緒　言

昨年（平成14年）3月26日に「国立大学等の独立行政法人化に関する調査検討会議」から最終報告が出されて以来，全国の国立大学は平成16年度に予定されている法人化の嵐に翻弄されています。最終報告では「国立大学法人（仮称）」とすることを骨子とする制度設計の基本方針が示され，本学では，評議会のもとに法人化推進本部が設置され，具体化の検討に入りました。本研究所でも，所内に法人化検討委員会をおいて，全国の動き及び本学全体を横目に視ながら，国立大学法人「東北大学」（仮称）の一部局としての準備を進めております。

一方，調査検討会議の最終報告では「学部，研究科，附置研究所等の研究教育組織は法令（省令）で規定する」とされていたことから，昨年10月，科学技術・学術審議会学術分科会の下に「国立大学附置研究所等特別委員会」が設置され，省令に記載すべき大学附置の研究所について，本年4月まで14回にわたって熱心に議論されました。昨年5月に仙台で開催された全国共同利用研究所長懇談会の座長を努めた関係もあって，私も１委員として特別委員会に加えて頂きました。ここでの論点は，研究所が国立大学に附置される意義や役割，法人化後のあり方，全国共同利用を実施する意義やその活動を推進するための財政措置，研究科と研究所の違いと役割分担などでした。しかし本年2月28日に閣議決定されて国会に上程され，現在審議中の国立大学法人法案では，結局，研究教育組織については法令に規定しないことになりました。その設置改廃は各大学の自主性に任せられることになり，その申し出に基づいて文部科学大臣が中期目標で示すことになっています。このことは，国の関与を減らすと云う点で法人化の趣旨を尊重していますが，一方で，研究所が大学に附置されることについて，新たな懸念も生じております。

法人化が認められますと，これまで附置研究所や全国共同利用の研究所，研究施設の存在を認めてきた法令が無くなり，反面，学外の有識者が大学の運営に参画して大きな影響力を持つようになります。大学の第一義的な設置目的が教育で，研究はそれを支える脇役とされますと，研究所を大学に附置する意義が薄れます。本学のように，最先端の研究活動を通じて教育を行う研究中心大学では，学部・研究科でも教育と同時にかなりの割合で研究を行っており，研究を通じて教育を行う研究所との違いが表面上は見え難くなります。特別委員会の最終報告では，附置研究所は我が国の学術研究の中核的拠点であり，この設置については大学の自主性を超える場合もあるとされておりますので，大学執行部の考え方によっては，研究所の附置を嫌ったり，その意義を軽んじたりする可能性も心配されます。法令で守られなくなると，運営経費や全国共同利用研究経費，大型設備費や維持費など，これまでの研究経費を保障されるのかも心配されています。

このような不安材料の多い中で，本研究所は法人化に向けて着々と準備を進めて参りました。平成6年に全国共同利用研究所として改組されて以来，平成15年度末で満10年を迎えますので，早くから，これを機会に研究組織を見直すこととし，将来計画委員会を置いて将来構想を議論して参りました。議論の中心は，国立大学附置の共同利用研究所の中で情報通信分野における唯一の中核的研究拠点として，次世代・次々世代の情報通信分野にどのように貢献するかです。そのための改組のポイントは，伝統的にハードに強いと云われてきた本研究所の特徴を維持しつつ，ソフ

トやシステム関連の研究を強化して，両者のバランス良い研究体制を実現することです。本研究所では，前回の改組以来，運営協議会を毎年2回開催している他に，外部評価を3回行いました。その都度，とくに学外の有識者から，情報通信に直接関わる分野が少ないことやシステムやソフトに弱いことのご指摘を受けておりましたので，このことを配慮しつつ，急速に展開されている情報通信技術に対し，世界を先導できる研究体制を構築することをとくに念頭におきました。

その結果，設置間もない「二十一世紀情報通信研究開発センター（略称：IT21センター）」は，そのまま，本研究所の成果を5年で実用化する場とし，実験施設は10年で次世代の基盤技術を創りあげ，各研究部門はボトムアップ的基礎研究から20年程度で次の芽を育てる，とそれぞれを位置づけました。そして，幾多の成果を上げて平成15年度で時限を迎える「超高密度・高速知能システム実験施設」を「ナノ・スピン実験施設」と「ブレインウェア実験施設」に分け，現在の「物性機能デバイス」，「コヒーレントウェーブ工学」，「ブレインコンピューティング」の3研究部門24研究分野を，「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研究部門24研究分野に再編します。両実験施設については，ナノ・スピンでは，ハードウェアの基盤技術をさらに究め，ブレインウェアでは，ハードウェアとソフトウェアの融合を図って新たな情報通信デバイスやシステムを構築する新たな基盤技術を確立することにしております。

