在するときには奥行きを全く知覚しないのに，両方の手がかりが同時に存在するときにのみ大きな奥行きを知覚する人もいた．これは，運動視差と絵画的な手がかりによる奥行き情報が非線形に統合されることを示している．これらの手がかりは奥行きの量と極性を知覚する上で異なる役割を果たしているのかもしれない．

４）ベクションの脳内表象と，それを支える白質繊維束について（上崎麻衣子・京都大学）

自己運動中の視覚情報を再現するオプティックフローを観察することで誘発される受動運動の錯覚をベクションという(Dishgans & Brandt, 1972)。先行する核磁気共鳴画像法（functional magnetic resonance imaging: fMRI）研究の結果からオプティックフロー刺激により視覚野，感覚連合野，前庭野における複数の感覚領域が同時に賦活することが分かっている(Cardin & Smith, 2010)：MT+，V6，VIP，CSv，PcM，p2v，PIVC。fMRI を用いて，以上の感覚領域の賦活がベクションの有無によって異なるか検討した結果，ベクションが生じている間，MT+・V6・VIP・PIVC における活動の増加が見られた。次に，同一被験者を対象に fMRI を用いて前述のオプティックフロー選択性領域を同定した上で，DWI とトラクトグラフィーを用いた実験の結果，頭頂葉の領域群と前庭野を結ぶ線維束が同定され，線維束の解剖学的位置は先行する死後脳研究の知見と一致した(Sachs, 1892; Vergani et al., 2014)。これらは頭頂葉および前庭野のオプティックフロー選択性領域群がこの白質線維束を通じて連絡することで，視覚情報と前庭感覚情報の相互作用が生じる可能性を示唆した。

５）ベクションの新しい二つの研究事例（質感と刺激の意味の検討）の紹介（小川将樹・九州大学）

視覚誘導性の自己移動錯覚(ベクション)の強度に影響する要因に関する一つめの研究では，テクスチャがベクションの強度に影響するか否かを確かめることが目的とされた。刺激は，9 種類のテクスチャのいずれかが張り付けられた柱状の物体が，右方向へ移動するものであった。特定のテクスチャにおいて，より強いベクションが生じたならば，潜時は短く，持続時間は長く，主観的な強さは強く報告されることが期待されたが，実験の結果，そのような値の変化は認められず，テクスチャの違いだけでは，ベクションの強度に直接的な影響はない可能性が示唆された。

二つめの研究では，自由落下している情景が容易に想像できる，羽根，桜の花弁，木の葉が刺激画像として用いられた。また，比較対象には，輝度や色度，面積をそれぞれの画像と近似させた四角形が用いられた。刺激は，それらの画像が下方向へ定速で移動するものであった。実験の結果，羽根などが用いられた条件では，四角形が用いられた条件よりも，ベクションが弱くなることが分かった。また，被験者が傘を持った状態では，雪などが降っている情景が想像され，ベクションが抑制された。これらの実

験の結果から，刺激が持つ意味と，そこから想像された文脈的な意味が，ベクションの強度に影響する可能性が高いと結論付けられた。

6）皮膚感覚と自己運動知覚（村田佳代子・首都大学東京）

本研究では，皮膚感覚・前庭感覚システムによる自己運動知覚において飽和速度が存在するか否かを確認するため，一定の前庭刺激（3.6s 周期）のもとでの皮膚刺激の風速を実験的に 4 段階（0.6m/s, 1.5m/s, 3.0m/s, 5.5m/s）に変化させることで検討を行った。その結果，4 段階の風速のうち 3.0m/s に自己運動知覚のピークがある事を確認した。また，実験 2 では空間分解能の類似している顔と手の領域の一部を以下の 3 つの測定を用いて比較検討した。異なる風の強度の感じ方の違い，姿勢による感度の変化をみるために実験時の姿勢で顔（眉の上）と手の甲（軽く握る・開く）の触二点閾の違いの検討，そして，自己運動知覚の生じ方の違いの計測を行った。その結果，異なる風の強度の感じ方は両者ともに違いがなかった。また触二点閾を測定すると姿勢の違いに感度への影響はなく，顔の閾値の方が低かった。しかし，自己運動知覚の検討では，手よりも顔で持続時間が長く，評定値は強く生起した。顔と手の自己運動知覚の持続時間の違いが順応の影響であれば，顔（眉の上）は手の甲よりも順応の遅い受容器が多く分布していることが示唆された。

7）視覚刺激の加速度運動による自己運動知覚増強の要因：相対運動，眼球運動，網膜像運動（中村信次・日本福祉大学）

本研究では，持続的な加速度運動を行う視覚刺激の要因を種々に変化させ，その際の自己運動強度を分析することにより，視覚刺激の持続的加速度運動の効果の背景に存在する知覚的メカニズムを探求することを志した。具体的には，プロジェクションスクリーンに投影されるランダムドットパターンの運動を実験参加者に観察させ，その際に生じた自己運動の強度を，潜時，持続時間，強度評定値の 3 指標を用いて分析した。複数の心理実験の結果，以下の事実が明らかとされた。1）前額平行面上で平行運動を行う奥行構造を持たない視覚刺激に対するオシレーション付与がベクション増強を起こすことから，一部の先行研究において仮定されていた，奥行き感の増強はベクション増強の決定的な要因とはなりえない。2）ランダムドットパターンの実際のオシレーションが存在しなくとも，眼球運動由来の網膜上での視覚パターンの加速度運動が存在することにより，ベクション増強が生じる。3）パターンの自体のオシレーションではなく，アパチャーの振動運動によりもたらされた相対的な加速度運動も，同様にベクションの増強をもたらす。これらの結果は，網膜上での視覚パターンのオシレーション，および，視覚対象間の相対的なオシレーションがベクションに重要な関与をなすことを示唆している。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献

研究成果の冒頭で述べたように，本プロジェクトでは国内外に分散している自己運動知覚関連の研究者のネットワークを構築し，今後，関連学会でのシンポジウムやワークショップの開催を目指している。その具体的成果のひとつとして，2014 年 7 月に高松で開催された国際学会 Asia-Pacific Conference on Vision（APCV）2014 のシンポジウム「Illusory perceptions of body orientation and self-motion in real and virtual environments」があげられる。このシンポジウムは発表者 5 名中 3 名が本プロジェクトのメンバーであり，本プロジェクトの成果を踏まえて，代表者である櫻井が企画したものである。並行して他のシンポジウムが開催されていたものの 60 名を越える参加者があり，活発な議論が展開された。

また，本プロジェクトは国際共同研究推進型として採択され，特別支援（国際）を受けた。この支援費を活用して，本プロジェクトでは運動視差からの奥行知覚の著名な研究者である Hiroshi Ono 教授を 9 月 3 日から 9 月 26 日の間，カナダの York 大学から招聘し，研究打合せと講演会を行なった。仙台での講演会の詳細は下記の通りである。

日　時：9 月 16 日（火）17:00～18:00
場　所：電気通信研究所 2 号館 4 階大会議室
講演者：Hiroshi Ono 先生（York 大学）
演　題："Perception of stability, depth, and motion with motion parallax"

さらに，滞在期間中にプロジェクトメンバーである京都大学の蘆田宏准教授の招聘により，Ono 教授は京都大学にも 4 日間滞在し，研究打合せを行なった。これにより，関西以西に勤務する本プロジェクトメンバーも，Ono 教授と実際に顔を合わせて議論する機会を得た。

［4］成果資料

特になし

採択回数	1	2	3

（萌芽・国際）

採択番号　H26／B09

ブレインウェアLSI国際共同研究

［1］組織
代表者：
羽生　貴弘（東北大学電気通信研究所）
対応者：
同上
分担者：
Wai Tung Ng　（カナダ・トロント大学）
P. Glenn Gulak（カナダ・トロント大学）
Ali Sheikholeslami（カナダ・トロント大学）
Warren Gross（カナダ・トロント大学）
Vincent C. Gaudet（カナダ・ウォータールー大学）
石黒　章夫（東北大学電気通信研究所）
佐藤　茂雄（東北大学電気通信研究所）
鈴木　陽一（東北大学電気通信研究所）
塩入　諭（東北大学電気通信研究所）
坂本　修一（東北大学電気通信研究所）
夏井　雅典（東北大学電気通信研究所）
鬼沢　直哉（東北大学学際科学フロンティア研究所）
望月　明（東北大学省エネルギースピントロニクス集積化システムセンター）

延べ参加人数：120人

研究費：旅費36万9千円
国際・特別支援費30万円

［2］研究経過
情報量の急速な増大に加え，デジタルデバイドが急増することによる現代情報社会の危機的状況を回避するためには，その膨大な情報を効率的かつ瞬時に処理する新しいコンピューティングパラダイムを構築することが重要である．このような新しいコンピューティングパラダイムは，従来型のコンピュータアーキテクチャとは全く異なり，ハードとソフトの発想を一新し，人間的な知的処理機能を取り込んだ柔軟かつ超低消費電力なハード・ソフト融合型集積回路「新概念脳型LSI」を研究開発することが必要となる．
このような萌芽的研究開発を推進する上で，ハードとしてのLSI技術のみならず，人間，あるいは人間の脳が行っている認識・学習，あるいは自律分散制御といった高次の情報処理技術を如何に融合し，開発目標である「脳型LSI」を実現していくかを検討する必要がある．そこで，本研究開発に関連する研究分野を専門とする国内外の著名な研究者らを交えた意見交換を，継続的かつ積極的に行っていく必要がある．
以上をふまえ，本プロジェクトでは，人間的判断の実現に向けた新概念脳型LSIの研究開発を推進するための国際共同研究を行うことを目的として研究を行った．本プロジェクトは，本年度が初年度であった．本年度は，人間のような認識・学習をするメカニズムの解明，環境に適応して歩行制御する人間的な自律分散制御のメカニズムの解明，これらの人間的判断を瞬時に，かつ効率的に実行する集積回路技術等の研究分野における具体的な基礎検討・調査を行いながら，新しいLSIに基づくシステム実現への展開について検討を行った．特に，本プロジェクト研究に参画した海外研究者らは，biomedical分野・healthcare分野のLSI実現に関して先行した研究開発に取り組んでおり，彼らとの研究討論や意見交換を年間を通じて適宜実施すると共に，各種の基礎検討・調査結果のまとめを，国際ワークショップ形式で相互に発表し合うことで，脳型LSIの実現に向けた研究開発を推進した．
以下，研究活動状況の概要を記す。本年度における主な成果の一つとして，まず，平成27年3月2日～3日の二日間に渡って開催されたThe 2nd Internal Symposium on Brainware LSI（第2回ブレインウェア国際シンポジウム）がある．

・第2回ブレインウェア国際シンポジウム
・平成27年3月2日～3日
・東北大学電気通信研究所本館大会議室
・約60名

本シンポジウムは平成26年度に開始した「人間的判断の実現に向けた新概念脳型LSI創出事業」プロジェクトとの共催で企画され，平成26年度における本学の研究成果報告，および，脳型コンピューテ

ィングおよび半導体集積回路とその応用を専門とする国内外の招聘研究者による最先端研究動向の講演が行われた．デバイス・素子技術に関する世界最高峰の国際会議の一つである IEDM において畳み込みニューラルネットワークLSIの発表経験を有する Daniele Garbin 氏（CEA-LETI-MINATEC，フランス），あいまい情報処理用データ符号化理論の世界的権威である Warren J. Gross 教授（マギル大学，カナダ）をはじめ，ブレインウェア LSI コンピューティング関連技術の世界的権威を多数招聘し，会議を通して双方の研究内容と今後の研究交流の更なる推進に向けた活発な議論が交わされた.

また，本プロジェクトに関連する研究会として，以下の研究会を開催した.

- ・ブレインウェア工学研究会
- ・平成 26 年 12 月 3 日
- ・東北大学電気通信研究所 2 号館 4 階大会議室
- ・約 40 名

- ・NPC 研究会（本プロジェクトとの共催）
- ・平成 27 年 2 月 5 日
- ・東北大学工学部情報知能システム総合学科 2 号館 204 号室
- ・約 20 名

講師としてリコンフィギャラブルハードウェアの世界的権威である本村真人教授（北海道大学），超高速・低消費電力無線技術を専門とする藤島実教授（広島大学）をそれぞれ招聘し，LSI 応用分野に関する遂行中の研究と最新の研究動向についてご講演頂いた．さらに，平成 27 年 1 月 25 日～27 日にかけ，集積回路設計技術ならびにパワーマネジメント技術の第一人者である Wai Tung Ng 教授（トロント大学，カナダ）を本学へお招きし，ブレインウェア LSI 向けパワーマネジメント技術の可能性に関する研究討論を行った.

［3］成果

（3－1）研究成果

上記に示すように，本プロジェクトによる国際シンポジウムおよび研究会等を通し，参加した研究者同士の協力関係がより一層強固なものになったとともに，世界の研究動向をウォッチしながら研究を推進する体制が確立したという意味でも大変有意義な機会となった．ブレインウェア LSI に関連する分野に取り組んでいる国内外の研究者との交流，ならびに今後の継続的な研究連携体制を構築するに至ったことからも，本プロジェクトの目的である脳型 LSI に向けた研究開発を推進する上で，極めて有意義な成果が得られたといえる．また，本プロジェクトによって得られた研究成果については学会発表等を通して継続的な情報発信を行っている.

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

高次脳機能を有する脳型LSI を心理物理学実験等に応用することで，未だ解決されていない人間の脳における情報処理原理の究明をこれまで以上に強く推し進めることが可能になり，その学問的効果は計り知れない．特に，能動的に活動している人間の脳活動を測定し，それに伴う人間の処理系の変化の検討から，認識・学習モデルを構築することは，実世界で能動的に活動する人間の情報処理機能を究明する研究に多大な波及効果が期待できる.

また，電脳社会と実世界をシームレスに融合する自律分散制御情報システムの実現は，膨大な情報量に惑わされることを画期的に解消させる．人類の社会生活と知的活動を強力に支え得る情報通信技術を確立することは，現在および次世代の情報化社会において必要不可欠であり，特に人口減少と高齢化が進む我が国において，国の活力を維持するために，このような技術の開発と応用ことが最重要課題である.

さらに，新概念脳型 LSI は，ノイマン，シャノン，ウィナーらによって構築された従来の情報通信システムを一新させるパラダイムシフトを引き起こすだけでなく，我が国のエレクトロニクス産業の復活のための転換点となることが期待される．加えて，国際連携の観点においても，本年度の活動を通して培ったカナダ・フランスチームとの研究連携，ならびにそれに基づく大型プロジェクトへの発展が大いに期待される.

［4］成果資料

【論文】

1. H. Jarollahi, N. Onizawa, V. Gripon, N. Sakimura, T. Sugibayashi, T. Endoh, H. Ohno, T. Hanyu, and W. J. Gross, "A Non-Volatile Associative Memory-Based Context-Driven Search Engine Using 90 nm CMOS/MTJ-Hybrid Logic-in-Memory Architecture," IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol. 4, no. 4, pp. 460-474, April 2014.
2. D. Suzuki, M. Natsui, A. Mochizuki, and T. Hanyu, "Design and Evaluation of a 67% Area-Less 64-bit Parallel Reconfigurable 6-Input Nonvolatile Logic Element Using

Domain-Wall Motion Devices," Japanese Journal of Applied Physics Vol.53, No.4, pp.04EM03-1-04EM03-5, 2014..

3. N. Onizawa, H. Shirahama, A. Mochizuki, M. Imai, T. Yoneda, T. Hanyu, "High-Throughput Partially Parallel Inter-Chip Link Architecture for Asynchronous Multi-Chip NoCs Date of Evaluation," IEICE Trans. on Inf. and Syst, Vol. E97.D, No. 6, pp.1546-1556, June 2014.
4. S. Matsunaga, A. Mochizuki, N. Sakimura, R. Nebashi, T. Sugibayashi, T. Endoh, H. Ohno and T. Hanyu, "Complementary 5T-4MTJ nonvolatile TCAM cell circuit with phase-selective parallel writing scheme," IEICE Electronics Express, Vol.11, No.10, pp.20140297-1~20140297-7, 2014.
5. A. Mochizuki, H. Shirahama, Y. Watanabe, and T. Hanyu, "Design of an Energy-Efficient Ternary Current-Mode Intra-Chip Communication Link for an Asynchronous Network-on-Chip," IEICE Trans. on Inf. and Syst., vol. E97-D, no. 9, pp.2304-2311, 2014.
6. N. Onizawa, W. J. Gross, T. Hanyu, and V. Gaudet, "Asynchronous Stochastic Decoding of LDPC Codes: Algorithm and Simulation Model," IEICE Trans. on Inf. and Syst., vol. E97-D, no. 9, pp.2286-2295, 2014.
7. N. Onizawa and T. Hanyu, "Soft-error tolerant transistor/magnetic-tunnel-junction hybrid non-volatile C-element," IEICE Electronics Express, Vol.11, No.24, pp.20141017, Nov. 2014.
8. N. Ueno, M. Sakuraba, S. Sato and J. Murota, "Epitaxial Growth of Si1-xGex Alloys and Ge on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition without Substrate Heating," Thin Solid Films, Vol.557, pp.31-35, 2014.
9. S. Sato, H. Akima, K. Nakajima and M. Sakuraba, "Izhikevich neuron circuit using stochastic logic," Elec. Lett., Vol.50, No.24, pp.1795-1797, 2014.
10. K. Matsumiya, "Retinotopy of facial expression adaptation," Multisensory Research 27(2), 127-137, 2014.
11. K. Matsumiya and S. Shioiri, "Moving one's own body part induces a motion aftereffect anchored to the body part," Current Biology 24(2), 165-169, 2014.
12. M. Natsui, D. Suzuki, N. Sakimura, R. Nebashi, Y. Tsuji, A. Morioka, T. Sugibayashi, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, S. Ikeda, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Nonvolatile Logic-in-Memory LSI Using Cycle-Based Power Gating and Its Application to Motion-Vector Prediction," IEEE Journal of Solid State Circuits , Vol.50, No.2, pp.476-489, Feb. 2015.
13. N. Onizawa, D. Katagiri, K. Matsumiya, W. J. Gross, and T. Hanyu, ``Gabor Filter Based on Stochastic Computation, " IEEE Signal Processing Letters, vol. 22, no. 9, pp. 1224-1228, 2015.
14. T. Umedachi, K. Ito, and A. Ishiguro, "Soft-bodied Amoeba-inspired Robot That Switches between Qualitatively Different Behaviors with Decentralized Stiffness Control," Adaptive Behavior, vol.23, No.2, pp.97-108, 2015.
15. T. Umedachi, S. Horikiri, R. Kobayashi, and A. Ishiguro, "Enhancing Adaptability of Amoeboid Robot by Synergetically Coupling Two Decentralized Controllers Inspire by True Slime Mold," Adaptive Behavior, vol.23, No.2, pp.109-121, 2015.

他, 招待講演 16 件, 国際会議 34 件, 国内学会 9 件, 解説 2 件, 受賞 6 件, マスメディアでの報道 7 件.

採択回数	① 2 3

（萌芽）

採択番号 H26/B10

高信頼・高スケーラビリティメニーコア並列計算基盤

［1］組織

代表者：加藤　和彦
（筑波大学大学院システム情報系情報工学域）
対応者：大堀　淳
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
大山 恵弘（電気通信大学電気通信学部情報工学科）
品川 高廣（東京大学情報基盤センター）
阿部 洋丈（筑波大学大学院システム情報系情報工学域）
長谷部 浩二（筑波大学大学院システム情報系情報工学域）
杉木 章義（筑波大学大学院システム情報系情報工学域）
岡 瑞起　（筑波大学システム情報系情報工学域）
森畑 明昌（東京大学大学院総合文化研究科）
上野 雄大（東北大学電気通信研究所）

延べ参加人数：12 人
研究費：旅費 246,000 円

［2］研究経過

近年，物理的な限界から，集積度を高めることで CPU1 コアあたりの速度を高めるのは現実的ではなくなりつつある．一方で，世界に流通・収集・蓄積される情報の量は増大の一途をたどっている．このような状況を背景として，複数の CPU を利用した高速な計算，すなわち並列計算の重要性が高まっている．

並列計算の必要性は広く認知され，一般向け PC においてもマルチコア CPU・マルチ CPU が標準となっている．しかし，科学技術計算などの一部の例を除いて，系統的な並列計算手法は未だ発展途上である．そのため，現在多くのソフトウェア技術者が多大な労力を注ぎ並列計算を実現している．しかし，並列計算は並列性のない場合に比べ遥かに難しい．このような場当たり的な手法では，予期せぬバグや不十分なパフォーマンスを容易に引き起こしてしまう．しかも並列計算はプロセッサ数が増大するに従い難度を増すことがよく知られているため，既に訪れつつあるメニーコアアーキテクチャに対しては，このようなアプローチでの対処は不可能である．系統的な並列計算手法は危急の課題となっている．

系統的な並列計算のためには関数型言語によるアプローチが有用であることがよく知られている．関数型言語では，標準的な手続き型言語に比べ，計算結果が計算順序に依存しにくい．そのため，並列計算に伴うバグを埋め込みにくく，また効率の観点からもメニーコアへとスケールしやすい．しかし，現実には，既存の関数型言語処理系での並列計算のサポートは十分とは言い難い．実装上の制約から効率は出にくく，またプログラミングの観点からも有用な抽象化を提供できていなかった．

以上のような状況をふまえ，本研究会では，システムソフトウェア・分散コンピューティングに強い加藤グループと関数型言語コンパイラを開発している大堀グループの総力を結集することで，エンドユーザーが簡単に並列計算を行うためのプログラミング基盤を提供することを目指している．

本年度の主な活動として，2015 年 2 月に東北大学電気通信研究所において，研究代表者および分担者を中心に学生も交え研究集会が開催された．この研究会では，並列計算およびその周辺分野について，各研究グループからお互いに様々な話題を持ち寄り，最近の成果や今後の発展，それらの相互連携などについて議論を行った．第 1 年度である本年度の研究会では，本プロジェクトの今後の展開の可能性を探りつつ，並列処理に関連する広範な話題を取り扱った．なかでも今回は，東京大学の田浦教授をゲストに迎え，並列計算の実装技術に関する詳細な議論と情報交換を行った．

以下，研究会での発表内容についてその概要を述べる．

田浦教授からは，タスク並列処理の性能理解の基本となるモデルと，既存のタスク並列処理系の性能

評価について紹介があった．さらに，田浦研究室で開発されているタスク並列処理系であるMassiveThreadsを，大堀グループが開発している次世代高信頼関数型言語 SML#と組み合わせる試みについて報告があった．

田浦研究室学生の岩崎からは，分割統治的なタスク並列プログラムを対象にベクトル化に適した静的カットオフを行うための LLVM の拡張について報告があった．本手法によって，熱拡散や行列積などのプログラムで2倍程度の高い性能改善を得ることができた．これは，高品質なタスク並列プログラミング言語処理系を実現することに繋がる成果である．

森畑からは，漸増計算手法をスプレー木などの複雑な構造を含む様々なデータ構造に一般化する手法に関する提案があった．漸増計算とは，以前処理したデータとわずかに異なるデータに対する計算を以前の計算で得られた情報を用いて高速に行う手法である．漸増計算は並列計算に基づく計算モデルのひとつであり，並列プログラミング基盤への応用も期待される．

上野からは，スクリプト言語Rubyの意味を，言語の分解と再構成を通じて系統的に定式化する手法についての報告があった．Rubyは世界で広く使われているプログラミング言語の一つであり，後述する品川からの報告のように，並列計算基盤を構成する要素技術にも応用できる可能性がある．Rubyの系統的理解は，Rubyのプログラミング基盤への応用可能性を探る理論的基礎として期待が高い．

大山からは，異なるノードのメモリ領域間で OS を介さずにデータを転送する技術である InfiniBand RDMA を利用した分散ファイルシステムの性能向上手法に関する提案があった．さらに，本手法を実装し，それらによって実用的なアプリケーションの性能が実際に向上することが報告された．分散ファイルシステムに大規模並列計算のための基礎技術のひとつであり，その性能向上は高性能な並列計算プログラミング基盤の実現に大きく寄与し得る成果である．

品川からは，Linux のセキュリティポリシー記述を Ruby 言語でできるようにする試みについて報告があった．この試みでは，Ruby言語の実装のひとつであるmrubyの処理系をLinuxカーネルに組み込み，Linux カーネルのセキュリティー機構と連携させることにより，Rubyでセキュリティポリシーを記述し実施することを可能とした．この試みを足がかりに，Ruby以外の言語でのポリシー記述や，高水準言語のカーネルプログラミングへの応用可能性について議論が行われた．

［3］成果

（3－1）研究成果

本プロジェクトの目標は，クラウド基盤を含むシステムソフトウェアや分散コンピューティングの研究開発から得られた知見と，高信頼プログラミング言語の理論および実装を融合し，高機能な並列計算プログラミング基盤を構築することであった．本年度は，各研究グループの現状の研究成果を持ち寄り，それらの連携によって並列計算基盤や並列計算プログラミング環境にどのようなインパクトを与え得るか，またそのためには各分野でどのような課題があるかについて議論を行った．

議論の過程では，並列計算基盤やプログラミング言語理論の観点から，様々な知見や着想が提示された．これらはいずれも並列計算プログラミング基盤の基礎理論あるいは要素技術となり得るものであり，今後の大きな成果を予感させるものである．来年度は，これらの着想に基づき，さらなる詳細化や目標達成に向けた課題の整理，および実システムへの応用可能性の検討を行う予定である．

本年度に提示された着想のなかでも特に，田浦教授から提案された，MassiveThreadsとSML#の連携の可能性は，高効率な並列計算を高水準高信頼言語で実現できることを強く示唆する提案であり，その連携が達成された暁には，本プロジェクトが目標とする並列計算プログラミング基盤の中核となる可能性が高い．MassiveThreadsとSML#の連携の試みはいまだ途中であり，本年度の研究会では連携の失敗が報告されたものの，研究会ではMassiveThreadsおよびSML#の開発者が積極的に情報を交換し，その失敗の原因が主に以下の2点によるものであることを突き止めた．原因のひとつは，SML#コンパイラのコード生成器およびランタイムが前提とするスレッドモデルと，MassiveThreadsが実現する評価文脈の齟齬に起因する．もうひとつの原因は，SML#のマルチスレッドサポートに含まれていたバグである．前者については，MassiveThreadsのpthread互換APIを用いることで，限定的ではあるものの対応可能である．後者のバグは，調査の結果，SML#の実験的な並行メモリ管理機構の実装の過程で，SML#の従来のマルチスレッドサポートに入り込んだものであり，修正は容易であることが分かった．一方，これらの対応策は，とりあえずMassiveThreadsとSML#を連携させるためのものに過ぎず，たとえこれら対応を行ったとしても，SML#上でMassiveThreadsの真価を発揮することは難しい．例えば，従来のSML#のマルチスレッドサポートはごみ集め（GC）の度に全てのスレッドを停止する簡易的な方式に基づくものであ

り，たとえ上述のバグを修正したとしても，方式上，タスク並列度には限界がある．より本質的な対応は，大堀グループが提唱している，関数型言語のためのスレッドを停止しない並行 GC 方式を実現し，SML#の新しい並行メモリ管理機構を完成させ，MassiveThreads と組み合わせることである．この対応が達成されるならば，SML#は並列計算に真に対応した，世界に類を見ない ML 系関数型言語となる可能性がある．以上のように，MassiveThreads と SML#を連携した並列計算プログラミング環境を実現する見通しは非常に明るいことが確認できたことは，本プロジェクトの大きな成果の一つである．

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

本プロジェクトの波及効果や発展性については、以下が挙げられる。

まず、本プロジェクトでの議論を通じ、システムソフトウェアとプログラミング言語の両方の分野において、各研究メンバーが自分の専門分野と多少異なる立場からの視点を得ることができた。これにより、各研究メンバーそれぞれの研究テーマに良い相乗効果を与えたと確信している。(具体的な研究成果は［４］成果資料を参照のこと。)

また、本プロジェクトで開催された研究集会は、特に若手研究者や大学院生にとって、他の研究グループと交流し自分の研究についての意見をもらう貴重な機会にもなっている。このような機会は、研究をさらに発展させたり新たな研究テーマを発見したりするにあたり、また若手研究者同士のコミュニティを形成する上でも、きわめて有意義であった。この意味で、本プロジェクトは若手研究者の育成にも貢献していると言える。

［４］成果資料

1. Pongsakorn U-Chupala, Kohei Ichikawa, Hajimu Iida, Nawawit Kessaraphong, Putchong Uthayopas, Susumu Date, Hirotake Abe, Hiroaki Yamanaka, and Eiji Kawai. Application-Oriented Bandwidth and Latency Aware Routing with Open Flow Network. Emerging Issues in Cloud (EIC) Workshop, The 6th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, pp. 775-780, 2014.
2. 遠藤誠典，百足勇人，森畑明昌，上野雄大，大堀淳．変数参照関係を用いた関数型プログラムのコードリーディング支援．コンピュータソフトウェア，32(1), pp.1_194-212, 1_2015.
3. Akimasa Morihata, Masato Koishi and Atsushi Ohori. Dynamic Programming via Thinning and Incrementalization. In: Functional and Logic Programming, 12th International Symposium, FLOPS 2014, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8475, 2014.
4. Mizuki Oka, Hirotake Abe and Takashi Ikegami. Dynamic homeostasis in packet switching networks. Adaptive Behavior, vol. 23, no. 1, pp. 50-63, 2015.
5. Atsushi Ohori, Katsuhiro Ueno, Kazunori Hoshi, Shinji Nozaki, Takashi Sato, Tasuku Makabe and Yuki Ito. SML# in Industry: A Practical ERP System Development. In Proc. ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming, 2014.
6. Yushi Omote, Takahiro Shinagawa, Kazuhiko Kato: Improving Agility and Elasticity in Bare-metal Cloud. In Proc. ACM International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, 2015.
7. Katsuhiro Ueno, Yutaka Fukasawa, Akimasa Morihata, Atsushi Ohori. The Essence of Ruby. In: Programming Languages and Systems, 12th Asian Symposium, APLAS 2014, Vol. 8858, pp 78-98, 2014.
8. Yasuhiro Watashiba, Susumu Date, Hirotake Abe, Yoshiyuki Kido, Kohei Ichikawa, Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Shinji Shimojo, and Haruo Takemura. Efficacy Analysis of a SDN-enhanced Resource Management System through NAS Parallel Benchmarks. The Review of Socionetwork Strategies, vol. 8, no. 2, pp. 69-84, 2014.
9. Yasuhiro Watashiba, Susumu Date, Hirotake Abe, Yoshiyuki Kido, Kohei Ichikawa, Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Shinji Shimojo and Haruo Takemura. Performance Characteristics of an SDN-enhanced Job Management System for Cluster Systems with Fat-tree Interconnect. Emerging Issues in Cloud (EIC) Workshop, The 6th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, pp. 781-786, 2014.

採択回数	1	2	3

（萌芽・若手・国際）

採択番号　Ｈ２６／Ｂ１１

人と移動体のセンシング・コミュニケーション技術に関する研究

［1］組織

代表者：　大石　岳史
（東京大学生産技術研究所）
対応者：　高嶋　和毅
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
池内　克史（東京大学生産技術研究所）
桑原　雅夫（東北大学大学院情報科学研究科）
芳賀　京子（東北大学文学部）
松下　康之（マイクロソフトリサーチアジア）
小野　晋太郎（東京大学生産技術研究所）
鄭　波（東京大学生産技術研究所）
北村　喜文（東北大学電気通信研究所）
白鳥　貴亮（マイクロソフトリサーチアジア）
臼井　昭子（東北大学電気通信研究所）

延べ参加人数：　１１人

研究費：　旅費１９万４千円
国際・若手、特別支援費５０万円

［2］研究経過

本プロジェクトは、情報技術を中心として、コンピュータビジョン・グラフィックス、コミュニケーション工学、コンテンツ工学、交通工学などに加えて、考古学や美術史など異なる分野の研究者による研究会を開催して議論を深めることによって、人と移動体のセンシング・コミュニケーションに関する新たな学問分野の創造を目指したものである。また定期的に研究会を開催することによって、人的交流を深めて、研究者ネットワークを構築することも本プロジェクトの大きな目的の一つである。さらに、交流を発展させることによって東北大学 電気通信研究所（通研）と東京大学 生産技術研究所（生研）による実質的な共同研究への発展を模索することを目的としている。海外との連携、交流を図るためには、世界的にも顕著な研究成果を挙げているマイクロソフトリサーチアジア（ＭＳＲＡ）から講師を招き、最新技術について見識を深めるとともに、海外研究機関との連携を深め、各グループの研究環境の向上、研究資源の獲得を図ることも本研究会の大きな役割の一つである。

本年度は、前年度に開かれた東北大通研・文学部－東大生研合同シンポジウムを継承する形で、東北大通研において研究分担者の講演による研究会を実施した（プログラムは後述）。今回は３つのセッションを設けて、それぞれ 1. Communication, Interaction 、2. Sensing, Mobility 、3. Cyber Archaeology, Art and Education のテーマに沿った講演会を行った。セッション１では、ＭＳＲＡから CG・インタフェース分野で著名な白鳥貴亮氏を招待して、近年研究が盛んなカラー・RGB-D カメラによるモーションキャプチャ手法や、その CG 制作における活用などについてご講演を頂いた。研究会には東北大インタラクティブコンテンツデザイン研究室の学生も参加しており、興味深く講演に耳を傾けるとともに、活発な議論が行われた。

図1 研究会の様子

図2 白鳥氏による招待講演

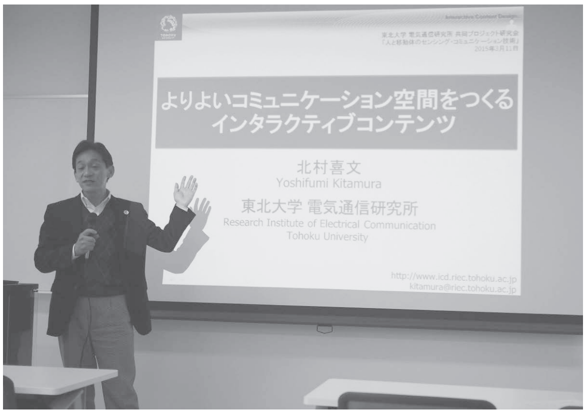


図3 講演の様子（北村教授）

また同セッションでは、北村教授よりインタラクティブコンテンツによるコミュニケーション空間の構築に関する講演や、大石准教授によるヒューマノイドロボットの遠隔操作インタフェースに関する話題提供が行われた。

図4 講演の様子（左：大石准教授、右：桑原教授）

セッション２ではITS分野において著名な桑原教授から近年有用な車両プローブデータの解析による災害時の避難行動など交通モニタリングに関する研究紹介があった。また小野准教授による車載カメラの高解像度化、波准教授による気球型センサによる上空からの３次元計測システムの紹介があった。

セッション３では、文化財や教育に関する話題として池内克史教授より踊りのアーカイブと解析を通したサイバー文化人類学に関する講演を頂いた。また芳賀准教授からは３次元形状モデルを用いた古代ローマ彫像の解析について、臼井氏からはインタラクティブ・メディアを利用した美術科教育への活用と効果についての講演があった。

それぞれ全く異なる専門分野を背景とする研究であったが、情報技術の基礎技術から応用の幅広い可能性までを包括的に議論できる有意義な講演であったと考えられる。

図5 講演の様子（左：小野准教授、右：波准教授）

図6 講演の様子（池内教授）

図7 講演の様子（左：芳賀准教授、右：臼井氏）

講演終了後には、新設された通研本館に移転したばかりのインタラクティブコンテンツデザイン研究

室の見学ツアーを実施した。参加者は、北村教授から紹介があった形状が話者に応じて変化するテーブルや、空中ポインティングデバイス、大型表示システムなどを実際に体感することで、インタラクティブ・メディアの魅力や活用の方向性、発展性などについて理解を深めることができた。

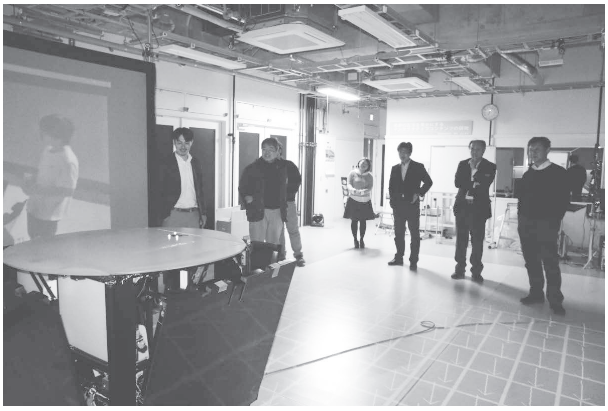


図8 ラボツアーの様子

■ 研究会プログラム

14:00～14:05 開会挨拶（北村喜文）

○ セッション1 [Communication, Interaction]

1．14:05～14:45 白鳥貴亮「Motion Capture in the Wild: New Approaches and Applications of Motion Capture」

2．14:45～15:15 北村喜文「よりよいコミュニケーション空間をつくるインタラクティブコンテンツ」

3．15:15～15:35 大石岳史「仮想空間を用いたヒューマノイドロボット遠隔操作インタフェースの開発」

○ セッション2 [Sensing, Mobility]

4．15:40～16:10 桑原雅夫「多様なデータ融合による災害時および平常時の交通モニタリング」

5．16:10～16:30 小野晋太郎「解像度が大きく変化する車載魚眼カメラ映像の超解像」

6．16:30～16:50 鄭波「The New Balloon Sensor Used in Angkor Wat 3D Archive Project」

○ セッション 3 [Cyber Archaeology, Art and Education]

7．16:55～17:25 池内克史「祭りの舞踊：ロボット再現とサイバー文化人類学」

8．17:25～17:55 芳賀京子「サイバー考古学による古代彫像の解析～彫刻工房と plastice～

9．17:55～18:15 臼井昭子「インタラクティブ・メディアを活用した新しい美術科教育への展開」

18:15～18:20 閉会挨拶（桑原雅夫）

○ 18:20～18:50 ラボツアー「インタラクティブコンテンツデザイン（北村）研究室」

［3］成果

（3－1）研究成果

東大生研グループと文学部の芳賀教授の研究グループでは、3次元形状モデルを用いた古代の彫像の解析を行っている。足などの基本部位は複製によって制作されているという仮定から、3体のアマゾン像の作者を推定することに成功しており、複数の国際会議で発表を行っている。

桑原教授の研究グループとは、道路の3次元情報から交通事故の原因調査に関する研究を進めており、ITS 分野における3次元モデルの活用について対外発表を行っている。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

前述のように、本プロジェクトでは異なる分野の研究者間ネットワークの構築を目的としており、定期的な研究会の開催によってその基盤を築きつつある。美術史学や、交通工学という全く異なる分野との連携を深めることによって学際的な研究成果を挙げており、今後はこのような連携を通して、新たな学問分野の創出を目指していく。またコンピュータビジョン分野のコンテンツ生成技術と、インタラクティブシステムの親和性は高く、実質的な共同研究の枠組みを模索していきたいと考えている。

国際的な連携としては、今年度はMSRAの白鳥氏を招聘して講演を依頼した。今後も海外で活躍する若手研究者を中心として、連携を深めて、新たな研究者ネットワークの構築に努めていきたいと考えている。

【特別支援費（若手・国際）にかかる研究成果】

若手・国際支援の増額分により，国内の研究者に加えて，マイクロソフトリサーチ白鳥貴亮氏も北京より仙台まで招聘することができた．これにより，白

鳥氏の世界的な研究成果を対面でかつデモなどを通して情報共有することができた他，研究会プログラムも充実させることができため，考古学や美術などの異分野の研究者らと，より分野横断的な議論を深めることに成功した.

［4］成果資料

[1] K. Sengoku-Haga, Y. Zhang, T. Masuda, S. Ono, T. Oishi, K. Ikeuchi: "Kopienkritik of Classical Sculpture via 3D Digital Form Comparisons: The Case of Polykleitos", Computers Applications & Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Paris, 2014.4.

[2] K. Sengoku-Haga, Y. Zhang, S. Ono, T. Oishi, K. Ikeuchi: "Polykleitos' Works "From One Model": New Evidence Obtained From the 3D Digital Form Comparisons", New Approaches to the Temple of Zeus at Olympia, 2014.5.

[3] 佐々木光明, 桑原雅夫, 小野晋太郎, 浦山利博, 松本学, 森一夫, 池内克史, 大口敬, 大石岳史, 尾崎朋子, “MMS を活用した交差点の見通しの定量解析と交通事故への影響の考察,” 第 12 回 ITS シンポジウム 2014.12.5.

[4] 高野照久, 松下侑暉, 小野晋太郎, 川崎洋, 池内克史:「視界支援用の車載カメラとして使用される魚眼カメラ画像列を用いた超解像の提案」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014, 2014.12

[5] M. Roxas, T. Shiratori, K. Ikeuchi, “Video Completion via Spatio-temporally Consistent Motion Inpainting,” IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol. 6 (2014), August 04, 2014

[6] 臼井昭子, 何辰, 高嶋和毅, 北村喜文, 対話型美術鑑賞教育のためのインタラクティブな作品群動的表示の一検討, 第 19 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 662-665, 2014 年 9 月.

[7] H. Hu, R. Tseng, C. Lin, L. Ming, K. Ikeuchi: Analyzing Taiwanese Indigenous Folk Dances by Labanotation and Interdisciplinary Comparison. International Conference on Cultural Heritage, 2014.

[8] M. Ogawa, K. Honda, Y. Sato, T. Oishi, K. Ikeuchi, “Teleoperation of humanoid robot by task model,” The 9th International Workshop on Robust Computer Vision, Dec. 7, 2014.