所望の成果を上げるには大幅な人員増が必要になりますが，現状では大変難しいと思われます。法人化後の改組改編は，人員配置も含め，各大学法人に任せられます。本研究所としては，すぐには文部科学省や学内で認められないとしても，この体制に移行することを法人化後の最初の6年間の中期目標・中期計画に記載し，これに見合った人員増を粘り強く御願いする予定です。

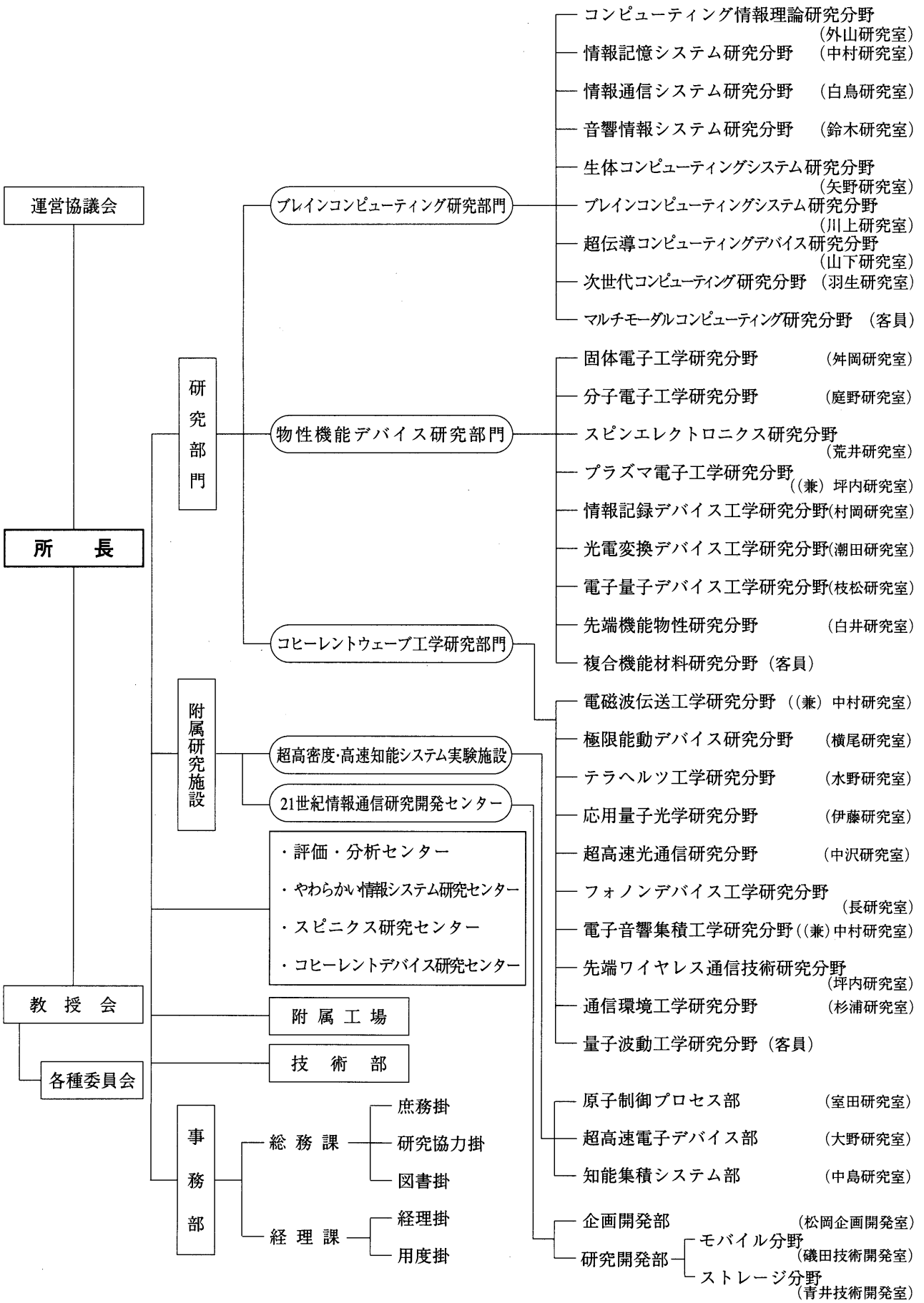
昨年度，本研究所は「e-Japan重点計画」を推進する「ITプログラム」実施機関として認められ，IT21センターでは「次世代モバイルインターネット端末の開発」と「超小型大容量ハードディスクの開発」を，また実験施設では「高機能・超低消費電力メモリの開発」を，の計３プロジェクトを実施しています。「e-Japan 重点計画」は，第２期科学技術基本計画の下，5年以内に我が国を世界最先端のIT国家にすることを目標として総合科学技術会議が定めたものです。これらのプロジェクトは，いずれも本研究所が蓄積してきた知見やノウハウなどの研究ポテンシャルをもとに，本研究所を中心に産学官連携で今まで以上に踏み込んだ研究開発を実践するものです。すでに，世界最先端のLSI設計ツールやプロジェクトに関連する最先端の試作・実装設備，実験設備が着々と整備されており，産学連携で研究開発を行うだけでなく，広く学内外，とくに地元企業にも使って頂くことを予定しております。これらの３プロジェクトに対し，平成14年度末の補正予算では，15年度に予定していた各種設備購入の前倒しのほか，築後20年近くたって老朽化が目立ち，維持費もかかる現スーパークリーン棟に代わる新たなナノ・スピン実験研究棟の建設も認められ，益々，責任の重さを感じております。