採択回数	1	2	3

採択番号　Ｈ２４／Ｓ１

人間の機能を取り込んだ革新的概念による共感計算機構

［1］組織

代表者：鷲尾　隆
（大阪大学産業科学研究所）
対応者：北村　喜文
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
八木　康史（大阪大学産業科学研究所）
田中　秀和（大阪大学産業科学研究所）
沼尾　正行（大阪大学産業科学研究所）
小林　　光（大阪大学産業科学研究所）
松本　和彦（大阪大学産業科学研究所）
谷口　正輝（大阪大学産業科学研究所）
高橋　昌男（大阪大学産業科学研究所）
神吉　輝夫（大阪大学産業科学研究所）
來村　徳信（大阪大学産業科学研究所）
大野　英男（東北大学電気通信研究所）
庭野　道夫（東北大学電気通信研究所）
佐藤　茂雄（東北大学電気通信研究所）
上原　洋一（東北大学電気通信研究所）
枝松　圭一（東北大学電気通信研究所）
末光　眞希（東北大学電気通信研究所）
長　　康雄（東北大学電気通信研究所）
白井　正文（東北大学電気通信研究所）
尾辻　泰一（東北大学電気通信研究所）
鈴木　陽一（東北大学電気通信研究所）
塩入　　諭（東北大学電気通信研究所）
中島　康治（東北大学電気通信研究所）
羽生　貴弘（東北大学電気通信研究所）
大堀　　淳（東北大学電気通信研究所）
外山　芳人（東北大学電気通信研究所）
木下　哲男（東北大学電気通信研究所）
北村　喜文（東北大学電気通信研究所）

研究費：100 万円

［2］研究経過

携帯電話やパソコンなどの情報機器の普及により，コミュニケーションは密になったように見えるが，人に深く共感する機会は却って減っていると言われる．一方，これらの機器が生成・蓄積するデータは，大規模化・多様化・複雑化して来ている．本研究ではこのような大規模化・多様化・複雑化する情報環境の中での「共感計算機構」実現を目指し，大規模，多様，複雑なデータを解析するデータマイニング技術をベースに，共感する能力，すなわち，自身が共感すると同時に，ユーザを共感させる能力を人工知能に持たせることを目指している．人工知能の入出力は，論理的な構造を持つことが期待されている．そのためのセンサを開発すると同時に，そのような入出力を扱える共感計算機構を，データマイニング技術をベースに，アンビエント知能等を対象にして研究している．

また，本プロジェクトでは，構成的適応インタフェース(CAUI)の要素技術として，計測技術，表現技術，生成技術について，総合的な研究を展開している．計測技術では，センサのハードウェアを開発すると同時に，意味差分(SD)法によるアンケート，脳波，脈波，脈拍，血圧，行動パターンなどの間の関係を調べて，これら大規模，多様，複雑な手がかりからデータマイニング・機械学習等の技術により多くの人の共感状況を推定する．構成的適応ソフトウェアとしては，各種のデータマイニング・機械学習技術に重みや確率を組み合わせることで，コンテンツとそれへの共感の関係を，高次の記述レベルについても，動的に獲得する．それに基づいて，コンテンツを生成する．このような一般的な観点で，ユーザ計測と評価を基に，共感を引きだす方法を検討している．

本年度は，引き続き情報システム・ソフトウェア分野の若手研究者間の交流と情報交換を目的とした研究会を，2014 年 12 月 15 日(月)～16 日(火)に大阪府池田市にある不死王閣会議室において開催した．この研究会における話題提供者は次のとおりである．

北村 喜文，鷲尾 隆，栗木 一郎，森山 甲一，坂本 修一，古崎 晃司，中島 康治，來村 徳信，清水 昌平，福井 健一，大谷 智子，満上 育久，松宮 一道，槇原 靖

本研究テーマに関連するインタフェース，ビジョン，音響，ゲーム，人工知能，データマイニングなどの研究についての発表が行われた．参加者にとっては，さらなる共同研究の可能性を示す新たな知見の共有があり，積極的な質疑応答がなされた．

また，情報デバイス分野の研究者間の交流を目的

とした研究会を，平成 26 年 8 月 6 日〜8 月 8 日に大阪府箕面市みのお山荘風の杜において開催した．この研究会における講演者は以下のとおりである．

大岩 顕, 三森 康義, 鷲尾 隆, 上原 洋一, 金井 康, Adrian DOBROIU, 白井 正文, 藤原 宏平, 佐藤 茂雄，安藤 芳雄，吉田 真人，関谷 毅，田中 秀和

当日は情報系とデバイス系双方からの参加を得て，広範なテーマでのオーラルセッションに加えて，フリーディスカッションセッションを設け，十分に時間をかけて活発な討論が分野横断的に行われた．

［3］成果

（3－1）研究成果

上記の研究会で報告のあった各研究グループの研究成果ないし報告の概要は以下のとおりである．

大阪大学産業科学研究所側を代表して，当該研究所の組織の概要，その中で情報系４研究室が属する第１研究部門（情報・量子科学系）の概要，各情報系４研究室（複合知能メディア研究分野，知能アーキテクチャ研究分野，知能推論研究分野，知識科学研究分野）の構成員紹介，最近の研究活動及び研究内容の概要説明がなされた．

（鷲尾 隆）

視覚情報は脳内では複数部位で処理されており，特に色と動きは低次レベルから分離していることが知られている．一方，動く物体に色を知覚する事は日常的に起きている．これら要素信号の分離・統合の過程を脳活動計測とその数理モデル（構造方程式：SEM）による解析で解明する試みについて報告した. SEM についての意見交換などが行なわれた．

（栗木 一郎）

ユーザに適応するインタフェースの例として，コンピュータゲームを扱った研究が報告された．コンピュータゲームは，ユーザの幅広い反応を引き起こすことができる制御可能な環境である. 本発表では，ホラーゲームにおけるイベント制御による恐怖感情の惹起に関する研究と，ロールプレイングゲームにおけるユーザ嗜好の推定とそれに基づくストーリー変更に関する研究について報告がなされた．

（森山 甲一）

バーチャル 3 次元音空間の高精度再生には重要な，音源から聴取者の耳元までの音響伝達特性，すなわち，頭部伝達関数は，個々人で大きく異なることから，何かしらの手法を用いて頭部伝達関数の個人性を関数表現する試みがなされている. ここでは，球状頭部モデルからの差分として頭部形状を捉えた関数表現法について紹介し，その有効性について議論を行った．

（坂本 修一）

Web 上に公開したオープンデータを連携させることで新たな価値を創出する Linked Open Data(LOD)技術の最新動向と，LOD 技術を自治体が公開しているオープンデータに適用することで，地域課題の解決に向けて活用する取り組みについての報告がなされた．

（古崎 晃司）

ニューラルネットワークは最急降下 法で問題を解くため NP 完全や NP ハードの組合せ最適化問題の計算量爆発を避けられる可能性が ある. しかし局所最小解にトラップされるという問題があり，これを解決するため逆関数遅延 ID モデルを提案し，バースト ID モデルの集積回路を試作した．さらに高次結合を持つモデルと高速な演算が可能な逆関数ゼロ遅延モデルを提案し, その動作と FPGA 上への埋め込みの結果を示した．

（中島 康治）

看護などの人間によるサービスにおいて,サービス提供者(看護師)が根拠や理由を理解して行為を行うとともに,ユーザ(患者)の共感や精神的満足が得られることを促進するような知識伝達モデルを目指して,感情に関わる行為の体系的定義を行い,それを含む行為プロセスモデルの提案を行った．

（來村 徳信）

因果関係の解明は, 多くの実質科学の主目的である．近年, 多種多様なデータが自動的に収集され, また公開されるようになってきている．しかし, それらのデータは介入のない観察データであることが多い．観察データによる因果関係探索には様々な困難があるが, ここでは特に, 潜在共通原因がある場合の推定法について考察し, データの非ガウス性を利用することで, 潜在共通原因による困難を克服できる可能性を示した．

（清水 昌平）

コンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術に関する国際会議 ACM SIGGRAPH Asia 2015 は, 2015 年 11 月に神戸で開催予定であるが, 参加者数 6000〜7000 人と大規模で各方面に与える影響も大きいため，大規模な誘致活動が必要であった．日本における情報系研究のプレゼンスを向上させるためには今後も多くの国際会議を日本で開催してゆく必要があると思われる. そこで, 本発表では, SIGGRAPH 誘致の概要を説明し，情報共有のための報告がなされた．

（北村 喜文）

事象間の相互作用抽出を目的として,センサデータなどの多次元の事象系列データから,時系列上で共起するクラスタ対を抽出するマイニングアルゴリ

ズムの紹介がなされた.本手法の応用例として,燃料電池の損傷事象系列データから部材間相互作用を,また地震の発生系列データから異なる地域間の地震相互作用が推定可能であることが示された.

(福井 健一)

東北大学電気通信研究所 先端音情報システム研究室では,視覚,聴覚,振動情報が同時に与えられたときの臨場感と迫真性という感性評価に着目し,検討を行ってきた.その結果,(1)振動情報に付与する情報が視覚情報か聴覚情報かによって,感性評価の傾向が異なること,(2)各情報間の同期性に対する主観的な判断が,感性評価に影響を及ぼしている可能性が示唆された等の結果が報告された.

(大谷 智子)

大阪大学八木康史教授が研究代表者を務め東北大学塩入諭教授も分担者として参画しているCRESTプロジェクト「歩容意図行動モデルに基づいた人物行動解析と心を写す情報環境の構築」の一環として実施した,レンジセンサを用いた歩容認証技術や歩行者の全周三次元形状復元技術について発表がなされた.

(満上 育久)

近年,視覚,触覚といった多感覚情報を扱った研究が盛んに行われている.その背景には,これまで哲学的な問題として扱われてきた身体意識が,視触覚情報を実験的に操作することで制御可能となったためである.この実験手法を用いて,手の認知における視覚・触覚情報の統合過程とその機能に関する研究を報告した.今後の展開についての議論などが行われた.

(松宮 一道)

マルチモーダル生体認証などで利用される確率密度に基づくスコアレベル統合手法を紹介した.浮動制御点(FCP)と一般化ドロネー三角形分割に基づいてクラス事後確率分布を補間表現し,エネルギー最小化の枠組みによる分布推定を行う.実験では,マルチモーダル生体認証の実データを用いて,手法の有効性を評価した.

(槇原 靖)

人間の喉に形成されているシアル酸糖鎖をグラフェン上に修飾し,ヒト感染インフルエンザと鳥インフルエンザの識別を行える素子を作成し,選択的高感度の測定に成功した.

(松本和彦)

老化,癌,アルツハイマー等の原因になっている活性酸素の除去の効果がある水素水をシリコンナノ粒子と中性水から形成する方法を開発した

(小林光)

物質がナノポアを通過する際のイオン電流変化により嗅覚機能が発現している.ナノポアの検出パラメータを明らかにするため,微細加工で作製したナノポアを用いて,イオン電流変化で,物質通過の検出と物質の持つ表面電荷を識別できることを見出した.

(谷口正輝)

酸化還元反応に基づく新しいロジックを実現しうる,新規Fe系酸化物不揮発メモリのプロトタイプの作成に成功した.

(田中 秀和)

トンネル電流励起のTHz発光の観測に初めて成功した.デバイス応用を念頭に効率を決めている機構について研究を進めている.

(上原洋一)

(3－2)波及効果と発展性など

近年,携帯電話,通信カラオケ,ゲーム機,携帯型デジタルプレイヤーが普及し,デジタルコンテンツの需要が高まっている.品質の高い固定コンテンツだけではなく,その場の状況に当意即妙に合わせたコンテンツやフィードパックが有用な機会は多い.各個人や文化によって異なる嗜好にどのように合わせていくかは,これまで一つの文化圏などの大きな単位でしか考慮できず,職人芸に依存していた.本研究により,こうした文化的な細かな違いをマップとして可視化することなども可能になり,各国の文化を分析,把握する上で,強力な手段となる可能性がある.さらに,共感を引きだす情報機器の開発につなげられれば,健全な人間関係や社会の構築にも貢献することになる.

そのためのセンサの開発が,日本のエレクトロニクス産業の再生につながり,ひいてはこの研究のすそ野の大きさから見て,日本を活性化して再生する最良の方策になりうる.組織間連携によりこの方向の研究を推進することは,現在各方面で形成されつつある脳研究に基づく情報システム開発の萌芽的組織の中核となる拠点形成を可能とし,今後の研究を牽引する組織作りができる.成されつつある脳研究に基づく情報システム開発の萌芽的組織の中核となる拠点形成を可能とし,今後の研究を牽引する組織づくりが可能となる.

[4]成果資料

(1) V. Vachiratamporn, K. Moriyama, K. Fukui, and M. Numao: "An Implementation of Affective Adaptation in Survival Horror Games," Proc. 2014 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games

(CIG), pp. 263-270, 2014.

(2) K. Kozaki, et al.: "Choosing Related Concepts for Intelligent Exploration," 4th Joint International Semantic Technology Conference (JIST2014), 2014.

(3) S. Nishimura, et al: “Systematic Description of Nursing Actions Based on Goal Realization Model”, In Proc. of 15th European Conference on Knowledge Management (ECKM 2014), pp. 730-739, 2014.

(4) S. Shimizu and K. Bollen: “Bayesian estimation of causal direction in acyclic structural equation models with individual-specific confounder variables and non-Gaussian distributions”, Journal of Machine Learning Research, 15: 2629-2652, 2014.

(5) K. Fukui, et al.: "Discovering Seismic Interactions after the 2011 Tohoku Earthquake by Co-occurring Cluster Mining", Transactions of Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 29, No. 6, pp.493-502, 2014.

(6) H. Nakajima, et al.: “Depth-based Gait Feature Representation,” IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol. 5, pp.94-98, 2013.

(7) Y. Makihara et al.: ``Score-Level Fusion by Generalized Delaunay Triangulation," Proc. of the 2nd IEEE/IAPR Int. Joint Conf. on Biometrics (IJCB 2014), No. O18, pp. 1-8, Clearwater, Florida, USA, 2014.

(8) H. Tanaka et al, “Nonvolatile Transport States in Ferrite Thin Films Induced by a Field Effect Involving Redox Processes”, Adv. Materials Interfaces 1, 1300108, 2014

(9) M. Taniguchi et al, ” Discrimination of equi-sized nanoparticles by surface charge state using low-aspect-ratio pore sensors” Applied Physics Letters 104, 163112, 2014

(10) 大谷智子, 坂本修一, 崔正烈, 鈴木陽一, 行場次朗: 同期性の判断が視覚-振動情報および聴覚-振動情報の臨場感・迫真性に及ぼす影響, 日本バーチャルリアリティ学会第19回大会論文集, 34D-5, 648-649, 2014

(11) S. Sakamoto, G. Hasegawa, A. Honda, Y. Iwaya, Y. Suzuki, J. Gyoba: Body vibration effects on perceived reality with multi-modal contents, ITE Transactions on Media Technology and Applications, 2(1), 46-50, 2014.

(12) H. Jarollahi, N. Onizawa, T. Hanyu and W. J. Gross: "Associative Memories Based on Multiple-Valued Sparse Clustered Networks," Proc. IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic, pp.208-213, 2014.

(13) W. Wei, A. T.ahashi, T. Kinoshita, "Design and Evaluation of Energyconsumption -aware Evolutional Agent System for Portable Devices,” Journal of Information Processing, No. 22, Vol. 4, pp. 660–668, 2014.

(14) 曽田尚宏, 早川吉弘, 佐藤茂雄, 中島康治: "逆関数遅延ネットワークを用いた最適化問題解探索のための高次形式エネルギー関数設計法", 信学論, Vol. J96-A, 1, pp. 12-21, 2013.

(15) T. Aoto, Y. Toyama and K. Uchida: Proving confluence of term rewriting systems via persistency and decreasing diagrams, In Proceedings of Joint 25th International Conference on Rewriting Techniques and Applications and 12th International Conference on Typed Lambda Calculi and Applications (RTA-TLCA 2014), LNCS 8560, pp.46-60, 2014.

(16) Kuriki I., Xie H., Tokunaga R., Matsumiya K., & Shioiri S. Mechanisms for color-defined and luminance-defined motions in human visual system studied by psychophysical and functional brain-imaging techniques. Society for Neuroscience, San Diego, CA, Nov. 2013.

(17) Kuriki I., Xie H., Tokunaga R., Matsumiya K., & Shioiri S. Interactions of color- and luminance-defined motion signal in human visual cortex, Vision Sciences Society, St Pete Beach, FL, May 2014.

(18) 北村喜文: ACM SIGGRAPH Asia 2014 会議報告, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 3 (5月号)

採択回数	1	2	3

採択番号　Ｈ２６／Ｓ１

未来のコヒーレント波科学技術基盤構築プロジェクト

［1］組織
代表者：三村　秀典（静岡大学電子工学研究所）
対応者：八坂　　洋（東北大学電気通信研究所）
分担者：青木　　徹（静岡大学電子工学研究所）
根尾陽一郎（静岡大学電子工学研究所）
伊藤　　哲（静岡大学電子工学研究所）
川人　祥二（静岡大学電子工学研究所）
香川景一郎（静岡大学電子工学研究所）
安富　啓太（静岡大学電子工学研究所）
原　　和彦（静岡大学電子工学研究所）
小南　裕子（静岡大学電子工学研究所）
猪川　　洋（静岡大学電子工学研究所）
佐藤　弘明（静岡大学電子工学研究所）
庭山　雅司（静岡大学電子工学研究所）
小野　篤史（静岡大学電子工学研究所）
鈴木　陽一（東北大学電気通信研究所）
藤掛　英夫（東北大学大学院工学研究科）
石鍋　隆宏（東北大学大学院工学研究科）
上原　洋一（東北大学電気通信研究所）
片野　　諭（東北大学電気通信研究所）
延べ参加人数：33人
研究費：旅費100万円

［2］研究経過

組織連携型共同プロジェクト研究として，静岡大電研と東北大通研は第Ⅰ期(平成20年～平成22年)および第Ⅱ期(平成23年～平成25年)において，NHKが2020年に実用化を目指すスーパーハイビジョン(SHV)による放送サービスの実現に貢献するための要素技術の開発に参加した。この間，この共同プロジェクト研究においていくつかの貴重な成果が上げられ，SHVの実用化に道筋をつけることが出来た。

第Ⅱ期においてはさらに「スーパーハイビジョンの先を目指して」と題する，参画3組織や他の関連組織の研究者にも参加を呼びかけた研究会が平成23年12月に静岡大電研，平成25年2月に東北大通研にて開催された。また，平成26年2月に静岡大電研において，通研と電研との間で，平成26年度からの第Ⅲ期における研究の進め方を検討するための意見交換会が開催された。通研からは3教授，電研からは教授，准教授および助教を含む8名が参加し，大変有意義な議論がなされた。

これを受けて，Ⅲ期目となる平成26年度からは，静岡大電研と東北大通研とで光を中心とする波動に関する広範囲の科学技術を共同で研究し，将来の社会基盤技術として広範囲に応用していくための先端的な科学技術体系の構築を目指すことにし，本申請となった。

これを受けて，初年度である平成26,年度は各研究グループが以下の達成を目標として研究を行った。

【静岡大学電子工学研究所】
三村研究室：「光の本質に基づいたフォトンカウンティングCTに関する研究」
川人研究室：「高精細3次元画像情報を用いた音像の定位と再現に関する研究」
原　研究室：「六方晶窒化ホウ素を用いる深紫外コヒーレント光源」
猪川研究室：「ＳＯＩ構造を用いた高感度・高機能光検出器に関する研究」
庭山研究室：「コヒーレント波併用によるNIRS測定値の正確度向上に関する基礎研究」
小野研究室：「金属ナノ構造上の表面プラズモン振動の可視化」

【東北大学電子通信研究所】
八坂研究室：「多チャンネル超コヒーレント光発生の研究」
鈴木研究室：「音響・画像連携技術の研究」
藤掛研究室：「微小駆動液晶デバイスにおける光学シミュレーション手法の構築」
上原研究室：「走査トンネル顕微鏡を用いた金属ナノ微粒子の形成に関する研究」

平成26年度における研究成果としては，静岡大学電研から小野准教授，東北大通研からは鈴木教授が平成27年2月23日に通研で開催された「平成26年度共同プロジェクト研究発表会」において成果が発表された（鈴木教授は特別講演）。第Ⅲ期の組織連携型共同プロジェクト研究として，最初の成果発表であったが，鈴木教授からは「能動聴取概念に基づく高精細３次元音空間システムの構築」と題して，臨場感，迫真性，自然性などの高度感性を伴った情報伝達を目的とし，視聴覚情報の重要性についての説明がなされるとともに，３次元聴覚ディスプレイ（SENJI）を開発とその研究成果についての発表が

なされた。一方，小野准教授からは「プラズモニクスを利用した超解像観察、高感度計測、発光増大」と題して、組織間連携プロジェクトの成果報告を行った。具体的には、金ナノ粒子の付着により、SOIフォトダイオードの感度が2倍向上することを実証し，また深紫外線励起クレッチマン配置光学系を構築し、量子ドットおよび染色された細胞からの蛍光増大を実証したという発表であった。

［3］成果

（3－1）研究成果

Ⅲ期目の初年度として本共同プロジェクト研究を推進するに当たり，上記［2］に示されたサブプロジェクトの今年度の研究計画に基づいて研究を展開した。それぞれのサブプロジェクトの研究成果は下記の通りである。

【静岡大学・三村研究室】

フォトンカウンティングCTでの低線量撮像で問題となるフォトン揺らぎによる画像劣化について研究を行った。フォトン数低下と共に揺らぎは理論と同様に増加するが，CT 画像再構成については逆投影による積算効果からその揺らぎは大幅に減少し，蓄積型のノイズ劣化に比べ遙かに揺らぎの影響が小さいことが明らかとなった。

【静岡大学・川人研究室】

高臨場感があり，より感情を伝えやすくする遠隔コミュニケーションを実現するため，高精細3次元画像センサにより得られた情報等を用いて，話者の声等の音像定位と任意の距離感で音像の再現を行うことを最終目標と設定して研究を実施した。

今年度は，特に高精細3次元センサを実現するために，画素サイズを縮小しながら，距離分解能を向上させるレンジシフト法を応用した TOF 距離画像センサについて検討し，シミュレーションによって応答速度の最適化を図った。

【静岡大学・原　研究室】

BCl_3とNH_3を原料とする化学気相法において，10 kPa まで成長圧力を下げてガス供給条件を最適化することにより，c 面サファイア基板上に初めて明瞭な自由励起子発光を示す六方晶BNの薄膜を得た。次いで，サファイア上の h-BN 薄膜試料をパターニングし，再成長を行うことで，薄膜が横方向に成長する傾向があることを示した。

【静岡大学・猪川研究室】

SOI MOSFET 単一フォトン検出器の動作条件最適化に取り組み､基板電圧制御の重要性を見出した。すなわち，ドレイン電流雑音は基板電圧の絶対値の増加に伴って増大するが，ホールの寿命は基板電圧の増大に伴って長くなる。これより，電子チャネルが誘起される範囲で小さな基板電圧が，高速動作の観点で好ましいことが判った。

【静岡大学・庭山研究室】

コヒーレント波（赤色レーザ光）を用いて，入射光が生体組織中を伝播する時間を測定し，空間分解法と組み合わせ，光学定数を高精度測定できる手法の実現を目指し，光伝播理論解析と生体模擬試料による実験を行った。その結果，光散乱の定量化に重要な「生体組織中の平均光路長」を簡便に精度良く取得可能となった。

【静岡大学・小野研究室】

小野研究室では，コヒーレント光を時間的，空間的に制御するプラズモニックデバイスの開発を目的とし，金属ナノ構造上の表面プラズモン振動の可視化に取り組んだ。特定の光エネルギー，偏光，空間分布を制御する金属ナノワイヤの作製手法を確立した。ポリオールプロセスにより，長さ5-15μmの結晶性銀ナノワイヤを作製した。

【東北大学・鈴木研究室】

コヒーレントな音波をキルヒホッフヘルムホルツ境界積分方程式の一近似により精密に合成・再生する高次アンビソニックス (High-order Ambisonics) において，人間の音空間分解能の高い水平方向と，分解能の低い仰角方向との次数を変化させた信号処理法を，遠隔会議システムの実装に適した円柱型のマイクロフォンアレイで実装する新しいアルゴリズムを提案した。

【東北大学・八坂研究室】

狭線幅多波長光源の種光源となる狭線幅半導体レーザ光源の研究を進めた。単一モード半導体レーザと光フィルタを用いて原理検証実験を進め，簡単な光源構成で6kHzの線幅を有する半導体レーザ光源が実現できた。また，半導体光変調器による光周波数コムブロック発生の研究を進め，最適動作条件の導出を図った。

【東北大学・藤掛研究室】

立体表示用の電子ホログラフィの実現に向けて，液晶をどこまで微細に駆動できるかを明らかにするため，液晶物性値を用いて数値シミュレーションを実施した。その結果，画素電極サイズを 2μm 程度まで微小化した場合，フリンジ電界により 2π の位相変化が得られなくなり，画素構造の改良が必要となることが分かった。

【東北大学・上原研究室】

本年度は，以下に示す研究成果を得た。先ず第1に Ag 探針に印加するパルス電圧を制御することにより，探針直下に2~10 nm の直径の単一Agナノ粒子が選択的に形成できることがわかった。第2に作製された構造の STM 発光スペクトルを計測した。

その結果，スペクトルから基板のフォノン・エネルギーが決定される可能性があることがわかった。

（３－２）波及効果と発展性、研究分野への貢献など

平成 26 年度は本プロジェクトの初年度として，今後の発展の礎を築くことに主眼を置いて研究が進められ，各研究室で一定の成果が得られた。

本プロジェクトの成果としては，コヒーレント波を生成する側即ちコヒーレント波光源の開発に関する成果とコヒーレント波応用による成果の両方が含まれる。

コヒーレント波光源の開発に関しては，六方晶窒化ホウ素の結晶構造の特質を利用した共振器機能によりコヒーレントな深紫外発光を得ることが期待され，様々な応用への発展が期待される。

一方本プロジェクトにおけるコヒーレント波の応用に関しては，SOI (Silicon on insulator)の持つユニークな性質を活かした表面プラズモンアンテナ付き機能素子の高機能化，金属ナノ構造上の表面プラズモン振動によるこれまでにない光励起場の創製が期待される。ディスプレイ分野として，機能性画像の高画質化，複数の超高精細画像や高臨場音声信号を圧縮することなく伝達するシステムの実現，家庭用三次元聴覚ディスプレイの高度化，疲労のない理想的な立体表示を始め高臨場感な映像情報の享受の実現，遠隔地での会話が同じ部屋で行っているような感覚でコミュニケーションを行うことができるようなシステムの実現が期待される。また，低線量での CT の実現，低被爆化・機能性画像の高画質化，脳科学や筋生理学等における精度や正確度の向上等が期待される。

［4］成果資料

・M. Omprakash, M. Arivanandhan, R. Arun Kumar, H. Morii, T. Aoki, T.Koyama, Y. Momose, H. Ikeda, H. Tatsuoka, Y. Okano, T. Ozawa, S.Moorthy Babu, Y. Inatomi, Y. Hayakawa, “Analysis of dissolution and growth process of SiGe alloy semiconductor based on penetrated X-ray intensities”, J. Alloys and Compounds, 590, 2014, 962101.

・Han Sang-Man, T. Takasawa, K. Yasutomi, S. Aoyama, K. Kagawa, S. Kawahito, “A Time-of-Flight Range Image Sensor with Background Cancelling Lock-in Pixels Based on Lateral Electric Field Charge Modulation”, Electron Devices Society, IEEE J. Volume: PP , Issue: 99, DOI: 10.1109/JEDS.2014. 2382689.

・増田，梅原，清水，光野，小南，中西，原，「深紫外発光応用に向けた六方晶 BN 薄膜の CVD 成長」信学技報, 114, 41-44 (2015).

・D. S. C. Putranto, P. S. Priambodo, D. Hartanto, W. Du, H. Satoh, A. Ono, and H. Inokawa, "Effects of substrate voltage on noise characteristics and hole lifetime in SOI metal-oxide-semiconductor field-effect transistor photon detector," Optics Express, **22**[18], (2014) 22072-22079.

・N. Kanayama and M. Niwayama: "Examiner's finger-mounted fetal tissue oximetry," J. Biomedical Optics, **19**[6], pp. 067008-1-067008-5 (2014).

・M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, and Y. Kawata, “Enhanced multicolor fluorescence in bioimaging using deep-ultraviolet surface plasmon resonance” Appl. Phys. Lett. **104**, 223703 (2014).

・K. Aoyama, R. Yoshioka, N. Yokota, W. Kobayashi, and H. Yasaka, “Optical Negative Feedback for Linewidth Reduction of Semiconductor Lasers”, IEEE Photonics Technology Letters, **27**[4] (2015) 340-343. DOI 10.1109/LPT.2014.2371074.

・J. Trevino, S. Koyama, S. Sakamoto and Y. Suzuki, “Mixed-order Ambisonics encoding of cylindrical microphone array signals”, Acoustical Science and Technology, **35**[3] (2014) 174-177.

・磯前，石鍋，藤掛，「動画ホログラムの表示に向けた液晶デバイスの微小画素構造の設計」，映像情報メディア学会技報 IDY2015-3, 2015.

本プロジェクトに対して
静岡大学における謝辞の入った論文の数
　平成 22 年度～平成 25 年度
　　なし
　平成 26 年度
　　4 件
　　　川人研　2 件
　　　原　研　1 研
　　　猪川研　1 件

採択回数	①	2	3

採択番号　Ｈ２６／Ｓ２

スピントロニクス学術連携

［1］組織（MS 明朝体：以下１０．５ポイント）

代表者：田中　雅明
（東京大学大学院工学系研究科）
対応者：白井　正文
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
大矢　忍　（東京大学大学院工学系研究科）
中根　了昌　（東京大学大学院工学系研究科）
ファムナムハイ（東京大学大学院工学系研究科）
田畑　仁　（東京大学大学院工学系研究科）
松井　裕章　（東京大学大学院工学系研究科）
加藤　雄一郎　（東京大学大学院工学系研究科）
樽茶　清吾　（東京大学大学院工学系研究科）
大岩　顕　（東京大学大学院工学系研究科）
川崎　雅司　（東京大学大学院工学系研究科）
喜多　浩之　（東京大学大学院工学系研究科）
千葉　大地　（東京大学大学院工学系研究科）
伊藤　公平　（慶應大学理工学部）
江藤　幹雄　（慶應大学理工学部）
斎木　敏治　（慶應大学理工学部）
的場　正憲　（慶應大学理工学部）
佐藤　徹哉　（慶應大学理工学部）
松本　佳宣　（慶應大学理工学部）
栄長　泰明　（慶應大学理工学部）
能崎　幸雄　（慶應大学理工学部）
山本　直樹　（慶應大学理工学部）
早瀬　潤子　（慶應大学理工学部）
牧　英之　（慶應大学理工学部）
神原　洋一　（慶應大学理工学部）
渡邉　紳一　（慶應大学理工学部）
田邊　孝純　（慶應大学理工学部）
安藤　和也　（慶應大学理工学部）
吉田　博　（大阪大学基礎工学研究科）
佐藤 和則　（大阪大学基礎工学研究科）
福島 鉄也　（大阪大学基礎工学研究科）
河野　浩　（大阪大学基礎工学研究科）
白石　誠司　（大阪大学基礎工学研究科）
安藤　裕一郎　（大阪大学基礎工学研究科）
江口　学　（大阪大学基礎工学研究科）
鈴木 義茂　（大阪大学基礎工学研究科）
水落 憲和　（大阪大学基礎工学研究科）
三輪 真嗣　（大阪大学基礎工学研究科）
夛田 博一　（大阪大学基礎工学研究科）
山田 亮　（大阪大学基礎工学研究科）
大野　英男　（東北大学電気通信研究所）
枝松　圭一　（東北大学電気通信研究所）
白井　正文　（東北大学電気通信研究所）
羽生　貴弘　（東北大学電気通信研究所）
村岡　裕明　（東北大学電気通信研究所）
池田　正二　（東北大学電気通信研究所）
三森　康義　（東北大学電気通信研究所）
松倉　文礼　（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）
島津　武仁　（東北大学学際科学国際高等研究センター）
遠藤　哲郎　（東北大学電気通信研究所）
安藤　康夫　（東北大学大学院工学研究科）
佐久間　昭正（東北大学大学院工学研究科）
新田　淳作　（東北大学大学院工学研究科）
高梨　弘毅　（東北大学金属材料研究所）
北上　修　（東北大学多元物質科学研究所）
平山　祥郎　（東北大学大学院理学研究科）
延べ参加人数：５６人
研究費：100 万円

［2］研究経過

スピントロニクスは、超高密度情報ストレージ、不揮発性磁気メモリ、量子情報・量子通信など多岐にわたる情報通信技術と関連した学際的研究分野である。学術的には「スピン流」に代表される新しい物理概念を提案する一方で、ノーマリオフコンピュータといった革新的な情報通信技術につながる分野として期待されている。これまで６年間にわたる共同プロジェクト研究の活動により、東大工・慶応大理工・阪大基礎工・東北大通研がコアとなり、全国のスピントロニクス研究者に門戸を開いて、関連研究者の連携、先端学術研究成果の共有と若手研究者の育成に資する共同研究ネットワークを構築してきた。そこで、本共同プロジェクト研究（タイプ S）では、これまでの活動を踏まえて、研究組織間のネットワークをさらに強化することにより、研究者間の緊密な交流や共同研究を促進して、革新的な研究の展開を目指す。また、若手研究者を対象とした啓蒙・教育活動を実施することにより、将来のスピントロニクス分野の発展に貢献することが目標である。

本プロジェクトは本年度が初年度であった。

［3］成果

（3－1）研究成果

本年度は，以下に示す研究成果を得た。

- ｎ型強磁性半導体(InFe)As を含む量子井戸構造を作製し、歪みと量子閉じ込め効果と強磁性との相関を明らかにした。
- 代表的な強磁性半導体 (Ga,Mn)As について軟 X 線角度分解光電子分光を用いて、Mn に起因する不純物バンド（IB）の存在とその性質を明らかにした。(Ga,Mn)As 価電子帯構造とフェルミ準位の位置を明らかにし、IB の正孔の伝導により強磁性が発現することを示した。
- Mn 添加 GaAs における高電界による可視光領域での電界発光を見出した（III-V 族磁性半導体における初の d-d 遷移発光の観測）。
- CMOS チップ上に、強磁性トンネル接合とｎ型 MOSFET を集積することにより、擬似スピン MOSFET を試作し、室温でスピントランジスタ動作させることに成功した。
- Si-28 同位体結晶中の P-31 ドナーに束縛された電子スピンと P-31 核スピンの 4 準位系を光学的に操作し、その結果として P-31 核スピンの高い分極を得たうえでそのダイナミクスを通常の NMR で測定・解析することに成功した。
- シリコン 111 面上に Mn_5 Ge_3 という化合物の単結晶薄膜をエピタキシャル成長し、その薄膜の磁気異方性を強磁場共鳴を用いて調べた。
- 慶應が作製した Si-28 同位体を用いることによって、単一リン電子スピン量子ビットのコヒーレンスが 30 秒以上に伸びることを確認した。
- シリコン中の 4 族ドナーの核スピン共鳴(NMR)の周波数と線幅に対する、背景のシリコン同位体組成の影響を明らかにした。
- 相変化メモリー材料にスピン自由度を導入するための計算機ナノマテリアルデザインを行い，完全分極した強磁性，反強磁性体をデザインし，高い強磁性転移温度や電場による磁気的相互作用のスイッチング指針を明らかにした.
- GaN に希土類金属と Mg アクセプターおよび酸素ドナーを同時ドーピングすることにより，自己組織化ナノ超構造を形成し，スピン分極による強力な赤色発光が円偏向することを予言し，デバイスのための計算機ナノマテリアルデザインを行った.
- 超並列スパーコンピュータ（ブルージーン）を用いて 100000 個～1000000 個の原子を取り扱う第一原理オーダーN法による KKR-nano のソフトウェアを開発し，アモルファスと固体の相変化によるメモリ材料である GeSbTe に３ｄ遷移金属不純物をドープした希薄磁性半導体をデザインし，強磁性，反強磁性，および，その電場による磁気的相互作用の制御法をデザインした.
- 第一原理計算により，高効率熱電材料のためのスピノーダル・ナノ分解や相分離を積極的に利用した計算機ナノマテリアルデザインをおこなった.
- CoFeB/MgO の界面磁気異方性を XMCD により調べ、界面での Fe 軌道モーメントの異方性が最も大きな寄与を持つことを明らかにした。これは第一原理計算の結果と一致する。
- 従来の硬 X 線光電子分光法では困難であった埋もれた強磁性層からのスピン分解電子状態の検出に成功した。強磁性金属薄膜上に作製した Au キャップ層における光電子のスピン依存前方 Mott 散乱を利用することで、従来のスピン検出器を用いることなく高効率に光電子をスピン分解検出することを可能にした。

（3－2）波及効果と発展性、研究分野への貢献

本共同プロジェクト研究（タイプ S）をベースにして、日本学術会議マスタープラン「学術の大型研究計画」に応募し、多数(全分野 224 件)の計画の中から厳正な審査を経てマスタープラン「重点大型計画」(27 件)に採択された。さらにこの 27 件を対象に 2014 年 3 月に文科省で審査があり、「学術研究の大型プロジェクトーロードマップ 2014」に採択された（採択数は 10 件、2014 年 8 月末に決定)。ただし文科省によれば予算措置は未定であり、各大学からの概算要求を出してほしいとのことなので平成 28 年度概算要求の準備を進めている。予算が確保できれば学術研究の大型プロジェクトとして本格的に実施することになる。

本共同プロジェクト研究（タイプ S）は、これまで 6 年間にわたり継続してきた「スピントロニクス連携ネットワーク」（平成 20～22 年度）および「スピントロニクス国際連携」（平成 23～25 年度）の後継として位置づけられる。これまでに各種研究会を開催してきたが、平成 25 年度は「秋のスピントロニクス特別研究会」を 2013 年 10 月 17 日～19 日に合宿形式で開催し（参加者約 50 名)、平成 26 年度は「”スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク”構築に向けて」東北大学電気通信研究所共同プロジェク研究 S 研究会を 2014 年 12 月 17 日に東京大学本郷キャンパス工学部にて開催した。この研究会に先立ち、第 19 回「半導体スピン工学の基

礎と応用」研究会（19th Conference on the Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors PASPS-19）を2014年12月15日～16日に東京大学武田ホールにて開催し、主に国内の研究者約100名の参加を得てスピントロニクス分野の最新の発表と議論を行った。また、最新の研究成果をビデオアーカイブとして一般公開する活動も継続しており、国内のみならず海外においても広く認知されている。

［4］成果資料（以下、学術論文リストの抜粋）

1) Daisuke Sasaki, Le Duc Anh, Pham Nam Hai, and Masaaki Tanaka, "Interplay between strain, quantum confinement, and ferromagnetism in strained ferromagnetic semiconductor (In,Fe)As thin films", Appl. Phys. Lett. 104, pp.142406/1-5 (2014).
2) Masaki Kobayashi, Iriya Muneta, Yukiharu Takeda, Yoshihisa Harada, Atsushi Fujimori, Juraj Krempasky, Thorsten Schmitt, Shinobu Ohya, Masaaki Tanaka, Masaharu Oshima, Vladimir N. Strocov, "Unveiling the impurity band inducing ferromagnetism in magnetic semiconductor (Ga,Mn)As", Phys. Rev. B 89, pp.205204/1-8 (2014).
3) Pham Nam Hai, Takashi Yatsui, Motoichi Ohtsu, and Masaaki Tanaka, "High-field electroluminescence in semiconductor tunnel junctions with a Mn-doped GaAs layer", J. Appl. Phys., 116, pp.113905/1-6 (2014).
4) Yuki K. Wakabayashi, Shinobu Ohya, Yoshisuke Ban, and Masaaki Tanaka, "Annealing-induced enhancement of ferromagnetism and nanoparticle formation in the ferromagnetic semiconductor GeFe", Phys. Rev. B90, pp.205209/1-7 (2014).
5) R. Nakane, Y. Shuto, H. Sukegawa, Z.C. Wen, S. Yamamoto, S. Mitani, M. Tanaka, K. Inomata, and S. Sugahara, "Fabrication of pseudo-spin-MOSFETs using a multi-project wafer CMOS chip", Solid State Electronics, 102, pp.52-58 (2014).
6) P. Gumann, O. Patange, C. Ramanathan, H. Haas, O. Moussa, M. L. W. Thewalt, H. Riemann, N. V. Abrosimov, P. Becker, H.-J. Pohl, K. M. Itoh, and D. G. Cory, "Inductive Measurement of Optically Hyperpolarized Phosphorous Donor Nuclei in an Isotopically Enriched Silicon-28 Crystal," Phys. Rev. Lett. 113, 267604 (2014).
7) K. M. Itoh and H. Watanabe, "Isotope engineering of silicon and diamond for quantum computing and sensing applications," MRS Communications 4, 143-157 (2014).
8) A. Truong, A. O. Watanabe, T. Sekiguchi, P. A. Mortemousque, T. Sato, K. Ando, and K. M. Itoh, "Evidence of a Perpendicular Magnetocrystalline Anisotropy in a Mn5Ge3 Epitaxial Thin Film Revealed by Ferromagnetic Resonance," Phys. Rev. B 90, 224415 (2014)
9) J. T. Muhonen, J. P. Dehollain, A. Laucht, F. E. Hudson, R. Kalra, T. Sekiguchi, K. M. Itoh, D. N. Jamieson, J. C. McCallum, A. S. Dzurak, and A. Morello, "Storing Quantum Information for 30 Seconds in a Nanoelectronic Device," Nature Nanotechnology 9, 986–991 (2014).
10) M. Veldhorst, J. C. C. Hwang, C. H. Yang, A. W. Leenstra, B. de Ronde, J. P. Dehollain, J. T. Muhonen, F. E. Hudson, K. M. Itoh, A. Morello, and A. S. Dzurak, "An Addressable Quantum Dot Qubit with Fault-Tolerant Control-Fidelity," Nature Nanotechnology 9, 981–985 (2014).
11) T. Fukushima, H. Shinya, H. Fujii, K. Sato, H. Katayama-Yoshida, and P. H. Dederichs, First principles studies of GeTe based dilute magnetic semiconductors, Journal of Physics: Condensed Matter 27, 015501 (2015)
12) Akira Masago, Tetsuya Fukushima, Kazunori Sato, and Hiroshi Katayama-Yoshida, Computational nano-materials design for circularly polarized luminescence in (Eu,Mg,O)-codoped GaN, Applied Physics Express 7, 121002 (2014)
13) T. Fukushima, H. Katayama-Yoshida, K. Sato, H. Fujii, E. Rabel, R. Zeller, P. H. Dederichs, W. Zhang and R. Mazzarello, First-principles study of magnetic interactions in 3d transition metal-doped phase-change materials,,Physical Review B, 90, 144417 (2014).
14) Hikari Shinya, Akira Masago, Tetsuya Fukushima, Hiroki Funashima and Hiroshi Katayama-Yoshida, First principles investigations of defect and phase stabilities in thermoelectric (GeTe)x(AgSbTe2)1-x, Japanese Journal of Applied Physics 53, 111201 (2014)
15) S. Kanai, M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, F. Matsukura, and H. Ohno,, Magnetic anisotropy in Ta/CoFeB/MgO investigated by x-ray magnetic circular dichroism and first-principles calculation , Appl. Phys. Lett. 105, 222409 (2014).
16) S. Ueda, M. Mizuguchi, T. Kojima, S. Ishimaru, M. Tsujikawa, M. Shirai, and K. Takanashi, Detection of spin-resolved electronic structures from a buried ferromagnetic layer utilizing forward Mott scattering, Appl. Phys. Lett. 104, 132402/1-5 (2014).