本研究所は，今まで通り，工学研究科と情報科学研究科の電気情報系専攻と一致協力して教育と研究に当たり，我が国の情報通新分野の進展に寄与していく所存です。これまで以上のご支援ご鞭撻，及び本活動報告についての忌憚のないご意見を御願い申し上げ，巻頭のご挨拶と致します。

平成15年6月10日

電気通信研究所長　中　村　慶　久

2.1 組　織　図


運営協議会
所　長
教　授　会
各種委員会
研究部門
ブレインコンピューティング研究部門
コンピューティング情報理論研究分野（外山研究室）
情報記憶システム研究分野（中村研究室）
情報通信システム研究分野（白鳥研究室）
音響情報システム研究分野（鈴木研究室）
生体コンピューティングシステム研究分野（矢野研究室）
ブレインコンピューティングシステム研究分野（川上研究室）
超伝導コンピューティングデバイス研究分野（山下研究室）
次世代コンピューティング研究分野（羽生研究室）
マルチモーダルコンピューティング研究分野（客員）
物性機能デバイス研究部門
固体電子工学研究分野（舛岡研究室）
分子電子工学研究分野（庭野研究室）
スピンエレクトロニクス研究分野（荒井研究室）
プラズマ電子工学研究分野（（兼）坪内研究室）
情報記録デバイス工学研究分野(村岡研究室)
光電変換デバイス工学研究分野(潮田研究室)
電子量子デバイス工学研究分野(枝松研究室)
先端機能物性研究分野（白井研究室）
複合機能材料研究分野（客員）
コヒーレントウェーブ工学研究部門
電磁波伝送工学研究分野（（兼）中村研究室）
極限能動デバイス研究分野（横尾研究室）
テラヘルツ工学研究分野（水野研究室）
応用量子光学研究分野（伊藤研究室）
超高速光通信研究分野（中沢研究室）
フォノンデバイス工学研究分野（長研究室）
電子音響集積工学研究分野((兼)中村研究室)
先端ワイヤレス通信技術研究分野（坪内研究室）
通信環境工学研究分野（杉浦研究室）
量子波動工学研究分野（客員）
附属研究施設
超高密度･高速知能システム実験施設
原子制御プロセス部（室田研究室）
超高速電子デバイス部（大野研究室）
知能集積システム部（中島研究室）
21世紀情報通信研究開発センター
企画開発部（松岡企画開発室）
研究開発部
モバイル分野（磯田技術開発室）
ストレージ分野（青井技術開発室）
・評価・分析センター
・やわらかい情報システム研究センター
・スピニクス研究センター
・コヒーレントデバイス研究センター
附属工場
技術部
事務部
総務課
庶務掛
研究協力掛
図書掛
経理課
経理掛
用度掛