採択回数	① 2 3

採択番号　Ｈ２６／Ｓ３

ナノエレクトロニクスに関する連携研究

Collaborative Research on Nano-electronics

［1］組織
代表者：逢坂哲彌
（早稲田大学ナノ理工学研究機構長）
対応者：宇高勝之、谷井孝至
（早稲田大学理工学術院基幹理工学部）
庭野道夫、佐藤茂雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
川原田 洋
（早稲田大学理工学術院基幹理工学部）
庄子習一（同上）
山本知之（同上）
渡邉孝信（同上）
本間敬之（早稲田大理工学術院先進理工学部）
竹延大志（同上）
上原洋一（東北大学電気通信研究所）
枝松圭一（同上）
末光眞希（同上）
長　康雄（同上）
白井正文（同上）
石山和志（同上）
中沢正隆（同上）
村岡裕明（同上）
尾辻泰一（同上）
八坂　洋（同上）
大野英男（同上）

研究費（物件費及び旅費）：100 万円

［2］研究経過
ナノ構造の創製技術とその電子デバイス等への応用技術の開発は、これからの情報通信分野の新機能デバイス創製基盤技術を確立する上で極めて重要である。東北大学電気通信研究所は、情報デバイス研究部門、ブロードバンド工学研究部門やナノ・スピン実験施設を中心として、ナノ構造を用いた電子デバイスや集積回路の創製に関して、世界的に評価されている研究成果を数多く上げてきている。

一方、早稲田大学ナノ理工学研究機構はナノテクノロジー関連の研究活動を統合する為の組織として発足し、学際的なナノ理工学に関する研究活動を一つに束ねてワンストップ型の研究開発体制を築いていくことをその役割としており、これまでに電気化学的手法から微細加工技術まで、多様なナノ構造創製技術を培ってきている。

本プロジェクト研究では、これらの二つの研究機関が融合研究を実施することにより、異分野技術の融合による新しい情報通信デバイスの実現を目指した研究を推進することを目的として進められた。両機関が、若手研究者育成に関しても緊密に連携することにより、グローバル化に対応できる研究能力の高い若手研究者の育成に努めることも目的とした。

本年度は、研究テーマを『光エレクトロニクス／フォトニクスに関する連携研究』とし、平成 26 年 12 月 3 日に、早稲田大学理工学術院（西早稲田キャンパス）62 号館 1 階大会議室（口頭講演）および同中会議室（ポスター講演）にて研究会を開催した。東北大学からの発表は 13 件、早稲田大学からの発表は 18 件であり、聴講者を含めて約 60 名の参加があった。若手研究者の育成を目的として、両校の学生によるポスター発表を行い、活発な議論と交流を図った。以下に講演者と講演題目を列挙する。

（口頭講演）
東北大　庭野道夫 教授　「有機電子デバイスに関する最近の研究－トランジスタ、太陽電池、センサ」
東北大　枝松圭一 教授　「光の偏光と誤差・擾乱の不確定性関係」
東北大　上原洋一 教授　「THz 域の電子トンネル発光」
東北大　八坂　洋 教授　「光負帰還による小型狭線半導体レーザ光源」
早稲田大　中島啓幾 教授　「高消光比かつ低チャープなＬＮ変調器の実現－なぜ $LiNbO_3$ でなければできないのか?－ 」
早稲田大　宇高勝之 教授　「光ネットワーク用光スイッチングデバイス」

早稲田大　竹延大志　教授　「Light-Emitting Electrochemical Cell」
早稲田大　谷井孝至　教授　「ダイヤモンドへのSi注入によるSiV単一光子源の作製」

（ポスター講演）
東北大　角田貴也　「M-I-Mトンネル接合からのテラヘルツ光放射計測」
東北大　魏　濤　「走査トンネル顕微鏡によるグラフェンオキサイド表面のナノ構造観察」
東北大　阿部洋一　「シリコン細線マイクロリング共振器を用いた高効率光子対発生」
東北大　曹　博　「二周期PPLN導波路を用いた高効率偏光量子もつれ光子対生成」
東北大　三枝　慈　「外部共振器付与による光制御型利得変調レーザの超高速動作」
東北大　小林宗平　「光負帰還原理を用いた半導体レーザの線幅狭窄化」
東北大　但木大介　「有機半導体の分子ドーピングと有機トランジスタへの応用に関する研究」
東北大　齋藤栄幸　「多孔質薄膜を用いたナノバブル発生に関する研究」
東北大　千田雄大　「小規模な神経ネットワークの活動パターンに関する理論的研究」
早稲田大　M. A. Mendez　「SOI micro ring resonators for biosensing applications」
早稲田大　清水正樹　「逆結合型狭帯域導波路非線形光学デバイス」
早稲田大　蕨かほり　「Si Photonicsプラットフォームへのグラフェン集積」
早稲田大　小林久也　「ポリマー三次元光スイッチング回路」
早稲田大　日高直哉　「1550nm帯動作ポリマー導波路クレッチマン型SPRセンサ」
早稲田大　武井勇樹　「全光論理ゲート素子に向けた多重積層量子ドット組成拡散導波路の検討」
早稲田大　高橋　亘　「単結晶発光トランジスタの耐電圧向上」
早稲田大　伊藤暸太　「有機半導体レーザーを目指したパルス電圧による発光応答」
早稲田大　藤本太陽　「Light-emission at dynamic pin junction in WSe2 films」
早稲田大　中山　航　「CNT透明導電膜を用いた発光電気化学セルの作製」
早稲田大　宮崎真澄　「有機単結晶発光トランジスタにおけるポーラロン消光の評価」
早稲田大　小池悟大　「ダイヤモンドへのSi注入によるSiV単一光子源の作製」
早稲田大　大久保幸太朗　「ナノ孔配列への光閉じ込めによる生体分子の1分子蛍光イメージング」
早稲田大　河野　翔　「小規模な神経細胞ネットワークの形成とその活動パターンに関する実験的研究」

［3］成果
（3－1）研究成果

昨年度から研究テーマを絞った研究会を開催し、幅広い分野をカバーする両組織間の研究分野の中から特定テーマでの連携を模索し始めた。これまでに「ナノバイオ系」、「カーボン系材料」において萌芽的な共同研究が進められつつある。今回、「光エレクトロニクス／フォトニクス」を中心テーマとした研究会を開催したことにより、当該分野における新たな連携の枠組みも見え始めている。特に単一光子計測に関する研究では、共同研究開始に向けた具体的なコンセンサスが得られた。

初年度から継続的に、佐藤茂雄、庭野道夫、谷井孝至を含む連携体制によって脳型機能創発に与る共同研究を開始し、バイオ － ナノ － デバイス － システムを横断する連携研究を進めており、この共同研究において以下に示す具体的な成果が得られ始めた。

（学会発表／論文発表）
・千田雄大, 山本英明, 平野愛弓, 石原広識, 藤森壮也, 谷井孝至, 久保田繁, 庭野道夫：「マイクロパターン神経細胞回路の活動様式に関する理論的考察」　第62回応用物理学会 春季学術講演会
・Y. Chida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, K. Ishihara, S. Fujimori, T.Tanii, S. Kubota, M. Niwano:「Computational modeling of the spontaneous activity in micropatterned neuronal networks」3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
・H. Yamamoto, S. Kono, T. Kushida, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, T. Tanii：「Optimization of micropattern geometry for long-term culture of isolated neurons and identification of excitatory-inhibitory cell types」Neuroscience 2014
・H. Yamamoto, T. Demura, K. Sekine, S. Kono, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, T. Tanii: Photopatterning Proteins and Cells in Aqueous Environment using TiO_2 Photocatalysis, Journal of Visualized Experiments, (2015) in press.

上記の成果は特に、神経細胞の機能制御・解析（バイオ）に、ガラス基板表面パターニング（ナノ）を活用する連携（庭野－谷井）での具体的な成果であり、この技術を通して実神経細胞を素子とする神経回路を基板上に再構成する技術が構築されつつある。これらの成果を下地として、本連携研究の枠組みを超えて、培養神経回路、生体神経回路、および半導体神経回路をシームレスに理解し、環境適応機能の発現メカニズムを明らかにすることを目的とする新学術領域（ハイブリッド脳）を立ち上げており、継続的に共同研究予算獲得を進めている。

（３－２）波及効果と発展性など

次回の研究会は、東北大学において平成 27 年 7 月頃に開催する予定である。

前述のとおり、早稲田大学ナノ理工学研究機構は分野横断的な研究を束ねる機構であり、バイオ材料・ソフトマテリアルから半導体等の固体基板まで幅広い材料にナノ加工・ナノ改質を施せる施設となっている。一方、東北大学電気通信研究所は、材料の基礎からデバイス・システムまでを統合的に研究できる環境となっている。したがって、両組織は設備の観点からも互恵補完的に連携できる。

材料・情報の基礎科学から、情報を生成・認識・伝送・蓄積・処理・制御するためのデバイス、回路、アーキテクチャー、ソフトウェアまでを一体化システムとしてとらえ、これらの研究を有機的連携のもとに総合的に進めることにより、両研究機関の連携において先導的研究を進めることができるだけでなく、若手研究者育成において新しい潮流を創り出すことができると期待される。また、両機関の人的交流はナノテクノロジー、ナノエレクトロニクス分野の研究をこれまで以上に活性化すると期待される。なお、早稲田大学ナノ理工学研究機構は、2015 年度より、従前のナノ理工学研究機構を母体としつつ、学内ライフサイエンス分野の研究・教育拠点であった先端科学・健康医療融合研究機構の機能を取り込んで新たに活動を開始することを決定しており、本組織連携型共同プロジェクト研究においても、東北大学電気通信研究所－早稲田大学ナノ理工学研究から東北大学電気通信研究所－早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構へと発展させることができ、これにより、ナノエレクトロニクスを中心にソフトマテリアルからライフサイエンス応用までのより幅広い枠組みで発展させることが可能となる。

［4］成果資料

本年度の研究会での発表内容を纏めた研究会報告書を作成した。

第　6　章　　国際会議・シンポジウム等

6．１通研国際シンポジウム

第 12 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ

12th RIEC International Workshop on Spintronics

開 催 日：平成 26 年 6 月 25 日（水曜日）～27 日（金曜日）（3 日間）
開催場所：東北大学　電気通信研究所　ナノ・スピン実験施設
参加人数：116 名（うち外国人参加者人数 39 人）

本ワークショップは 2005 年に第 1 回が開催されて以来、ほぼ年 1 回のペースで回を重ね、今回で 12 回目の開催である。毎回、国内外からスピントロニクス分野の第一線で活躍する研究者が参加して最新の研究成果を発表しており、我が国を始め、アメリカ、フランス、イギリス、スイス、チェコ、スウェーデン、カナダ、韓国、シンガポールから 17 件の招待講演と 27 件のポスター発表がなされた。

今回開催されたワークショップでは、スピン軌道相互作用を介した諸現象が一つの大きなテーマであった。スピン軌道相互作用が強い系では、電気伝導によって特徴的なスピンの流れや蓄積が生じる。10 年程前は主に半導体において低温で観測される微小な効果であったが、室温でのナノ磁性金属の磁化の制御までここ数年で急激に進展した。講演は、深い物理と同時に応用の可能性を強く感じさせるものとなった。ポスター発表では本学の学生も発表を行い、世界の一流研究者に対して自分の研究内容を伝え議論することで、今後の研究を進めていくための良い示唆と大きな刺激が得られたものと思う。

ナノ・スピン実験施設　カンファレンスルームにて

米国電気電子学会主催
2014年マイクロ波磁気工学に関する国際会議

The IEEE International Conference on Microwave Magnetics 2014

開 催 日：平成26年6月29日（日曜日）～7月2日（水曜日）（4日間）
開催場所：仙台国際センター
参加人数：101名（うち外国人参加者人数52人）

ICMM 2014は6月29日（日）朝の東松島・松島方面への津波被災地バスツアから始まり、同日夕方仙台国際センターで歓迎レセプションが行われた。また、国際諮問委員会も同日夕方開催され、ICMM 2014の概説と、ICMM 2016の開催日と開催地の審議を行った。

翌6月30日(月)～7月2日(水)の3日間、ICMM 2014プログラム委員会によって選ばれたマイクロ波磁気工学に関連する科学技術への寄与の高い招待講演ならびに一般応募による講演が、シングルセッション方式で16セッションに分かれて行われた。なかでも、招待講演としては、3つのプレナリー講演（西オーストラリア大学（豪)のMikhail Kostylev教授による金属強磁性薄膜に関するスピンダイナミクス，カイザースラウテルン工科大学（独）のBurkard Hillebrands教授によるマグノニック，東京工業大学の阿部正紀名誉教授によるスピンスプレーフェライト）と、19の招待講演が行われた。今回実施したすべてのセッションにおいて、マイクロ磁気工学に関する最新動向や材料・物性・デバイス応用への展開について講演者と参加者との間で密度の濃い議論が行われた。

ICMM 2014の懇親会と受賞セッションは、7月1日(火)夕方、ホテルメトロポリタン仙台で行われた。ICMM 2014 運営委員長と東北大学工学研究科長金井浩教授の歓迎メッセージの後、マイクロ磁気工学に関する分野への長きにわたる貢献に対する名誉賞の授賞式、学生トラベルアワードの授賞式、学生ポスター発表優秀賞の授賞式が行われた。

ICMM 2014 を開催した期間中、初日（バスツアーの日）を除いて概ね天候に恵まれ、ICMM 2014 参加者は会議セッション、研究に関連する人的ネットワーク形成、広瀬川の景色を含む「杜の都」仙台の新緑の季節を楽しまれた。

ICMM 2014 は主にマイクロ波磁気工学を含む科学的な観点から、全体を通して成功裡に収めることができた。

RIEC International Symposium on Perception and Communication

開 催 日：平成 26 年 7 月 24 日（曜日）
開催場所：東北大学　電気通信研究所　ナノスピン実験施設
参加人数：３０名（うち外国人参加者人数５人）

視聴覚や体勢感覚などの人間の感覚・知覚およびヒューマンインターフェイスをテーマとした通研国際シンポジウムが，電気通信研究所ナノスピン棟カンファレンスルームにおいて開催された．海外からの５名の著名研究者による招待講演（Stuart Anstis, Brian Katz, Erin Goddard, Paul Milgram, Laurence Harris : 敬称略），通研の３研究室からの研究紹介，および 11 件のポスター発表が行われ，活発な質疑，意見交換が行われた．Anstis 教授は体調不良のため来日が叶わず，ビデオセッションによる講演となった．冒頭に，感覚・知覚のメカニズムの研究に関する一つの基本原理として「順応効果が確認できれば，何かがある（"If it adapts, it exists."）」という考え方が紹介された．古くて新しい視覚の諸問題に関して，順応を主体とした多数の錯視デモが紹介され，示唆に満ちた講演が行われた．Harris 教授は講演の冒頭に観客を壇上に招いたデモを行い，体勢感覚の器官が平衡状態からの逸脱を察知するようにできていることを示した．また，宇宙飛行士が姿勢を維持する際に視覚情報に依存する割合を調べると，宇宙空間に滞在している間は徐々に低下し，地球帰還後には割合が回復するなど，興味深い研究成果などが紹介された．

アジア・パシフィックマイクロ波会議 2014

2014 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2014)

開 催 日：平成２６年１１月４日（火）～７日（金）（４日間）
開催場所：仙台国際センター
参加人数：７６７名（うち外国人参加者人数３７９人）

アジア・パシフィックマイクロ波会議（Asia-Pacific Microwave Conference, APMC）は，アジア・太平洋地域におけるマイクロ波工学・技術の進展を目的に企画・開催されている国際的な学術会議である．APMC は，米国を中心とした IEEE MTT-S International Microwave Symposium，ヨーロッパ諸国を基盤とした European Microwave Conference と並んで，3 大マイクロ波会議に数えられ，アジア・太平洋地域でのマイクロ波工学の学術および技術交流の場を提供する世界的なマイクロ波会議となっている.第1回のAPMCは，インドのニューデリーで 1986 年に開催され，以後アジア・太平洋地域のいずれかの国において継続的に開催されている．このような継続的な国際会議開催の取り組みにより，アジア・太平洋地域のマイクロ波工学関連の研究者・技術者の交流が図られるとともに，それ以外の地域を含めた世界各地の研究者も参加するレベルの高い国際交流が実現できることとなり，高い学術的評価が得られている．日本での APMC は，1990 年の APMC‘90 がはじめての開催であった.APMC の日本開催を 4 年毎とすることが決まり,それ以降の 1994 年，1998 年，2002 年，2006 年および 2010 年には日本で開催され，いずれも大きな成功を収めてきた．これに引き続き 2014 年の今回も日本で開催となり，さらに東京圏以外での初の開催地として仙台が選ばれた.

APMC2014 は 11 月 4 日～7 日の 4 日間，仙台センターにおいて開催された．約 40 カ国から 800 人弱の研究者が参加し，524 件の論文発表が行われた．アジア・パシフィック地区初の IEEE マイルストーンに認定された八木・宇田アンテナの誕生の地であること，東日本大震災の被災を経て耐災害 ICT 研究拠点となっていることを鑑み，歴史と耐災害 ICT の 2 つの特別セッションを含む 65 のセッションが行われた．開会式では，基調講演として東北大学電気通信研究機構の安達教授に「Challenges Toward Spectrum-Energy Efficient Gigabit Wireless Networks」，特別講演として宇宙飛行士の山崎直子様に「Life in Space and Wireless Technology」と題してご講演をいただいた．会議期間中には，情報通信研究機構（NICT）の耐災害 ICT 研究センターおよび電気通信研究所の見学ツアーも組まれ 26 人もの参加があり盛況であった．さらに，学生を対象に「APMC Student Design Competition」なども行われ，多くの学生が参加し，技術交流が行えた.

APMC2014 の開催には，末松教授，亀田准教授はじめ多くの通研教員・学生が企画運営に携わるとともに，皆様から多くの支援を賜り，成功裏に開催することができた.

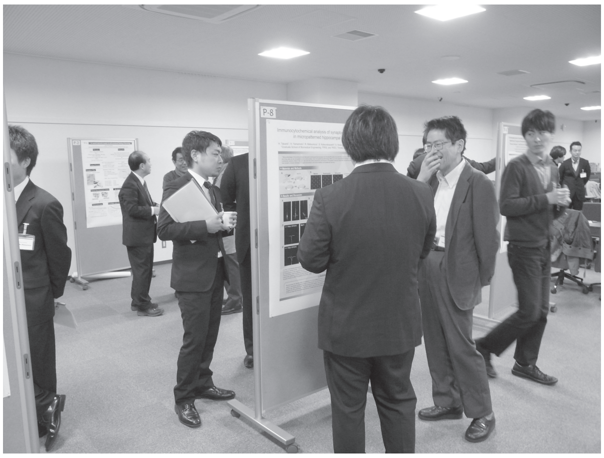
Nano-Integration Devices and Processing

第三回 脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウム

The 3nd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

開 催 日：平成 27 年 2 月 18 日（水曜日）～19 日（木曜日）（2 日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所
参加人数：59 名

本シンポジウムは、半導体工学、計算機工学、ロボット工学、数理工学、大脳生理学、神経科学、心理物理学、非線形物理学といった関連分野から広く研究者を集め、脳機能や脳型計算機に関する最近の成果・動向について、分野の垣根を超えて研究発表と議論を行うことを目的として企画・設立された。今回が三回目であり、平成２７年２月１８日、１９日の２日間に渡って開催された。アメリカ、スペイン、スウェーデンの３か国から４名の海外招待講演者を迎え、計１９件の口頭発表、１２件のポスター発表が行われた。今回も講演内容は、神経科学、培養神経回路、集積回路など多岐にわたるものであった。分野を超えて有意義な質疑応答が活発に行われ、学際的な国際交流の機会を提供する活気あふれるシンポジウムとなった。



第三回脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウムの様子

2015年脳型LSIに関する国際シンポジウム
2015 International Symposium on Brainware LSI

開　催　日：平成２７年３月２日、３日（月、火曜日）
開催場所：東北大学電気通信研究所　本館６Ｆ 大会議室
参加人数：４７名

平成２６年度概算要求において、東北大学 電気通信研究所が提案した「人間的判断の実現に向けた新概念脳型ＬＳＩ創出事業」が採択され、新規プロジェクトがスタート致しました。
本プロジェクトは、情報量の急速な増大に加え、デジタルデバイドが急増している現代社会の危機的状況を回避するために、ハードとソフトを一新し、人間的な判断機能を取り込んだ低消費電力で柔軟なハード・ソフト融合型集積回路「新概念脳型ＬＳＩ」の開発を目指すことを目的としております。
本プロジェクトの初年度の成果発表として、2015年脳型LSIに関する国際シンポジウムを開催致しました。本国際会議においては、脳型コンピューティングおよび半導体集積回路による実現に関連する国内並びに海外の研究者を招へいし、脳型ＬＳＩ実現に向けた様々な分野からの融合的アプローチの可能性について講演者との活発な議論がなされた。

第９回バイオ・医療・ナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウム 第６回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

開 催 日：平成２７年３月２日（月曜日）～４日（水曜日）（３日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所　ナノ・スピン実験施設
参加人数：１３６名

ナノ構造とその応用に関するセッションでは、ナノチューブやナノカーボンなどのナノ構造体について、その形成技術や構築した構造体の評価、太陽電池やガスセンサーなどへのデバイス応用についての講演が行われ、活発な討論が繰り広げられた。バイオメディカルセッションでは、微細加工技術のバイオ応用やメディカル応用に関する最新の研究成果が発表された。脂質二分子膜に包埋したチャネルタンパクを用いたセンサーや、固体基板上への細胞ネットワークの構築技術、超音波を用いたイメージング技術や新規ケミカルバイオロジー等、幅広い分野にまたがる発表がなされ、この分野の発展性と将来性を強く感じさせるセッションとなった。また、本シンポジウムではナノエレクトロニクスとバイオのような異分野の研究者間の交流も活発に行われた。このような異分野交流により、今後のブレークスルーが生み出されるものと期待される。

アメリカ、カナダ、ドイツ、イギリス、台湾、韓国、そして日本からの計２１件の招待講演が行われ、３日間ののべ参加人数は１３６名であった。この合同シンポジウムは次年度も開催予定である。

国際シンポジウム

RIEC International Symposium on Vision and Cognition

開 催 日：平成 27 年 3 月 20 日（金曜日）
開催場所：東北大学　電気通信研究所　大会議室
参加人数：４０名（うち外国人参加者人数７人）

視聴覚に基づく人間の認知活動に関する通研国際シンポジウムが，電気通信研究所本館大会議室において開催された．海外から 3 名の著名研究者による特別講演（Stuart Anstis, Patrick Cavanagh, Derek Arnold 各教授），関連分野で活発に研究する国内の研究者 6 名（所内 3 名を含む）による招待講演行われ，活発な質疑応答が交わされた．Ansitis 教授の講演は，運動視に関連する多種多様な錯視の紹介から，運動視メカニズムの明暗信号処理，時間変化検出との関連など低次の運動検出の特性，相対運動処理，大域運動処理などの運動信号統合の特性，運動による位置ずれ知覚など位置の知覚への運動信号の影響など運動視メカニズム全般にわたる最新の研究成果が報告され，認知機能の階層性を考える重要性を示すものであった。また，Cavanagh 教授によって，脳内の情報交換における表現（言語）に関して，視覚処理との関連で推測する挑戦的なアイデアが提案された。またそれを支持するために，視覚処理と言語ルールとの多くの共通点が示された。Arnold 教授の講演は，視聴覚複合感覚刺激においては，単一感覚と異なる評価が必要であることを確信度と感度の比較から示す興味深いものであった。その他の講演も含めて講演後の質疑は活発であり，終了後の懇親会にも議論は続いた。

６．２国際会議等の開催状況

第７回 SiGe テクノロジー&デバイス国際会議
7th Int. SiGe Technol. & Device Meeting

開 催 日：平成 26 年 6 月 2 日（月曜日）～4 日（水曜日）（3 日間）
開催場所：シンガポール
参加人数：130 名

本国際会議は，SiGe 系Ⅳ族半導体材料とその極限ヘテロ構造のプロセス技術やデバイス・回路技術に関して包括的に議論することを目的に，共同プロジェクト研究 H-14/A-01「Ⅳ族半導体極限ヘテロ構造形成とデバイス応用に関する研究」が中心となって企画・開催した国際会議であり，今回で第 7 回目の開催となった．本研究所からは室田淳一特任教授（プログラム委員）が参加した．基調講演 3 件と招待講演 20 件の他，一般口頭発表 31 件とポスター発表 39 件の計 93 件の発表が行われ，最新の研究動向の報告とともに活発で有意義な討論が交わされた．また，上記発表の多くが学術論文としてまとめられ，その論文集は学術論文誌 Solid-State Electronics (Vol.110, 2015) の特集号として出版済である。日本を含む世界の半導体産業の活性化のためにも，本会議の開催は重要な意味を持つものであり，次世代 Si 系ヘテロナノデバイス開発の道が開拓されると期待される．

第６回 ECS SiGe, Ge, 関連化合物：材料・プロセス・デバイス国際会議

6th ECS SiGe, Ge, & Related Compounds: Materials, Processing, and Devices Symp.
(Symp. P7, 226th Meeting of the Electrochem. Soc.)

開 催 日：平成 26 年 10 月 6 日（月曜日）～9 日（木曜日）（4 日間）
開催場所：Cancun, Mexico
参加人数：150 名

本国際会議は，SiGe と Ge に関連する材料・プロセス・デバイスに関して包括的に議論することを目的としており，今回は第 6 回目の開催である．本研究所からは組織委員として室田淳一特任教授（General Committee）と櫻庭政夫（Epitaxy Committee）が参加した．基調講演 2 件と招待講演 33 件の他，一般口頭講演 56 件，ポスター講演 9 件の計 100 件の発表が行われ，最新の SiGe と Ge と関連化合物に関する研究動向の報告とともに活発で有意義な討論が交わされた．また，上記発表の多くが学術論文としてまとめられ，その論文集は学術論文誌 ECS Transaction (Vol.64, No.6, 2014）の特集号として出版されている．今後，この分野の研究が推進されることにより，IV 族半導体極限ヘテロ構造の学問分野が大きく展開するであろう．

第８回新 IV 族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ＆日本学術振興会研究拠点形成事業ジョイントセミナー“高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成”

8th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar “Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration”

開 催 日：平成 27 年 1 月 29 日（木曜日）～30 日（金曜日）（2 日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所　ナノ・スピン実験施設
参加人数：53 名

本国際ワークショップは, 新Ⅳ族半導体材料のプロセス技術及びナノデバイスへの応用までの幅広い領域についての包括的な議論を目的に，本研究所の共同プロジェクト研究 H23／A04「高度歪異種原子層配列 IV 族半導体構造形成とナノデバイスへの応用に関する研究」のメンバーが中心となって企画した．本ナノ・スピン実験施設のナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創出事業、並びに、日本学術振興会研究拠点形成事業「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」（コーディネーター：室田淳一特任教授）の活動の一環でもあり，組織委員長兼プログラム委員長として室田淳一特任教授が，組織委員として佐藤茂雄教授と櫻庭政夫准教授が参加した．日本，ドイツ，スペインの各国拠点代表者らの発表を含む招待講演 5 件、一般講演 15 件、ポスター講演 10 件の総数 30 件の講演（内、東北大学通研の関係する発表 3 件）が行われ，活発な討論が行われた．世界の半導体産業の活性化のためにも，本国際ワークショップの開催は重要であり，今後，世界規模での研究連携のきっかけとなることにより, 本学問分野が大きく展開すると期待される．

第３回　情報通信とエネルギーの効率化に関する
スマートテクノロジの国際会議

The International Conference on Smart Technologies for Energy, Information and Communication 2014 (IC-STEIC2014)

開 催 日：平成２６年８月５日（火）～６日（水）（２日間）
開催場所：習志野市・津田沼
参加人数：３１名

本国際会議は、情報通信を活用したエネルギーの効率化、エネルギーの効率化を支える情報通信技術、ならびに、応用システムに関するスマートテクノロジの研究分野における研究成果の発表と議論を目的として企画・開催された国際会議である。電気通信研究所の木下哲男教授が General Chair、北形元准教授が Program Chair を務めた。論文発表は、18 件であり、国内外からの参加者は３１名であった。学術界および産業界からエネルギー管理システム、省電力化を支える無線センサネットワーク技術、エージェントシステムとその応用、インテリジェントシステム、マイクログリッド環境における電力需給制御など多岐に渡る発表が行われ、スマートテクノロジの研究開発の現状と今後について活発な議論が行われた。

IC-STEIC2014 会場の様子

IC-STEIC2014 参加者（一部）

第7回アジアにおけるコンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術に関する国際会議 SIGGRAPH Asia 2014

The 7th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia

開催場所：　中国・深圳コンベンション&エクシビションセンター
開催日：　2014年12月3日(水)〜6日(土)
Web：　http://sa2014.siggraph.org/

SIGGRAPHは，米国に拠点を置くACM（Association for Computing Machinery）の1つのSIG（Special Interest Group）で，コンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術に関する諸活動を行っている．そして，この分野で世界最大の国際会議としてSIGGRAPHを40年前より主催し，毎年夏に米国で開催して2万〜3万人の参加者を集めてきた．そのアジア版であるSIGGRAPH Asiaは，2008年に開始され，2008年シンガポール（参加者数 3389人, Exhibition出展社数 81社), 2009年横浜(同 6424人, 71社)，2010年ソウル（同 9238人，102社)，2011年香港（同 7734人, 122社）, 2012年シンガポール（同 4338人, 79社)，香港（同 6,078人，96社）と開催され，2014年は12月3日〜6日に香港で開催され，5,968人の参加者と45社の出展社数を集めた．

図1: Emerging Technologiesでのデモの様子

図2: Poster発表の様子

図3: Opening CeremonyとKeynoteの際の会場の様子

SIGGRAPHおよびSIGGRAPH Asiaでは, 主に技術系と芸術系のプログラムが並行して組まれ, いずれもこの分野で最大の規模と学術的権威を誇っている. 技術系プログラムには，Technical Papers, Emerging Technologies, Postersなど, 芸術系プログラムには，Art GalleryやComputer Animation Festivalなどがある. このうち，コンピュータグラフィックスの技術を主に担当するプログラムがTechnical Papersで，インタラクティブ技術を担うのが

Emerging Technologies である．Technical Papers は，コンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術の最新技術に関する論文の著者による口頭発表で，例年，約 400 件の投稿から厳正な査読（採択率 20%程度）を経て採択が決まる．Emerging Technologies は，最新のインタラクティブ技術に関するデモンストレーション展示で，例年，約 100 件の投稿から厳正な査読（採択率 20%程度）を経て採択が決まり，会議参加者はこれらを体験できるとともに，デモを行っている研究者とその場で直接議論もできる．

電気通信研究所の北村喜文教授は，Emerging Technologies のプログラムを複数年かけてより発展・充実させるために，Director という役割に就き，毎年任命される Chair と協力して運営にあたっている．2014 年の Emerging Technologies には，査読を経て採択された 14 件の研究成果が会期中の 3 日間にわたってデモンストレーション展示され，好評を博した．

図 4: SIGGRAPH Asia 2015 の説明をしている様子

図 5: Student Volunteers の皆さん

その他，Keynote では，毎年，コンピュータグラフィックスやインタラクティブ技術に関わる研究者，ゲームやエンタテインメントのクリエーションに関わる人，医療や建築，デザインなど様々な分野で活用して成果をあげられた人の中から著名な方々が招聘されているが，今回は 2 件の Kyenote があった．Digital Domain Founder の Scott Ross は，米国 Hollywood での豊富な経験から，Can Asia become Hollywood? と題して，アジアにおける映像メディア産業の発展について語った．同じく米国 Columbia University 教授の Steven Feiner は，自らが長く研究を続けてきた Augmented Reality (AR)やモバイルデバイスのユーザインタフェースの知見をもとに，From See-Through to Be-Through: AR and the Future of User Interfaces という題で講演した．その他，コンピュータグラフィックスやインタラクティブの技術的または芸術的ブレークスルーについて焦点を当てた Featured Session が 5 件組まれていた．

2015 年の第 8 回 SIGGRAPH Asia は 11 月 2〜5 日に日本の神戸で開催される予定で，電気通信研究所の北村喜文教授が Conference Chair を務めることになっている．

国際シンポジウムワイヤレスセンサネットワーク2014

International Symposium on Wireless Sensor Networks 2014

開催日：平成26年6月27日
開催場所：東北大学東京分室
参加人数：50名

シンポジウムの概要について

ワイヤレスセンサーネットワークの基本技術から、システムの開発までをテーマとしてWorcester Polytechnic Institute(WPI), CTIF - Aalborg Universityと共催し、6月27日に東北大学東京分室で開催した。本シンポジウムは種々の応用が可能な最も先進的な技術をワイヤレスセンサーネットワークの研究者、技術者に紹介する。参加者はメーカ、大学の無線研究、開発者等、約50名が参加した。

キーノートスピーカーのKaveh Pahlavan教授からは“From WLAN to WiFi Localization - Evolution of a Revolutionary Technology”と題し講演いただき、WLANの1980年代の聡明期からWLAN開発に携わってきた研究者の１人として現在のWLAN２至った経緯を紹介いただくと同時に、今後の展開について講演いただだいた。

一般講演は8人の方々に、国際標準化、デンマークでの取り組み、韓国での取り組み、及びシンガポールでの取り組みについて講演いただだいた。

国際標準化関連では、電力計のメータリングで日本にも導入が予定されているIEEE802.15.4gの応用・展開について京都大学原田教授から、TV White Spaceへの応用が期待されているIEEE802.22の標準化状況・課題等について新潟大学佐々木教授から、広域ワイヤレスセンサネットワークの本命と目されているIEEE802.15.4kをベースにした900 MHzシステムの開発・特性について東北大学から発表した。また、デンマークでの取り組みについてAalborg大学Mihovska准教授から通信リンク確立方法を中心に、韓国での取り組みについては、Yonsei大学Chun教授からメッシュネットワークのスループット改善法を中心に、シンガポールでの取り組みについては、Nanyang Technological大学のSeng教授から送受信機用デバイスを中心に講演いただだいた。

シンポジウムの最後は“How to Meet Market Demands on WSNs?”と題し、参加者と講演者間で活発に意見交換が行われた。大学で研究開発する課題がシステム実現のキーとなっていることの重要さが再認識された。

国際シンポジウム 大学の国際化2014
- いかにスキルのある学生・若手の技術者を育てるか -
International Symposium on University Globalization 2014
- How to Foster Skilled Students and Young Staff -

開催日：平成26年6月28日
開催場所：東北大学東京分室
参加人数：30名

シンポジウムの概要について

工科系大学のアウトカムとしていかにスキルのある学生および若手職員を育てるかをテーマに東北大学高等教育開発推進センター，IEEE Sendai Section，Worcester Polytechnic Institute (WPI)，CTIF - Aalborg University と共催した。本シンポジウムは約30名が参加しProject/problem based learning，industry-sponsored learning 等産学連携教育を積極的に進めている世界の大学から講演者を招待し、種々の環境下で、いかに目標を達成するかについて活発な議論が行われた。

キーノートスピーカーには元東工大学長(現文科省顧問)の木村　孟先生をお招きし“Imperial College of Engineering in Japan: 1873 - 1885 ”と題し講演いただいた。明治初期の日本にはImperial CollegeというPBLの日本版ともいうべき教育を実践していた大学があり、かつその卒業生は各界で、多いに活躍されていたとのお話があった。ただ、残念ながら、卒業生の多くが役人の道を選択するようになり、Imperial Collegeは創成から12年で東大工学部に吸収され消滅した。また、木村先生はJABEEの元日本会長としてJABEEの審査を受けたときのReviewerのコメントを、「日本の教育は原理を学ぶことに長けているが、エンジニアリングデザインの経験はほとんど無く、WA (Washington Accord)加盟の多くの国と異なる」と紹介された。

一般講演はPBL (Project based learning)を44年間実践しているWPIから、また大学の創立以来PBL (Problem based learning)を39年間実践しているAalborg Universityから、その実施形態 -One PBL project / term (10times / 5 years for Masters)、効果、課題等についてお話をいただいた。また、実践的な教育でスキルのある学生を輩出し国際的に評価の高いドイツからは、元Fraunhofer日本代表のGranrath氏からドイツにおける「長期インターンシップ」による学生のスキルアップについてお話をいただいた。さらに、シンガポールにおける学生のスキルアップについてSeng教授から、韓国におけるPBLの取り組み状況についてYonsei大学のChung教授から講演いただいた。日本からは、文科省ファンデングプロジェクト(enpit)を中心に関連3大学、九州大学福田教授、大阪大学井上教授、及び筑波大学田中教授から進行中の“分散型PBL”を中心にお話をただいた。また、金沢工大松石教授からは同校で取り組み中のPBLを中心にお話をいただいた。

シンポジウムの最後はパネルセッションで、参加者と講演者間で活発に意見交換が行われた。PBL は学生にスキルをつける素晴らしい方法ではあるが、そのための教員のスキルアップ、フエアな評価についてはさらなる改善が必要との意見が多くだされた。

国際セミナー IEEE標準化推進セミナー
IEEE Standardization Promotion Seminar

開催日：平成 26 年 12 月 18 日
開催場所：東北大学東京分室
参加人数：95 名

セミナーの概要について
本セミナーは、日本ではなじみの浅いIEEE標準化への日本企業のより積極的な参加を促すべく、日本の無線通信ビジネスをリードしている関連各機関のトップを対象に、東北大学通研共同プロジェクト(免許不要帯無線通信方式)とIEEESA(Standards Association)とが共催した。参加機関は通信キャリアの1社を除き、無線通信関連全ての大手メーカー、中堅メーカー、新規参入メーカー、TTC、ARIB、YRP、経団連等及び大学の50機関、68の異なる部門(同一機関を含む)と計画を上回る盛況であった。また参加者数は講演者７名、一般参加者80名、スタッフ8(内6名:東北大学電気通信研究所加藤研,2名:IEEE Japan Office)の総数95となり、会場の上限を超える盛況となった。
セミナーではIEEEの標準化が、国際的に無線通信ビジネスにどのように貢献してきたかをIEEE SAの現Presidentである、Bruce Kraemer氏がキーノートスピーチを、標準化の手順・プロセスをIEEE802.15.3c及び802.15.4k標準化の経験をベースに加藤教授が解説した。
また、標準化がビジネス成功をもたらした例として、米国のWLAN (802.11標準)の例をかつてBroadcom社にてWLANビジネスを立ち上げ,現在は起業家として、成功しているJason Trachewsky氏から, また台湾のWLAN (802.11標準)ビジネス立ち上げ・成功の例として,Inprocomm社を立ち上げ,現在はNational Taiwan University教授をしているProf K.C. Chenにお話いただいた。さらに日本における成功例として、スマートメータ(802.15.4g標準)の例についてパナソニック社の森健一氏からお話をいただいた。
パネルセッションのパネリストには講演者全員に加え、高橋和晃氏(パナソニック)及び、ミリ波のTransfer Jetへの応用を中心に活動している清水雅史氏(NTT)に参加いただき、どのようにすればビジネスとIEEE標準化をリンクし、国際的に売れる製品開発につなげられるかについて活発な議論がされた。
以上、“IEEE Standardization Promotion Seminar”は計画以上の成功裡に終了した。今後の日本企業の IEEE 標準化での奮起が期待される。

6．3　工学研究会

東北大学電気通信研究所、東北大学大学院工学研究科と情報科学研究科および関係ある学内外の研究者、技術者が交互に連絡・協力し合うことによって、学問的・技術的問題を解決し、研究開発を促進することを目的として工学研究会が設置されている。そのため、専門の分野に応じて次のような分科会を設けて、学術的および技術的な諸問題について発表・討論を行っている。発表された研究の一部は東北大学電気通信談話記録に抄録されている。

	研　究　会　名	主　　査	幹　　事
1	伝送工学研究会	陳　強　教授	今野 佳祐 助教
2	音響工学研究会	伊藤 彰則 教授	坂本 修一 准教授 能勢　隆　講師
3	仙台“プラズマフォーラム”	安藤　晃 教授	金子 俊郎 教授
4	ＥＭＣ仙台ゼミナール	曽根 秀昭 教授	山口 正洋 教授
5	コンピュータサイエンス研究会	篠原　歩 教授	住井英二郎 准教授
6	システム制御研究会	吉澤　誠　教授	杉田 典大 准教授
7	情報バイオトロニクス研究会	吉信 達夫 教授	平野 愛弓 准教授
8	スピニクス研究会	松木 英敏 教授	角田 匡清 准教授 室賀　翔　助教
9	ニューパラダイムコンピューティング研究会	羽生 貴弘 教授	本間 尚文 准教授
10	超音波エレクトロニクス研究会	梅村晋一郎教授	吉澤　晋　准教授
11	ブレインウェア工学研究会	石黒 章夫 教授	加納 剛史 助教
12	情報・数物研究会	田中 和之 教授	和泉 勇治 准教授
13	生体・生命工学研究会	塩入 諭 教授	大林 武 准教授
14	ナノ・スピン工学研究会	佐藤 茂雄 教授	庭野 道夫 教授
15	先進的情報通信工学研究会	木下 哲男 教授	北形 元 准教授

伝送工学研究会

主査　陳　強，　幹事　佐藤　弘康

伝送工学研究会は本学で最も長い歴史をもつ研究会であり，これまでの開催回数は５６０回を超える。本研究会は，電波や光波などの電磁波を用いた有線・無線伝送に関する基礎・応用研究の成果の発表と討論を目的としている。本年度も電磁波の放射・伝播・伝送およびそれらに関連するデバイスや方式などの招待講演と研究報告を行ってきた。本年度は９回の研究会が開催され，特別講演が１件，チュートリアル講演が４件，一般講演が４０件行なわれた。最新の研究動向と成果が発表され，活発な議論が行われた。

第562回
日時： 2014 年5月 27 日（火） 15:00～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【チュートリアル講演】
講演題目：「中空光ファイバとその医療応用」
講演者：　松浦祐司（東北大学大学院医工学研究科 ）

【一般講演】
562-1.　ガラーキンモーメント法における任意配置屈曲矩形ダイポール間インピーダンスの単積分表現式
○吉川幸広 , 陳強（東北大学大学院工学研究科）

562-2. Ultra-Wideband Scattering Performance of Log-periodic Dipole Antenna
○横川佳 , 今野佳祐 , 陳強（東北大学大学院工学研究科）

562-3.　レーザ誘起ブレークダウン分光法による歯牙の初期う蝕検出の試み
○笹澤周平 1，片桐崇史 2，松浦祐司 1,2(1 東北大学大学院医工学研究科 , 2 東北大学大学院工学研究科)

562-4.　ArF 液浸リソグラフィを用いて300 mm SOI基板上に作製したSi細線導波路の屈折率ばらつき
○相馬宗厳1, 北智洋1, 外山宗博 1,2, 関三好2, 横山信幸2, 大塚実2, 山田博仁 1(1 東北大学大学院工学研究科, 2産業技術総合研究所 (AIST))

参加人数：４５人

第563回
日時： 2014 年6月 24 日（火） 15:00～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【一般講演】
563-1.　Time-Domain Selected Mapping Technique for Single-Carrier Transmission using Joint Tx/Rx MMSE-FDE
○Amnart Boonkajay and Fumiyuki Adachi（Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University）

563-2.　Impact of Channel Estimation Error on Analog SC-FDE using Joint Space-Time Transmit Diversity and Receive Antenna Diversity
○ Thanh Hai Vo, Shinya Kumagai, and Fumiyuki Adachi （Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University）

563-3.　プリントダイポールアンテナのモーメント法解析
○吉川幸広 , 澤谷邦男 , 陳強 (東北大学大学院工学研究科)

563-4.　スイッチ装荷型無給電素子を用いた近傍界無線電力伝送システムの評価
○大尻勇気 1，陳強 1，袁巧微 2 (1 東北大学大学院工学研究科,2 仙台高等専門学校)

参加人数：４６人

第 564 回
日時： 2014 年 7 月 22 日（火） 15:00～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【チュートリアル講演】
講演題目：「電磁波工学分野の研究課題と展望」
講演者：　陳　強（東北大学大学院工学研究科)

【一般講演】
564-1.　低レベルレーザ照射時の経穴インピーダンス挙動測定システムの開発
○横山梨香 (東北大学工学部), 松浦祐司 (東北大学大学院医工学研究科)

564-2.　複数のチャネル群による干渉測定型チャネル棲み分けに基づく動的チャネル配置法に関する一検討
○天間克宏 , 安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

564-3.　時空間ブロック符号化協調 AF リレーのための循環遅延パイロットチャネル推定法に関する一検討
○遠藤　力 , 宮崎　寛之 , 安達　文幸 (東北大学大学院工学研究科)

564-4.　携帯電話基地局用 4 周波共用アレーアンテナの設計
○伊藤和也 1，陳強 1，井上真豪 2 (1 東北大学大学院工学研究科， 2 日立国際八木ソリューションズ (株) 製品設計本部)

564-5.　ディスク型光共振器を用いたボルテックスビームの発生
○高橋健人，大寺康夫，山田博仁 (東北大学大学院工学研究科)

参加人数：４２人

第565回
日時： 2014 年 9 月 30 日（火） 15:00～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【チュートリアル講演】
講演題目：「スペクトル及びエネルギー利用効率に優れた次世代無線ネットワークの実現に向けた挑戦」
講演者：　安達文幸（東北大学大学院工学研究科 ）

【一般講演】
565-1.　DS-CDMA を用いる分散アンテナネットワークへの適応アンテナ毎
干渉キャンセラの導入効果
○井下翔平，宮崎寛之，安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

565-2.　下りリンク MC-CDMA 分散アンテナネットワークにおける
送信タイミング制御を用いたアンテナダイバーシチ
○盛　夢都，井下翔平，宮崎寛之，安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

565-3.　中空光ファイバガスセルを用いた赤外吸収分光システムによる
高感度ガス検出
○鈴木響 1，片桐崇史 2，松浦祐司 1,2(1 東北大学大学院医工学研究科， 2 東北大学大学院工学研究科)

565-4.　負荷変調を用いた MIMO アンテナ複素指向性推定法の実験的精度評価
○齋藤公利 1，本間尚樹 2，陳強 1(1 東北大学大学院工学研究科， 2 岩手大学工学部)

参加人数：４１人

第566回
日時： 2014 年 10 月 28 日（火） 15:00～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【一般講演】
566-1.　シングルキャリア空間・周波数ブロック符号化ダイバーシチに適した周波数領域等化
○宮崎寛之，安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

566-2.　周波数選択性フェージングチャネルにおける ASK 被変調信号のSSB伝送
○阿保航平，ヴォタンハイ，アムナートブンカジャイ，安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

566-3.　栄養導入カテーテルの挿入位置確認のための光ガイドシステム
○岡田祐太郎 1，宗形光敏 2，松浦祐司 1(1 東北大学大学院医工学研究科， 2 東北大学医学系研究科)

566-4.　Miniaturized Frequency Selective Surface Based on Bionic Principle
○ Tao Hong1,2, Qiang Chen2(1 Xidian University, 2 Tohoku University)

566-5.　Estimation of Equivalent Source of Modulated EM Radiation
○ Bunka Nishina, Qiang Chen(Graduate School of Engineering, Tohoku University)

566-6.　共鳴導波型光ファイバの放射特性及びその応用
○広瀬遥，大寺康夫，山田博仁 (東北大学大学院工学研究科)

参加人数：３８人

第567回
日時： 2014 年 11 月 25 日（火）　15:00 ～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【一般講演】
567-1.　時間領域送信等化 THP を用いるシングルキャリア MU-MIMO への摂動ベクトル探索の適用効果
○吉岡翔平，熊谷慎也，安達文幸 (東北大学大学院工学研究科)