2.2　運営協議会名簿

運営協議会は，東北大学電気通信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，研究所の長の諮問に応じ，審議する組織である。

浅井彰二郎（委員長）	㈱日立製作所上席常務
飯島　澄男（委　員）	名城大学教授（理工学部）
石井健一郎（　〃　）	NTTコミュニケーション科学基礎研究所長
岡部　洋一（　〃　）	東京大学教授（大学院工学系研究科）
後藤　俊夫（　〃　）	名古屋大学大学院工学研究科長
塩見　　正（　〃　）	独立行政法人通信総合研究所理事
下澤　楯夫（　〃　）	北海道大学電子科学研究所長
谷口　健一（　〃　）	大阪大学教授（大学院情報科学研究科）
三宅　　誠（　〃　）	NHK放送技術研究所長
横山　直樹（　〃　）	㈱富士通研究所フェロー 兼ナノテクノロジー研究センター長
渡辺　久恒（　〃　）	日本電気㈱執行役員
鈴木　厚人（　〃　）	東北大学大学院理学研究科長
中塚　勝人（　〃　）	東北大学大学院工学研究科長〔第16回〕
宮城　光信（　〃　）	〃　〔第17回〕
猪岡　　光（　〃　）	東北大学大学院情報科学研究科長
井上　明久（　〃　）	東北大学金属材料研究所長
早稲田嘉夫（　〃　）	東北大学多元物質科学研究所長〔第16回〕
中西　八郎（　〃　）	〃　〔第17回〕
根元　義章（　〃　）	東北大学情報シナジーセンター長
宮城　光信（　〃　）	東北大学教授（大学院工学研究科）〔第16回〕
犬竹　正明（　〃　）	〃　〔第17回〕

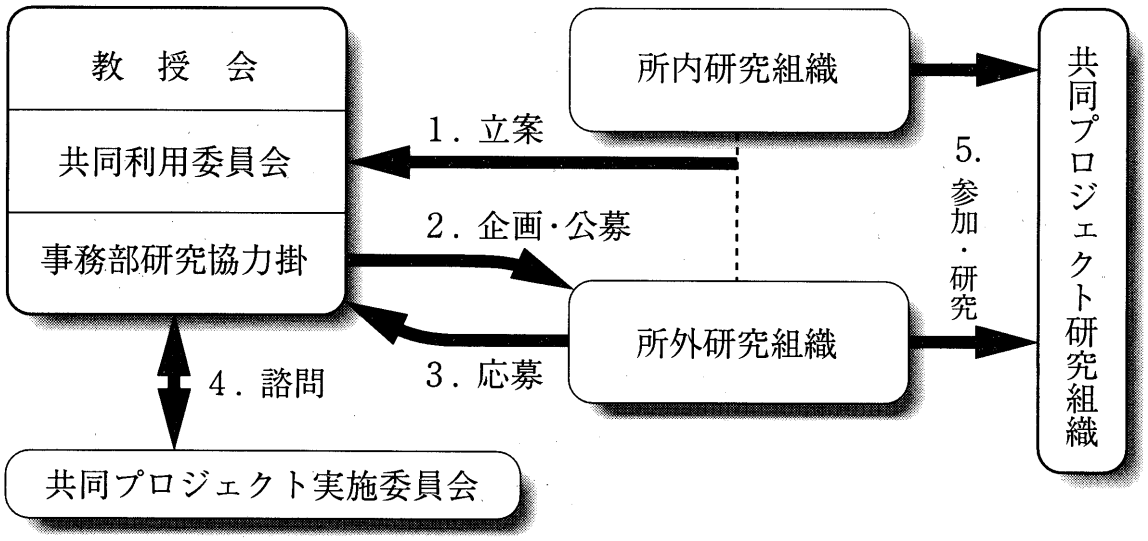
2.3　共同研究組織

本研究所は平成６年に国立大学附置の共同利用研究所に改組され，全国で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，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，半導体プロセス技術，デバイス試作技術，ウルトラクリーン基盤技術など国内外に例を見ない技術を有していた「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」としてさらに設備を充実して発足した。実験施設ではこれらの技術を発展させると共に大規模知能システムの先導的研究開発を目指すことになった。