567-2.　マッシュルーム型リフレクトアレー素子の散乱特性の数値シミュレーション
○伊東大貴，今野佳祐，陳強 (東北大学大学院工学研究科)

567-3.　対数周期ダイポールアレーの散乱特性に関する研究
○横川佳，今野佳祐，陳強 (東北大学大学院工学研究科)

参加人数：４５人

第568回
日時： 2014 年 12 月 16 日（火）　15:00 ～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【チュートリアル講演】

講演題目：「環境に優しく災害に強い社会を目指す独立電源システムとMicro Grid電力網」
講演者： 山田博仁 （東北大学 電気通信研究機構）

【一般講演】
568-1. 時間分割チャネルを用いるヘテロジニアスネットワークにおける
干渉測定型チャネル棲み分けに関する検討
○菅井廉，天間克宏， Abolfazl Mehbodniya，安達文幸（東北大学大学院工学研究科）

568-2. 分光技術を用いた桃の糖度の可視化の試み
○三橋将礼，大寺康夫，山田博仁（東北大学大学院工学研究科）

568-3. 無給電素子を利用した近傍界による無線電力伝送効率の改善
○大尻勇気１， 陳強１，袁巧微 2(1 東北大学大学院工学研究科， 2 仙台高等専門学校）

568-4. 独立電源システムの最適設計に関する研究
澤田延幸 1，山田博仁 1,2(1 東北大学大学院工学研究科 , 2 東北大学電気通信研究機構）

568-5. Parametric Study of Planar Waveguide Sheet Used in Smart-Shelf System
○ Kuan-hua Chen1, Qiang Chen1, Kunio Sawaya2, Machiko Oouchida3, and Yoshiaki Hirano3 (1 Graduate School of Engineering, Tohoku University, 2 New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University, 3 Teijin Limited)

参加人数：４７人

第 569 回
日時： 2015 年 1 月 27 日（火） 15:00 〜
会場：工学部電子情報システム・応物系 ４５１・４５３会議室

【一般講演】
569-1. Frequency Dependence of Radiation Efficiency of Antennas inside Human Body
○ Yang Li,Yiwen Zhu, Qiang Chen (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

569-2. 医療応用のためのレーザ誘起衝撃波の発生とその高圧力化
○高橋恭平１，片桐崇史１，松浦祐司２(1 東北大学大学院工学研究科,2 東北大学大学院医工学研究科）

569-3.　ファイバ型光音響イメージングシステムの高解像度化
○関淳１，片桐崇史２，松浦祐司１(1 東北大学大学院医工学研究科，２東北大学大学院工学研究科)

569-4. Handover Algorithm for Heterogeneous Network with Base Station ON/OFF Switching
○Rintaro Yoneya,　Abolfazl Mehbodniya, Fumiyuki Adachi　(Graduate School of Engineering, Tohoku University)

569-5. On PAPR Mitigation of OFDM Using Cyclically Shifted PTS with Reduced Search Complexity
○ Luis Abanto-Leon, Amnart Boonkajay, Shohei Yoshioka, Fumiyuki Adachi (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

参加人数：４５人

第 570 回
日時： 2015 年 2 月 24 日（火）　15:00 ～
会場：工学部電子情報システム・応物系　４５１・４５３会議室

【特別講演】 15:00 ～ 16:00
講演題目：「 Introduction of potential technologies for 5th generation mobile networks 」
講演者：　Prof. Dr. Yang-Han Lee (Tamkang University, Taiwan, Republic of China)
【一般講演】 16:00 ～
570-1.　AP Grouping and Channel Selection Algorithm for AP Cooperative Diversity in a Wireless Network Using IACS-DCA
○ Martin T.H. Sirait, Katsuhiro Temma, and Fumiyuki Adachi (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

570-2.　不均一グレーティングを用いた垂直結合型光入出力素子の検討
○田之岡宙、山田博仁 (東北大学大学院工学研究科)

570-3.　Narrow-Spectral-Linewidth Silicon Photonic Wavelength-Tunable Laser with Highly Asymmetric Mach-Zehnder Interferometer
○ Rui Tang, Tomohiro Kita, and Hirohito Yamada (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

570-4.　携帯電話基地局用多周波共用広帯域テーパスロットアンテナの実験的検討
○大坂久登１，伊藤和也２，陳強 1,2 (1 東北大学工学部，２東北大学大学院工学研究科)

参加人数：３４人

音 響 工 学 研 究 会

主査　伊藤彰則，幹事　坂本修一，能勢隆

音響工学研究会は，音波，固体振動，超音波などの弾性波を対象とする研究の成果を発表し，討論や意見交換をする場として，1950 年頃に発足した研究会である。関連する分野は，電気音響，聴覚・心理音響，建築音響，騒音制御，ディジタル補聴器，音声分析・合成，音声認識・理解，音環境工学など，多岐にわたっている。2014 年度は，主査伊藤彰則教授，幹事坂本修一准教授，能勢隆講師のもとで，研究会 3 回（第 365 回，第 366 回，第 367 回）と通研講演会 1 回が開催された。会場は，第 365 回が電気通信研究所 2 号館大会議室，第 366 回，第 367 回が東北大学工学部電子情報システム・応物系 103 会議室で行われた。なお，第 365 回は電子情報通信学会 HIP 研究会，日本認知心理学会感性学研究部会，日本光学会視覚研究グループ，日本心理学会「注意と認知」研究会との共催で，第 366 回は超音波エレクトロニクス研究会，IEEE SPS Sendai Chapter と共催で，第 367 回は電子情報通信学会 EMM 研究会と共催で開催された。第 365 回は 2014 年 12 月 1 日（月），2 日（火）に開催され，招待講演 1 件を含む研究発表 14 件，参加者は延べ 75 名であった。第 366 回は 2014 年 12 月 26 日（金）に開催され，招待講演 1 件を含む研究発表 5 件，参加者は 51 名であった。第 367 回は 2015 年 1 月 28 日（水），29 日（木）に開催され，招待講演 1 件を含む研究発表 12 件，参加者は延べ 60 名であった。通研講演会は，2015 年 2 月 19 日（木）に橘誠氏（ヤマハ株式会社）による「歌声合成技術の最新動向とその応用」という題で開催され，参加者は 49 名であった。

仙台“プラズマフォーラム”

主査　安藤　晃，　幹事　金子　俊郎

本研究会は，低温プラズマから高温核融合プラズマといった広範なパラメータ領域にわたるプラズマ現象の基礎と新規物質創製や材料表面の改質，電気推進機などの応用に関連する最新の研究成果に関して，特別講演及び特別企画を開催するとともに，活発な研究討論と研究発表を行うことを目的としている。

平成26年度の活動として，学部学生を中心とする既刊論文に基づいたプラズマ基礎およびプラズマ応用，計測に関する「研究討論会」を４回開催。大学院生による大気圧・水中放電プラズマを用いた環境応用や微粒子生成・制御，ナノスケールプラズマ源の開発，低温プラズマによるカーボン材料の創製・構造制御，核融合プラズマ加熱のための高周波水素負イオン源開発，ラバール磁気ノズルを用いた大電力電気推進機に関わる基礎研究に関する研究発表会を２回開催。国内，国外研究者によるプラズマ閉じ込めと核融合，プラズマ推進機開発，非平衡プラズマ中の不安定性，フラーレン・グラフェン・カーボンナノチューブ，ナノ材料の創製と評価，宇宙プラズマ，プラズマ流の基礎と応用に関する「研究発表」を５回開催した。多様な展開を見せるプラズマの応用技術とそれを支える基礎研究に関し，最新の研究成果を持ち寄り討論することで情報交換を行うことができた。以上の研究会参加者は，学内外合わせて常時50名前後であった。

ＥＭＣ仙台ゼミナール

主査　曽根　秀昭，　幹事　山口　正洋

ＥＭＣ（環境電磁工学）は，電磁ノイズと信号の電磁干渉（ＥＭＩ）や電磁界の生体効果などの電磁環境問題を扱う分野であり，電気・情報工学分野の研究者と技術者は関わらざるを得ない。この問題が我が国で知られるようになって間もない 1977 年２月に，ＥＭＣにいかに取組むべきかを調査し，学問として体系化する目的で，「ＥＭＣ仙台ゼミナール」が発足した。この活動は，誰もやらない研究と取り組む東北大学の学風によるものであり，ここで討論された先進的な研究は，我が国や世界のＥＭＣ研究の方向を示し牽引力の役割を果たしており，独創的研究成果をこの研究会から世に送り出してきた。 2001 年にIEEE EMC Society 仙台Chapterが設立され，連携して活動している。

平成 26 年度は， EMC 仙台Chapterが他地区における国際会議や研究報告会等を開催したこともあって，本研究会の開催は１回になり第198回（２月 24 日）に情報通信研究機構電磁波計測研究所の石上忍氏による通研講演会「省エネルギー機器からの電磁波による電磁雑音障害の原因と測定」の講演と学生による３件の研究発表があった。

コンピュータサイエンス研究会

主査　篠原　歩，　幹事　住井　英二郎

コンピュータサイエンス研究会は、国内外で活躍する研究者を講師に招き、コンピュータサイエンスにおける最新の研究成果、話題について講演会を開催し、通研および電気・情報系に所属する研究室間の学問の交流を図ることを目的としている。2014 年度は第 169 回講演会から第 171 回講演会まで 3 回の講演会を開催した。二木厚吉氏（北陸先端科学技術大学院大学）は「 Generate & Check Method for Verifying Transition Systems in CafeOBJ」というタイトルで講演を行った（7 月 9 日）。Oleg Kiselyov 氏（筑波大学）は「 Lightweight Static Guarantees: eliminating array bound checking without dependent types (joint work with Chung-chieh Shan)」というタイトルで講演を行った（ 7 月 18 日）。Jeremy Gibbons 氏 (University of Oxford) は、「 Folding Domain-Specific Languages: Deep and Shallow Embeddings (joint work with Nicolas Wu)」というタイトルで講演を行った（ 2 月 23 日）。また、第 35 回 NUE セミナーを共催し、 Aart Middeldorp 氏 (University of Innsbruck) が、「 Conditional Complexity 」というタイトルで講演を行った（ 2 月 18 日）。本研究会は、以上のように第一線で活躍する研究者による最新の研究成果の講演をもとに、活発な討論と意見交換がなされ、有意義な学問交流の場を提供した。

システム制御研究会

主査　吉澤　誠，　幹事　杉田　典大

本研究会は，システム制御における，理論から応用にわたる広範な最新の研究動向について討議することを目的としている。本年度の活動は以下のとおりである。

（通研講演会）株式会社EVIジャパン代表取締役　本村　禎氏（演題：エバハート LVAS 世界展開：米国進出篇）

情報バイオトロニクス研究会

主査　吉信　達夫、幹事　平野　愛弓

ナノ・バイオエレクトロニクスは重要な科学技術分野の一つであるが，その技術革新のためには，電子工学技術と多様な機能をもつ生命科学反応系との融合が必要不可欠である．しかし，半導体素子と生体分子とのインターフェイスの設計においては，生体分子の活性保持等，解決すべき課題も多い．本研究会では，電子工学や半導体工学の研究者と，表面科学，生理学，バイオマテリアル工学，医工学の様々な分野の研究者達が協力して，ナノ・バイオエレクトロニクスの今後の戦略目標を討論することを目的としている．本年度は，情報バイオトロニクス研究会共催の国際シンポジウムを２回開催した．

The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer
平成27年2月18－19日開催 T. DeMarse (Univ. Florida, USA), T. Netoff (Univ. Minnesota, USA), P. Herman (Royal Inst. Tech., Sweden), J. Madrenas (Tech. Univ. Catalunya, Spain), I. Suzuki (Tohoku Inst. Tech.), S. Kubota (Yamagata Univ.), T. Yagi (Osaka Univ.), R.D. Pinzon-Morales (Chubu Univ.), Y. Hayakawa (Tohoku Univ.) , H. Kamiya (Hokkaido Univ.) 他

The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics
平成27年3月2-4日開催 P. Schmuki (Univ. Erlangen, Germany), M. de Planque (Univ. Southampton, UK), H. Iwata (Kyoto Univ.), Y. Mizugaki (The Univ. of Electro-Communications), T. Ogino (Yokohama National Univ.), K. Morigaki (Kobe Univ.), T. Ide (Riken, Okayama Univ.), R. Tero (Toyohashi Univ. Tech.), F. Hirose (Yamagata Univ.), Y. Kimura (Tokyo Univ. Tech.)他

スピニクス研究会

主査　松木英敏，　幹事　角田匡清、室賀　翔

スピニクス研究会は、微細磁気物性に基づくさらなる磁気工学の発展を目指し、磁気現象の起源である電子スピンを意識した新しい学問分野（スピニクス）に携わる研究者間の情報交換と討論の場として1990年に発足した。本会では例年、最新の話題に関する依頼公演を主とした一般研究会と、萌芽的研究に関する討議を主とした特別研究会を企画している。本年度は主催研究会を計4回開催した。

平成26年6月13日には、IEEE Magnetics Societyの2014年Distinguished LecturerであるJonathan Coker博士（HGST, a Western Digital Company）ならびにHans-Benjiamin Braun教授（University College Dublin）による最先端磁気記録の動向と物理に関する講演会を開催した。11月13日、14日には、山形大学工学部にて特別研究会を開催した。全25件の講演がなされ、東北地区の磁気に関わる研究者を中心とした参加者のべ72名による活発な研究討論が行われた。12月12日には、永沼博助教（東北大学）、介川裕章博士（物質材料研究機構）、柳原英人准教授（筑波大学）、浅野秀文教授（名古屋大学）、佐橋政司教授（東北大学）を招き、最先端スピントロニクスと酸化物薄膜と題して講演会を開催した。マルチフェロイック材料、スピネル・ペロブスカイト酸化物などスピントロニクスを支える薄膜材料に関する講演が行われた。平成27年3月19日には、薮上信教授（東北学院大学）、藤原耕輔氏（東北大学）、小林哲生教授（京都大学）を招き、生体磁気計測用超高感度磁気センサの開発と応用と題して講演会を開催した。人間の脳や心臓などから発せられる微弱な磁界の計測を目的として、SQUIDのような冷却装置を必要としない超高感度磁気センサの開発とその応用分野である医用イメージングの最前線に関する講演が行われた。

本年度の運営は、主査：松木英敏教授（電気エネルギー）、幹事：角田匡清准教授（電子）、室賀翔助教（電気エネルギー）、企画幹事：枦修一郎准教授（通研）、岡本聡准教授（多元研）、Simon Greaves准教授（通研）、中村健二准教授（電気エネルギー）、野崎友大助教（電子）で行った。

ニューパラダイムコンピューティング(NPC)研究会

主査　羽生 貴弘，幹事　本間 尚文

本研究会は，従来の延長上にない新しいパラダイムに基づくコンピューティングシステムに関する研究を推進することを目的としており，平成 26 年度は以下の 5 回を開催した。

第 89 回　平成 26 年 6 月 25 日（水）山梨大学甲府キャンパス 情報メディア館
　研究発表 3 件

第 90 回　平成 26 年 10 月 25 日（土）東京・八重洲カンファレンスセンター
　研究発表 2 件

第 91 回　平成 26 年 10 月 31 日（金）電気通信研究所 ナノスピン総合研究棟 4F
　研究発表 7 件

第 92 回　平成 27 年 1 月 17 日（土）東京・TKP 東京駅八重洲カンファレンスセンター
　研究発表 2 件

第 93 回　平成 27 年 2 月 5 日（木）情報知能システム総合学科　通研講演会
　　演題 :「低消費電力テラヘルツ CMOS 無線通信」
　講演者 : 藤島実（広島大学）

超音波エレクトロニクス研究会

主査　梅村　晋一郎，　幹事　吉澤　晋

目的：超音波計測，音波物性，超音波デバイスとその応用，医用超音波に関する研究発表・討論を行う．

第75回
日時：平成26年11月27日（木）　13:30 ～ 17:10
会場：東北大学工学部　電子情報システム・応物系 451 ・ 453 会議室

演題：
1. “悪性黒色腫の超音波顕微鏡所見”
 堀江みき[1]，長岡亮[1]，小林和人[2]，山崎研志[3]，西條芳文[1]
 (1 東北大学大学院医工学研究科，2 本多電子株式会社研究部，
 3 東北大学大学院医学系研究科皮膚科学分野)
2. “超音波ドプラ法に基づいた血流ベクトル推定法で生じる誤差に関する検討”
 大森愛子[1]，中島博行[1]，小林和人[2]，西條芳文[1]
 (1 東北大学大学院医工学研究科，2 本田電子株式会社研究部)
3. “高周波数超音波アニュラアレイトランスデューサによる画像評価”
 多田玲[1]，長岡亮[1]，小林和人[2]，西條芳文[1]
 (1 東北大学大学院医工学研究科，2 本田電子株式会社研究部)
4. “光音響顕微鏡による金属ナノ粒子の可視化に関する基礎検討”
 山﨑玲奈[1]，羽鳥弘毅[2]，西條芳文[1]
 (1 東北大学大学院医工学研究科，2 東北大学大学院歯学研究科)
5. “光位相コントラスト法による高強度集束超音波における圧力分布の定量測定”
 モハマドシャヒド[1]，大山誠司[1]，安田惇[1]，吉澤晋[1,2]，梅村晋一郎[2,1]
 (1 東北大学大学院工学研究科，2 東北大学大学院医工学研究科)

第76回
日時：平成25年12月26日（木）　13:00 ～ 16:35
会場：東北大学工学部　電子情報システム・応物系 103会議室

演題：
1. “キャビテーション気泡発生領域近傍および準遠方における超音波加熱増強効果の解析”
 宮下拓也[1]，安田惇[1]，田口渓[2]，吉澤晋[1]，梅村晋一郎[2]
 (1 東北大学大学院工学研究科，2 東北大学大学院医工学研究科)

2. “キャビテーション気泡の生成維持特性を考慮した焦点位置補正による加熱凝固領域の効率化と精度向上に関する研究”
   後藤功太[1]，高木亮[2]，宮下拓也[1]，神保勇人[1]，吉澤晋[1]，梅村晋一郎[2]
   (1 東北大学大学院工学研究科，2 東北大学大学院医工学研究科)
3. “ユーザプロファイリング対話システムにおける対話意欲自動推定に関する検討”
   千葉祐弥，能勢隆，伊藤彰則 (東北大学大学院工学研究科)
4. “自己組織化マップによるベクトル量子化とビットエラー耐性について”
   伊藤彰則 (東北大学大学院工学研究科)
5. “感動評価語を用いた音響システムの品質評価”
   大出訓史（日本放送協会　放送技術研究所）

以上

ブレインウェア工学研究会

主査　石黒　章夫、幹事　加納　剛史

本研究会は生物の脳が情報処理に対して示す高度で広範囲な機能を可能な部分について人工的に集積回路として構成して、現在の電子計算機による情報処理の欠点を補い得るシステムの構築を実現するため、各方面の英知を集め議論することを目的として設立された。その対象となる機能は分散記憶、連想記憶処理、学習による機能の自律修正、最適値問題に於ける計算量の爆発の抑制、時系列情報の認識判断などであり、これらの機能をゲートレベルからの並列処理により実現することを目指した集積回路の構成を追究している。

本年度は第一回を平成 26 年 7 月 25 日、第二回を平成 26 年 10 月 31 日、第三回を平成 26 年 12 月 3 日にそれぞれ開催した。各講演のタイトルと講演者は以下の通りである。第一回：「離散制限付きボルツマンマシンによるディープラーニングの高速化」品川政太朗（東北大）、「確率的演算システムとその脳型情報処理への展望」鬼沢　直哉　（東北大）、「クモヒトデのロコモーションから探る故障に強い人工物の設計論」加納　剛史（東北大）、第二回：（紙面の都合上省略 ）、第三回：「ビッグデータ時代のリコンフィギュラブルハードウェア技術」本村　真人（北海道大学）、「ニューロ様断熱量子計算を利用した量子コンピュータの実現に向けて」金城　光永（琉球大学）、「Undulatory Locomotion の数理モデリングとロボットへの応用　- ヒラムシとヘビを例として -」風間　俊哉（統計数理研究所）。以上の講演を通じて、脳の情報処理を人工的に実現することを目指した今後の応用等について活発な討論がなされた。

情報・数物研究会

主査　田中和之、　幹事　和泉勇治

情報・数物研究会は、確率的情報処理・統計的学習理論・情報通信理論とその情報統計力学的アプローチに関して、広く学内外で活躍している研究者を講師として招き、最近の研究成果や話題についての講演会を開催し、学問の交流を図ることを目的としている。本年度は、計５回の講演会を開催した。講師（敬称略）および講演題目は次の通りである：安田宗樹氏（山形大学大学院理工学研究科）“マルコフ確率場の空間的情報を用いたモンテカルロ積分法”、中山英久氏（東北工業大学）“非線形ＳＶＭのバイアス項に関する考察～実装との関係～”、井上純一氏（北海道大学大学院情報科学研究科）“圧縮センシングの絶対零度ダイナミックス”、瀧澤重志氏（大阪市立大学大学院工学研究科）“避難計画を中心とした防災対策の数理モデル化”、桑谷立氏（東北大学大学院環境科学研究科）“マルコフ確率場モデルの地球科学への応用”。

生体・生命工学研究会

主査　塩入　諭、幹事　大林　武

本研究会は生体工学・生命工学の最新の研究成果に関して特別講演を開催するとともに活発な研究発表と討論を行うことを目的として平成１２年９月に発足した．以下に平成２６年度の活動概要を示す．

第 29 回は平成 26 年 12 月 18 日（木）に１６：００から１７：００まで工学部電気情報応物系・南講義棟103講義室にて開催され，株式会社ドワンゴ　ドワンゴ人工知能研究所　所長の山川　宏先生の「汎用人工知能の実現アプローチとしての全脳アーキテクチャ」と題する特別講演が行われた．同日の１４：３０から１５：３０まで４件の一般講演があった．参加者は３９名であった．今回も広範な分野からの参加者があり，活発な討論がなされた．

ナノ・スピン工学研究会

主査　佐藤　茂雄，　幹事　庭野　道夫

２１世紀に求められる高度な情報通信の実現には、ナノテクノロジーに基づく材料デバイス技術からシステム構築までの総合科学が必要である。「ナノ・スピン実験施設」は、この情報通信を支える総合科学技術の中の、ナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピンを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究を総合的・集中的に推進することを目的に、本研究所附属研究施設として平成１６年４月１日に設置された。本研究会は、この施設を中心に展開して得られた成果にもとづき、広くナノエレクトロニクス・スピントロニクスに関連した科学技術に関して十分議論することを目的としている。平成２６年度は以下のように計６回の研究会を実施した。

第71回　平成26年5月15日　14:00 – 17:00
"Introduction to numerical methods for the solution of Maxwell's equations"
Igor Semenikhin (Institute of Physics and Technology, RAS, Russia)
"Some approaches to the solution of equations of mathematical physics"
Dmitry Svintsov,(Institute of Physics and Technology, RAS, Russia)

第72回　平成26年7月30日　15:00 – 17:00
"Plasma wave transistor for terahertz imaging"
Yahya M. Meziani (University at Salamanca, Spain)

第73回　平成26年10月10日　13:00 – 15:00
" Spin torque and spin Hall effect nano-oscillators"
Johan Åkerman (KTH, Sweden)

第74回　平成26年12月22日　13:05 – 17:25, 12月23日　09:30 – 15:25
「テラヘルツ無線の最近の進展」
〇ソン ホジン・田島卓郎・矢板　信 (NTT)
「トンネルデバイスを用いた簡易構成テラヘルツ超広帯域通信のための送信器側モデルと特性解析」
他18件

第75回　平成27年1月29日　15:00 – 16:30
"Potential profile engineered nanomaterials with charged quantum dots for advanced sensing applications"
Vladimir Mitin (University at Buffalo, SUNY, USA)

第76回　平成27年3月19日　11:00 – 12:00
"Some applications of the transverse-electric mode of terahertz parallel-plate waveguides"
Daniel Mittleman (Rice University, USA)

先進的情報通信工学研究会

主査　木下 哲男、　幹事　北形　元

2014 年度は、以下の通り２回の研究会を開催した。

・第９回先進的情報通信工学研究会
日時：平成２６年１０月１日（水）１５：００〜１６：３０
場所：通研２号館　W２１４セミナー室
共催：通研共同プロジェクト研究「共生コンピューティングのためのリポジトリ型マルチエージェントフレームワークの協調機構に関する研究」（代表：打矢隆弘（名古屋工業大学））
講演数：4 件

・第１０回先進的情報通信工学研究会
日時：平成２６年１１月１２日（水）１３：３０〜１７：５５
場所：通研２号館　W２１４セミナー室
共催：通研共同プロジェクト研究「ネットワークの知的管理のための情報取得・活用に関する研究」（代表：岩谷幸雄（東北学院大学））
講演数：6 件

6．4　通研講演会

歌声合成技術の最新動向とその応用

ヤマハ株式会社 yamaha+推進室 VOCALOID プロジェクト主任
橘 誠

開 催 日：平成 27 年 2 月 19 日（木）
開催場所：東北大学電気情報システム・応物系 1 号館 2D 講義室

歌声やそれを含んだ音楽は聞く人の心を癒やしたり勇気づけたりすることができ，我々の日常生活を豊かにする上で無くてはならないものとなっている。歌声を人工的に生成する歌声合成技術は1962年にベル研究所のKellyらによって初めて提案されたが，これは滑らかに管の直径が変化する音響管モデルによって声道の周波数特性をシミュレートすることで実現されている。その後，フォルマント合成方式や波形接続方式などによって品質が大きく向上した。

今回の講演者は，近年若者を中心に人気が高まっているヤマハの歌声合成ソフトVOCALOID の開発者であり，東京工業大学在学時は統計的音声の研究に従事し，学会においても歌声合成の研究分野において中心的な役割を果たしている。VOCALOID は楽譜情報として音高と音の長さおよび歌詞情報を入力するだけで人工的に歌声を生成する技術であり，「初音ミク」に代表されるそのキャラクターはこれまでにない近未来感と親しみ易さで，単なる歌唱ソフトの域を超え，様々な分野で商業的な成功を収めている。また，ソフトウェア自体についても，最近では歌唱品質の改善や様々な拡張機能などの追加など，講演者を中心に活発な開発が行われている。

ご講演では，歌声合成技術 VOCALOID(TM)に関する研究開発の歴史やその仕組みを実際の歌声のサンプルなども盛り込みながら解説していただいた。特に講演中に即席で歌声の生成や加工を行うデモは非常に好評であった。また昨年発売したVOCALOID4 の新機能に関する話題にも触れていただき，日本が世界をリードする最新の歌声合成技術についてわかりやすく説明していただいた。さらに，最近ヤマハが積極的に力を入れている各種プラットフォームでの開発やクラウドサービスなどへの展開についてもご紹介いただいた。

省エネルギー機器からの電磁波による電磁雑音障害の原因と測定

独立行政法人情報通信研究機構 電磁波計測研究所　石上忍

開 催 日：平成２７年２月２４日（火曜日）１３：３０～１５：００
開催場所：東北大学　サイバーサイエンスセンター　中会議室

省エネルギー機器からの電磁波による電磁雑音障害の原因と測定について、講師はまずスイッチング回路からノイズが発生し電磁環境が劣化する点に言及した。省エネルギー化された具体的な機器としてLED照明を取り上げ、LED照明の小型・軽量化を実現するために、スイッチング周波数高くすると広帯域にわたってノイズを放射することとなり、通信・放送システムの受信障害を引き起こすことに言及した。APDによる妨害波測定を話題として取り上げ、ディジタル通信の品質劣化の指標であるBit Error RateとAPDの間に良い相関があることが知られていることに言及し、被干渉側の通信や放送の変調方式等の仕様がわかれば、被干渉側の BER特性が推定可能であることを詳説した。フォトディテクタによる LED 照明から放射雑音の識別に関して、詳細な手法を解説し、インパルス性電磁雑音の時間変化とLED照明の光強度の周期を照合することでLED雑音の発生源を突き止めることが可能であることを示した。雑音源を特定するために、LED照明を装着したダクトレールからの放射磁界測定手法とその結果について詳説した。

エバハートLVAS世界展開: 米国進出篇

株式会社ＥＶＩジャパン
代表取締役　本村 禎

開 催 日：平成２７年１月１４日（水）１７：００～１８：００
開催場所：東北大学青葉山キャンパス　電子情報システム・応物系１号館
　　　　　２階大会議室

国内で130例の植え込み実績のある人工心臓エバハートLVASの海外展開が始まっている．海外市場の本丸である米国市場ではFDA承認，そしてハイリスク体内植え込み機器では臨床治験が必須である．今回EVIジャパンは米国現地法人EVIヒューストンを通じて米国治験第一例目を達成した．本講演会では，臨床第一例までの軌跡，新規技術開発やトレーニング技術開発，VADの地域啓蒙活動などについて言及するとともに，今後の展開について活発な議論が展開された．

Cell LEGO-Recent Advances

京都大学再生医科学研究所・教授・岩田　博夫

開 催 日：平成２７年３月４日（水）９：４５～１０：２５
開催場所：東北大学電気通信研究所　４階　カンファレンスルーム
参加人数：１９名（The Joint Symposium of 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 6th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronicsと共催）

講演者の研究室では，再生医療のための３次元的な組織構築のための基礎技術の確立を目指している．本講演では，培養細胞をレゴブロックのように所望の位置に配置するための技術について，最近の講演者らが確立したオリゴヌクレオチド修飾脂質分子を用いるアプローチを中心に，わかりやすく講演していただいた．そのアプローチは神経細胞をも含む多くの培養細胞に適用可能であり，ナノバイオ系の研究者らの関心を集める講演となった．バイオエレクトロニクスの発展を目指す電子工学，表面科学，医工学，材料科学等の多様な分野の研究者から多くの意見が交換され，活発な討論が展開された．

低消費電力テラヘルツ CMOS 無線通信

広島大学　大学院先端物質科学研究科　教授　藤島　実

開 催 日：平成２７年２月５日（木）１５：００～１６：３０
開催場所：東北大学工学部情報知能システム総合学科 2 号館 204 号室
参加人数：１７名

能動業務では未利用の 0.1THz(=100GHz)を超えるテラヘルツ領域を使うことにより 10Gbps 以上の超高速無線通信が可能となる。広島大学の藤島教授らの研究グループは、CMOS 集積回路を用いて超高速無線通信を実現してきた。本講演では、デバイスモデリングから回路設計まで、超高速無線を低消費電力動作で実現するための設計と実証結果について解説した。講演後は同分野の技術動向や期待されるアプリケーションなどについて活発な質疑がなされた。

Decimation algorithmによるスパース解再構成

京都大学大学院情報学研究科 助教 大関真之

開 催 日：平成２６年１０月２７日（月）午後４：２０－５：５０

開催場所：情報科学研究科棟２階中講義室

参加者数：１４名

平成２６年１０月２７日に標記講演会を開催した。講演では、近年、疎表現に注目した様々な情報処理の方法論として、最近、情報科学のみならず生命・脳科学、地球惑星科学など様々な分野で 注目されているスパースモデリングについて講演者が行った研究成果および活動内容を中心に紹介された。講演では非常に簡単かつ高性能にスパース解を推定しうるスパースモデリングの手法のひとつであるDecimation algorithmについて、その基本作法と医療画像再構成、カンニングをした学生間ネットワーク推定などの応用例が紹介された．大関氏は、スパースモデリングの解析と利活用の先駆的研究をローマ大学の若手研究者と協力して進めており、世界的に注目を集めている。また，カンニングをした学生間ネットワーク推定はNHKの「おはよう日本」で人工知能を用いたカンニング検出の取り組みの一つとして取り上げられるなどの形で社会的関心を集めている．関連する研究分野の若手教員、大学院生を交えての多くの活発な質疑応答がなされた。

汎用人工知能の実現アプローチ
としての全脳アーキテクチャ

株式会社ドワンゴ ドワンゴ人工知能研究所・所長・山川宏

開 催 日：平成２６年１２月１８日（木）１６：００～１７：００
開催場所：東北大学工学部電気情報応物系　南講義棟103講義室
参加人数：３９名

黎明期(1960年代)の人工知能(AI)は，素朴に人間のような知能の実現を目指していたが，その実現は思いの外難しかった．60年後の現在，個別の問題領域に特化すれば，人を凌駕することは珍しくない．そこで真のAI実現の困難さとは，経験を積みさえすれば多様な問題領域に対処できる汎用性であると考えられ，汎用人工知能(AGI)という学問領域が生まれた．本来的にAIは，脳に似せる必要はない．しかし神経科学知見が急速に蓄積しつつある今，汎用知能の実例としての脳は，情報技術的なブレイクスルーを得る際の参考として有望である．そこで我々は，脳を他種の機械学習モジュールの統合システムとみなしてAIを設計する全脳アーキテクチャを提案し，それが汎用知能実現の最速経路と考え，その研究活動の拡大に努めている．本講演会では，工学系分野の方だけでなく，医学系，文学系，生物学系の広範な分野から大勢の方々にご来聴頂き，活発な議論がなされた．

テラヘルツプラズモンデバイスとそのイメージング応用

サラマンカ大学・応用物理･電子工学専攻　教授　MEZIANI, Yahya Moubarak

開 催 日：平成２６年７月３０日（水）１５：００～１７：００
開催場所：東北大学電気通信研究所　ナノ･スピン総合研究棟４階　A401会議室

第一講では、歪みSi変調ドープ電界効果トランジスタを使用して、プラズモンの非線形整流効果を利用した非共振（広帯域）モードおよび共振（狭帯域）モードでのテラヘルツ電磁波の検出とそのイメージング応用について、最近の研究成果を中心に報告された。テラヘルツ電磁波は、周波数逓倍器によって電子的に生成された 0.292 THz の連続波光源と、パラメトリック発振による 1.5 THz のパルスレーザー光源とを用いて発生し、被測定素子に照射た。どちらの場合も、しきい値電圧近傍で最大の光応答を示す非共振応答が観察された。磁場印加に対する Shubnikov-de-Haas 振動とテラヘルツ電磁波に対する光応答の測定を同時に行った結果、観測された応答は、チャネル内のプラズマ波振動をモデル化した理論とよく一致して、π/2 の位相シフトを示した。非共鳴モードのテラヘルツ波検出機能を利用して、テラヘルツ波によるイメージングを実際に行った。また、プラズモンのQ値を向上させるために 4.2 K の極低温下で、テラヘルツ波の検出実験を行った結果、共振モードでの高感度検出が実証された。第二講では、GaAs光伝導アンテナ素子をテラヘルツ波の発生と検出とに利用したテラヘルツ時間領域分光計測について、グラフェンの層数を同定できる能力などの最近の研究成果が紹介された。会場からは、プラズモン検出の感度と共鳴強度の相関およびその物質･温度依存性やグラフェンキャリアダイナミクスの同定能力など，熱心な質問が多数寄せられ、今後の研究動向についても、活発な議論が展開された。

第　7　章　　通研教員が中核的役割を果たす他部局組織等

7．1　設立に関与した組織

省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター(CSIS)

＜施設の概要＞

設　置：平成22年3月10日　FIRSTプログラムの開始に合わせて当センターを設置、スピントロニクス素子と集積回路とを融合した革新的な省エネルギー集積回路の研究開発を実施。

組　織：・センター長　：大野英男（通研所長・教授）
　　　　・職員数：25名（うち兼務11名）

目　標：スピントロニクス素子との融合が集積回路にもたらす変革を主導するとともに、集積回路における世界のイノベーションサイクルが日本を軸として回る体制の構築を目指し、以下のプログラムを推進する。

○内閣府「革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）」「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現（PM:佐橋政司）」「スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステムプロジェクト（研究開発責任者：大野英男）　平成26年10月2日～」

研究内容：最先端スピントロニクス素子技術、300mm集積化プロセス技術、および革新的回路・アーキテクチャ技術を高度に技術統合し、スピントロニクス集積回路技術開発を飛躍させることにより、エナジーハーベスティングで駆動する革新的な超低消費電力マイコン等の基盤技術を世界に先駆けて開発する。

＜2014年度の主な成果＞

(1) CoFeB-MgO細線における電流および磁界誘起の磁壁クリープを測定し、電流と磁界の場合で異なるUniversality classに属することを明らかにした。(2) 2重CoFeB-MgO界面構造を有する垂直磁化容易磁気トンネル接合において、半導体標準後工程で必要となる400度の熱処理耐性の実証に成功した。

○文部科学省「未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発」「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発（研究代表者：大野英男）平成24年8月15日～」

研究内容：不揮発性スピントロニクスワーキングメモリを実現することで、耐災害性に優れた安心・安全社会のためのコンピュータシステムの構築が可能となる。本研究開発では、20 nm世代以下の不揮発性スピントロニクスワーキングメモリの材料・デバイス基盤技術を構築し、その適用法をシミュレーションで明らかにする。

＜2014年度の主な成果＞

(1) MgO-CoFeB-Ta構造において、CoFeB膜厚、Ta膜厚、熱処理条件により、CoFeB中のB組成を制御することで、CoFeB膜の磁気特性を制御できることを明らかにした。(2) Ta/CoFeB/MgO接合において、エックス線磁気円二色性を用いてFeとCoそれぞれの磁気異方性への寄与を調べ、垂直磁気異方性は接合界面のFeが担っていることを明らかにした。(3) CoFeB/MgO/CoFeB構造を有する直径40 nmの垂直MTJの磁気異方性の直流バイアス電圧依存性を電界誘起強磁性共鳴により調べ、電界による磁気異方性変調は界面磁気異方性の変調によるものであることを示し、その変調量を決めた。(4) Ta/CoFeB/MgO を含む電界効果素子のゲート電圧印加下での磁気特性をマイクロ波磁界誘起の強磁性共鳴により調べ、電界による磁気異方性変調は界面磁気異方性の変調によるものであるという(3)と同様の結果を得た。

電気通信研究機構

＜施設の概要＞

設　置：平成23年10月1日に設置。東北大学災害復興新生研究機構の8つの重点プロジェクトの一つである「情報通信再構築プロジェクト」を推進するため、電気通信研究所が中心となり、工学研究科、情報科学研究科、医工学研究科、サイバーサイエンスセンターなど、複数の部局にまたがる電気・情報系の研究者が、産学官連携により、災害に強い情報通信ネットワークの研究開発を実施。

組　織：・機構長　：中沢正隆（教授）
・職員数：56名（東北大通研・工学研究科・情報科学研究科、医工学研究科・サイバーサイエンスセンターから兼務）

目　標：東日本大震災の教訓を踏まえ、災害時に必要な通信が確実に確保できる耐災害性に優れた情報通信技術の研究開発とその社会実装の推進。

研究内容：本機構に参画する研究者の研究シーズを活かした、耐災害ICT技術に関する産官学連携プロジェクトによる世界で最も進んだ災害に強い情報通信ネットワークの構築。

＜2014年度の主な成果＞

(1)研究プロジェクトの推進：総務省プロジェクトとして、「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発」、「リアルタイム津波浸水・被害予測・災害情報配信による自治体の減災強化の実証事業」を推進した。また、JSTの防災・減災、復興プロジェクトとして、「SIP（防災・減災）：災害情報の配信技術の研究開発」、「災害対応支援を目的とする防災情報のデータベース化の支援と利活用システムの研究開発」及び「超音波血管・血流透視装置の開発」を推進した。さらに、研究開発プロジェクトの社会実装への取り組みとして、防災情報共有と災害対応管理に関して気仙沼市と連携した災害対応情報システムWebEOCの設計、ならびに災害時における電源確保と効率的なネットワーク機器運用の実証実験を実施した。
(2)情報発信：2014年7月、2015年3月に「電気通信研究機構NEWS」を発刊し、全国の関係諸機関に配布した。また、2015年3月に開催された第3回国連防災世界会議での東北大学ディスカッションツアー等の場を活用し、本機構の活動内容の積極的な情報発信を行った。

＜2014年度の主な発表論文＞

[1]中沢正隆、「東北大学電気通信研究機構における耐災害ICTの研究活動とNICTとの連携」、電子情報通信学会マイクロ波・ミリ波フォトニクス研究会、2014年11月5日.
[2] F. Adachi, "Recent advances in disaster-resilient multilayered network," IF&E Panel: Disaster-Resilient Networks, 2014 IEEE International Conference on Communications, Sydney, Australia, 11 June, 2014.
[3] Wei Zhao, Zubair Fadlullah, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, and Kiyoshi Hamaguchi, "On Joint Optimal Placement of Access Points and Partially Overlapping Channel Assignment for Wireless Networks", IEEE Global Communications Conference 2014 (2014).

国際集積エレクトロニクス研究開発センター

＜施設の概要＞

設　置：平成 24 年 10 月 1 日、東北大学は民間企業との産学連携研究を拡充し、集積エレクトロニクス産業の発展に向けた組織として設置。平成 25 年 4 月、本研究開発センターの研究棟が、初の 100%民間拠出による東北大学サイエンスパーク第 1 号の施設として、青葉山新キャンパス内に竣工。

組　織：センター長　：遠藤哲郎（工学研究科・教授）
職員数：64 名（東北大通研、工学研究科、情報科学研究科等からの兼務を含む）

目　標：東北大学が有する多岐にわたる研究シーズと豊富な産学連携実績を求心力として、集積エレクトロニクス技術を研究開発し、及びその技術に係る国際的産学連携拠点の構築を図ることにより、次世代集積エレクトロニクス分野における我が国の国際的な競争力の強化に寄与するとともに、当該分野の技術の実用化及び新産業の創出を目標とする。

研究内容：産学共同研究および国プロ等による次世代半導体メモリから高性能ボード技術やパッケージング技術、画像処理技術などの幅広い集積エレクトロニクス分野の研究開発。

＜2014 年度の主な成果＞

本学が創出してきたコア技術の実用化に向けて、材料・装置・デバイス・回路・システムなど多様な国内外の企業と連携して、7 つの産学共同研究と 3 つの大型国家プロジェクト（JST-ACCEL, ImPACT, NEDO プロジェクト）からなる国際産学コンソーシアム（CIES コンソーシアム）を運営し、多くの先進的成果を上げた。特に、我が国の大学では初となる 300mm プロセス試作評価ラインを活用して、本学術領域では米国に続き世界で２例目となる「大学が運営母体となる産学共同研究拠点」を構築し、数十社にのぼる国内外企業の参画を受け、世界から認知されたことは大きな成果である。

研究成果としては、次世代半導体メモリから高性能ボード技術やパッケージング技術、画像処理技術等に関する多様な革新的技術の開発に成功し、特に STT-MRAM（磁気メモリ）の研究開発では、共同研究企業であるキーサイト社が、本共同研究成果を活用して、新しい STT-MRAM 用計測装置シリーズをプレス発表するなど、開発技術の実用化に関する成果を得た。これらの成果は、2015 年 3 月に開催した 1st CIES Technology Forum にて、延べで 400 名を超える参加者を得て、国内外に向けて情報発信した。加えて、この産学共同研究拠点を世界トップレベルの質と利便性と情報管理能力で運用するために、知財の管理運営制度、共同研究契約制度、共通設備制度、産学共同運営ボードなど多岐にわたる新制度の制定とそれを支えるシステムの構築を完了させた。

研究開発活動に加えて CIES インターシップ事業の展開を通じて、高度人材育成でも大きな成果を得た。さらに、「宮城県と県内市町村が共同申請を行った民間投資促進特区（情報サービス関連産業）制度」と「東北大学と仙台市の協定に基づいた固定資産税等相当額の助成制度」を本センターの共同研究企業に活用していただいたことに加えて、地域・地元企業との技術マッチングプログラムをスタートさせるなど、東北復興・地域貢献の一助となる活動も行った。

スピントロニクス連携推進室

＜施設の概要＞

設　置：平成 26 年 12 月に東北大学研究推進本部が支援する部局・分野横断各種プロジェクト推進委員会の一つとして設置。

組　織：・運営委員長：伊藤貞嘉（理事（研究担当））
　　　　・運営委員：10 名（委員長を含む）

目　的：東北大学におけるスピントロンクス研究開発の連携推進に係る事項について協議し、併せて関係部局間の連絡調整を行う。

所掌事項：

（1）東北大学におけるスピントロニクス研究開発の情報発信およびシーズ発掘

（2）学内外の研究グループの連携を通したスピントロニクス研究および人材育成の推進

（3）「学術研究の大型プロジェクト推進に関する基本構想　ロードマップの策定—ロードマップ 2014—」における「『スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク』拠点の整備」事業の推進

（4）その他、スピントロニクスに関わる研究開発に関する必要事項

＜2014 年度の主な成果＞

1）運営委員会の開催

平成 27 年 1 月 20 日にスピントロニクス連携推進室運営委員会（第 1 回）を開催し、連携推進室の所掌事項を確認すると共に、各事項の取組状況が報告された。

2）ホームページの開設

東北大学におけるスピントロニクス研究開発の情報発信に資するため、平成 27 年 2 月にスピントロニクス連携推進室のホームページを開設した。このホームページでは学内のスピントロニクス研究グループやスピントロニクス国際共同大学院の活動などが紹介されている。

3）平成 28 年度概算要求の準備

文部科学省「ロードマップ 2014」に採択されたスピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点整備の一環として、平成 28 年度概算要求の準備を進めた。この概算要求では、東北大学に「スピントロニクス学術連携研究教育センター」を設置し、スピントロニクスデバイス・集積システムの製造・評価の拠点形成を目指している。具体的な取組内容は以下の 4 つである。①世界トップレベルの最先端実験装置を学内施設に導入して既存設備の強化を図り、連携機関研究者の共同利用に供して、スピントロニクスデバイス・集積システムに関する共同研究を促進する。②世界の叡智を結集した研究集会を開催し、国際的人材交流の場を提供して、異分野横断型科学技術の創造に貢献する。③研究成果の実用化を目指した企業との共同研究を展開し、イノベーション創出により社会に貢献する。④世界最高水準の講師による国内外学生・企業研究者向けスクールを開催し、国際的視野をもつ次世代若手人材育成のための教育拠点を形成する。

7．2　参画する事業・プログラム

博士課程教育リーディングプログラム
「マルチディメンジョン物質理工学リーダー養成プログラム」

＜施設の概要＞

設　置：平成25年10月に博士課程教育リーディングプログラム複合領域型（物質）として採択。

組　織：・プログラム責任者：花輪公雄（理事（教育・学生支援・教育国際交流担当））
・プログラムコーディネーター：長坂徹也（工学研究科・教授）
・プログラム担当者：約60名（責任者・コーディネーターを含む）

目　標：東北大学の世界的強みである材料科学の実績と人的資源を活用し、大学院前期・後期一貫教育を通じて、マルチディメンジョン物質デザイン思想を実践するための広く確かな基礎知識と研究経験を有するリーダー人材を育成する。「マルチディメンジョン」とは、機能、特性、プロセス、環境調和性、経済性、安全、評価等に関する複合的な軸・次元で物質を幅広く俯瞰的に捉えることを意味する。

＜2014年度の主な成果＞

平成26年度は約20名の新規リーディングプログラム学生が新たに加わり、基盤科目・専門基礎科目・展開科目・応用科目の他に、プログラム内インターンシップや海外や企業での長期インターンシップに取り組んだ。

平成25年3月10日～11日には、北海道大学の物質系リーディングプログラムである「物質科学フロンティアを開拓する Ambitious リーダー育成プログラム」との合同シンポジウムを開催した。初日の第一部は公開シンポジウムとして開催し、両プログラムの紹介ならびに大学院生代表による自身の研究発表がなされた。第二部は合宿形式で大学院生代表による海外または企業での長期インターンシップの報告が行われた。二日目は原子分子材料科学高等研究機構の見学の後、研究者による講義が実施された。本合同シンポジウムを通じて両大学のリーディングプログラム大学院生の間に充実した交流の場が提供された。

イノベーション戦略推進本部　革新的イノベーション研究機構

＜施設の概要＞

設　置：平成 26 年 4 月 1 日設置　平成 25 年度に開始した COI-STREAM「さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点」のプロジェクトに合わせてイノベーション戦略推進本部内に当研究機構を設置、 東北大学が中核機関となり、サテライト（中核機関以外の研究実施場所）の新潟大学、東北学院大学，早稲田大学とともに、東芝を中心とした企業と産学連携した研究開発を実施。

組　織：・機構長・プロジェクトリーダー　：高山 卓三（東芝・部長）
・副機構長・研究リーダー　：末永 智一（東北大・教授）
・プロジェクト参加学内教員数：135 名

研究内容 ： 誰もが生甲斐を持ち健康快活に過ごしたいが、病気への不安、孤独感、離れた家族の心配等が少子高齢化社会を脅かす。常に自分や家族の生活や健康がわかり、理想自己実現に向けた応援支援が得られる「日常人間ドック」を、提案者の MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)・スピントロニクス・通信・エネルギー・素材・医療等の創意を結集して開発する。自律駆動型パッチセンサを主軸に超小型お米、箸、茶碗センサ等でさりげなく収集した日常の行動や健康ログは、クラウド上にビッグデータ PHR(パーソナルヘルスレコード)として一元管理され、ゲノム情報を背景に設計された理想自己実現に向けた励まし指導や家族の見守り、緊急時の消息確認・連絡救護等様々に活用される。

＜2014 年度の主な成果＞

センサー、通信、情報処理などの分野で幅広くプロジェクトに貢献している。通信に関しては、新しい人体内通信システム、デバイスの提案を行い、特許を 1 件出願した。

スピントロニクス国際共同大学院プログラム

＜施設の概要＞

設　置：平成 27 年 4 月に設置。

組　織：・プログラム責任者：花輪公雄（理事（教育・学生支援・教育国際交流担当））
・プログラムリーダー：平山祥郎（理学研究科・教授）
・プログラム担当者：学内約 10 名
・海外教育研究機関：ヨハネスグーテンベルク大学マインツ（独）、ミュンヘン工科大学（独）、カイザースラウテルン工科大学（独）、デルフト工科大学（蘭）、フローニンゲン大学（蘭）、シカゴ大学（米）、ニューサウスウェールズ大学（豪）

目　標：・世界で活躍する人材の育成
・スピントロニクスの理論から応用、デバイス形成や産業化までを俯瞰的に見渡せる人材の育成
・広く多様な技術分野のイノベーションを先導することができる人材を育成

概　要：研究中心大学であり門戸開放を謳う東北大学の特色・強みを活かして、海外教育研究機関と共同してスピントロニクス分野における世界的人財を育成するために設立された。東北大学のみならず海外教育研究機関から世界トップクラスの教員を集め、英語による授業を実施する。海外教育研究機関での研修等を通じて学生の積極的な交流を促進する。Qualifying Examination により学生の質を保証し、実質的に共同指導学位が認定できるレベルの国際共同教育を実践する。

＜2014 年度の主な成果＞

平成26年度はカリキュラムやシラバスを整備すると共に募集要項を公開して学生選抜を実施し、平成 27 年度からの第一期生 6 名の受入れが決定した。この間、平成 27 年 2 月にはヨハネスグーテンベルク大学マインツと共同指導博士課題学生プログラム覚書が締結された。

なお、「スピントロニクス国際共同大学院プログラム」は平成 26 年 9 月にスーパーグローバル大学創成支援に採択された「東北大学グローバルイニシアティブ構想」においても、教育改革の重要な柱として位置付けられている。

第　8　章　　評価と分析

運営協議会報告

第３０回東北大学電気通信研究所運営協議会議事録

日　　　時：平成２６年１２月１２日（木）午後１時３０分〜午後５時１６分
場　　　所：東北大学電気通信研究所２号館４階大会議室
出　席　者：
　伊藤　公平（慶応義塾大学理工学部　教授）
　大久保　明（独立行政法人情報通信研究機構　理事）
　小野寺　正（ＫＤＤＩ株式会社　代表取締役会長）
　黒田　　徹（日本放送協会放送技術研究所　所長）
　小畑　秀文（独立行政法人国立高等専門学校機構　理事長）
　財満　鎮明（名古屋大学大学院工学研究科　教授）
　柴田　　直（公益社団法人応用物理学会物理系学術誌刊行センター　専任編集長）
　中小路　久美代（京都大学学際融合教育研究推進センター　特定教授）
　　　　　　　　株式会社ＳＲＡ先端技術研究所　所長）
　松島　裕一（早稲田大学研究戦略センター　教授）
　村瀬　　淳（日本電信電話株式会社先端技術総合研究所　所長）
　渡辺　美代子（独立行政法人科学技術振興機構　執行役）
　金井　　浩（東北大学大学院工学研究科長）
　佐々木　孝彦（高梨弘毅東北大学金属材料研究所長の代理）
　垣花　眞人（河村純一東北大学多元物質科学研究所長の代理）
　小林　広明（東北大学サイバーサイエンスセンター長）
　川又　政征（東北大学大学院工学研究科教授）

通研出席者：大野英男所長、塩入　諭副所長、大堀　淳副所長、
　　　　　庭野道夫、外山芳人、村岡裕明、中沢正隆、羽生貴弘、白井正文、
　　　　　枝松圭一、尾辻泰一、石山和志、末光眞希、八坂　洋、木下哲男、
　　　　　北村喜文、石黒章夫、佐藤茂雄の各教授、
　　　　　荘司弘樹、坂中靖志の各特任教授

議　　事
　（１）研究所の活動全般について
　（２）研究体制と研究成果について
　（３）研究評価について
　以上の説明の後、次のような質疑応答があった。

☆人件費が減少し、外部資金、特許出願数、論文数もやや減少しているとのことですが、組織運営面で人員増加が見込めない、退職される先生も多いという中で、どのように新しい取り組みを増やすような組織運営上の工夫をされるのかお伺いいたします。

★退職される教授がいるというのは、新しい分野を取り入れる機会と捉えております。つまりその分野を続けるのか、あるいは、新しい分野に切りかえるのかというところを検討する機会と捉えていきたいと思います。

特許に関しては、詳細に見ていく必要があります。論文数は飽和していますが、教員の数が漸減しておりますので、さほど心配ない状況とは思います。

やはり教員が入れ替わるトランジッションの時期ですので、所全体のアクティビティを高く保ったままトランジッションするというところに、組織運営上に難しさがあると捉えております。

☆具体的に、分野内での変化については、組織の中でそのトップの方が考えられているのか。または、外部から新任教員を採用することで新しい分野を切り開こうとしているのか。方針がありましたら、お願いします。

★外部・内部に関して申しますと、教授については、内部昇格、あるいは本学からの教授昇任というのがおよそ半数、外部からの新任教員がおよそ半数となっております。特に意識はしておりませんが、分野を振興しようとすると、結果的にこのようになっています。今後もそのようになろうかと思います。

今の組織運営の状況について、新分野については将来計画委員会において検討し、また各部門又は部門グループと我々は呼んでいますけれども、拡大した部門チームでそれぞれで考えをまとめていただいて、トップダウン的な部分とすり合わせながら、さまざまな形で展開していきたいと考えております。

☆外部資金のことについて、昨年と比べたら半減したことについては、実は工学分野に資金が少なくなっている等、そのようなことがあるかについて、今回金研の方や、多元研の方もいらしているので、同じような傾向がほかの研究所等にもあるのであれば、そのようなことなのかなと思いますが、その辺いかがでしょうか。

★分野全体でどういう資金の流れになっているかというのは、特に調査していません。今後検討すべきかと問題であると思います。

また、プロジェクトの端境期というのはあるとは思いますが、構造的な問題が影に隠れているようであれば、組織として対応すべきであると思います。

☆金属材料研究所についても、無論、運営経費、文部科学省から来る部分については、１．３％減で来ています。外部資金でも、科研費は努力しておりますので、全体の伸びと合わせて伸びていると思います。受託に関しては、通研も金研も端境期というお話がありましたが、大型プロジェクトの有無によって、全体の金額は変わってくるかと思います。工学分野で減っているというような印象は特にありません。

☆多元物質科学研究所についても、全く同じでございまして、大型プロジェクトのちょうどその終了年度と重なったときに、大きくへこむということも多々ございます。工学

分野に関して、特に何か減っているという傾向はございません。
　科研費につきましては、若手については、少し減っている傾向がありますが、受託研究等に力を入れ過ぎて、逆に科研費が減るという傾向もあるので、そのあたりをお伺いできればと思っております。

☆工学研究科ですが、科研費については、今年度は申請に対して大体６掛けで来ています。理由としては、地方大学、東北大学も地方ですけれども、より地方のほうに配分したという説明を受けました。ですから、そのような理由で若干減少しています。
　それから、昨年まで３年間は震災復興でかなり大きな額が東北大学に下りてきていましたので、それに対して今年度は少ないということがあると思います。
　それともう一つは、団塊の世代のスーパーな教授の先生が大変大きな額を最近まで持ってきていましたが、その先生方が退職されたというのがあると思います。

☆同じような質問ですが、民間等との共同研究員の数が、平成２３年、平成２４年と比べると半分ぐらいになっていますけれども、これは特許などと連動しているのでしょうか。

★そのような印象は強く持っています。他の組織にかなりのアクティビティを移した部分もあります。例えば、電気通信研究機構と省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターに関しては、通研の統計に入っていますが、国際集積エレクトロニクス研究開発センターに関しては入っておりません。そのような構造的な要因はあります。
　特許が減るということと、民間等との共同研究員が減るということは、我々としては注視し、必要であれば対策をとっていかなければいけないと考えております。

☆女性教員の数が非常に少ないと一目見て、一番感じました。男女共同参画事業というのは、文部科学省もいろいろ積極的に進めていて、大学でも多数あるかと思うのですが、これは研究分野の性格上、教員として有資格というレベルに達する女性の数が、母集団として少なく、努力はしているけれども、難しいということでしょうか。

★努力の程度というのは、いろいろご意見があるかもしれませんが、現在は母集団の学生の５％が女性です。ですので、当面の我々の目標は教員の５％が女性であり、それ以上になれば良好との指標になろうかと思います。しかしながら、現在はそのレベルまでいっておりませんので、所内の予算を割り当てて、特に女性の教員を所内で公募している最中でございます。

☆研究評価の資料の４ページ目で、法人化後、日本の大学における論文数が減っているというのは、深刻な問題だと思います。日本全体では法人化後、ほぼ増減がなく、日本全体としてはやむを得ないかなと思うのですが、東北大学のような外部資金が潤沢にある大学ですと、運営費交付金で論文数が影響を受けるようなことはないと思っていました。しかしながら、法人化直後あたりから増減がないと大まかに言うとそのように見え

るのですが、これはやはり運営費交付金の影響が大きいと思ってよろしいのでしょうか。

★私はそうは思っていません。なぜ増減がない、あるいは、それまでになぜ伸びたかというところも、もう少し深い分析が必要だと思います。理由として、構成人員はこの間漸減しており、１人当たりの論文数は、現在は当時から比べれば増加しています。しかしながらクオリティーの面では、被引用率等に改善の余地があるかもしれません。

もう１点は、今後の課題だと思いますけれども、特許数や論文被引用率という形で、測れないものがあったときには、どのように評価していくか。そのようなものをどのように考えていくかについては、今回の分析をやっていて、常に悩んだところでございます。まだ解答はございません。

☆現職就任前の職等をご説明いただいた際に、准教授の方の約３分の２が通研から承認されているように思いますが、必ずしも悪いことではないと私は考えます。むしろ助教から准教授に昇任するところに、若手研究者が自由に研究できるというような戦略として行っているのであれば、良いところでもあると思います。そこでですが、この数字の意味を少し教えていただきたいと思います。

★以前は１つの研究グループというのが、教授、准教授、助教で、研究室への配置は基本的に教授１、准教授１、助教２となっていましたが、現在は新任の教授の方にお約束できるのは教授１、准教授０、助教１になっています。そこで、その１、０、１でスタートしていただいて、准教授へ育成するというのが、教授へ依頼していることでございます。この数字の一部は、そのような方針で助教として雇用し、准教授に育成するということを実践した結果だと思います。

☆そのようなことであれば、若手研究者を一本釣りで採用して、自由に研究させるという方針はないのでしょうか。先ほどＭＩＴと比較されていたのですが、ＭＩＴでは、アソシエイトプロフェッサーレベルの方々の活躍が目覚ましいので、通研としても、准教授として独り立ちさせる等の戦略を考えていればよいかなと思いました。

★そこは常に所内でも議論をしているところです。優秀な准教授が、対外的にも活躍しているのであれば、教授にしたらいいのではという議論が常にあります。准教授のままの身分でプロモートしてご活躍いただくというところが、どういうふうに我々の従来の仕組みの中で位置づけるのかというところに、検討のポイントがあると考え、議論しているところです。

☆東北大学は３年前の震災の後、そこの中核の大学ということで、多くの震災復興、新しい安全、レジリエントな社会を目指すために、中核となっていたと思いますが、予算の話にもありましたけれども、その際に多くの予算があったのですから、その研究成果の社会展開についてお聞きしたいと思います。今後の指針等についてコメントがあればお願いします。

★確かに震災後の補正予算で随分手当てをいただいた部分はございます。電気通信研究機構という全学的組織を作り、活動等を積極的に進めてございます。どこかの機会でひとまとめにして、それらの活動をご紹介させていただけると、社会実装についてどのように進捗しているかを見ていただけるのではないかと思います。

それ以外の部分については、今回のご報告に入れていませんので、分かりづらい部分もあったと思います。次回からの参考にさせていただきます。

☆共同利用・共同研究拠点としての実績という形で何かアピールする方法を考えておられますか。

★共同研究拠点等に関しては、後半の部分でご説明させていただきます。最初に通研の全体の運営を見ていただいた後に、拠点部分というのをご報告して、ご助言等いただきたいと思います。

共同利用、共同研究拠点の予算的には、それほど大きくはありませんが、そこから幾つもの、大型プロジェクトも出ておりますし、そういうところもご報告させていただきます。

☆こう申し上げましたのは、通研としての評価をする際に、通研の論文数・特許数だけではなく、共同利用・共同研究拠点としての成果も盛り込んでいってアピールされるというデータがあったほうが、この会議の役割として良いのではないかとではないかと思ったからです。

☆産学連携に関して、今までは情報通信の技術を売っていくという形での産学振興とか、産学連携というのができてきたのが、現在はその部分が出てこない。そういう意味では社会展開として他分野との融合等で、産業に影響を与えるなどの戦略を考えているが、なかなか結果が出てこない。

☆社会というのは、市民の方もいらっしゃるわけで、東北大学が震災復興の事業展開をしていく上で、市民の方がどう考え何を要求しているのかを把握して取組を行っているのかを、お伺いしたいと思います。

★市民の方々と一緒に考えるという取り組みは、通研ではまだ行っておりません。研究所の公開という形で技術をご説明する、あるいは、サイエンスカフェ等で身近に感じていただくということはやっております。

電気通信研究機構、連携する NICT の耐災害ＩＣＴ研究センターや関係する企業に関しても、自治体と一緒に耐災害ＩＣＴのデモンステレーションをする等で社会実装につなげようという努力はしておりますが、対話という形では、まだ始めていないというのが実情です。

★電気通信研究機構では、社会実装について現在そのタイミングが来ております。自治体との連携推進会議においてどのように自治体にフィットした形で、我々が関与した耐災害のシステムを入れていけるかということを始めています。
　自治体は余り予算がないが、それらを入れていきたいという意識が高い。電気通信研究所等大学側は、実装に関して予算がないので、企業等と連携しながら、着実に実施している状況であります。

☆先ほどの課題については非常に大きな課題だと思いますが、確かに予算の問題もあると思います。社会技術振興のためのファンドもありますのでそのようなことも含めながら、研究の方向を考えていただきたいと思います。

☆今おっしゃったファンドというのは、具体的にはどういうものを指しているのですか。

☆例えばＪＳＴロジスティクスという社会技術を行うところがありますが、社会において科学技術をどのように進めるかなどのところにファンディングをしています。そのような方向でも考えていただきたいと思います。

☆私も以前東北大学でお世話になり、その後東京大学におりましたが、大学ごとの特徴、文化の違いはかなり感じました。東北大学の特徴というのは、社会まで影響の与えるような大きなプロジェクトを取ってきて、その分野で先導するようなものが結構動いているなということは、大変すばらしいなと思います。
　理由の１つとしては、リーダーのもとでのチーム力がある。これがうまく働いて、今の成果が出ているなというのを感じております。
　そういう意味では、先ほど助教の昇任についての話がありましたが、やはりこれは助教からある程度独立した准教授を育てることが必要であるし、外部から採用するのであれば、外部から本当に優秀な方を採用し、ある程度自由に研究をさせることは大事だと思います。
　その際に、東北大学としては、今後発展しそうな分野に着目して牽引して頂きたいと思います。
　他分野から若手研究員を採用する際には、従来の延長ではなく既存の通研の強い部分と一緒にすることによって、新たな分野が生まれる等の広い視点で、次世代の通研を運営していただきたいです。

☆研究部の体制のところで、研究所の理念と重点７分野というお話がありましたが、分野に研究室を張りつける際に、所内で分野に張りついた研究室間の壁をどう取り払うかが求められております。分野を設定しても、出てくる成果は、研究室個々の成果の足し算だけという指摘がよく受けられるのですが、七つの分野を設定されて、分野内での研究室間の壁を取り払えるようなものをお考えでしたら、教えていただきたいです。

★所内での研究交流会等で風通しをよくしています。

また、ご紹介した四つのプロジェクトは、すべて部門をまたがった研究チームが進めています。したがいまして、１つの部門、１つの研究室でやっていないものばかりです。また、共同利用・共同研究拠点として、研究室が、所内での共同研究等だけに目を向けずに、世界をリードするチームの先頭に立ってほしいという考えがあります。所内の共同研究、共同研究のチームも重要であり、かつ共同利用・共同研究拠点という立場からは、１つ１つの研究室が、それぞれの分野で世界をリードしてほしいという考えが脈々とあろうかと思います。

（４）共同利用・共同研究拠点の活動について
（５）本館整備について
（６）今後の課題について
以上の説明の後、次のような質疑応答があった。

☆ここで以前議論になったこと、話題になったことで何かが進んだとか具体的にできたというのがもしもあれば、ぜひ教えていただきたいと思います。

★例えば若手をどのように処遇して育てていくかについて、過去にご議論いただきました。また、人間的コミュニケーションとはどのように実現するのかということに関しても、ご質問いただきました。さらに、女性を広告塔として使うようなことはしないでもらいたい等について忠実に反映しています。ここで発言いただいたものは、コメントとそれに対する対応として、まとめてございます。非常に大きな影響がございます。
ハードが非常に強い研究所ではあるが、今後はソフトも非常に重要なので、考えていかなければならないとのことが議論を頂き、実際ハードの研究室をソフトの研究室に振りかえるというようなことも、過去には行われております。

☆准教授・助教などの今後通研を担っていくような方たちが、どのような研究費の獲得状況にあるかということの評価について教えてください。
例えば、若手研究者の科研費獲得状況について、どの程度の応募があり、どの程度の件数が採択されているなどのデータも、少しご紹介いただければと思います。

★ここでは金額の多い順からご紹介させていただきましたので、科学研究費補助金については、用意してございません。
過去の運営協議会等においてもご指摘をいただいておりますけれども、若手の獲得する研究費の件数等については、今後の指標になると思いますので、今後についてはここで発表させていただくときには、ぜひお見せして、一緒に考えていただければと思います。

★統計的な経年変化等のデータは、まだ用意しておりませんので、簡単に申し上げます。平成２５年度について、若手Ａについては申請５件、採択４件、若手Ｂについては申請１４件、採択９件で、採択が若手Ａ、Ｂで１３件、採択全体が４９件ですから、割合と

しては３割弱ということになっております。この傾向は、今年度も、申請だけですが、ほぼ同様な数字になっております。
☆拠点活動についてですが、拠点の役割としては、関連コミュニティの活性化、分野振興等になると思います。そういったコミュニティの期待にどう応えているのかという分析は、どのような形でなされているのかということをお聞きしたいと思います。例えば課題の採択の話がありましたが、採択率の高低、あるいは、その中身についてお聞きできればと思います。

★共同プロジェクト研究の採択率は現在のところ１００％です。通研対応教員というのを設けていまして、対応している教員と相談の上申請してもらうため、そこでかなりスクリーニングされて出てきています。評価に関しては、３人の方に評価していただいて、全員が、問題ありとのテーマは不採択となりますが、去年不採択になった申請はありません。
　コミュニティに対してどの程度応えているかについては、拠点認定の際に、さまざまな学会等からご支援いただきましたが、それ以降、そこをトレースするようなことは、少なくとも私どもの研究所ではやっておりません。
　一方で、ご参加いただいている人数が増えていること、件数がふえていることに加えて、ここから多くのプロジェクト、外部資金等の研究費が採択になっております。それらに関しては、コミュニティへの貢献として、評価いただける数字になっているのではないかと考えております。

★コミュニティに対する貢献ということで、少し補足させていただきます。
　中間報告などで、実績として挙げているものという意味では、学会の設立に所員が貢献した、研究会の設立に貢献した、関連学会のシンポジウムを企画した等々のことを挙げて、関連コミュニティに貢献しております。

☆作業部会の議論を見ますと、当該拠点以外のところでどのような評価がされているかというような議論もなされているようですし、１００％がいいのかどうかというような議論も続いているようですが、事前にスクリーニング的な形になってしまっていないのかというようなところですね。１００％ですが、そこはどのように、担当教員が全てを大体決めているというような感じになるのでしょうか。

☆現在は担当教員と事前に相談していただくという仕組みを採っています。アプローチがあって断ったという例は、今のところ聞いておりません。この仕組みが高い採択率とクオリティーというものを実現していると考えています。一方で、そのような仕組のために申請するがためらわれるということがあるのであれば、今後他の方法も考えていかなければいけないと思います。

☆もう一つよろしいですか。期末評価の時期に向けて、作業をされていると思いますが、拠点間の連携やネットワークというようなものが重視されているように議論は進んで

いるように理解しています。そのような点で、次期日程に向けて、何か特徴ある取り組み、あるいは、方向性を示されているということはありますでしょうか。

★情報通信拠点というのは、１つしかありません。同様の分野の拠点はありませんので、次期も単独でいくのかなと現在は考えています。ただ、これは教授会等でも議論いただいて、最終的にそういう方向でいくということを、これから決めるという段階です。

☆渡辺委員から話がありましたが、やはり世界トップレベルの研究活動を、基礎研究とともに社会から見えるような課題解決の方法を考えていくべきではないかと思います。そのためには、人間性豊かなコミュニケーションというのが１つのキーワードになっていると思うのですが、４部門３施設あるのですけれども、それぞれの分野、部門の話の中には、人間性豊かなコミュニケーションという話が一言もキーワードとして出てきません。ですから、できればその人間性豊かなコミュニケーションというためには何が必要かということから考えて、何が必要かということを見ていくと、今の研究者コミュニティをもっと広げることが、自然にできるのではないかと思います。

また、そのためにはやはり優秀な人材を確保することが必要だと思うのですが、教授になる方の内部からの出身率ですけれども、あれは全体の平均です。文部科学省が公募制を推奨して以降は、内部の出身率が下がっていると思います。ですので今の准教授、助教がどれだけ教授になるかについて心配です。皆さんが、自由に、先をあまり心配しないで、それから少しリスクの高い研究に着手できるような、そういう環境をつくっていかないといけないと思いますので、その辺も見ながら、ぜひこれから１００年、電気通信という名前を変えないで、維持できるような研究所のための将来計画を、皆さんで一生懸命ご議論いただきたいと思います。

★准教授や助教の方々の実力、伸び伸びと非常に力強く、国際的にも通用する形で力を蓄えていくことのできる環境をきちんと準備しなければならないと思っています。通研は、研究室というチームが研究の基本単位です。そこのチームできちんと人材が育っているのかというのは、チームリーダーである我々教授にとっては、非常に大きな評価基準の一つと思います。それを満足しなければ、チームを持っているという責任を果たしていないというぐらい重要なことですので、この点は、これからも重要な項目として取り上げていきたいと思います。

先ほどからございますように、准教授を経て、大きな仕事ができる研究者が、これからも出てくるというのが、その指標の一つだろうと思います。

☆准教授を外からの公募に勝てる人に育成できるか否かについては。教授の責任だと思いますので、やっぱり教授は、そういう意識を持たないといけないと思っています。

先ほど社会からの目ということで、中沢先生が、高い装置を作製したが売れない、活用してもらえないという話がありましたが、逆に装置を最初に作製する、作製しようとする際に、売れるような装置となるよう社会にどんどん広めるなどの視点も必要だと思うのです。それが、大学でやるべきことではないということであれば、安い装置をつくってくれる企業と連携して、技術を広めるということも、そういう視点も大事かなと思

います。

これは工学研究科でも同じようなことがあって、介護ロボットはいまだに高くて、民間の人が使うレベルじゃない。１００万円以上、何百万円といたします。あれが１０万円とか２０万円にならないと、介護ロボットにならないと思うのですけれども、そういうことはロボットの先生には言っていますけれども、やはり電気通信を世の中に広めていただきたいと思います。

★最後に、人間性豊かなコミュニケーションに関してですが、情報通信の課題として、より早く、よりたくさん、より省エネで、あるいは、耐災害性があるものを実現していかなければいけません。並行して、その中で何を運んで、何を処理して、どのように社会に役に立つのかということ、すなわち最終的には人間性豊かなコミュニケーションというところにつなげていく必要があると考えています。こういう目標ですので、個別の部門等に、は人間性豊かなということを特に強調していない部分もあります。将来計画委員会の議論の１つで、どの部門がどこを担っているから、これを発展させると人間性豊かなことにつながるということを、少し明示的に整理しようという議論にはなっています。

これからの社会とのかかわりについては、情報通信を担う我々として大きな課題です。社会との関わりも含めて、目的意識を持って組織をつくるというのが必要かなと考えております。非常に重い難しい課題でございますので、これからも所内で議論させていただきたいと思います。

☆どうもありがとうございました。そこはぜひお願いしたいと思いますけれども、将来のことは誰もわからないというのが結論だとすると、いい人材を育てるしか、あるいは、外から入れてくるしかないということだと思いますので、よろしくお願いします。

☆大変難しい話だったと思うのですけれども、産業界から見ていても、電気通信関係に関して、日本の産業としての位置づけが随分弱くなってしまっているのは事実で、これをどうするというのは、本当は産業界にとって非常に大きな問題ですが、研究所側から見たときに、この部分で日本が海外と戦っていける要素ができるという部分が見えてくると、産業界も元気づくのではないかと思うのですが、その辺いかがでしょうか。

★海外勢も巻き込んだ上で、ここで技術が開発され進展する、ローカルに言えば、仙台、宮城の地で雇用も生まれ、世界から人が来て、さまざまな技術開発がなされる。そういうところには、我々絶対に貢献しなければいけないと考えております。

☆人間性豊かなということになると、多くの考え方があると思いまして、例えば慶応大学で電子工学科に人気がないというときには、シリコンバレーや Google 等学生たちが本当に行きたいようなところに出すような教育をすることをうたい文句にしたらどうかという議論をしております。

もう一つは、人間性豊かという話になると、少し人間的な遊びも必要で、電気通信と

いう枠組みは大切ですけれども、このような人材が育ったとか、このような人がいるという、その遊びの部分も何らかの形で見出していく、そういう方もいますということも１つの切り口じゃないかと私は考えております。

☆国立の高等教育機関を非常に圧迫している要因が大きく分けて２つあって、１つは、人口が大幅に減少するということと、それから運営費交付金の配分が減っていくことです。

人口減少について、大学の場合には１８歳人口ですが、研究所の場合には大学院生の確保ということが重要な課題です。若者の数が減ってくるということは、東北大学に入ってくる学生も、母集団が小さくなっているので、母集団の大きなところから入ってくる場合と比べたら、やはりレベルは多少なりとも下がると思います。

運営費交付金について、東北大学においても、１０年前と比較して多く配分されるようになったということは、おそらくないのだろうと思います。そういう意味で、第３期に向けての研究所のあり方というのは、学生のクオリティーが下がるということをどうするか。例えば大学院生だったら、海外から優秀な学生が積極的に入ってくれるように、いろいろな活動を積極的にやる。そのようなことが、第３期に向けて重要な課題かなと思うのですが、現状を教えていただけませんでしょうか。

★世界に通用し、貢献する研究と人材育成を行うとのことで、そのためには何をしなければならないかとの目的で組織を考えていくべきだろうと思っています。

つまり、生き残り戦略という形ではなくて、我々はこれだけのリソースが必要で、これをしたい、これをしなければならないと思っているという形で主張し、そこから社会に貢献し、世界に貢献する人材と成果を出すようにできればいいなと思っております。

外的環境は変化しますので、そのような大局的なところは、また別な形で発言していかなければと思いますが、我々が実際にこの現場でできることは、どれだけ私たちが実行しているか、実行するために何が必要かということを発言していくことだと考えています。

☆我々企業の研究所は、どうしても成果主義というか、目的志向が強くなってしまって、短期的テーマに人気が集中するという、あまりよくない傾向も出てしまいます。

そういった意味で、こちらでも挑戦的なテーマに対して、なるべく評価を与えるというようなことを検討しているのですけれども、大学の研究の場合は、挑戦的なテーマに対しての評価について、若手研究員の人材育成から見てどのような方針がありますか。

★それは難しい問題です。若手で任期付の教員が増えますと、本人だけではなくて、我々も次のことを考えてテーマを設定し、業績を出しやすいようにアレンジするということを考えざるを得ません。ですので、一定割合は若手教員も任期を外すポジションが必要かもしれません。

労働契約法が改正されまして、研究者では１０年という特例で、１０年以降は無期になる権利ができるという形になりましたので、パーマネントの方を増やす方向にはなる

と思います。行き過ぎた任期制というのは、少し改善しなければいけないと考えております。

多くの場合、教授は任期がありませんが、准教授に任期のないところも多く大学には存在します。そこでは、チャレンジできる立場にあるので、その責任が、任期のない我々にはあると思っています。

また、優秀な研究者を採用しなければなりません。大学の場合、教授の方を採用すると約２０年のプロジェクトになります。そこにいい方をそろえるというのが、いい大学の絶対的な条件になっておりますし、そういう意味でも、人事というのは、非常に大きなものだと私たちは認識しております。

☆今のことに関してですが、准教授になって、偉い先生と一緒にやっていて、ふっとその中から新しい発想が出てくることがあります。そこで未来が出てくる可能性があるので、そういう人が、何か非常に新しい発想が出て、ちょっとリスキーだけどやりたいと言ったときに、挑戦できるシステムを考えていただきたいなと思います。もちろんチームワークも大事ですが、何かそういうのがあったときは、そのポジションから少し離れて独立でもできるような、システムを通研で考えて頂きたいと思います。外から採用することも必要ですが、通研で育った人がそのように展開するというのは、私は非常に大事だと思います。

☆通研でも、終身雇用の教授ではなく、任期付で、社会科学の先生方など、そういう方を短期的にこちらでやっているような基礎技術の研究をしてもらって、人とのかかわりのところを、研究テーマとして、その人たちが担ってくれて送り出す。電気通信にかかわる基礎研究で独自の研究所として、人に優しいコミュニケーションということを実現する一つの方策として、このようなモデルはいいなと思いました。その際、重要なのは任期付の方を若手で教授に行く課程だとみなしている限り、うまく回らないと思います。米国でも、リサーチプロフェッサーとしても、偉い先生、研究ですぐれた方が任期付で回っている。日本ではどうもポスドクというと、いつまでたってもポスドクと呼ばれますけれども、その方式を変えるところを、電気通信研究所から始めるという決め事をして、頭脳循環を日本で実現するぐらいのラディカルなことをされてもいいんじゃないかなと思います。

先ほどから社会とか人につながったところとおっしゃって、ご意見は非常にいいご指摘なんですが、そこを専門で研究している人たちがいて、その人たちではなく、ある意味、素人さんの工学部の先生が幾らやっても、中途半端になるばっかりだと思います。そこで、初めて学際の討論的なことが起こるのですが、その人たちを雇って終身雇用にしてしまうと、とんがった研究ができなくなります。だから、そこは総合的に全般的をカバーしている研究者に変わっていくのか、あくまで基礎技術で工学的なところで頑張り続けるのか、１００年後のビジョンをどう描くかによると思うのですが、そこでうまく任期付というものを下に見ないようなカルチャーを日本でもぜひつくっていただければ、大きく問題になっている知能循環の課題は、何か乗り越えていけるように思います。

☆大変難しいお話だと思うのですけれども、もう一つ問題になっているのは、産と学の間の人事交流が、昔に比べても数が減っているのです。しかも、学から産に人が来るのが非常に少ないというのは、数字上明らかになっていて、これはむしろ産側の問題が私は大きいのではないかと思っているのですけれども、村瀬委員のところは、結構産と学が交流されているように思っているんです。いかがでございますか。

☆あまり長期で来られるということは少ないのかなと思います。逆に企業同士のコラボレーションというのがＮＴＴの場合もかなりふえていまして、先ほどから話題になっている人間性豊かなというハイレベルな考え方がなぜ必要かというと、我々が最近実感しているのは、やはり人間性というのは、社会的課題を意識すると、コラボレーションがしやすいわけですね。

例えば、我々の例で恐縮なんですけれども、hitoe というウエラブルセンサーの商品化、今月ドコモから出ていますけれども、それは厚木のデバイスの研究所で繊維を使った電極のベースの成果が出て、それを社会に使ってもらおうとなりました。健康管理、スポーツのためのウエアがいいと思いましたが、我々はウエアのことは全くわからないので、どこかアパレルメーカー、東レさんみたいなところと組みたいという発想でコラボレーションが始まったというのがありますので、やはりデバイス単体の性能を上げるとかという観点だけよりは、少しハイレベルの社会的なニーズ、課題というものを意識して、どこかと組まないとできないと持っていくのが、非常に重要かなと考えています。その時に、少し全体のシステムを想像できるような人、あるいは、組織がないと難しい場合があると思います。

☆産学連携について、直接的な成果を求め過ぎると、うまくいかないのではないかと思います。大きな成果を求めるならば、産と学と、あるいは、違うアクターをそこに入れる。例えば、それこそ社会科学の方でもいいのですけれども、いろいろな多様な方を組んでチームをつくるとか、何かそういうことをしていかないと、大きな成果につながらないのではないかなと思います。

私が社会とつながることが大事だというのは、いい研究を求めるために、そういうことをやったほうがいいのではないかということで、ちょっと事例を紹介したいのですけれども、今年の夏にハーバードの物理学科のチェアの先生とお話ししたときに、彼女が非常に、特に高校生に対してアウトリーチをしていました。それは単に成果を還元するという意味ではなく、そこの会話の中で、自分にいろいろアイデアが浮かぶとのことでした。直接的なアドバイスはもちろんありませんが、自分自身がその会話の中でいろいろアイデアが浮かぶといっていました。私は、広い意味での新しいアイデアを求めるために、そのようなことも考えていただけると、大きな成果につながるのではないかと思っています。

☆グローバル化とか、人材育成というお話しがたくさん出てきていますけれども、昨年から文部科学省は、研究の重点化、重点研究所の強化プログラムとか、今年度はスーパ

ーグローバル大学というものを選定して、日本の拠点で頑張ってもらいたいということで、東北大学の方もその研究強化も合格しているし、それからスーパーグローバルユニバーシティーにも合格している。こういう東北大学全体の施策の中で、通研はそういう施策をどう利用してくるとか、どううまく使って、先ほどの産学連携、グローバル人材の育成を考えていらっしゃるのか、その辺ちょっとコメントがなかったので、教えていただければと思います。

★一例として、研究大学強化促進事業では、東北大学として年に４億円の１０年間を採択されまして、知のフォーラムという形で３カ月ほど程の期間を設定して、テーマを設定し、さまざまな方々に滞在して、交流と研究をしていただくこととなっております。通研としてはまだ応募しておりませんが、大学全体としては、例えば通研が深く関わっているスピントロニクスが、さまざまなで部局でも実施されているので、来年度、その枠組みで進めていこうと準備をしています。

スピントロニクス国際共同大学院というのを来年発足させますが、その準備のための資金が文部科学省から配分されることになりました。それには、所としてというよりは、研究室単位で関与していて、スーパーグローバルの中の提案の一要素ということで進みました。しかしながら通った資金が我々のところへ来るかというと、そうでもない面もありまして、いろいろお約束したことをどう実現していくのかは、今後大学全体で議論するということになろうかと思います。我々組織としての面もありますけれども、幾つかの研究室として、そういう申請に貢献しております。

☆ちょっと時間のほうが、一応１０分までというような話でいただいているので、そろそろ時間のほうがなくなってきているので、この辺で質疑は打ち切りたいと思います。きょう皆さんからいろいろなお話が出ていて、私も文部科学省の関係で、第５期の科学技術基本計画の原案づくりのところにちょっと絡んでいるのですけれども、本当に皆さんからいろいろな意見が出て、恐らくどのようにまとめるかというのは、非常に難しいと思います。それは、今、日本の大学だけではなくて、産業界も含めて、少し時代の転換期に来ているのだろうと思っていまして、そういう意味でいろいろな考え方が今出てきているので、そういうものをどううまく取り入れて、電気通信研究所の発展につなげていくかというのは、これは大変難しい問題だと思います。ですが、大学、研究所を含めて、産業界だけではなくて、産業界は短期的に物を言いますので、中長期的に将来一体何が必要なのか、もしくは、その必要だというよりも、先ほど大野所長がおっしゃっていたように、むしろ何が必要かではなくて、何がシーズになるのか、何がいいのか、この辺の見きわめというのは、本当に難しいと思いますけれども、ぜひ両面からご検討いただいて、ぜひ成果を出していただきたいと思います。

ということで、一応ここで本日の運営協議会のほう、議事次第としては終わりでございまして、最後に所長のほうからご挨拶いただきます。

★お忙しい中、まことにありがとうございました。我々の組織も大きな転換期を迎えておりますので、本日頂いたさまざまなご意見あるいはご示唆を、我々なりに消化しつつ、

次のプランニングに役に立てていきたいと思います。
　頂いたコメントが、どのように役に立って、どのようなプランニングに反映され、あるいは、どのようなものを目指すことになったかというのは、また次回の運営協議会で皆様にごらんいただいて、ご意見、ご批判等もいただければと思います。
　今日は長時間、誠にありがとうございました。

☆は委員の発言、★は電気通信研究所の発言

資　料　編

第１　人　事

１．教員

（人）

年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
教授	27(0)【1】	27(0)【0】	25(0)【0】	25(0)【0】	24(0)【0】
准教授	18(1)【0】	20(1)【0】	19(1)【0】	20(1)【0】	19(2)【0】
講師	0	0	0	0	0
助授	27(0)【2】	27(0)【2】	25(1)【2】	24(1)【1】	24(2)【1】
特任教授	0	1(0)【0】	3(0)【0】	3(0)【0】	2(0)【0】

※（　）は外国人、【　】は女性で内数

２．客員外国人教員

（人）

年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
客員教授	4【1】	2【0】	6【0】	1【0】	6【0】
客員准教授	2【1】	3【0】	1【0】	6【0】	2【0】
計	6【2】	5【0】	7【0】	7【0】	8【0】

※【　】は女性で内数

３．客員教員

（人）

年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
客員教授	24(7)【2】	19(4)【0】	18(7)【0】	11(2)【0】	17(7)【0】
客員准教授	7(3)【2】	9(4)【1】	5(1)【0】	10(7)【0】	4(7)【0】
計	31(10)【4】	28(8)【1】	23(8)【0】	21(9)【0】	21(14)【0】

※上記2の客員外国人教員を含む（　）は外国人・【　】は女性で内数

４．非常勤研究員

（人）

年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
教育研究支援者	6(1)【1】	6(3)【0】	7(1)【1】	9(4)【0】	9(4)【0】
産学官連携研究員	10(1)【0】	6(1)【0】	11(4)【1】	10(2)【0】	10(2)【0】
研究支援者	6(2)【1】	4(2)【0】	5(5)【0】	4(3)【0】	4(3)【0】
計	22(4)【2】	16(6)【0】	23(10)【2】	23(9)【0】	23(9)【0】

※雇用契約による研究員、（　）は外国人、【　】は女性で内数、
教育研究支援者（大学運営費・寄附金）、産連研究員(共同研究費・受託研究費)
研究支援者（科学研究費補助金）

５．各種研究員

（人）

年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
客員研究員	1 (1)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】
受託研究員	11 (0)【0】	9 (0)【0】	6 (1)【0】	6 (1)【0】	5 (1)【0】
受託研修員	0 (0)【0】	0 (0)【0】	1 (0)【0】	1 (0)【0】	1 (0)【0】
民間等との共同研究員	12 (0)【0】	16 (1)【0】	4 (0)【0】	4 (0)【0】	5 (0)【0】
日本学術振興会特別研究員	11 (2)【1】	9 (2)【0】	4 (0)【0】	5 (0)【0】	5 (1)【0】
内訳　PD	2 (0)【0】	1 (0)【0】	0 (0)【0】	1 (0)【0】	1 (0)【0】
DC	9 (2)【1】	8 (2)【0】	4 (0)【0】	4 (0)【0】	4 (1)【0】
日本学術振興会外国人特別研究員	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	2 (2)【0】
日本学術振興会外国人招へい研究者	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	0 (0)【0】	1 (1)【0】
計	0 (0)【0】	34 (3)【0】	15 (1)【0】	16 (1)【0】	19 (5)【0】

※雇用契約のない研究員、（　）は外国人、【　】は女性で内数

６．客員外国人教員（外国人研究員）

氏　名	任用期間	研究内容
SEMENIKHIN IGOR	H26.4.2～ H26.5.30	グラフェンテラヘルツレーザーの創出
HORN KARSTEN	H26.5.27～ H26.7.2	表面･海面科学、ナノ科学、個体物理学
MARTENS WILLIAM LEIGH	H26.6.1～ H26.6.18	マイルチモーダル音空間知覚に関する研究
MEZIANI YAHYA MOUBARAK	H26.7.1～ H26.8.31	グラフェンテラヘルツレーザーの創出
DIGUET JEAN-PHILIPPE MICHEL MARIE	H26.10.30～ H26.11.29	ハードウェア・ソフトウェア強調設計ＣＡＤ環境の構築
DIETL TOMASZ STANISLAW	H27.2.5～ H27.3.5	スピントロニクス材料とデバイスに関する物理と工学

７．教育研究支援者

氏　名	任用期間	研究内容
藪野　正裕	H26.4.1～ H27.3.31	東北大学重点戦略支援プログラム「将来の大学間協定を見据えた東北大学電気通信研究所―MIT電子工学研究所国際共同研究プロジェクト」に関する研究補助
JIAO SAI	H26.4.1～ H27.3.31	グラフェン・オン・シリコン（GOS）技術の研究
犬竹　正明	H25.4.1～ H27.3.31	光変調技術の研究
BAYKAS TUNCER	H25.4.1～ H26.8.31	広域ネットワークの同期制御方式の研究
西村　容太郎	H26.4.1～ H27.3.31	震災復興のためのナノスピン実験施設復興プロジェクト
矢野　雅文	H26.4.1～ H26.7.31	自律分散システムの認識・制御の研究
DOBROIU ADRIAN CATALIN	H26.10.1～ H27.3.31	東北大学重点戦略支援プログラム「将来の大学間協定を見据えた東北大学電気通信研究所―MIT電子工学研究所国際共同研究プロジェクト」に関する研究補助
王　怡昕	H26.10.1～ H27.3.31	東北大学重点戦略支援プログラム「将来の大学間協定を見据えた東北大学電気通信研究所―MIT電子工学研究所国際共同研究プロジェクト」に関する研究補助
三浦　幸雄	H26.11.1～ H27.3.31	東北大学重点戦略支援プログラム「将来の大学間協定を見据えた東北大学電気通信研究所―MIT電子工学研究所国際共同研究プロジェクト」に関する研究補助

８．学振特別研究員

氏　名	期　間	研究内容
石川　慎也	H26.4.1～ H29.3.31	磁性多層膜－CoFeB積層電極を用いた微細磁気トンネル接合に関する研究
林　禎彰	H26.4.1～ H28.3.31	磁性ナノ粒子を用いた複合磁性材料作成に関する研究
茅根　慎通	H26.4.1～ H29.3.31	超高次非線形誘電率顕微鏡による次世代電子デバイスのナノスケール評価技術の研究
中山　裕康	H25.4.1～ H28.3.31	強磁性超薄膜における電界誘起冷却効果
朴　君昊	H26.4.1～ H28.3.31	フラッシュメモリ構造をトップゲートに用いた伝動型制御グラフェントランジスタの開発
SVINTCOV Dmitrii	H26.4.1～ H26.5.31	グラフェンTHzレーザーにおけるキャリアーキャリア相互作用効果
ANSTIS Stuart	H27.3.3～ H27.3.27	高次視覚認知過程を探る心理物理学的計測技術の開発
VENUGOPAL Gunasekaran	H26.11.29～ H28.11.28	グラフェン技術を用いた次世代巨大磁気抵抗スピントロニクスデバイスの開発

９．教員以外の研究員（ポスドク）の転出先

（人）

転出先	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
企業	5	4	3	6	2
通研・教員	1	2	2	1	1
他部局・教員			2	1	
他部局・産学官連携研究員、COEフェロー	1	1		1	1
他大学・高専教員	2	1		2	1
他大学ポスドク	2				
国外大学・企業	1	1	2		
帰国	1	3	1	2	1
転出者計	13	12	10	13	6
在職者数	24	17	23	24	15

※　在職者：非常勤研究員及び日本学術振興会特別研究員（PD）

１０．支援職員

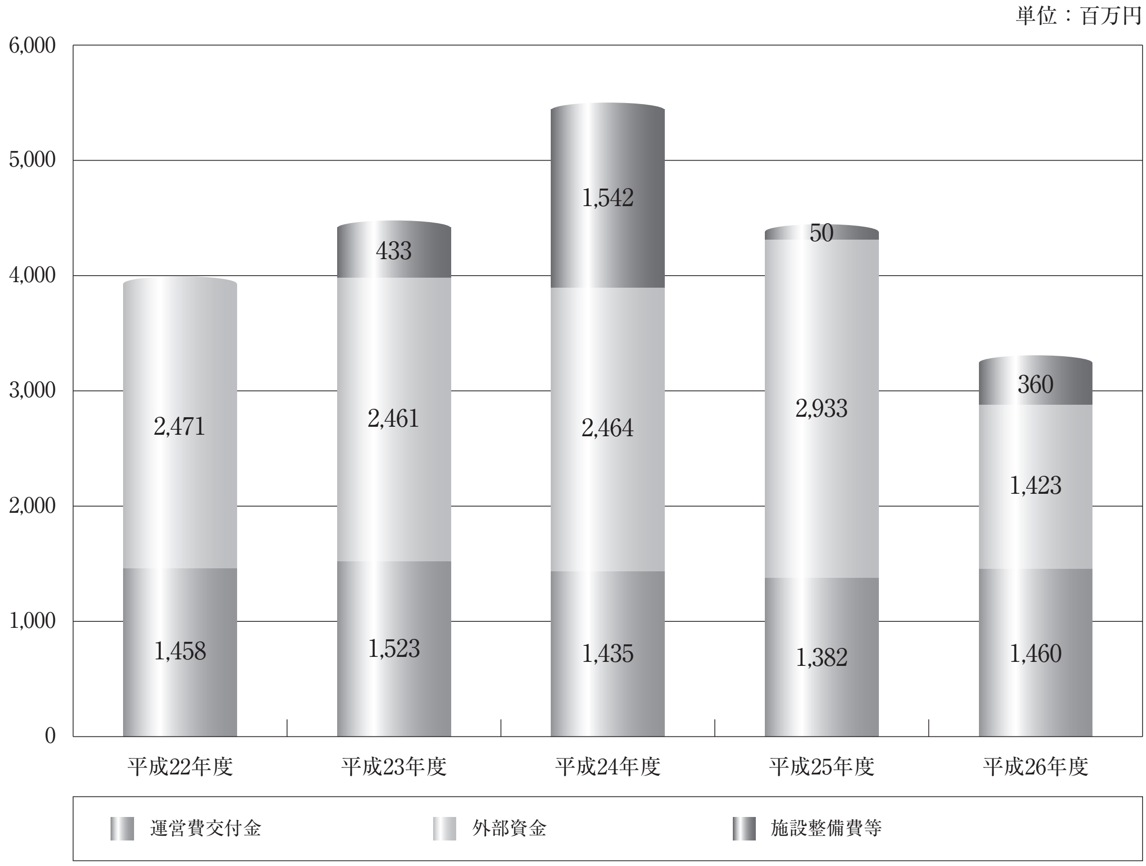
（人）

	年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
専任職員	技術職員	8【1】	9【1】	10【3】	10【3】	13【2】
	事務職員	14【4】	15【4】	15【3】	18【3】	17【4】
	再雇用職員	10【1】	5【0】	4【0】	6【0】	3【0】
	計	32【6】	29【5】	29【6】	34【6】	33【6】
非常勤職員	技術職員	11【9】	16【12】	29【12】	19【12】	19【12】
	事務職員	38【35】	38【35】	36【33】	36【33】	36【33】
	計	49【44】	54【47】	65【45】	55【45】	55【45】

※【　】は女性で内数

第2　予　算

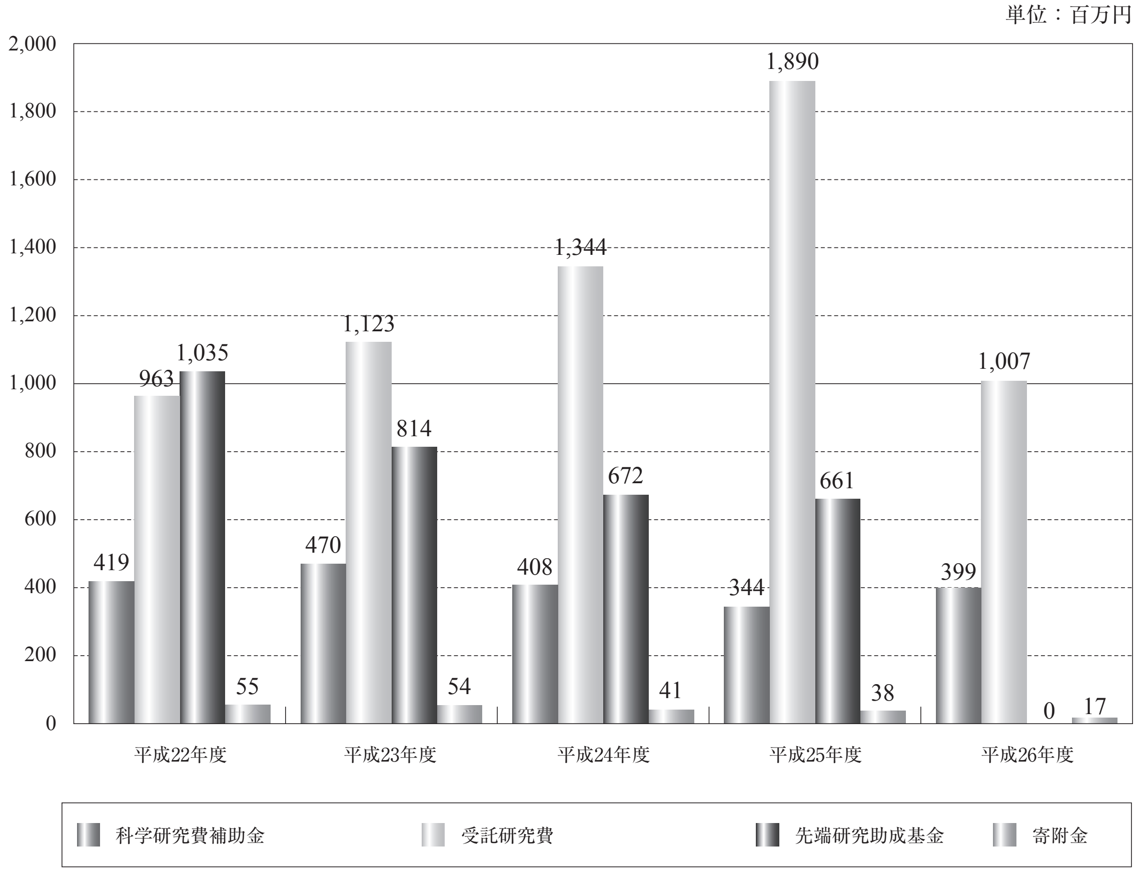
1．電気通信研究所における予算の推移



予算額内訳　　単位：千円

事　項		平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
運営費交付金	人件費	777,776	835,898	770,443	723,507	791,174
	物件費	680,411	687,253	665,038	658,590	668,941
運営費交付金　計		1,458,187	1,523,151	1,435,481	1,382,097	1,460,115
外部資金	科学研究費補助金	418,680	469,840	407,629	343,824	399,311
	受託研究費	962,712	1,122,944	1,344,071	1,890,012	1,007,060
	先端研究助成基金	1,034,827	813,777	671,668	660,578	0
	寄附金	55,085	54,167	40,714	38,100	16,890
	（再掲）間接経費	275,547	311,801	326,869	336,037	212,669
外部資金 計		2,471,304	2,460,728	2,464,082	2,932,514	1,423,261
災害復旧経費			432,607	4,993	0	0
移転事業経費		0	0	0	49,632	359,770
施設整備費		0	0	1,536,530	0	0
施設整備費等　計		0	432,607	1,541,523	49,632	359,770
合　計		3,929,491	4,416,486	5,441,086	4,364,243	3,243,146

2．外部資金受入状況



外部資金内訳

単位：千円

事　項	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
科学研究費補助金	418,680	469,840	407,629	343,824	399,311
受託研究費	962,712	1,122,944	1,344,071	1,890,012	1,007,060
先端研究助成基金	1,034,827	813,777	671,668	660,578	0
寄附金	55,085	54,167	40,714	38,100	16,890
合計	2,471,304	2,460,728	2,464,082	2,932,514	1,423,261

第３　教　育

１．学部学生・大学院生

（人）

区分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
学部（4年）	59（ 4）【 2】	66（ 3）【 3】	53（ 1）【 2】	67(1)【6】	56(0)【4】
大学院前期課程	146（17）【 6】	146（23）【 3】	137（20）【 4】	125(17)【7】	125(12)【6】
工学研究科	94（12）【 5】	96（16）【 2】	86（11）【 2】	76(8)【3】	82(6)【3】
情報科学研究科	52（ 5）【 1】	50（ 7）【 1】	51（ 9）【 2】	49(9)【4】	43(6)【3】
大学院後期課程	41（17）【 2】	50（18）【 3】	43（15）【 2】	38(14)【1】	38(9)【1】
工学研究科	34（14）【 1】	39（12）【 2】	35（ 9）【 2】	28(7)【1】	30(6)【0】
情報科学研究科	7（ 3）【 1】	11（ 6）【 1】	8（ 6）【 0】	10(7)【0】	8(3)【1】
計	246（38）【10】	262（44）【 9】	233（36）【 8】	230(32)【14】	219(21)【11】

※（　）は外国人、【　】は女子学生で内数

２．留学生

（人）

区分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
学部４年	4	3	1	1	0
大学院前期	17	23	20	17	12
大学院後期	17	18	15	14	9
計	38	44	36	32	21
地域別内訳					
①アジア	33	38	29	27	19
②北米	0	0	0	0	0
③中南米	1	2	3	3	1
④ヨーロッパ	0	0	0	1	0
⑤オセアニア	0	0	0	0	0
⑥中東	0	1	1	0	0
⑦アフリカ	4	3	3	1	1

３．研究所等研究生・特別訪問研修生

（人）

区分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
研究所等研究生	17（15）	10(7)	6(6)	8(7)	11(1)
特別訪問研修生	0	2(2)	2(2)	2(2)	1(1)
計	17（15）	12(9)	8(8)	10(9)	12(2)

4. 論文題目一覧

（修士論文）

専攻	論文題目	学生氏名	指導教員名
電気エネルギーシステム専攻	狭窄空間におけるヘビのロコモーションに内在する自律分散制御則に関する研究	佐竹　冬彦	石黒　章夫
	クモヒトデから学ぶレジリアントな振る舞いの発現メカニズムに関する研究	佐藤　英毅	石黒　章夫
	6脚ロコモーションの脚間協調メカニズムに関する研究	中村　憲	石黒　章夫
	磁歪膜の逆磁歪効果を利用したひずみセンサに関する研究	三輪　泰之	石山　和志
通信工学専攻	広域無線センサネットワーク用直接拡散システム同期方式の研究	イット　ワン シット	加藤　修三
	920MHz帯広域無線センサネットワーク用直接拡散送受信機の研究	庄司　勇輝	加藤　修三
	920MHz帯周波数利用効率向上に向けたシステム間干渉の研究	多田　康崇	加藤　修三
	グラフェンおよび化合物半導体を用いた光電子融合フォトミキシングデバイスに関する研究	川崎　鉄哉	尾辻　泰一
	グラフェンプラズモンのモデリングとテラヘルツ波デバイス応用に関する理論研究	小関　勇気	尾辻　泰一
	光学励起グラフェンにおけるテラヘルツ帯誘導放出に関する実験的研究	杉山　弘樹	尾辻　泰一
	InAlNバリア層によるGaN系高電子移動度トランジスタの高性能化	畠山　信也	尾辻　泰一
	Study on device process technology for high-perfornance graphene field effect transistors(グラフェン電界効果トランジスタ高性能化のためのデバイスプロセス技術に関する研究)	マストゥラ ビンティ　フシン	尾辻　泰一
	光ナイキストパルスによる超高速伝送に関する研究	瀬谷　大輝	中沢　正隆
	超多値QAMデジタルコヒーレント伝送に関する研究	別府　翔平	中沢　正隆
	粒子位置相関を持つ垂直媒体の記録再生特性の研究	原　彬大	村岡　裕明
	高密度端末環境における高効率無線LAN伝送手法の研究	黄　敏　之	末松　憲治
	異種無線融合ネットワークにおけるマップ情報を活用した高効率制御方式の研究	窪庭　純平	末松　憲治
	広帯域無線通信用低域ループ制御自律BF受信機の研究	中村　美琴	末松　憲治
電子工学専攻	遷移金属規則合金を用いた巨大磁気抵抗素子に関する理論研究	伊東　拓也	白井　正文
	ハーフホイスラー合金を用いた磁気抵抗素子に関する理論研究	小野寺　昭	白井　正文
	磁気構造相変態を起こすCo基ホイスラー合金に関する理論研究	狩野　駿	白井　正文
	電子トンネル接合のTHz領域発光	角田　貴也	上原　洋一
	CuCl中の励起子分子の過渡応答	内山　将一	枝松　圭一

電子工学専攻	III-V族半導体量子ドットにおける３パルス-フォトンエコー	佐々木　匠	枝松　圭一
	超伝導光検出器を用いた光子統計の測定	布川　裕真	枝松　圭一
	強磁性薄膜の電界による磁気特性の変調と強磁性共鳴法による検出	岡田　篤	大野　英男
	CoFeB-MgO磁気トンネル接合における電流誘起高速磁化反転	久保田　修司	大野　英男
	MgO-FeB積層構造を用いた磁気トンネル接合の作製と評価	堀川　喜久	大野　英男
	ドナーを共添加した強磁性半導体の作製と物性評価	都澤　章平	大野　英男
	ジョセフソン接合列の巨視的量子トンネリング特性とその多接合効果に関する研究	刑部　好弘	佐藤　茂雄
	走査型トンネル顕微鏡を用いた単一水素原子脱離に関する研究	李　武	佐藤　茂雄
	貴金属薄膜を用いた大気中の室温接合技術に関する研究	今　一恵	島津　武仁
	大気圧アニール法による高品質エピタキシャルグラフェンを用いたFET作製と特性評価に関する研究	須藤　亮太	末光　眞希
	ハードディスクドライブ型超高密度強誘電体記録に関する研究	青木　朋徳	長　康雄
	非接触走査型非線形誘電率顕微鏡によるSi(100)面上の双極子モーメントの計測に関する研究	鈴木　将敬	長　康雄
	多孔質薄膜を用いたナノバブル発生に関する研究	齋藤　栄幸	庭野　道夫
	有機強誘電体薄膜のセンシング機能に関する研究	中山　貴裕	庭野　道夫
	光負帰還法による狭線幅半導体レーザの光通信への応用に関する研究	青山　康之祐	八坂　洋
	共振器光損失変調による直接変調半導体レーザ高速化の研究	白鳥　智史	八坂　洋
	半導体マッハツェンダ変調器の非対称電圧駆動による平坦な光周波数コムブロック生成の研究	三木　貴裕	八坂　洋
情報基礎科学専攻	能動的情報資源による異種コンテンツの自律的連携機能に関する研究	古田土　翔大	木下　哲男
	Multi-Agent Based Sound Source Localization for Aerial Swarm (飛翔体群のためのマルチエージェントによる音源同定)	シナパヤ　ラナ　マリー	木下　哲男
	閲覧行動に基づくWebページ推薦に関する研究	鈴木　皓也	木下　哲男
	知識型ネットワーク障害解決支援システムに関する研究	谷村　優介	木下　哲男
	ネットワーク異常検知機能の自律的構成法に関する研究	中橋　修平	木下　哲男
	プログラム変換を利用した自動証明法	佐藤　洸一	外山　芳人
	木オートマトンに基づく項書き換え系の到達可能性判定	島貫　健太郎	外山　芳人
	名目書き換えシステムの合流性について	鈴木　貴樹	外山　芳人

システム情報科学専攻	A Study on Automatic 3D Model Reconstruction with Single Input Image(1枚入力画像による自動3次元モデル再構成に関する研究)	VICKY SINTUNATA	北村　喜文
	Design and Implementation of Interactive Data Visualization Method in Practical Uses（インタラクティブな情報可視化手法の実利用に向けた設計と実装）	何　辰	北村　喜文
	A Novel Magnetic Tracking System with 6 DOF Passive Markers（6DOF受動型複数マーカを用いた新しい磁気式トラッキングシステム）	黄　佳維	北村　喜文
	画面内外を繋ぐ連続的なスクロールに関する研究	進士　奈菜	北村　喜文
	A Study on Character Localizaiton for Text Information Extraction in Natural scene（自然シーン内のテキスト情報抽出のための文字領域抽出に関する研究）	戦　歌	北村　喜文
	詳細物体認識の高精度化に関する研究	田中　健太	北村　喜文
	A Study on Local Feature with Blur Invariants (ブラー不変性を有する局所特徴量に関する研究）	童　強	北村　喜文
	多機能センサ内蔵積み木の試作と子供の遊び方分析への応用	細井　俊輝	北村　喜文
	A Study on Night Video Enhancement Using Haze Removal Techniques (ヘイズ除去手法を用いた夜間撮影ビデオの品質向上に関する研究）	リュウ　シュンリョウ	北村　喜文
	全視野空間配置の意識的・無意識的学習効果に関する研究	小林　正幸	塩入　諭
	リソースの同一性を検査する静的型システムの研究	遠藤　誠典	大堀　淳
	関数型プログラム理解支援のためのコンパイラ機能の研究	百足　勇人	大堀　淳
	Information Compression Method for Multichannel Spherical Microphone Array Signals（球状マイクロホンアレイの多チャンネル音信号情報圧縮）	ウィチャックソノ　アリフヘルセティヨ	鈴木　陽一
	周波数スペクトル形状が正中面音像定位に及ぼす影響に関する研究	北島　周	鈴木　陽一
	音声と話者映像の関連性が系列再生課題の遂行に与える影響	虎井　駿	鈴木　陽一
	頭部運動中の水平面音空間知覚に関する研究	増見　洋治	鈴木　陽一
	音声提示の時間特性が屋外遠距離拡声の了解度に与える影響	宮下　知理	鈴木　陽一
応用情報科学専攻	ソフトウェア定義型ネットワークを用いた知識型アクセス回線制御手法	伊藤　仁	菅沼　拓夫
	契約指向サービス構成論に基づくセンサ型アプリケーションの開発手法	生出　拓馬	菅沼　拓夫
	共生型空間共有システムに関する研究	川村　拓弥	菅沼　拓夫
	時系列の画像・深度情報を用いた複数の物体の領域抽出手法	菅原　勝也	菅沼　拓夫

応用情報科学専攻	画像の階層的解析に基づいた人物と物体のインタラクション検出	三橋　優人	菅沼　拓夫
	画像の集合を用いた背景差分に基づく対象領域抽出手法	森　瞬	菅沼　拓夫
	電波強度を利用した屋内におけるセンサの位置推定手法に関する研究	山崎　蓮馬	菅沼　拓夫
	逆関数零遅延モデルによる双方向相互想起連想記憶システムのハード化に関する研究	鮑　春宇	中島　康治
	量子化結合ニューラルネットワークの深層学習に関する研究	品川　政太朗	中島　康治
	逆関数ゼロ遅延ニューラルネットワークを用いた逆伝搬学習の高速化に関する研究	堀内　優太	中島　康治

（博士論文）

専攻	論文題目	学生氏名	指導教員名
電気・通信工学専攻	平面アンテナを素子に用いた小型ビームフォーミングアンテナに関する研究	佐藤　洋介	加藤　修三
	波長1.5μm帯高出力エルビウム光ファイバ増幅器に関する研究	藤崎　晃	中沢　正隆
	Study on Laser-Diode Based Optical Phase-Locked Circuits and Their Application to Multi-Level Coherent Optical Transmission（LD型光位相同期回路とその多値コヒーレント伝送への応用に関する研究）	王　怡昕	中沢　正隆
電気エネルギーシステム専攻	Magnetic Anisotropy Control Methods in Soft Magnetic Thin Film and Magnetic Sensor Applications（軟磁性薄膜の磁気異方性制御とセンサ応用）	申　在原	石山　和志
通信工学専攻	準天頂衛星システム用ショートメッセージ通信における同期式SS-CDMA方式の研究	三宅　裕士	末松　憲治
	InGaAs系高電子移動度トランジスタの高周波化およびミリ波帯増幅回路への応用に関する研究	吉田　智洋	尾辻　泰一
	3端子MTJ素子による混載MRAM回路技術とその不揮発性集積システム応用に関する研究	崎村　昇	羽生　貴弘
	GaAs HBTの高性能化とそのマイクロ波高出力増幅器応用に関する研究	紫村　輝之	末松　憲治
	高周波ヘテロ接合化合物半導体の高信頼デバイス構造に関する研究	林　一夫	末松　憲治
電子工学専攻	Studies on Graphene Field Effect Transistor : Solution-Processed Gate Dielectrics and UV-Ozone-Processed Contact Resistance（グラフェン電界効果トランジスタに関する研究―溶液法によるゲート絶縁膜形成とUVオゾン法による接触抵抗―）	朴　君昊	末光　眞希
	有機半導体の分子ドーピングと有機トランジスタへの応用に関する研究	但木　大介	庭野　道夫
	3端子スピントロニクス素子のドライエッチングプロセスに関する研究	本庄　弘明	大野　英男
システム情報科学専攻	Eye-Head Coordination for Sequential Gaze Shifts（連続的視線移動における眼球と頭部の協調運動）	方　昱	塩入　諭

第４　研　究

１．研究成果の掲載・公表状況

区　分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
トピックス（新聞記事等）	45	59	66	71	69

２．トピックス一覧

	記　事　名	掲載年月日	出典	関係教員
1	羽生選手ら2500人春の園遊会招待	2014/4/3	河北新報	鈴木　陽一
2	スピン分解電子状態　埋もれた強磁性層から検出成功	2014/4/3	日刊産業新聞	白井研
3	物質・材料研など電子検出で新手法	2014/4/3	鉄鋼新聞	白井研
4	日本のイノベーター　ノーベル賞級への黄金律　認められる1%にかける執念　世界を説得、実験力必要	2014/4/4	日経産業新聞	中沢　正隆
5	埋もれた強磁性層のスピン分解電子状態　直接観測に成功	2014/4/7	化学工業日報	白井研
6	生物エレクトロニクス	2014/4/14	日経エレクトロニクス	石黒研
7	チャールズ・タウンズ賞　中沢東北大教授日本人初の受賞	2014/4/22	日刊工業新聞	中沢　正隆
8	東北大中沢教授　米国光学会の賞　日本人は初	2014/4/22	日経産業新聞	中沢　正隆
9	米・光学会チャールズ・タウンズ賞　中沢東北大教授が受賞　レーザー技術開発　評価	2014/4/25	河北新報	中沢　正隆
10	埋もれた強磁性層からスピン分解電子状態検出	2014/4/25	科学新聞	白井研
11	災害に備え住民情報相互保管　東北大・日立が手法　リスク分散させ自治体ペア作り	2014/5/8	朝日新聞	村岡　裕明 中村　隆喜
12	グラフェンの研究に進捗　電子の重さゼロ東大など	2014/5/13	日経産業新聞	吹留　博一
13	東北大工大理事長・岩崎俊一氏　仙台市名誉市民に　７月顕彰	2014/5/16	河北新報	岩崎　俊一（名誉教授）
14	岩崎・東北工大理事長、仙台名誉市民にハードディスク大容量化に貢献	2014/5/21	朝日新聞	岩崎　俊一（名誉教授）
15	東北大2名誉教授、監査請求　「論文検証報告　否定する証言」	2014/5/24	朝日新聞	矢野　雅文（名誉教授）

	記　事　名	掲載年月日	出典	関係教員
16	東北大前総長研究不正疑惑「検証報告書　画像改ざん」元教授ら、大学に監査請求	2014/5/24	河北新報	矢野　雅文 （名誉教授）
17	東北大電通研のVSAT　災害時、衛星通信を確立	2014/5月	仙台経済界 2014特別創刊号	末松　憲治
18	災害で情報消失防止　自治体間、複製・持ち合い　東北大など	2014/6/2	日経産業新聞	村岡　裕明 中村　隆喜
19	超高速無線で内部スッキリ　安全性高く、研究に熱	2014/6/13	日経産業新聞	加藤　修三
20	真正粘菌に学ぶ歩行ロボット　動く「からくり」を応用　アメーバやヘビ型を開発	2014/6/16	日刊工業新聞	石黒研
21	基板上グラフェン性質を作り分け　東北大	2014/6/26	日経産業新聞	吹留　博一 末光　眞希
22	テクノトレンド　災害時にもつながる通信網アタッシェケース、無線局に	2014/6/27	日経産業新聞	末松　憲治 亀田　卓
23	岩崎氏に名誉市民章　仙台市贈呈	2014/7/8	河北新報	岩崎　俊一 （名誉教授）
24	東北工大理事長仙台名誉市民に　仙台市制施行125周年式典	2014/7/8	日本経済新聞	岩崎　俊一 （名誉教授）
25	岩崎氏が名誉市民に　仙台市、功労者75人表彰	2014/7/9	産経新聞	岩崎　俊一 （名誉教授）
26	井上春成賞に2件	2014/7/9	日本経済新聞	川上彰二郎 （名誉教授）
27	東北大と産総研　井上春成賞受賞　今年度は2件	2014/7/9	日経産業新聞	川上彰二郎 （名誉教授）
28	その物忘れ・集中力低下　隠れ難聴かも!?	2014/7/9	NHK　ためしてガッテン	鈴木　陽一
29	垂直磁気記録方式を開発、文化勲章受章の岩崎氏　先見性と行動力大事　仙台三高で講演	2014/7/12	河北新報	岩崎　俊一 （名誉教授）
30	ぶつからないロボット　脳頼らぬ自律分散のしくみ活用　賢い制御　先生は粘菌	2014/8/5	日経産業新聞	石黒　章夫
31	トンボの翅から猫の舌まで38億年の進化に学べ！　「生物規範工学」という最先端テクノロジー	2014/8/14	週刊新潮	石黒研
32	災害に強い通信研究事業を受託　日本ユニシス	2014/9/4	日経産業新聞	木下　哲男
33	災害時の通信を確保　ネット実用化研究　NICTから受託　日本ユニシス	2014/9/4	日刊工業新聞	木下研
34	次世代の光通信方式　既存の量子暗号に導入　東北大が技術　秘匿性2乗倍	2014/9/8	日刊工業新聞	中沢　正隆

	記　事　名	掲載年月日	出典	関係教員
35	光暗号　新技術開発　東北大グループ　高速・大容量・長距離で伝送　安全性と実用性を実現	2014/9/8	河北新報	中沢　正隆
36	自律ネットで災害対策を　日本ユニシス／東北大など　導入モデルを検討　活用に向けサービス開発	2014/9/15	日本情報産業新聞	木下研
37	アインシュタイン最後の宿題　重力波を探せ	2014/9/25	NHK-BSプレミアム コズミックフロント	枝松　圭一
38	自然科学3分野　期待高まるノーベル賞　画期的発明で即受賞も　超電導に熱視線	2014/9/29	日刊工業新聞	大野　英男
39	三菱電機と東北大学、5GHz/60GHz帯両対応のSi-CMOS受信RFチップを開発	2014/10/3	日経エレクトロニクス	ITモバイル
40	ノーベル賞日本人は？自然科学部門	2014/10/6	産経新聞	大野　英男
41	長東北大教授に今年度「報公賞」　誘電率顕微鏡を実用化	2014/10/6	日刊工業新聞	長　康雄
42	2つの無線規格に対応　三菱電と東北大　低コスト受信チップ	2014/10/6	日刊工業新聞	坪内　和夫 (名誉教授)
43	「ミリ波」スマホで受信　三菱電機と東北大新型の集積回路	2014/10/7	日経産業新聞	坪内　和夫 (名誉教授)
44	実用化　日本人の手で　日亜化学工業　5年に世界初の製品化	2014/10/8	産経新聞	西沢　潤一 (名誉教授)
45	河北新報・東北大　東北みらいプロジェクト地下鉄東西線　開業後の学都考える　セミナーに650人　新たな文化　期待	2014/10/12	河北新報	岩崎　俊一 (名誉教授)
46	青色LEDにノーベル賞　赤・緑、先人の貢献大きく	2014/10/15	日経産業新聞	西沢　潤一 (名誉教授)
47	光ファイバー通信量5倍に　東北大開発　ハイビジョン1000時間分　1秒で転送	2014/11/15	日経新聞 (夕刊)	中沢　正隆
48	災害でも携帯つながる　東北大など通信網構築へ　最適な回線　自動で選択	2014/11/16	河北新報	坪内　和夫 (名誉教授) 亀田　卓
49	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて①	2014/12/16	河北新報	塩入　諭
50	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて②	2014/12/17	河北新報	塩入　諭
51	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて③	2014/12/18	河北新報	塩入　諭
52	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて④	2014/12/19	河北新報	塩入　諭
53	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて⑤	2014/12/20	河北新報	塩入　諭

	記　事　名	掲載年月日	出典	関係教員
54	科学の泉　目の錯覚、錯視が語るもの一未来のコンピュータに向けて⑥	2014/12/21	河北新報	塩入　諭
55	第64回河北文化賞　4個人1団体に	2015/1/1	河北新報	中沢　正隆
56	ネット社会に貢献	2015/1/1	河北新報	中沢　正隆
57	イグノーベル賞を受賞した日本人学者の実にすごい研究	2015/1/15	週刊新潮	石黒研
58	大学解剖　東北大①　実学の杜　最先端走る	2015/1/20	日経産業新聞	大野　英男
59	大学解剖　東北大①続き　電機復活願う西沢門下生	2015/1/20	日本経済新聞	西沢　潤一 (名誉教授)
60	「大学解剖② 地域から宇宙 泥臭く究める」	2015/1/21	日経産業新聞	大野研
61	Multisensory perception and action	2015/1/31	Le Monde de l'Intelligence	松宮　一道
62	「論文疑惑、解明を」東北大名誉教授2人が要請　JSY、前総長の研究に資金	2015/2/8	朝日新聞	矢野 雅文 (名誉教授)
63	東北大電気通信研究所　最先端ICTの研究成果を報告	2015/2/12	河北新報	電気通信研究所
64	東北みらいプロジェクト　東北大レクチャーシリーズ　光技術　革新と進化がもたらす社会　最先端研究　未来を展開	2015/2/15	河北新報	中沢　正隆
65	若手工学研究者表彰　科学技術賞に松浦氏ら4人　トーキン財団	2015/3/7	河北新報	上野　雄大
66	飛躍できるか大学発VB　フォトニックラティス　フォトニック結晶を量産化	2015/3/10	日刊工業新聞	川上　彰二郎 (名誉教授)
67	仙台でトーキン科学技術賞贈賞式　若手研究者11人が受賞	2015/3/20	電波新聞	上野　雄大
68	「省エネ半導体で日本の復権を、東北大がフォーラム」	2015/3/23	日経テクノロジー	大野研
69	仙台　トーキン科学技術賞　若手研究者11人贈賞	2015/3/25	電波新聞 (北海道・東北版)	上野　雄大

３．科学研究費助成事業採択一覧（平成26年度研究代表者）

単位：千円

研究種目	氏名	26年度交付額	補助金総額	研究課題名	採択年度	最終年度
特別推進研究	尾辻　泰一	58,400	361,400	グラフェンテラヘルツレーザーの創出	23年度	27年度
	中沢　正隆	98,700	436,600	多機能なコヒーレントナイキストパルスの提案とそれを用いた超高速・高効率光伝送技術	26年度	30年度
新学術領域研究	栗木　一郎	2,000	4,500	色の見えのモードと質感との関連およびその神経基盤	25年度	26年度
	坂本　一寛	3,700	7,500	領野間・層間情報流の解析による前頭葉の予測・意思決定神経回路機構の解明	26年度	27年度
基盤研究（Ａ）	鈴木　陽一	8,400	34,700	高精細３次元音空間情報のセンシングとディスプレイ技術の開発	24年度	26年度
	石黒　章夫	5,500	30,300	特異な対称構造を持つクモヒトデから探る振る舞いの多様性の発現機序	24年度	27年度
基盤研究（Ｂ）	北形　元	2,200	14,000	大規模災害時の円滑な通信を実現する不揮発性ネットワーキング技術の研究開発	24年度	26年度
	栗木　一郎	3,300	13,300	視覚特徴要素信号の脳内でのフローに関する研究	24年度	26年度
	大堀　淳	600	6,300	ML系多相型言語SML#の実用化技術に関する基礎研究	25年度	29年度
	末光　眞希	2,100	14,600	グラフェンエレクトロニクス実現を加速するＳｉ基板上エピグラフェンの革新的高品質化	25年度	27年度
	末松　憲治	5,300	13,400	電流モード・ダイレクト・ディジタル・コンバージョンＲＦ－ＩＣの開発	25年度	27年度
	坂本　修一	4,600	12,400	人間の外界空間認識過程に基づく自己運動感応型バーチャル視聴覚空間創成技術の確立	26年度	28年度
	石山　和志	6,400	12,500	逆磁歪を利用した異方性制御機構の解明とそれを利用した低損失モータ用電磁鋼板の開発	26年度	28年度
基盤研究（Ｃ）	小野美　武	1,200	3,900	組合せ最適化問題を解く超伝導ニューラルネットワークの構成と動特性解析	24年度	26年度
	末光　哲也	1,300	4,100	ＧａＮ系ＨＥＭＴにおける電子速度の詳細評価の研究	24年度	26年度
	外山　芳人	1,200	3,500	合流性に基づくプログラム自動検証法の研究	25年度	27年度
	佐藤　茂雄	1,200	3,600	脳型計算機用ナノシナプスデバイスの開発	25年度	27年度
	阿部和多加	1,400	3,800	水素化合物の金属化及び超伝導の理論研究	25年度	27年度
	片野　諭	1,200	4,000	プラズモン光電場の極限空間操作によるナノケミストリー	25年度	27年度
	坂本　一寛	1,100	3,700	多重電極・電流源解析によるサル前頭葉層構造マップの作成	26年度	28年度
基盤研究（Ｓ）	長　康雄	25,200	161,800	非線形誘導率顕微鏡の高機能化及び電子デバイスへの応用	23年度	27年度
挑戦的萌芽研究	長　康雄	800	3,100	非線形誘電率顕微鏡を用いた原子双極子モーメントの可視化と原子種の同定	24年度	26年度
	中島　康治	1,100	3,100	磁束量子・反磁束量子対の生成・消滅に基づく高速論理演算・記憶方式の開発研究	24年度	26年度
	庭野　道夫	1,200	3,000	半導体表面上の人工神経細胞回路網構築と神経信号伝達計測	25年度	26年度

研究種目	氏名	26年度交付額	補助金総額	研究課題名	採択年度	最終年度
挑戦的萌芽研究	末光　眞希	1,000	3,000	多層エピ成長による結晶配向転換を用いたＣＭＯＳプロセスの革新	25年度	27年度
	石山　和志	1,700	3,000	磁気ビーズを能動的に分散させる新たな手法の提案と実証	25年度	26年度
	石黒　章夫	1,500	3,000	生物ロコモーションの通底原理から拓くマルチテレストリアルロボットの設計論	25年度	26年度
	鈴木　陽一	1,800	2,900	無意識な微小頭部運動は音空間感性知覚に影響を及ぼすか	26年度	27年度
	坂本　修一	1,300	2,800	笑いを誘発する音声メディアの特徴分析に基づいた笑い誘発音声フィルタの試作	26年度	27年度
	上原　洋一	2,100	2,800	テラヘルツSTM発光分光へのピコ秒時間分解能の付与	26年度	27年度
	葛西　恵介	2,100	2,900	広帯域光VCOによるコヒーレント光通信用高精度光位相制御技術の確立	26年度	27年度
	加納　剛史	1,400	3,100	多脚動物が示す巧みな脚間協調に着想を得た交通信号制御の新展開	26年度	27年度
若手研究（A)	大脇　大	5,600	15,600	網羅的視野から解き明かす四脚動物の多様な歩容の発現機序	25年度	27年度
	葛西　恵介	9,100	15,700	コヒーレント光通信用狭線幅周波数安定化レーザの開発	26年度	27年度
	鷹林　将	10,600	19,100	炭素材料の機能化と融合による革新的電子/光デバイスの開発	26年度	28年度
若手研究（Ｂ）	上野　雄大	700	2,100	高水準かつ安全なプログラミング言語間連携機構の実現	24年度	26年度
	山末　耕平	800	3,500	走査型非線形誘電率顕微鏡を用いたエネルギーアシスト方式強誘電体記録	24年度	26年度
	亀田　卓	1,100	3,500	安定した通信品質を提供するＳＣ／ＭＣハイブリッド移動通信ネットワークの実験的実証	24年度	26年度
	高橋　秀幸	600	3,100	被災地の地域包括ケアシステムを実現する情報連携フレームワークの研究開発	25年度	27年度
	高嶋　和毅	1,500	2,800	複数の自律移動デジタルテーブルの連携による快適な協調作業空間の動的生成	26年度	27年度
	中山　裕康	1,900	3,200	磁性半導体界面におけるスピン流生成とスピン流による物性制御	26年度	27年度
	佐藤　昭	1,100	3,100	新規グラフェンTHzプラズモニックデバイスの理論的検証	26年度	28年度
	TOMBET STEPHANE	2,300	3,100	Graphene terahertz detectors based on plasmons and resonant tunneling	26年度	27年度
	笹井　一人	2,100	3,000	ヘテラルキー型分散エネルギーシステムのためのマイクログリッド間協調方式	26年度	27年度
研究活動スタート支援	金井　駿	1,100	2,100	金属薄膜磁性の電界変調効果の増大を目指した材料開発	26年度	27年度

※基金分については2014年度請求金額を記載

４．競争的資金状況

単位：件、百万円

		平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
民間等との共同研究	件数	28	43	25	35	33
	金額	95	115	53	57	66
受託研究	件数	28	32	32	33	22
	金額	832	684	734	511	496
奨学寄付金	件数	23	25	23	15	16
	金額	55	54	39	38	17

５．受賞・表彰件数

区　　分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
叙勲・受賞・表彰	27	38	34	38	40

6．受賞・表彰者一覧

団体名・賞名	氏名	所属	業　績	受賞日
応用物理学会 第36回（2014年春季） 応用物理学会講演奨励賞	小林　健悟	超ブロードバンド信号処理研究	「多層SiCNを用いて作製した傾斜型フィールドプレートによるAlGaN/GaN HEMTにおける電流コラプスの抑制 」（共著者： 東北大通研，MIT：畠山信也，吉田智洋，矢部裕平，Daniel Piedra, Tomas Palacios，尾辻泰一，末光哲也）	平成26年5月8日
応用物理学会 第36回（2014年春季） 応用物理学会講演奨励賞	深見　俊輔	省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター	「電流誘起磁壁移動素子のしきい電流と熱安定性の素子サイズ依存性」	平成26年5月8日
第20回IEEE非同期式回路とシステムに関する国際シンポジウム（ASYNC2014） Best Paper Finalist	鬼沢　直哉 羽生　貴弘	新概念VLSIシステム研究	ASYN2014において講演において、最優秀論文賞にノミネートされた論文に贈呈．受賞論文題目「A Compact Soft-Error Tolerant Asynchronous TCAM Based on a Transistor/Magnetic-Tunnel-Junction Hybrid Dual-Rail Word Structure」	平成26年5月14日
日経エレクトロニクス 第2回NEジャパン・ワイヤレス・テクノロジーアワード2014 審査員特別賞	加藤　修三	ユビキタス通信システム研究	中空の管内で電話を飛ばす゛電波ホース゛の先駆的研究開発とその応用に関する顕著な業績に関して	平成26年5月30日
情報通信月間推進協議会 志田林三郎賞	鈴木　陽一	先端音情報システム研究	多年にわたり、マルチモーダル感覚情報の処理過程の解明及びデジタル信号処理を用いた立体音響技術の高度化など、臨場感を持ったコミュニケーションの実現に繋がる研究活動により、情報通信の発展に対して多大な貢献をした	平成26年6月2日
東北総合通信局 平成26年度「情報通信月間表彰」東北総合通信局長表彰	中島　康治	知的ナノ集積システム研究	情報通信技術の利活用により地域貢献や地域社会の活性化を図る研究開発の推進に尽力し地域ポテンシャルの向上に貢献した	平成26年6月2日
2014年電子情報通信学会総合大会 ネットワークソフトウェア優秀ポスター賞	唐鎌　行大	コミュニケーションネットワーク研究	「論理ネットワークの推定に基づくネットワーク機器設定の復元手法」	平成26年6月5日
米国光学学会(OSA) Charles Hard Townes Award	中沢　正隆	超高速光通信研究	For seminal contribution to the science and applications of ultrafast optics and ultrastable narrow-linewidth lasers	平成26年6月10日
2014年計測自動制御学会学会賞（論文賞）	渡邉　航 鈴木　翔太 加納　剛史 石黒　章夫	実世界コンピューティング研究	計測自動制御学会誌論文「腕運動の自己組織的役割分担生成を可能とするクモヒトデ型 ロボットの自律分散制御」の優れた業績に対して	平成26年7月3日
仙台市 永年勤続委員	鈴木　陽一	先端音情報システム研究	多年にわたり仙台市環境審議会委員として市政の推進に寄与した	平成26年7月7日
CLAWAR Association CLAWAR Association Best Technical Paper Award (Highly Commended papaer award)	大脇　大 石黒　章夫	実世界コンピューティング研究	本賞は国際会議CLAWAR2014における優秀な発表論文に対して授与されるもので，その功績を讃えるもの．受賞内容は「CPG-based control of bipedal walking by exploting plantar sensation」	平成26年7月22日
日本磁気学会 業績賞	村岡　裕明	情報ストレージシステム研究	「垂直磁気記録方式に基づく高密度磁気記録技術の研究推進」	平成26年9月3日
電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ　平成25年度（第17回）エレクトロニクスソサイエティ賞	大野 英男 他2名	半導体スピントロニクス研究	「スピン注入磁化反転メモリ（STT-RAM）大容量化回路技術に関する先駆的研究開発」	平成26年9月24日

団体名・賞名	氏名	所属	業　績	受賞日
(公財) 服部報公会 第84回報公賞	長　康雄	誘電ナノデバイス研究	「非線形誘電率顕微鏡の発明・実用化と電子デバイス開発への応用」	平成26年10月9日
2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014) Outstanding Paper Student Award	蜂谷　雄介	コミュニケーションネットワーク研究	「Cooperation Mechanism of Heterogeneous Contents in User-Oriented Information Delivery System」 (共著者： 蜂谷雄介・古田土翔大・高橋秀幸・木下哲男)	平成26年10月9日
日本基礎心理学会 第32回大会優秀発表賞	中島　亮一 塩入　諭	高次視覚情報システム研究	Ryoichi Nakashima and Satoshi Shioiri, Visual attention modulation based on head direction	平成26年11月3日
International Wire & Cable Symposium, Inc Jack Spergel Memorial Award	中沢　正隆 吉田　真人	超高速光通信研究	Investigation of the Influence of Fusion Splice on Crosstalk Properties of Multicore Fiber (共著者：中沢正隆・吉田真人・今村勝徳・杉崎隆一・八木健)	平成26年11月10日
IEEE Photonics Society Best Student Paper Awards (1st Grade Awards)	王　怡昕	超高速光通信研究	国際会議ACP 2014における発表論文"140 Gbit/s, 128 QAM LD-based Coherent Transmission over 150 km with an Injection-locked Homodyne Detection Technique" (Y. Wang, S. Beppu, K. Kasai, M. Yoshida, and M. Nakazawa)に対して	平成26年11月13日
一般財団法人石田實記念財団　研究奨励賞	平　明徳	IT-21センター研究開発部モバイル分野	「大容量・高信頼モバイル通信用変復調技術に関する研究」	平成26年11月14日
一般財団法人石田實記念財団　研究奨励賞	三森　康義	量子光情報工学研究	「半導体量子ドット中の局所電場効果の解明とその光学効果を利用する光デバイス開発に関する研究」	平成26年11月14日
第37回(2014年秋季)応用物理学会 講演奨励賞	廣瀬　光太郎	誘電ナノデバイス研究	応用物理学会の非晶質・微結晶の分野において，「走査型非線形誘電率顕微鏡によるアモルファスシリコン太陽電池のpin接合の可視化」という題目で発表し，応用物理学の発展に貢献しうる優秀な一般講演論文と認められた	平成26年11月14日
計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2014 (SSI2014) SSI Best Research Award	加納　剛史 佐藤　英毅 小野　達也 石黒　章夫 他２名	実世界コンピューティング研究	「クモヒトデのレジリアントなロコモーションに内在する自律分散制御則」に関する顕著な業績に関して	平成26年11月23日
公益財団法人井上科学振興財団 第31回井上研究奨励賞	渡辺　隆之	超ブロードバンド信号処理研究	「半導体二次元電子系のプラズモンを利用したコヒーレントテラヘルツ波の発生・増幅に関する研究」	平成27年12月2日
一般財団法人青葉工学振興会　第20回青葉工学研究奨励賞	鬼沢　直哉	新概念VLSIシステム研究	「非同期式信号処理に基づく高速・低電力VLSIの実現に関する研究」	平成26年12月5日
IEEE Sendai Section Student Awards 2014 (The Best Paper Prize)	加藤　匠	コミュニケーションネットワーク研究	「Hierarchical Multiagent Approach for Priority-based Energy Management in Microgrid」 (共著者：加藤匠、高橋秀幸、木下哲男)	平成26年12月5日
IEEE Life Fellow	加藤　修三	ユビキタス通信システム研究	IEEEへの長期にわたる継続的な貢献	平成27年1月1日
公益財団法人河北文化事業団 第64回河北文化賞	中沢　正隆	超高速光通信研究	エルビウム光ファイバー増幅器の先駆的研究開発とそれを用いた光通信技術の高度化	平成27年1月17日
2014年度計測自動制御学会　学術奨励賞	佐藤　英毅	実世界コンピューティング研究	「クモヒトデの腕間協調メカニズムの数理モデル」	平成27年1月23日
2014年度計測自動制御学会　学術奨励賞	佐竹　冬彦	実世界コンピューティング研究	「狭窄空間におけるヘビのロコモーションに内在する自律分散制御則」	平成27年1月23日
2014年度日本機械学会若手優秀講演フェロー賞	佐藤　英毅	実世界コンピューティング研究	「クモヒトデから 学ぶレジリアントなロボットの設計原理」	平成27年1月29日

研　究

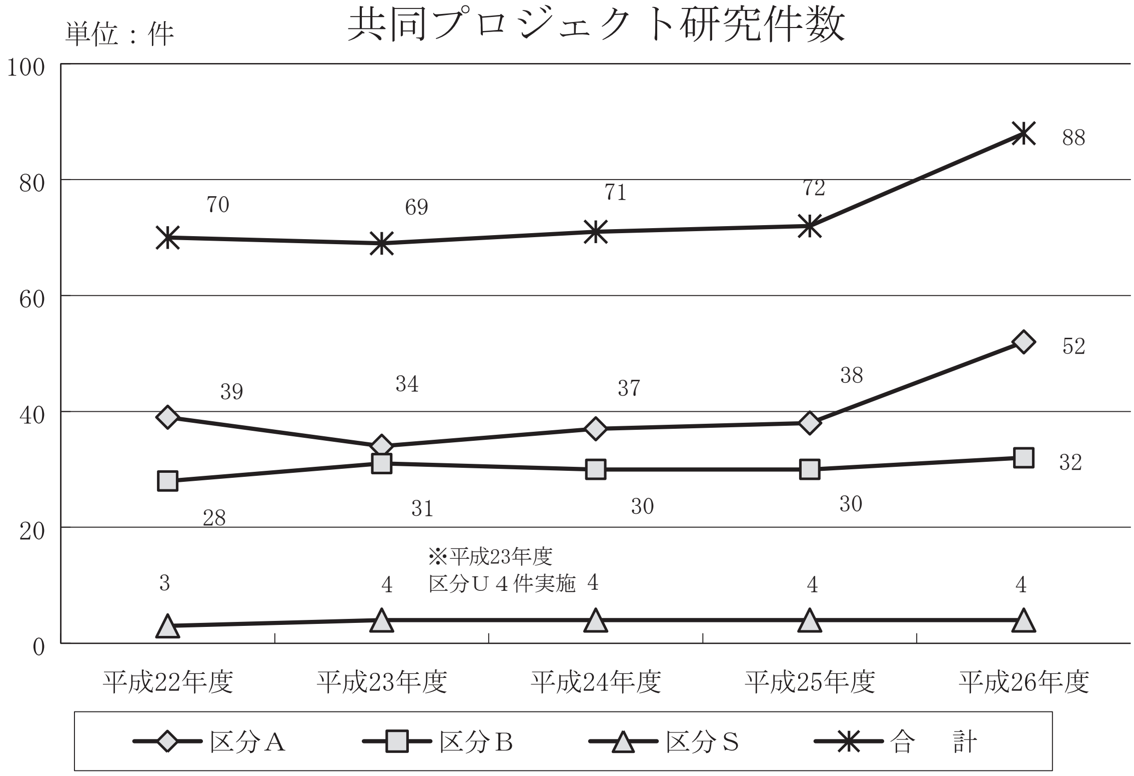
団体名・賞名	氏名	所属	業　績	受賞日
一般社団法人日本音響学会　東北支部 若手研究者優秀論文賞	Wicaksono Arif Herusetyo	先端音情報システム研究	平成26年度電気関係学会東北支部連合大会において発表した論文「Cross-Correlation Coefficient Analysis of Microphone Array Recording」に対する表彰	平成27年2月17日
RISP・NCSP'15 Student Paper Award	清水　拓	先端音情報システム研究	“The Technical Program Committee of the 2015 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing”において発表した論文「Multi-zone Sound Field Reproduction Algorithm Based on Spherical Harmonic Analysis」に対する表彰	平成27年3月2日
公益財団法人トーキン科学技術振興財団 トーキン財団奨励賞	上野　雄大	ソフトウェア構成研究	「高信頼プログラミング言語の実用化技術の研究および次世代言語処理系の開発」	平成27年3月5日
公益社団法人計測自動制御学会　東北支部研究発表奨励賞	千葉　大徳	実世界コンピューティング研究	「環境からの手応えを活用した一次元這行運動の自律分散制御」	平成27年3月9日
公益社団法人応用物理学会 第5回化合物半導体エレクトロニクス業績賞（赤﨑勇賞）	大野　英男	半導体スピントロニクス研究	「強磁性化合物半導体の創成とスピントロニクスの先導的研究」	平成27年3月11日
一般社団法人電子情報通信学会 26年度学術奨励賞	David Odeke Otuya	超高速光通信研究	「周波数利用効率7.5 bit/s/Hzを有する1.92 Tbit/s, 64QAMコヒーレント光ナイキストパルス伝送」	平成27年3月11日
一般社団法人電子情報通信学会 平成26年度学術奨励賞	別府　翔平	超高速光通信研究	「2048 QAM (66 Gbit/s) - 150 kmディジタルコヒーレント光伝送」	平成27年3月11日
特定非営利活動法人ヒューマンインタフェース学会 研究会賞	細井　俊輝 佐藤　裕美 高嶋　和毅 北村　喜文 他2名	情報コンテンツ研究	「加速度センサを用いた積み木による子供のストレス軽減効果に関する一検討」	平成27年3月11日
第75回応用物理学会秋季学術講演会 第2回英語講演奨励賞	Duttagupta Samik	半導体スピントロニクス研究	「Current and field induced domain wall creep in Ta/CoFeB/MgO/Ta wire」	平成27年3月13日
一般社団法人日本音響学会 粟屋 潔学術奨励賞	TREVINO JORGE	先端音情報システム研究	平成26年9月開催の音響学会秋季発表会において発表した「Reproduced sound field measurements for a High-Order Ambisonic system of an irregular geometry」に対する表彰	平成27年3月17日

7. 発表論文数

区　分		22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
査読付学術論文	英文	161	154	201	156	126
	和文	19	16	16	12	15
	計	180	170	217	168	141
査読付国際会議		289	207	225	287	255
解説・総説		17	14	17	15	11
査読付国内会議、査読なし国内研究会・講演会		425	343	413	363	282

第５　共同プロジェクト研究

１．共同プロジェクト研究件数



（単位：件）

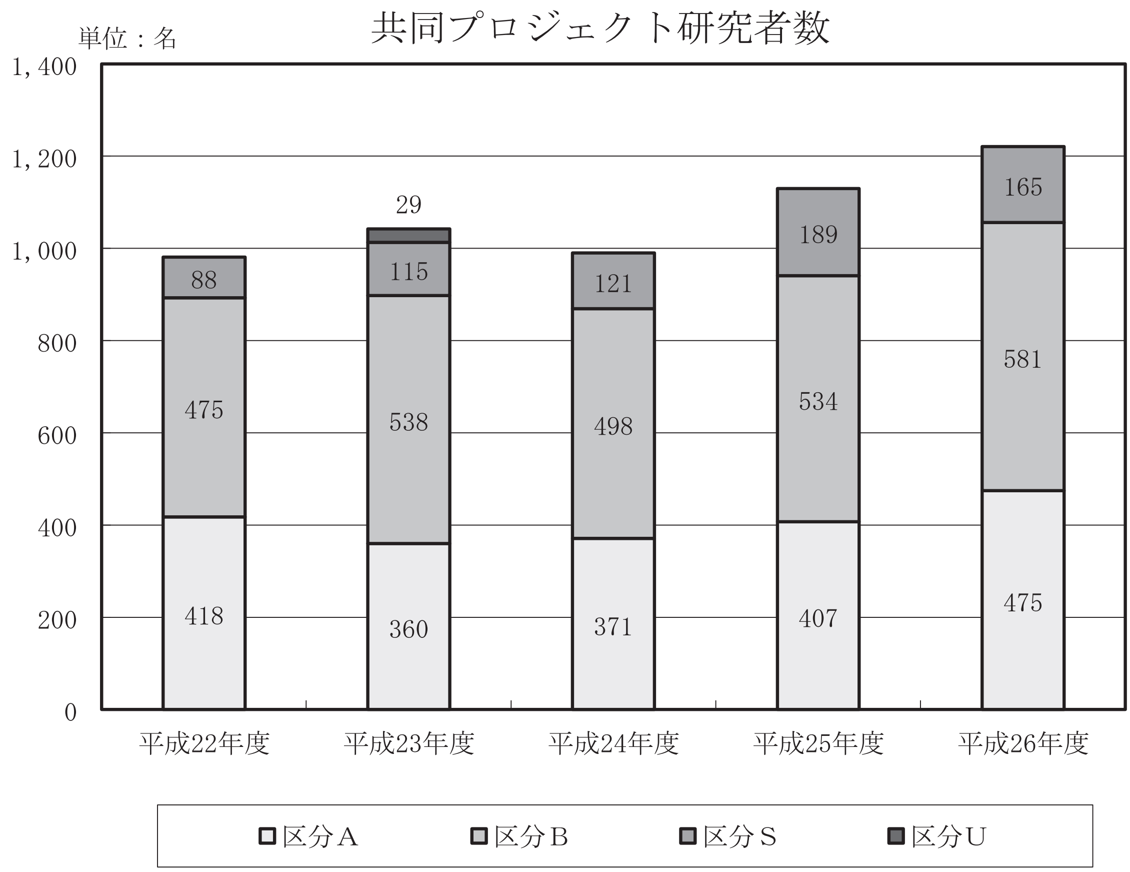
区　　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
区分A	39	34	37	38	52
区分B	28	31	30	30	32
区分S	3	4	4	4	4
区分U		4			
合　　計	70	73	71	72	88

平成２６年度より、多様な共同プロジェクト研究のさらなる発展を推進すべく制度を改定し、従来の研究区分に加え、下記５つの研究タイプを設けました。タイプ別の採択状況は以下のとおりです。

【タイプ別採択件数】（複数選択可）

・大型プロジェクト提案型：６件
・萌芽的研究支援型：２８件
・国際共同研究推進型：２３件
・若手研究者対象型：１４件
・先端的研究推進型：４４件
・その他：３件

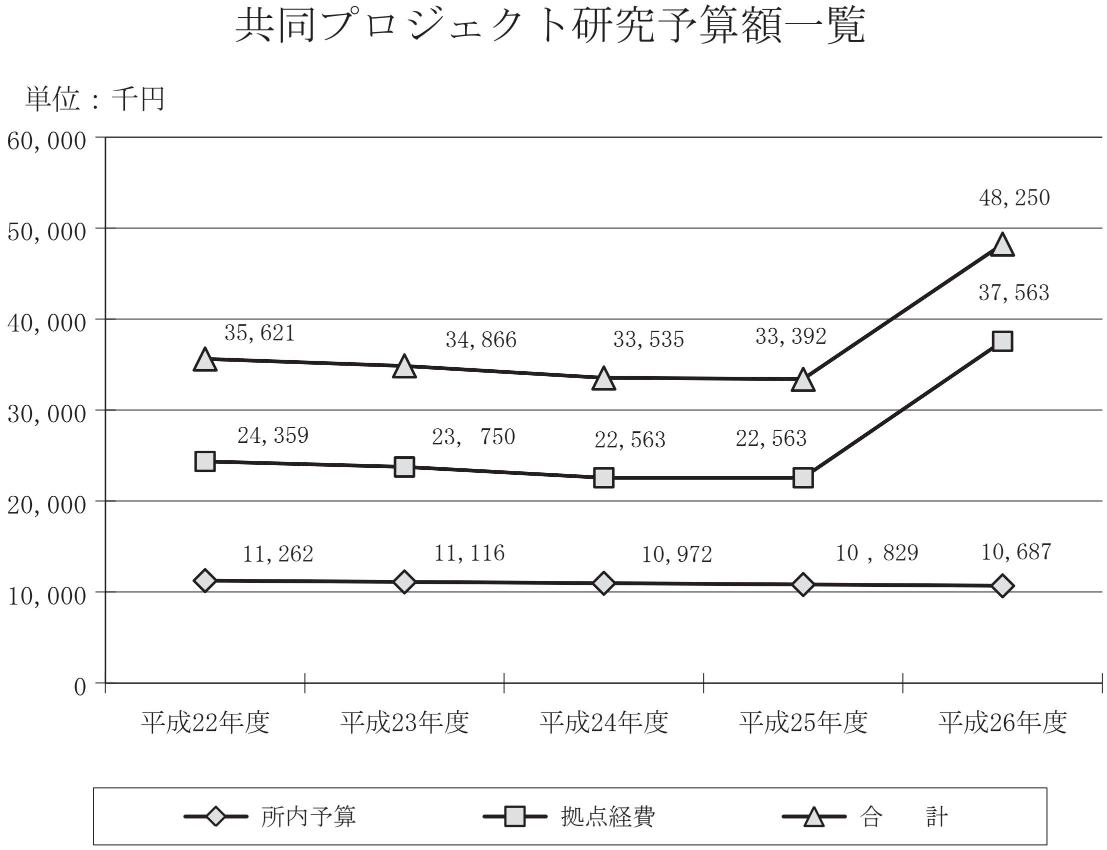
２．共同プロジェクト研究者数



（単位：名）

	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
区分A	418	360	371	407	475
：うち民間	32	21	28	30	26
区分B	475	538	498	534	581
：うち民間	50	64	57	49	48
区分S	88	115	121	189	165
：うち民間	7	8	0	0	0
区分U		29			
：うち民間		5			
計	981	1,042	990	1,130	1,221

３．共同プロジェクト研究予算額



（単位：千円）

区　　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
所内予算	11,262	11,116	10,972	10,829	10,687
拠点経費	24,359	23,750	22,563	22,563	37,563
合　　計	35,621	34,866	33,535	33,392	48,250

4. 共同プロジェクト研究から発展したプロジェクト研究

課題名	財　源	研究期間、代表者等	概　　　要
「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発」	文部科学省：国家課題対応型開発推進事業（未来社会実現のためのＩＣＴ基盤技術の研究開発）（H24-H26年度予算3.45億円）	H24-H28年度（代表：大野英男教授参加者：羽生教授、夏井准教授、金井助教(以上電気通信研究所）、安藤教授、遠藤教授、大兼准教授、永沼助教（以上工学研究科）、松倉教授（原子分子材料科学高等研究機構）、池田教授（国際集積エレクトロニクス研究開発センター）、参加機関　山形大学、京都大学、物質・材料研究機構、宇宙航空研究機構、日本電気、東栄科学産業）	現在のコンピュータシステムに使われているワーキングメモリ（WM）は揮発性のため、待機電力を消費し、災害時の給電停止によりデータが消失し迅速な復帰への障害となる。また今後必要となる20nm以下の素子寸法では、実現のための道筋が明確でなく、さらにソフトエラー等の耐環境性の悪化も懸念される。20nm以下の微細な不揮発性スピントロニクスWMを実現すると、システムの低消費電力性能、停電時のバックアップ性、耐環境性の向上が期待され、停電復帰時のデータ再ロード不要なシステムの構築が可能となる。本研究開発では、情報通信基盤の耐災害性強化に向け、20nm世代以下の不揮発性WMの材料・デバイス基盤技術を構築し、その適用法をシミュレーションで明らかにする。本研究は共同プロジェクト研究「半導体スピントロニクス」(H13-H14年度)から発展した。
「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発 」	文部科学省：国家課題対応型開発推進事業（未来社会実現のためのＩＣＴ基盤技術の研究開発）（H24-H26年度予算2.67億円）	H24-H28年度（代表　村岡　裕明教授　参加者：中村准教授、大堀教授、グリーブス准教授、上野助教、森畑助教、原田研究員(以上、電気通信研究所）菅沼教授、阿部准教授（以上、サイバーセンター）　参加機関　日立製作所、日立ソリューションズ東日本）	東日本大震災において、中小サーバやパソコンから住基情報や医療情報等の重要情報が喪失した。また、長時間の通信途絶によってクラウド系へのアクセスも切断されてストレージ系が長期間使用できない事態があった。これを改善するストレージシステムの耐災害性を高めて、半数の機器損壊でも90%の情報にアクセスできる高可用な（災害時も継続して使用可能な）ストレージ基盤技術を開発する。また、最近の広帯域情報に対応するために情報ストレージシステムの転送速度を5倍に高速化する。
「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」	日本学術振興会：先端研究拠点事業（H24-H26年度予算5.1千万）	H24-H29年度（代表：室田淳一特任教授　参加者：大野教授、庭野教授、池田准教授、中島教授、佐藤教授、櫻庭准教授、木村准教授(以上電気通信研究所）、松倉教授（原子分子機構：WPI）、参加機関東京大学、名古屋大学、IHP・ベルリン工科大学・シュツットガルト大学(以上ドイツ）・IMEC（ベルギー）CNRS－CINaH・CNRS－IM2NP・CNRS－IEF(以上フランス））	世界規模の国際共同研究拠点の形成により、日本単独では困難な高集積原子制御プロセス基盤技術の深耕を国際共同研究により強力に推進するとともに、グローバル化が進む現代の研究開発においてリーダーシップを発揮できる若手人材育成体制を構築する。同時に、世界規模の国際会議・国際ワークショップを各拠点国で企画・開催し、学術論文誌特集号の出版を継続的に行うとともに、本事業のセミナーも同時期に開催し、研究開発資産を集積する体制を構築する。これらの活動を通して、高集積原子制御プロセスの学問的体系化を図り、次世代情報通信の基盤を創出する。 本事業は、以下の４つの共同プロジェクト研究から発展し、提案されたものである。 ・H14/A01「IV族半導体極限ヘテロ構造形成とデバイス応用に関する研究」（H14～H16年度） ・H17／A06「IV族半導体極限ヘテロ構造形成とデバイス高性能化に関する研究」（H17～H19年度） ・H20／A04「IV族半導体高度歪制御ナノ立体構造形成とそのデバイス応用に関する研究」（H20～H22年度） ・H23/A04「高度歪異種原子層配列IV族半導体構造形成とナノデバイスへの応用に関する研究」（H23年度）

課題名	財　源	研究期間、代表者等	概　　要
「グラフェンテラヘルツレーザーの創出」	科学研究費補助金：特別推進研究（H23-H25年度予算　3.28億円）　学外1組織の参画	H23-H28年度 代表：尾辻泰一教授 研究分担者末光教授、末光准教授、佐藤助教（以上電気通信研究所）　国内参加機関：北海道大学、会津大学、国外参加機関：ニューヨーク州立大学バッファロー校、レンセラー工科大学、ロシア科学アカデミーマイクロ構造物理学研究所、同物理工学研究所、同コテルニコフ無線電子工学研究所	新材料グラフェンによる新概念テラヘルツレーザーの創出に関する研究において、電流注入型レーザーにおけるキャリア過冷却効果、ならびに、表面プラズモンポラリトンの利得増強作用を発見した。シリコン基板上に成長させた次世代電子材料グラフェン（GOS）のSi基盤面方位による多機能化（金属性・半導体性の切り分け）に成功した（日経新聞(23.11.16)）。新しい室温発振テラヘルツレーザーの実現へ前進した（特許出願10件(内海外5件））。共同プロジェクト研究課題「グラフェンを利用したテラヘルツ帯光電子デバイスに関する研究」（H21-H23年度）から発展。
「次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信の実現」	日本学術振興会日中韓フォーサイト（A3Foresight）事業（H23-H26年度予算3.3千万円）	H23-H28年度 （代表：鈴木陽一教授 参加者　岩谷准教授、坂本准教授、崔研究員(以上電気通信研究所)伊藤教授(工学研究科)参加機関：北陸先端大学、東北学院大学、NICT	共同プロジェクト研究課題「次世代デジタルコンテンツ流通モデルに関する研究」(H21B10、H21～H23)等を発展させ推進した。次世代ネットワークでは、これまでには伝送できなかったより多くのデータの高速でかつ安全な通信の実現により、単にこれまでのような意味や内容といった情報だけではなく、あたかも本物がそこにあるかのような感覚や相互作用も通信できることが期待される。そこで、多数のマイクロホンで音空間を高精細に収録し、その音空間を再生する多数のスピーカの配置に合わせて最適に再構成する技術開発を目的とし、これにより、人は音の情報だけではなく、音の広がり感、距離感、音源の向きなども時間、空間を超えて伝える臨場感あふれる音空間コミュニケーションの実現をめざしている。
「歩容意図行動モデルに基づいた人物行動解析と心を写す情報環境の構築」	JST-CREST，戦略目標の戦略的創造研究推進事業チーム型研究（総額予算：2.7億円／分担5.6千万円）	H22-H27年度，共同研究者　塩入諭教授，代表：八木康史（大阪大学），参加機関，大阪大学、近畿大学、警察大学校	共同プロジェクト研究課題「人間の機能を取り込んだ革新的新概念による情報通信システム」(H21-H23年度：組織間連携)から発展した「歩容意図行動モデルに基づいた人物行動解析と心を写す情報環境の構築」において、行動として歩行を取り上げ、行動と意図の関係を歩容意図行動モデルとして記述し、映像中の歩行パターン(歩容)から「人の意図や心身状態、人間関係」を読み取る技術 を構築。
「テラヘルツナノサイエンスに関する米国NSF主催日米国際交流研究教育推進事業(PIRE) の発足」	日本学術振興会：先端研究拠点事業(総額予算3千万円)	H22 - H26年度 （グループリーダー：尾辻泰一教授,国内参画機関：阪大、東大等10機関、国外参画機関：ライス大、ニューヨーク州立大バッファロー校）	ナノ・カーボンおよびグラフェンのテラヘルツ科学技術応用を研究課題とする日米共同教育研究プログラム。若手研究者、大学院学生を毎年２～３名を共同研究先の米国大学（ライス大学、ニューヨーク州立大学）に2ヶ月短期派遣。米国からは毎年1名の学部学生を短期滞在受入れ。共同プロジェクト研究課題「グラフェンを利用したテラヘルツ帯光電子デバイスに関する研究」（H21-H23年度）から発展。
「スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステム」	JST-ImPACT（革新的研究開発推進プログラム）（総額予算：10億円）	H26-H28年度 （代表：大野英男教授）参加者：羽生貴弘教授、夏井雅典准教授、望月明准教授、金井駿助教、鈴木大輔助教、鬼沢直哉助教（以上電気通信研究所）、遠藤哲郎教授、村口正和助教（以上工学研究科）松倉文礼教授（原子分子材料科学高等研究機構）、池田正二教授（国際集積エレクトロニクス研究開発センター）、深見俊輔准教授、佐藤英夫准教授（以上省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター）	革新的なスピントロニクス技術を用いてメモリ及び情報処理までを不揮発・超省電力化し、無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器を開発、生活様式を変える革新的省エネ・エコ社会の実現を目指すため、①エナジーハーベスティングで駆動するスピントロニクス集積回路向け材料・素子開発②エナジーハーベスティングで駆動する集積回路向け回路・アーキテクチャ開発③エナジーハーベスティングで駆動する集積回路と300mm集積プロセスの開発　を推進している。本研究の一部は共同プロジェクト研究「半導体スピントロニクス」(H13-H14年度)から発展した。

共同プロジェクト研究

課題名	財　源	研究期間、代表者等	概　　　要
「大自由度を巧みに操り実世界環境下を動き回るロボットの構築」	JST-CREST(戦略目標の戦略的創造研究推進事業チーム型研究（総額予算：3.3億円）	H26-H31年度 （共同研究者：石黒章夫教授、代表機関：広島大学、参加機関：北海道大学、大阪大学）	実世界をしなやかかつタフに動き回るロボットは依然として実現されていない。本プロジェクトは、数学者、生物学者、ロボット工学者そして制御工学者の協働を通して、生物のロコモーションに内在する制御原理を抽出し、これを基にして既存技術では決して達成できないような、タフなロボットの創成を目指している。本プロジェクトの内容は、H24年度・H25年度共同研究プロジェクト(生物ロコモーションに学ぶ大自由度システム制御)における議論を通して提案されたものである。
２２．「二次元プラズモンを利用した超高速近距離テラヘルツ無線用光源・検出デバイスの開発」	総務省-SCOPE（戦略的情報通信研究開発推進制度）（H26年度予算：2.1千万円）	H26年度 (代表：佐藤昭助教 参加者：トンベット・ステファン准教授、末光哲也准教授、尾辻泰一教授（電気通信研究所）　参加機関　理研)	サブTHz～THz帯を利用して100～1000 mの近距離を100 Gbit/s級超高速無線伝送を実現し得る発振・検出デバイスを開発・実証することを目的とする。2Dプラズモン共鳴を動作原理として、プラズモンが有する不安定性や光整流作用を強く発現せしめる独自の二重回折格子ゲート構造を有する発振・検出デバイスの性能向上を推進した。さらに、無線通信システムへの実使用に耐えるモジュール化実装技術を開発した。共同プロジェクト研究課題「半導体ヘテロ接合ナノ構造を利用したテラヘルツ帯プラズマ電子波デバイスの研究」（H18-20年度）から発展。
「人間的判断の実現に向けた新概念脳型LSI創出事業」	文部科学省・平成26年度特別経費（プロジェクト分）～大学の特性を生かした多様な学術研究機能の充実～（H26年度予算：2.9105千万円）	H26-H31年度 (参画者：羽生貴弘教授、石黒章夫教授、佐藤茂雄教授、鈴木陽一教授、塩入諭教授、坂本修一准教授、松宮一道准教授、夏井雅典准教授、秋間学尚助教、鬼沢直哉助教 鈴木大輔助教、加納剛史助教、大脇大助教)	電脳社会と時々刻々複雑に変化する実世界をシームレスに融合する次世代情報処理システムの実現には、ハードウェアとソフトウェアが分離した従来型コンピューティングから脱却した全く新しい情報処理構造と、高速かつ高効率な情報処理アルゴリズムの構築が不可欠である。本事業では、ハード・ソフト融合型処理メカニズムに立脚した新しい集積回路システム「新概念脳型LSI」を世界に先駆けて実現することを目的とする。初年度（H26年度）は視覚情報処理の基本構造を確率論的計算構造（ハード・ソフト融合型処理構造の典型例の１つ）で実現できることを実証するなど、脳型LSI創出事業の一歩を着実に踏み出した。
「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の整備」、文科省「新たにロードマップとして掲載する10計画」	日本学術会議マスタープラン2014（H26-H35年度 総額予算50億）	H26-H35年度 代表：大野英男教授	スピントロニクス学術研究基盤の構築を進め、材料科学および物理学、ストレージ、メモリおよびロジック、量子情報の分野間および研究機関間のネットワークを構築、さらに将来の研究開発を担う人材育成を行う。 本学においてはスピントロニクス研究で世界をリードしており、スピントロニクス共同大学院において教育面も強化されていることから「東北大学スピントロニクス連携推進室」が全学組織として設置された。本件は共同プロジェクト研究S「スピントロニクス学術連携」より発展したものである。
「脳内身体表現の変容機構の理解と制御」	科学研究費助成事業：新学術領域研究（H26-H30年度 総額予算10.59億円）	H26-H30年度 （共同研究者：大脇大助教、石黒章夫教授、代表機関：東京大学、参加機関：旭川医科大学、国際電気通信基礎技術研究所、国立精神・神経医療研究センター、東京農工大学、慶応大学、東邦大学、京都大学、大阪大学、電気通信大学、国立情報学研究所、近畿大学、杏林大学、立命館大学、北陸先端科学技術大学院大学)	本領域では、脳内身体表現の神経機構とその長期的変容メカニズムを明らかにし、リハビリテーション介入へと応用することを目的とする。このため、システムの振る舞いを数理モデルとして整合的に記述できるシステム工学を仲立ちとして脳科学とリハビリテーション医学を融合することを試みる。これにより、運動制御と身体認知を統合的に理解し、真に効果的なリハビリテーション法を確立する「身体性システム科学」なる新たな学問領域の創出を目指す。本プロジェクトの内容は、H25年度・H26年度共同研究プロジェクト(身体性に基づく人間の適応的運動機能の理解)における議論を通して提案されたものである。
「超絶縁性脂質二分子膜に基づくイオン・電子ナノチャネルの創成」	ＪＳＴ－ＣＲＥＳＴ 2億円	H26-H31年度 代表：平野愛弓准教授（医工学研究科） 庭野教授（電気通信研究所） 参加機関 東北大学 山形大学 東京工科大学	安定化脂質二分子膜内にイオンや電子が伝導できるナノスケールチャネルを形成し、それらのナノチャネルの機能を活用した種々の化学・物理センサの構築を目指す。本プロジェクトは平成２４-H26年度、共同プロジェクト研究「人工脂質二分子膜の形成とバイオ情報デバイスへの応用」から発展したプロジェクトである。

第6　国際活動

1．電気通信研究所国際シンポジウム

1	高温超伝導単結晶の固有ジョセフソン効果と THz 帯プラズマ振動	平成 9 年 2 月 23-25 日
2	脳の情報原理に基づくブレインアーキテクチャの設計・制作	平成 10 年 3 月 16-18 日
3	ミリ波革新技術とその応用	平成 10 年 12 月 14-16 日
4	Si エピタキシーとヘテロ構造に関する国際合同会議	平成 11 年 9 月 13-17 日
5	フォトニック結晶構造国際会議	平成 12 年 3 月 8-10 日
6	半導体スピン物性の基礎と応用	平成 12 年 9 月 13-15 日
7	証明と計算における書き換え技法	平成 13 年 10 月 25-27 日
8	非線形理論とその応用	平成 13 年 10 月 28 日 -11 月 1 日
9	ニューパラダイム VLSI コンピューティング	平成 14 年 12 月 12-14 日
10	超高密度スピニックストレージシステム	平成 15 年 10 月 23-24 日
11	第 3 回 SiGeC 国際ワークショップ	平成 16 年 10 月 12-13 日
12	第 3 回高周波マイクロデバイス・材料国際ワークショップ	平成 17 年 4 月 11-12 日
13	第 4 回 Si エピタキシーとヘテロ構造に関する国際会議（ICSI-4）	平成 17 年 5 月 23-26 日
14	第 1 回新Ⅳ族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ	平成 17 年 5 月 27-28 日
15	東北大学情報科学研究科国際シンポジウム　新時代の情報科学：脳、心および社会	平成 17 年 9 月 26-27 日
16	第 1 回スピントロニクス国際ワークショップ	平成 18 年 2 月 8-9 日
17	第 4 回高周波マイクロ磁気デバイス・材料国際ワークショップ	平成 18 年 5 月 8 日
18	第 4 回半導体におけるスピン関連現象の物理と応用に関する国際会議	平成 18 年 8 月 15-18 日
19	第 2 回新Ⅳ族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ	平成 18 年 10 月 2-3 日
20	第 2 回スピントロニクス国際ワークショップ	平成 19 年 2 月 15-16 日
21	日中音響学会議 2007	平成 19 年 6 月 4-6 日
22	アルゴリズム論的学習理論および発見科学に関する合同国際会議	平成 19 年 10 月 1-4 日
23	第 3 回スピントロニクス国際ワークショップ	平成 19 年 10 月 31 日 -11 月 1 日
24	第 3 回新Ⅳ族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ	平成 19 年 11 月 8-9 日
25	第 1 回ナノ構造&ナノエレクトロニクス国際ワークショップ	平成 19 年 11 月 21-22 日
26	第 18 回アルゴリズムと計算に関する国際会議	平成 19 年 12 月 17-19 日
27	気相－液相プラズマに関する学際的国際シンポジウム	平成 20 年 9 月 5-6 日
28	第 4 回新Ⅳ族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ	平成 20 年 9 月 25-27 日
29	第 4 回スピントロニクス国際ワークショップ	平成 20 年 10 月 9-10 日
30	ミリ波シンポジウム	平成 21 年 4 月 20-22 日
31	マルチモーダル知覚に関する通研ミニワークショップ	平成 21 年 4 月 24-25 日
32	第 4 回超高速フォトニックテクノロジーに関する国際シンポジウム	平成 21 年 8 月 4-5 日
33	第 20 回パーソナル、室内、移動体無線通信シンポジウム	平成 21 年 9 月 13-16 日
34	第2回RIEC-CNSIナノエレクトロニクス・スピントロニクス・フォトニクスに関する国際ワークショップ(第5回スピントロニクス国際ワークショップ)	平成 21 年 10 月 22-23 日
35	空間音響の原理と応用に関する国際シンポジウム	平成 21 年 11 月 11-13 日
36	第 5 回新 IV 族半導体ナノエレクトロニクスワークショップ	平成 22 年 1 月 29-30 日
37	第 6 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ	平成 22 年 2 月 5-6 日
38	第 2 回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ	平成 22 年 3 月 11-12 日
39	グラフェンのデバイス応用に関する通研国際シンポジウム	平成 22 年 10 月 27-29 日
40	第 9 回日韓表面ナノ構造シンポジウム	平成 22 年 11 月 15-16 日
41	第 7 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ	平成 23 年 2 月 3-4 日
42	第 12 回国際多感覚研究フォーラム	平成 23 年 10 月 17-20 日
43	第 8 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ	平成 24 年 2 月 2-3 日
44	第 6 回国際シンポジウム　メディカル・バイオ・ナノエレクトロニクス	平成 24 年 3 月 8 日
45	第 3 回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ	平成 24 年 3 月 21-22 日
46	第 9 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ	平成 24 年 5 月 31 日 -6 月 2 日
47	第 1 回スマートテクノロジ国際ワークショップ	平成 24 年 10 月 18-19 日
48	TU Dresden and Tohoku University Symposium 2012	平成 24 年 11 月 2 日
49	第 1 回脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウム	平成 24 年 11 月 15-16 日
50	東北大学－ハーバード大学ジョイントワークショップ	平成 25 年 1 月 15-16 日
51	第 11 回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ	平成 25 年 1 月 31 日 -2 月 1 日
52	メディカル・バイオ・ナノエレクトロニクス第 7 回国際シンポジウム	平成 25 年 3 月 7 日
53	第 6 回ミリ波シンポジウム	平成 25 年 4 月 22-23 日
54	第 2 回脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウム	平成 26 年 2 月 21-22 日
55	メディカル・バイオ・エレクトロニクス第 8 回国際シンポジウム	平成 26 年 3 月 6-7 日
56	第 5 回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ	平成 26 年 3 月 6-7 日

57	第12回RIECスピントロニクス国際ワークショップ	平成26年6月25-27日
58	電子レンジマグネティック2014に関するIEEE国際会議	平成26年6月29日-7月2日
59	RIEC国際シンポジウム　知覚とコミュニケーション	平成26年7月24日
60	2014アジア太平洋マイクロ波会議	平成26年11月4-7日
61	脳機能と脳コンピュータに関する第3回RIEC国際シンポジウム	平成27年2月18-19日
62	ブレインウェアLSIに関する国際シンポジウム	平成27年3月2-3日
63	第9回メディカル・バイオ・ナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウム	平成27年3月2-4日
64	第6回ナノ構造とエレクトロニクスに関する国際ワークショップ	平成27年3月2-4日
65	RIEC国際シンポジウム　ビジョンと認知	平成27年3月20日

2. 本研究所教員が編集委員をしている国際ジャーナル

1. Acoustical Science and Technology
2. Advanced Robotics
3. Applied Intelligence
4. Chinese Journal of Acoustics
5. Frontiers in Virtual Environments (a section of Frontiers in Robotics and AI)
6. IEEE Magnetics Letter
7. IEICE Electronics Express
8. International Journal of Distributed Sensor Networks (IJDSN)
9. International Journal of Energy, Information and Communication
10. Japanese Journal of Applied Physics
11. IET Nicrowaves, Antenna & Propagation
12. Journal of Magnetics, Korean Magnetics Society
13. Journal of SPIN
14. Nature Communications
15. Neural Networks
16. Nonlinear Theory and Its Applications, ZEZCE
17. NPG Asia Materials
18. Optical Fiber Technology
19. Optical Review
20. Scientific Reports
21. The Journal of Computer Animation and Virtual Worlds (John Wiley & Sons, Inc.)

3. 本研究所教員が組織委員をつとめた最近の国際会議

1. 14th European Conference Physics of Magnetism 2014 (PM’14)
2. 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014)
3. ACM Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2014)
4. ACM SIGGRAPH Asia
5. ACM SIGGRAPH Asia 2014:
   The 7th SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia 2014
6. ACM SIGGRAPH Asia 2015:
   The 8th SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia 2015
7. ACM Symposium on Satial User Interfaces (SUI 2014)
8. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2014)
9. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)

10. APMC: Asia-Pacific Microwave Conference
11. Asia-Pacific Conference on Vision (APCV) 2015
12. Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD)
13. EUMC (European Microwave Conference)
14. Eurographics Workshop on Virtual Environment (EGVE)
15. European Conference on Optical Communication (ECOC)
16. European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC)
17. IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2015)
18. IEEE International Microwave Symposium (IEEE IMS)
19. IEEE International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems
20. IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic
21. IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)
22. IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI 2014)
23. IEEE/WIA/ACM International Joint Conference of Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies (WI-IAT2015)
24. IFIP (International Federation for Information Processing)TC-13 (Human-Computer Interaction)
25. INTERMAG
26. International Conference Industrial & Eingineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems (IEA/AIE-2015)
27. International Conference on Artificial Reality and Tele-existence (ICAT)
28. International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (EDISON)
29. International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM)
30. International Conference on Recent Progress in Graphene Research (RPGR)
31. International Conference on Superlattices, Nanostructures and Nanodevices (ICSNN)
32. International Conferences on Modern Materials & Technologies (CIMTEC)
33. International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS)
34. Magnetism and Magnetic Materials(MMM)
35. Opto-Electronics and Communications Conference (OECC)
36. SPIE International Conference on Defense, Security, and Sensing
37. Spintronics Workshop on LSI
38. Technical Committee of Multiple-Valued Logic, IEEE Computer Society
39. The Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP-2014)
40. The25th IEEE Semiconductor Laser Conference (ISLC)2016
41. Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM)

4．国際学会における招待講演数

区分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
招待講演数	97	79	100	89	106

5．国際共同研究の実施状況

	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
実施状況(件数)	36	31	39	46	52

6．国際共同研究一覧

相手国	研究機関名	研究課題名	期　間	研究室
ロシア	RFBR	JSPS（二国間交流事業）グラフェンオンシリコン：シリコン基板上炭化ケイ素ヘテロエピと高品質グラフェン成長	2013.4.1～2015.3.31	末光研
ドイツ	フリッツハーバー研究所	グラフェンのエピ成長とバンド分散関係	2014.4.1～2015.3.31	末光研
米国	MIT	将来の大学間協定を見据えた東北大学電気通信研究所－MIT 電子工学研究所国際共同研究プロジェクト(RIEC-RLE Project)	2010～2015	中沢研
ロシア	St.Petersburg Electrotechnical University	ハイブリッドセミコンダクタ回路技術とその応用	2014.4～2015.3	末松研
ザンビア	Zambia University	ダイレクトディジタル RF 変復調技術の研究	2014.4～2015.3	末松研
米国	ニューヨーク州立大学バッファロー校　レンセラー工科大学 ライス大学	テラヘルツ・ナノエレクトロニクス材料科学に関する日米共同教育研究事業	2014.4.1～2015.3.31	尾辻研
米国	MIT	化合物半導体極限高性能トランジスタ技術に関する共同研究	2014.4.1～2015.3.31	尾辻研

相手国	研究機関名	研究課題名	期　間	研究室
米国	レンセラー工科大学	テラヘルツプラズモニックテラヘルツデバイスに関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
フランス	CNRS-Montpellier Univ. Univ. Savoir IEMN	テラヘルツ帯プラズモニック・ナノＩＣＴデバイスを利用した無線通信技術に関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
フランス	IEMN-Lille（フランス国立マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジー研究所）	テラヘルツ帯プラズモニック・ナノＩＣＴデバイスを利用した無線通信技術に関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
ロシア	ロシア科学アカデミーコテルニコフ無線電子技術研究所	JSPS（二国間交流事業）周期的グラフェンナノ構造におけるテラヘルツ・プラズモニック超放射	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
ロシア	バウマンモスクワ州立工科大学	テラヘルツフォトニクスに関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
ロシア	ロシア科学アカデミーモスクワ物理工学研究所	グラフェンテラヘルツプラズモニックデバイスに関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
ロシア	ロシア科学アカデミーマイクロ構造物理学研究所	グラフェンを中心とする二次元ヘテロ構造デバイスのテラヘルツレーザー応用に関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
スペイン	サラマンカ大学	半導体プラズモニックナノ構造におけるテラヘルツ放射・検出技術に関する共同研究	2014.4.1～ 2015.3.31	尾辻研
中国	中国科学院	JSPS（日中韓フォーサイト）「次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信の実現」	2011.8.1～ 2016.7.31	鈴木研
韓国	ソウル大学	JSPS（日中韓フォーサイト）「次世代ネットワークにおける超臨場感音響相互通信の実現」	2011.8.1～ 2016.7.31	鈴木研
フランス	パリ第５大学	Investigation of spatiotemporal dynamics of visual attention using steady state visual evoked potential	2011～現在	塩入研

国際活動

相手国	研究機関名	研究課題名	期　間	研究室
米国	オハイオ州立大学	Color naming of Japanese	2011～現在	塩入研
台湾	国立交通大学	Color naming of Chinese	2012～現在	塩入研
フランス	University of Lorraine	帰納的定理の決定手続きに関する研究	2013.10～2014.9	外山研
韓国	Incheon National University	JSPS（二国間交流事業）マルチエージェント型マイクログリッドの構築技術	2012.7～2014.6	木下研
カナダ	Univeristy of Calgary	Human-robot interaction	2012～ 現在	北村研
シンガポール	National University of Singapore	・JSPS（二国間交流事業）「デザイン学の手法に基づく３次元インタラクティブ技術の医学教育への応用展開」 ・3D User Interface for Medical Application に関する共同研究	2014～ 現在	北村研
イギリス	University of Bristol	Dynamic Photo Visualization	2011～ 現在	北村研
フランス	INRIA	Haptic User Interface	2013～ 現在	北村研
ドイツ	高性能マイクロエレクトロニクスセンター(IHP)、ベルリン工科大学	原子層ドーピング	1995.10～現在	佐藤研
ポーランド	ポーランド科学アカデミー	強磁性半導体の電界制御、半導体量子細線における電子伝導	1999.1～現在	大野研
ドイツ	マックスプランク研究所・ゲーテ大学	極微細 GaAs/AlGaAs ホールセンサ	2008.2～現在	大野研
イギリス	ヨーク大学	顕微カー回転による半導体へのスピン注入の光イメージング	2009.4～現在	大野研
スイス	IBM 研究所	半導体量子井戸構造におけるスピン軌道相互作用に関する研究	2008.2～現在	大野研
米国	コロンビア大学	強磁性半導体のミューオン・スピン緩和測定	2005.9～現在	大野研
オーストラリア	シドニー大学	磁性半導体の原子プローブ解析	2008.1～現在	大野研

相手国	研究機関名	研究課題名	期　間	研究室
ドイツ	レーゲンスブルク大学	低次元強磁性半導体素子の輸送特性	2009.2～現在	大野研
フランス	仏国立科学研究センター	垂直異方性を持つ強磁性薄膜の電界効果	2009.7～現在	大野研
米国	フロリダ州立大学	高感度微細ホールセンサ	2002.2～現在	大野研
米国	ニューヨーク大学	高感度微細 InAs/AlSb ホールセンサ	2008.1～現在	大野研
フランス	パリ南大学	トンネル磁気抵抗素子におけるサブナノ秒での磁化反転ダイナミクスに関する研究	2007.1～現在	大野研
米国	カリフォルニア大学デービス校	CoFeB/MgO 電界効果素子の硬 X 線光電子分光	2009.4～現在	大野研
ドイツ	ヨハネス・グーテンベルグ大学	トンネル磁気抵抗素子の硬 X 線光電子分光による構造解析	2010.4～現在	大野研
米国	米国立標準技術研究所(NIST)	CoFeB/MgO/CoFeB トンネル磁気抵抗素子のノイズ解析	2010.4～現在	大野研
スウェーデン	グーテンベルグ大学	CoFeB/MgO 積層構造における発振現象の解析	2013.4～現在	大野研
インド	インド工科大学	高感度微細ホールセンサを用いた微細磁性体の基礎物性評価	2014.11.1～現在	大野研
シンガポール	南洋理工大学	CoFeB/MgO 積層構造の強磁性共鳴現象に関する研究	2014.4～現在	大野研
フランス	パリ南大学	ボルツマンの輸送方程式を用いた強磁性積層構造における電気伝導の数値解析	2014.4～現在	大野研
米国	アルゴンヌ国立研究所	シンクロトロン放射光を用いたナノ構造の物性評価	2014.4～2015.3	庭野研
カナダ	McGill University	Gabor filter based on stochastic computation	2014.7.1～現在	松宮准教授

国際活動

相手国	研究機関名	研究課題名	期　間	研究室
カナダ	McGill 大学	Stochastic computation for Brainware LSI	2014.4～現在	羽生研
フランス	南ロリアン大学	Neural network based low-power computing	2014.11～現在	羽生研
カナダ	トロント大学	Power management for low-powerLSI	2014.4～現在	羽生研
米国	Tufts University	イモムシのロコモーションに内在する自律分散制御則の解明	2013.12～現在	石黒研
スイス	EPFL	哺乳類や両生類などの動物ロコモーションに内在する自律分散制御則の解明	2015.3～現在	石黒研

７．外国人研究者の招へい状況

区分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
文部科学省事業	0	0	7	9	4
日本学術振興会事業	1	39	16	8	6
当該法人による事業	13	11	37	39	51
その他	15	3	19	56	37
計	29	53	79	112	98
地域別内訳					
①アジア	5	20	29	35	23
②北米	10	15	25	18	19
③中南米	0	0	0	0	1
④ヨーロッパ	13	15	23	51	52
⑤オセアニア	1	2	1	7	1
⑥中東	0	1	1	0	1
⑦アフリカ	0	0	0	1	1
計	29	53	79	112	98
滞在期間別内訳					
１月以上滞在	0	5	1	17	21
１週間以上１月未満	6	23	23	18	15
１週間未満	23	25	55	77	62
計	29	53	79	112	98

８．研究者の海外派遣状況

区分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
文部科学省事業	8	11	1	2	22
日本学術振興会事業	91	131	150	49	120
当該法人による事業	20	40	17	21	38
その他	100	93	192	166	89
計	219	275	360	238	269
地域別内訳 ①アジア	46	84	84	36	30
②北米	82	99	133	89	115
③中南米	0	2	0	2	3
④ヨーロッパ	77	85	132	104	114
⑤オセアニア	8	3	5	2	4
⑥中東	4	2	6	4	1
⑦アフリカ	2	0	0	1	2
計	219	275	360	238	269

9．国際学術交流協定一覧

1）部局間協定

代表者	協定校		協定締結年月日	研究課題/目標	協定の主な内容					更新状況
	国名	研究機関名			学生の交流	刊行物の交換	研究指導	共同研究の実施	教官等の交流	
教授 津屋　昇	ポーランド	ポーランド 科学アカデミー 物理研究所	1976.8.3	磁性体における磁性弾性結合に関する研究		○	○	○	○	継続
教授 沢田康次	アメリカ	シカゴ大学 ジェームス･フランク研究所	1987.4.27	カオスと乱流		○		○	○	失効
教授 曽根敏夫	タイ	チュラロンコン大学 理学部	1987.4.28	都市騒音の実態と住民への影響に関する計測と評価の国際比較による研究		○		○	○	失効
教授 白鳥則郎	中国	ハルピン工業大学 計算機科学工程系	1987.6.15	計算機ネットワーク構築に関する研究		○		○	○	失効
教授 水野皓司	イギリス	ロンドン大学 クイーンメアリー･ウェストフィールドカレッジ	1990.4.3	サブミリメートル波の測定に関する研究		○		○	○	失効
教授 白鳥則郎	中国	深圳大学科研処	1987.6.15	計算機ネットワーク構築に関する研究		○		○	○	失効
教授 白鳥則郎	韓国	成均館大学 情報通信技術研究所	1995.9.13	ユーザインタフェースとエージェントの知的化		○		○	○	失効
教授 山下　努	オランダ	トウェンテ大学 応用物理学部 材料科学研究所	1998.1.27	超伝導材料と電子素子に関する研究	○	○		○	○	失効
教授 山下　努	ロシア	ロシア科学アカデミー通信電子工学研究所	1998.2.23	超伝電子通信デバイスの研究	○	○		○	○	失効
教授 山下　努	中国	南京大学 電子科学技術系	1998.4.16	超伝導ミリ波･サブミリ波デバイスの研究	○	○		○	○	失効
教授 中島康治	韓国	大邱大学校 情報通信工学部	1998.11.6	ニューラルネットワークと知的情報処理に関する研究	○	○		○	○	失効
教授 室田淳一	ドイツ	アイエイチピー（IHP）	2000.1.22	IV族半導体極限ヘテロ構造形成プロセスに関する研究		○		○	○	継続
教授 室田淳一	フランス	国立科学研究所 マルセイユナノサイエンス学際センター	2005.10.24	半導体表面・界面制御結晶成長の基礎と応用の研究		○		○	○	継続

教授 大野英男	中国	中国科学院 半導体研究所	2007.4.12	半導体と半導体素子およびスピントロニクスの基礎と応用の研究		○		○	○	継続
教授 加藤修三	アメリカ	ラトガース大学ワイヤレスネットワーク研究所（WINLAB）	2009.12.9	超高速屋内ブロードバンド無線通信システムの研究	○			○	○	継続
教授 室田淳一	スペイン	ビゴ大学	2011.2.25	電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設をナノエレクトロニクス国際共同拠点としていく	○	○		○	○	継続
教授 室田淳一	アメリカ	ニューヨーク州立大学､ナノスクール科学技術カレッジ	2011.9.30	電気通信研究所付属ナノ・スピン実験施設をナノエレクトロニクス国際共同拠点としていく	○	○				継続
教授 大野英男	台湾	国立中山大学物理系	2013.5.8	共同研究を促進し、学生・教職員の交流を活発に行う		○		○	○	継続
教授 尾辻泰一	ロシア	バウマン･モスクワ国立工科大学　フォトニクス･赤外工学研究教育センターおよび無線電子工学･レーザー工学研究所	2014.6.26	新材料として注目されているグラフェンおよび化合物半導体を中心とする半導体へテロエピタキシャル材料システムによるテラヘルツ機能デバイス応用の研究を大きく前進させる。	○	○		○	○	新規
教授 中沢正隆	アメリカ	マサチューセッツ工科大学電子工学研究所およびマイクロシステム技術研究所	2015.1.9	・フォトニクス分野から ICT、メカニクス、マテリアル、メディカルエレクトロニクスに至る工学、理学、医工学分野における、本学･MIT の複数の部局にまたがる国際共同研究の推進 ・大学院生および若手研究者を中心とした相互訪問による人的交流の活性化	○	○		○	○	新規

2）大学間協定

代表者	国名	協定校	協定締結年月日	目標	協定締結のねらい					更新状況
					共同研究の促進	学生・教職員交流	国際貢献	地域連携	その他	
教授 大野英男	アメリカ	カリフォルニア大学サンタバーバラ校	1990.3.15	ナノエレクトロニクス・スピントロニクス分野および先端材料分野において国際共同研究を推進する	○	○				継続
教授 村岡裕明	イギリス	ヨーク大学	2004.6.7	文化、教育及び科学技術上の交流の促進	○	○	○			継続
教授 伊藤弘昌	ドイツ	ドレスデン工科大学	2006.6.26	共同研究を促進し、学生・教職員の交流を活発に行う	○	○				継続
教授 室田淳一	ドイツ	ベルリン工科大学	2009.8.26	共同研究を促進し、学生・教職員の交流を積極的に行う	○	○	○			継続
教授 白鳥則郎 鈴木陽一	台湾	国立清華大学	2009.12.2	毎年数名の教員・学生の相互訪問により、共同研究を促進する	○	○				継続
教授 大野英男	アメリカ	ハーバード大学	2010.7.22	共同研究を推進し、教職員の交流を積極的に行う	○	○				継続
教授 大野英男	ドイツ	カイザースラウテルン工科大学	2012.2.1	・磁気工学・スピントロニクス分野において国際共同研究を推進する ・サマースクール等の開催により学生・若手研究者の交流を活発にする	○	○				継続
教授 大野英男	ドイツ	ヨハネスグーテンベルグ大学	2012.2.6	・磁気工学・スピントロニクス分野において国際共同研究を推進する ・サマースクール等の開催により学生・若手研究者の交流を活発にする	○	○				継続

第７　社会貢献

１．東北大学電気・情報　東京フォーラム、仙台フォーラム参加者数

年度	22 年度 仙台	23 年度 東京	24 年度 仙台	25 年度 東京	26 年度 仙台
技術セミナー	—	255	—	186	—
講演会	162	267	203	246	171
〈外部〉	100	182	133	134	120
〈内部〉	62	85	70	112	51
来場者数	162	342	203	269	171

２．通研一般公開参加者数

	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
参加者数	1,241	1,976	812	1,975	803

※　23・25 年度は片平まつりと同時開催、22 年度ははやぶさ展示

３．学会名誉会員及びフェローの状況

区　　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
国際学会 フェロー	6	6	7	8	8
国内学会 フェロー	8	8	8	9	11
計	14	14	15	17	19

4．学会名誉会員及びフェロー一覧

国際学会

学　　会　　名	氏　　名
IEEE	中　沢　正　隆
IEEE	村　岡　裕　明
IEEE	加　藤　修　三
IEEE	尾　辻　泰　一
OSA	中　沢　正　隆
米国物理学会	大　野　英　男
米国音響学会	鈴　木　陽　一
英国物理学会評議会	大　野　英　男

※　IEEE = The Institute of Electrical and Electronics Engineers
　　OSA = Optical Society of America

国内学会

学　　会　　名	氏　　名
電子情報通信学会	中　沢　正　隆
電子情報通信学会	加　藤　修　三
電子情報通信学会	鈴　木　陽　一
電子情報通信学会	中　島　康　治
応用物理学会	大　野　英　男
応用物理学会	庭　野　道　夫
応用物理学会	中　沢　正　隆
日本ソフトウェア学会	大　堀　　　淳
日本バーチャルリアリティ学会	鈴　木　陽　一
日本バーチャルリアリティ学会	北　村　喜　文
ソフトウエア科学会	外　山　芳　人

5．学会役員の状況

区　　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
国際学会役員	3	4	5	4	4
国内学会役員	10	12	13	10	13
計	13	16	18	14	17

※会長、理事、評議員等

6．学会役員一覧

国際学会（2014）

学　会　名	役　職　名	任　期	氏　名
IEEE Microwave Theory and Techniques Society	Japan Chapter Chair	2013～2014	末松　憲治
IEEE Photonics Society	Board of Governors	2013～2015	中沢　正隆
IEEE Magnetic Society	Fellow evaluation committee	2014～2016	村岡　裕明
IEEE CS-MVL	TC chair	2014～現在	羽生　貴弘

国内学会（2014）

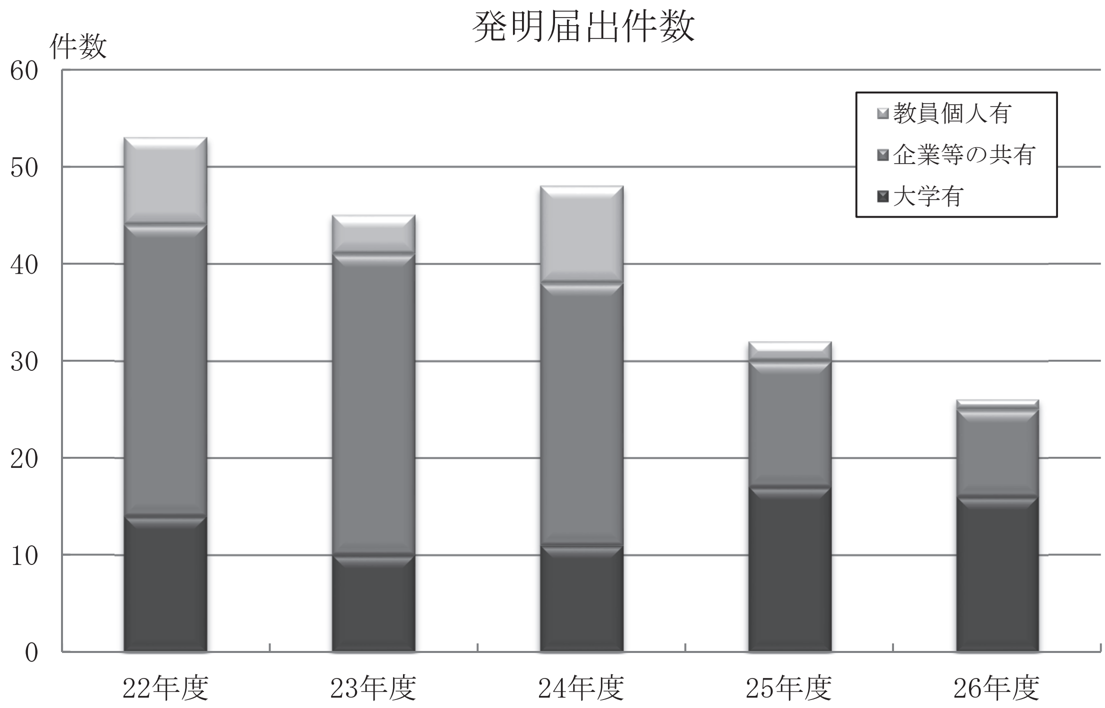
学　会　名	役　職　名	任　期	氏　名
超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム	会　長	2012～現在	鈴木　陽一
日本神経回路学会	理　事	2011～現在	庭野　道夫
日本神経回路学会	理　事	2013～現在	佐藤　茂雄
日本音響学会	理　事・出版委員長	2007～2010 2013～現在	鈴木　陽一
情報処理学会	理　事	2012～2014	木下　哲男
日本バーチャルリアリティ学会	評議員	2005～現在	鈴木　陽一
日本バーチャルリアリティ学会	評議員	2012～現在	北村　喜文
日本音響学会	評議員	2011～現在	坂本　修一
ヒューマンインターフェース学会	評議員	2007～現在	北村　喜文
日本ソフトウエア科学会	評議員	2004～現在	大堀　　淳
日本磁気学会	顧　問	2014～2015	村岡　裕明
APCV2014	実行委員長	2013～2014	塩入　　諭
電気学会	基礎・材料・共通部門役員	2007～現在	石山　和志

7．各省庁、地方自治体、公益法人、学協会等への貢献

区　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
文部科学省関連	26	30	21	33	21
他省庁	13	13	14	19	15
地方公共団体	2	6	3	1	3
財団、学会	19	20	17	22	16
その他	57	47	57	66	64
計	117	116	112	141	119

第８　産学連携

１．発明届出件数、特許出願数、特許登録数



区　　分	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
発明届出件数	53	45	48	32	27
教員個人有	9	4	10	2	1
企業等の共有	30	31	27	13	9
大学有	14	10	11	17	16
国内出願数	40	56	46	33	25
国内登録数	12	14	18	22	21
外国出願数 （含む PCT 出願数）	32	20	9	15	4
外国登録数 （含む PCT 登録数）	12	9	13	7	7

※　平成 26 年度：1 件帰属審査中

2．電気通信研究所における技術的相談、指導件数

区　分	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
技術的相談、指導	13	16	20	58	94

第９　広報活動と情報公開

開催行事

1. 第12回RIECスピントロニクス国際ワークショップ 12th RIEC International Workshop on Spintronics	2014年 6月25日(水)～27日(金)
2. 電子レンジマグネティック2014に関するIEEE国際会議 The IEEE International Conference on Microwave Magnetics 2014	2014年 6 月29日(日)～7月2日(水)
3. RIEC国際シンポジウム　知覚とコミュニケーション RIEC International Symposium on Perception and Communication	2014年7月24日(木)
4. 2014アジア太平洋マイクロ波会議 APMC 2014(2014 Asia-Pacific Microwave Conference)	2014年 11 月4日(火)～11月7日(金)
5. 脳機能と脳コンピュータに関する第3回RIEC国際シンポジウム The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer	2015年2 月18日(水)～19日(木)
6. ブレインウェアLSIに関する国際シンポジウム International Symposium on Brainware LSI	2015年3月2日(月)～3日(火)
7. 第9回メディカル・バイオ・ナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウム The 9th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics	2015年3月2日(月)～4日(水)
8. 第6回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ The 6th International Workshop on Nanostructures and Nanoelectronics	2015年3月2日(月)～4日(水)
9. RIEC国際シンポジウム　ビジョンと認知 RIEC International Symposium on Vision and Cognition	2015年3月20日(金)
10. 電気通信研究所工学研究会	随時
11. 電気通信研究所産学官フォーラム	2014年11月28日(金)
12. 電気通信研究所共同プロジェクト研究発表会	2015年　2月23日(月)

出版物

1. 電気通信研究所要覧（和文・英文）	年1回発行
2. 電気通信研究所研究活動報告（和文･英文）	年1回発行
3. 東北大学電通談話会記録	年2回発行
4. ナノ・スピン実験施設研究報告書	年1回発行
5. 電気通信研究所ニュースレター（RIEC　NEWS）	年3回発行
6. RIEC　Newsletter	年1回発行

その他

1. 電気通信研究所ホームページ	公開中
2. 電気通信研究所総覧Web公開	公開中
3. 電気通信研究所教授会議事録Web公開	公開中

職　員

（平成26年５月１日）

所長（併）／教授	Director, Professor	大　野　英　男	Hideo Ohno

研究部門　Research Divisions

情報デバイス研究部門　Information Devices Division

■ ナノフォトエレクトロニクス研究室　Nano-photoelectronics

教　授	Professor	上　原　洋　一	Yoichi Uehara
教　授（兼）	Professor*	藤　掛　英　夫	Hideo Fujikake
准教授	Associate Professor	片　野　　諭	Satoshi Katano
准教授（兼）	Associate Professor*	石　鍋　隆　宏	Takahiro Ishinabe

■ 量子光情報工学研究室　Quantum-Optical Information Technology

教　授	Professor	枝　松　圭　一	Keiichi Edamatsu
教　授（兼）	Professor*	中　尾　光　之	Mitsuyuki Nakao
准教授	Associate Professor	三　森　康　義	Yasuyoshi Mitsumori
准教授（兼）	Associate Professor*	片　山　統　裕	Norihiro Katayama
研究員	Research Fellow	藪　野　正　裕	Masahiro Yabuno

■ 固体電子工学研究室　Solid State Electronics

教　授	Professor	末　光　眞　希	Maki Suemitsu
客員教授	Visiting Professor	長　澤　弘　幸	Hiroyuki Nagasawa
教　授（兼）	Professor*	鷲　尾　勝　由	Katsuyoshi Washio
准教授	Associate Professor	吹　留　博　一	Hirokazu Fukidome
准教授（兼）	Associate Professor*	小　谷　光　司	Koji Kotani
研究員	Research Fellow	Sai Jiao	Sai Jiao

■ 誘電ナノデバイス研究室　Dielectric Nano-Devices

教　授	Professor	長　　康　雄	Yasuo Cho
教　授（兼）	Professor*	梅　村　晋一郎	Shinichiro Umemura
教　授（兼）	Professor*	小　玉　哲　也	Tetsuya Kodama
准教授（兼）	Associate Professor*	吉　澤　　晋	Shin Yoshizawa
助　教	Assistant Professor	平　永　良　臣	Yoshiomi Hiranaga
助　教	Assistant Professor	山　末　耕　平	Kohei Yamasue
再雇用職員	Technical Staff	我　妻　康　夫	Yasuo Wagatsuma

■ プラズマ電子工学研究室　Plasma Electronics

教　授（兼）	Professor*	安　藤　　晃	Akira Ando
准教授（兼）	Associate Professor*	飯　塚　　哲	Satoru Iizuka
准教授（兼）	Associate Professor*	高　橋　和　貴	Kazunori Takahashi

■ 物性機能設計研究室　Materials Functionality Design

教　授	Professor	白　井　正　文	Masafumi Shirai
教　授（兼）	Professor*	田　中　和　之	Kazuyuki Tanaka
准教授（兼）	Associate Professor*	和　泉　勇　治	Yuji Waizumi
助　教	Assistant Professor	阿　部　和多加	Kazutaka Abe
助　教	Assistant Professor	辻　川　雅　人	Masahito Tsujikawa

ブロードバンド工学研究部門　Broadband Engineering Division

■ 超高速光通信研究室　Ultrahigh-speed Optical Communication

教　授	Professor	中　沢　正　隆	Masataka Nakazawa
教　授（兼）	Professor*	山　田　博　仁	Hirohito Yamada
教　授（兼）	Professor*	松　浦　祐　司	Yuji Matsuura
准教授	Associate Professor	廣　岡　俊　彦	Toshihiko Hirooka
准教授	Associate Professor	吉　田　真　人	Masato Yoshida
准教授（兼）	Associate Professor*	大　寺　康　夫	Yasuo Ohtera
准教授（兼）	Associate Professor*	片　桐　崇　史	Takashi Katagiri
助　教	Assistant Professor	葛　西　恵　介	Keisuke Kasai
研究員	Research Fellow	犬　竹　正　明	Masaaki Inutake

■ 応用量子光学研究室　Applied Quantum Optics

教　授	Professor	八　坂　　洋	Hiroshi Yasaka
助　教	Assistant Professor	横　田　信　英	Nobuhide Yokota

■ 先端ワイヤレス通信技術研究室　Advanced Wireless Information Technology

教　授	Professor	末　松　憲　治	Noriharu Suematsu

准教授	Associate Professor	亀 田 卓	Suguru Kameda
助 教	Assistant Professor	本 良 瑞 樹	Mizuki Motoyoshi

■ 情報ストレージシステム研究室 Information Storage Systems

教 授	Professor	村 岡 裕 明	Hiroaki Muraoka
教 授（兼）	Professor*	周 暁	Xiao Zhou
准教授	Associate Professor	Simon John Greaves	Simon J. Greaves
准教授（兼）	Associate Professor*	伊 藤 健 洋	Takehiro Ito

■ 超ブロードバンド信号処理研究室 Ultra-Broadband Signal Processing

教 授	Professor	尾 辻 泰 一	Taiichi Otsuji
客員教授	Visiting Professor	Victor Ryzhii	Victor Ryzhii
教 授（兼）	Professor*	安 達 文 幸	Fumiyuki Adachi
准教授	Associate Professor	末 光 哲 也	Tetsuya Suemitsu
准教授	Associate Professor	Stephane Albon Boubanga Tombet	Stephane Albon Boubanga Tombet
助 教	Assistant Professor	佐 藤 昭	Akira Sato
助 教	Assistant Professor	鷹 林 将	Susumu Takabayashi
研究員	Research Fellow	Adrian Catalin Dobroiu	Adrian Catalin Dobroiu
研究員	Research Fellow	渡 辺 隆 之	Takayuki Watanabe

■ ブロードバンド通信基盤技術研究室（客員） Basic Technology for Broadband Communication (Visiting Section)

客員准教授	Visiting Associate Professor	廣 畑 貴 文	Atsufumi Hirohata

人間情報システム研究部門 Human Information Systems Division

■ 生体電磁情報研究室 Electromagnetic Bioinformation Engineering

教 授	Professor	石 山 和 志	Kazushi Ishiyama
教 授（兼）	Professor*	一ノ倉 理	Osamu Ichinokura
教 授（兼）	Professor*	山 口 正 洋	Masahiro Yamaguchi
教 授（兼）	Professor*	津 田 理	Makoto Tsuda
教 授（兼）	Professor*	渡 邉 高 志	Takashi Watanabe
准教授	Associate Professor	枦 修一郎	Shuichiro Hashi
准教授（兼）	Associate Professor*	中 村 健 二	Kenji Nakamura
准教授（兼）	Associate Professor*	遠 藤 恭	Yasushi Endo
准教授（兼）	Associate Professor*	宮 城 大 輔	Daisuke Miyagi

■ 先端音情報システム研究室 Advanced Acoustic Information Systems

教 授	Professor	鈴 木 陽 一	Yôiti Suzuki
教 授（兼）	Professor*	金 井 浩	Hiroshi Kanai
教 授（兼）	Professor*	伊 藤 彰 則	Akinori Ito
准教授	Associate Professor	坂 本 修 一	Shuichi Sakamoto
准教授（兼）	Associate Professor*	長谷川 英 之	Hideyuki Hasegawa
准教授（兼）	Associate Professor*	川 下 将 一	Masakazu Kawashita
講 師（兼）	Lecturer*	能 勢 隆	Takashi Nose
助 教	Assistant Professor	大 谷 智 子	Tomoko Ohtani
産学官連携研究員	Research Fellow	Jorge Alberto Treviño López	Jorge Alberto Treviño López
研究員	Research Fellow	崔 正 烈	Zhenglie Cui
再雇用職員	Technical Staff	齋 藤 文 孝	Fumitaka Saito

■ 高次視覚情報システム研究室 Visual Cognition and Systems

教 授	Professor	塩 入 諭	Satoshi Shioiri
教 授（兼）	Professor*	吉 澤 誠	Makoto Yoshizawa
准教授	Associate Professor	栗 木 一 郎	Ichiro Kuriki
准教授（兼）	Associate Professor*	杉 田 典 大	Norihiro Sugita
産学官連携研究員	Research Fellow	羽 鳥 康 裕	Yasuhiro Hatori

■ ユビキタス通信システム研究室 Ubiquitous Communications System

教 授	Professor	加 藤 修 三	Shuzo Kato
教 授（兼）	Professor*	陳 強	Qiang Chen
研究員	Research Fellow	Tuncer Baykas	Tuncer Baykas

■ マルチモーダルコンピューティング研究室（客員） Multimodal Computing (Visitor Section)

客員教授	Visiting Professor	荻 野 俊 郎	Toshio Ogino
客員教授	Visiting Professor	木 村 康 男	Yasuo Kimura
客員教授	Visiting Professor	浅 野 太	Hutoshi Asano
客員教授	Visiting Professor	白 鳥 則 郎	Norio Shiratori
客員准教授	Visiting Associate Professor	西 村 竜 一	Ryuichi Nishimura

職　員

システム・ソフトウェア研究部門　Systems & Software Division

■ ソフトウェア構成研究室　Software Construction

教　授	Professor	大　堀　　淳	Atsushi Ohori
教　授(兼)	Professor*	篠　原　　歩	Ayumi Shinohara
教　授(兼)	Professor*	住　井　英二郎	Eijiro Sumii
助　教	Assistant Professor	上　野　雄　大	Katsuhiro Ueno

■ コンピューティング情報理論研究室　Computing Information Theory

教　授	Professor	外　山　芳　人	Yoshihito Toyama
教　授(兼)	Professor*	静　谷　啓　樹	Hiroki Shizuya
教　授(兼)	Professor*	大　町　真一郎	Shinichiro Omachi
准教授	Associate Professor	青　戸　等　人	Takahito Aoto
准教授(兼)	Associate Professor*	酒　井　正　夫	Masao Sakai
准教授(兼)	Associate Professor*	磯　邉　秀　司	Shuji Isobe
助　教	Assistant Professor	菊　池　健太郎	Kentaro Kikuchi

■ コミュニケーションネットワーク研究室　Communication Network Systems

教　授	Professor	木　下　哲　男	Tetsuo Kinoshita
教　授(兼)	Professor*	斎　藤　浩　海	Hiroumi Saito
教　授(兼)	Professor*	曽　根　秀　昭	Hideaki Sone
教　授(兼)	Professor*	乾　　健太郎	Kentaro Inui
准教授	Associate Professor	北　形　　元	Gen Kitagata
准教授(兼)	Associate Professor*	岡　﨑　直　観	Naoaki Okazaki
准教授(兼)	Associate Professor*	水　木　敬　明	Takaaki Mizuki
准教授(兼)	Associate Professor*	後　藤　秀　昭	Hideaki Goto
助　教	Assistant Professor	高　橋　秀　幸	Hideyuki Takahashi
助　教	Assistant Professor	笹　井　一　人	Kazuto Sasai
研究員	Research Fellow	市　地　　慶	Kei Ichiji

■ 情報コンテンツ研究室　Information Content

教　授	Professor	北　村　喜　文	Yoshifumi Kitamura
教　授(兼)	Professor*	加　藤　　寧	Nei Kato
教　授(兼)	Professor*	菅　沼　拓　夫	Takuo Suganuma
准教授(兼)	Associate Professor*	阿　部　　亨	Toru Abe
准教授(兼)	Associate Professor*	青　木　輝　勝	Terumasa Aoki
准教授(兼)	Associate Professor*	西　山　大　樹	Hiroki Nishiyama
助　教	Assistant Professor	髙　嶋　和　毅	Kazuki Takashima

■ 情報社会構造研究室(客員)　Information Social Structure (Visitor Section)

客員准教授	Visiting Associate Professor	唐　山　英　明	Hideaki Touyama

附属研究施設　Research Facilities

附属ナノ・スピン実験施設　Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics

施設長(併)／教授	Director, Professor	庭　野　道　夫	Michio Niwano

■ 共通部

研究基盤技術センター　技術職員	Technical Staff	森　田　伊　織	Iori Morita
研究員	Research Fellow	西　村　容太郎	Yotaro Nishimura

■ ナノ集積デバイス・プロセス研究室　Nano-Integration Devices and Processing

教　授	Professor	佐　藤　茂　雄	Shigeo Sato
教　授(兼)	Professor*	亀　山　充　隆	Michitaka Kameyama
教　授(兼)	Professor*	須　川　成　利	Shigetoshi Sugawa
准教授	Associate Professor	櫻　庭　政　夫	Masao Sakuraba
准教授(兼)	Associate Professor*	張　山　昌　論	Masanori Hariyama
准教授(兼)	Associate Professor*	黒　田　理　人	Rihito Kuroda
助　教	Assistant Professor	佐　藤　信　之	Nobuyuki Sato
助　教	Assistant Professor	秋　間　学　尚	Hisanao Akima

■ 半導体スピントロニクス研究室　Semiconductor Spintronics

教　授	Professor	大　野　英　男	Hideo Ohno
教　授(兼)	Professor*	佐　橋　政　司	Masashi Sahashi
教　授(兼)	Professor*	松　倉　文　礼	Fumihiro Matsukura
准教授(兼)	Associate Professor*	角　田　匡　清	Masakiyo Tsunoda

准教授（兼）	Associate Professor*	齊藤　伸	Shin Saito
助　教	Assistant Professor	金井　駿	Shun Kanai
産学官連携研究員	Research Fellow	Eli Christopher Inocencio Enobio	Eli Christopher Inocencio Enobio

■ ナノ分子デバイス研究室　Nano-Molecular Devices

教　授	Professor	庭野道夫	Michio Niwano
教　授（兼）	Professor*	吉信達夫	Tatsuo Yoshinobu
教　授（兼）	Professor*	木下賢吾	Kengo Kinoshita
教　授（兼）	Professor*	金子俊郎	Toshiro Kaneko
准教授（兼）	Associate Professor*	平野愛弓	Ayumi Hirano
准教授（兼）	Associate Professor*	大林　武	Takeshi Obayashi
准教授（兼）	Associate Professor*	宮本浩一郎	Koichiro Miyamoto
准教授（兼）	Associate Professor*	神崎　展	Makoto Kanzaki
准教授（兼）	Associate Professor*	加藤俊顕	Toshiaki Kato
助　教	Assistant Professor	馬　騰	Tang Ma

■ ナノスピンメモリ研究室　Nano-Spin Memory

教　授（兼）	Professor*	安藤康夫	Yasuo Ando
教　授（兼）	Professor*	遠藤哲郎	Tetsuo Endoh
教　授（兼）	Professor*	島津武仁	Takehito Shimatsu
准教授	Associate Professor	池田正二	Shoji Ikeda
准教授（兼）	Associate Professor*	大兼幹彦	Mikihiko Oogane

附属ブレインウェア研究開発施設　Laboratory for Brainware Systems

施設長（併）／教授	Director, Professor	羽生貴弘	Takahiro Hanyu

■ 認識・学習システム研究室　Recognition and Learning Systems

教　授（兼）	Professor*	塩入　諭	Satoshi Shioiri
准教授（兼）	Associate Professor*	坂本修一	Shuichi Sakamoto
助　教	Assistant Professor	松宮一道	Kazumichi Matsymiya

■ 知的ナノ集積システム研究室　Intelligent Nano-Integration System

教　授	Professor	中島康治	Koji Nakajima
教　授（兼）	Professor*	川又政征	Masayuki Kawamata
准教授（兼）	Associate Professor*	阿部正英	Masahide Abe
助　教	Assistant Professor	小野美　武	Takeshi Onomi
産学官連携研究員	Research Fellow	矢野雅文	Masafumi Yano

■ 新概念 VLSI システム研究室　New Paradigm VLSI System

教　授	Professor	羽生貴弘	Takahiro Hanyu
教　授（兼）	Professor*	青木孝文	Takafumi Aoki
准教授（兼）	Associate Professor*	本間尚文	Naofumi Homma
助　教	Assistant Professor	夏井雅典	Masanori Natsui

■ 実世界コンピューティング研究室　Real-World Computing

教　授	Professor	石黒章夫	Akio Ishiguro
教　授（兼）	Professor*	松木英敏	Hidetoshi Matsuki
准教授（兼）	Associate Professor*	佐藤文博	Fumihiro Sato
助　教	Assistant Professor	坂本一寛	Kazuhiro Sakamoto
助　教	Assistant Professor	大脇　大	Dai Owaki
助　教	Assistant Professor	加納剛史	Takeshi Kano

附属 21 世紀情報通信研究開発センター　Research Center for 21st Century Information Technology

センター長（併）／教授	Director, Professor	村岡裕明	Hiroaki Muraoka

■ 企画開発部　Project Planning Division

客員教授	Visiting Professor	古西　真	Makoto Furunishi

■ 研究開発部　Technology Development Division

モバイル分野			Mobile Wireless Technology Group
客員教授	Visiting Professor	坪内和夫	Kazuo Tsubouchi
客員教授	Visiting Professor	高木　直	Tadashi Takagi
准教授	Associate Professor	平　明徳	Akinori Taira
ストレージ分野			Storage Technology Group
客員教授	Visiting Professor	松岡　浩	Hiroshi Matsuoka
准教授	Associate Professor	中村隆喜	Takaki Nakamura

職　員

産学官連携研究員	Research Fellow	原　田　正　親	Masachika Harada

安全衛生管理室			Management Office for Safety and Health
室　長（兼）／教授	Manager, Professor	塩　入　　論	Satoshi Shioiri
副室長（兼）／教授	Deputy Manager, Professor	上　原　洋　一	Yoichi Uehara
助　教（兼）	Assistant Professor	佐　藤　信　之	Nobuyuki Sato

共通研究施設　Common Research Facilities

やわらかい情報システムセンター			Flexible Information System Center
センター長（兼）／教授	Director, Professor	木　下　哲　男	Tetsuo Kinoshita
教　授（兼）	Professor*	外　山　芳　人	Yoshihito Toyama
教　授（兼）	Professor*	菅　沼　拓　夫	Takuo Suganuma

研究基盤技術センター			Fundamental Technology Center
センター長（兼）／教授	Director, Professor	上　原　洋　一	Yoichi Uehara
技術専門員（技術長）	Technical Staff	庄　子　康　一	Koichi Shoji

■ 工作部			Machine Shop Division
技術専門職員（グループ長）	Technical Staff	末　永　　保	Tamotsu Suenaga
技術一般職員	Technical Staff	佐　藤　圭　祐	Keisuke Sato
技術一般職員	Technical Staff	阿　部　健　人	Kento Abe
技術一般職員	Technical Staff	前　田　泰　明	Yasuaki Maeda

■ 評価部			Evaluation Division
技術一般職員（グループ長）	Technical Staff	阿　部　真　帆	Maho Abe
技術一般職員	Technical Staff	丹　野　健　徳	Takenori Tanno
再雇用職員	Technical Staff	我　妻　成　人	Shigeto Agatsuma

■ プロセス部			Process Division
技術専門職員（グループ長）（兼）	Technical Staff	末　永　　保	Tamotsu Suenaga
技術一般職員	Technical Staff	森　田　伊　織	Iori Morita
再雇用職員	Technical Staff	我　妻　康　夫	Yasuo Wagatuma
再雇用職員	Technical Staff	寒河江　克　巳	Katsumi Sagae

■ 情報技術部			Information Technology Division
技術専門員（グループ長）（兼）	Technical Staff	庄　子　康　一	Koichi Shoji
技術一般職員	Technical Staff	佐　藤　正　彦	Masahiko Sato
技術一般職員	Technical Staff	丸　山　由　子	Yuko Maruyama
技術一般職員	Technical Staff	太　田　憲　治	Ota Kenji
再雇用職員	Technical Staff	齋　藤　文　孝	Fumitaka Saito

国際化推進室			Office for the Promotion of International Relations
特任教授	Specially Appointed Professor	沼　田　尚　道	Naomichi Numata

産学官連携推進室			Cooperative Research and Development
特任教授	Specially Appointed Professor	荘　司　弘　樹	Hiroki Shoji

共通			
特任教授	Specially Appointed Professor	室　田　淳　一	Junichi Murota

事務部			Administration Office
事務長	General Manager	伊　藤　保　春	Yasuharu Ito
事務長補佐	Deputy-General Manager	田　口　睦　夫	Mutsuo Taguchi
総務係長	Chief of General Affairs Section	大　沼　　崇	Takashi Onuma
研究協力係長	Chief of Research Cooperation Section	山　崎　宏　美	Hiromi Yamazaki
図書係長	Chief of Library Section	菊　地　良　直	Yoshinao Kikuchi
経理係長	Chief of Accounting Section	永　山　博　章	Hiroaki Nagayama
用度係長	Chief of Purchasing Section	松　谷　昭　広	Akihiro Matsuya
機構支援室長	General Manager of Support Division	小　林　正　行	Masayuki Kobayashi

東北大学電気通信研究所
研究活動報告　第 21 号
自己点検評価報告書

2015 年 8 月発行

発　行　者	大　野　英　男
編　集　者	東北大学電気通信研究所総務委員会 〒980-8577　仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号
T　E　L	022-217-5422
F　A　X	022-217-5426
U　R　L	http://www.riec.tohoku.ac.jp/
印　刷　所	株式会社　仙台共同印刷 〒983-0035　仙台市宮城野区日の出町二丁目 4-2 TEL.022(236)7161(代) FAX.022(236)7163