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取りながら，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所内外から広くご意見を戴き，それを基に「共同プロジェクト研究」を立案する。それを「共同利用委員会」が審査し，課題を企画する。この課題は「事務部研究協力掛」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。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「共同プロジェクト専門委員会」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が承認し，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

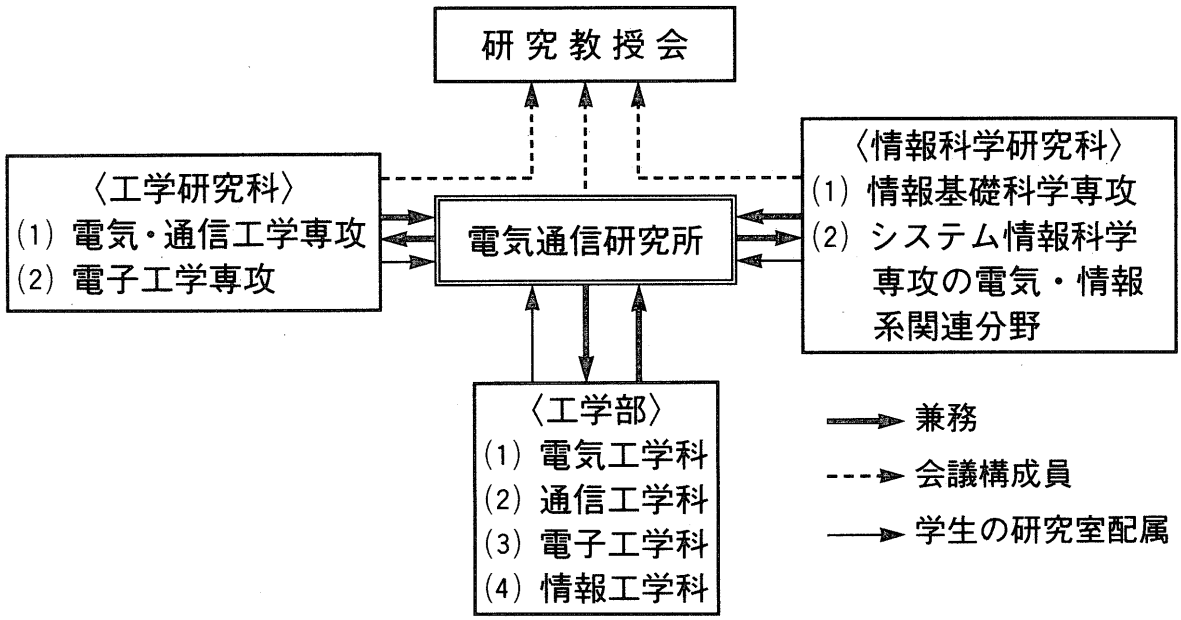
東北大学電気通信研究所（以下，通研と略称）は，発足時から設立母体である電気工学科と協力体制をとり，教育・研究の成果を挙げてきた。その後，通信工学科，電子工学科，情報工学専攻，情報工学科が順次設立されるとともに，「一体運営」の協力関係が堅持されている。

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ある。大学院重点化に伴い，通研教官と大学院の関係は兼担から兼務へ変わり，さらに情報科学研究科の教官は工学研究科を兼務することになっている。その結果，2002年度は，通研の24研究分野のうち9研究分野が工学研究科電気・通信工学専攻に，10研究分野が電子工学専攻に，2研究分野が情報科学研究科情報基礎科学専攻に，3研究分野がシステム情報科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212名，一研究室当たり平均8.8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，全教官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・助教授は全員，学部学生に対する講義を担当し，助手は実験を指導して教育に協力している。一方，電気・情報系の教官も通研兼務であり，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，これにより研究活動が一層活性化されている。通研が電気通信の分野で多くの成果を挙げてきた理由には，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・研究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，大学院に主任会議，電気・情報系4学科に教務委員会があり，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としての重要な一翼をになっている。



3.1 ブレインコンピューティング研究部門の目標と成果

情報化社会を実現するには「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」自由にしかも瞬時に通信できるというバリア・フリーの情報技術が必要である。更に近年では，だれもで，やさしく，安全に安心して通信できることが強く望まれている。

このような情報通信技術を実現するために，人間の優れた柔軟な情報原理を解明し，それに適合したソフトとハードを融合させる技術が必要である。脳の情報処理の特徴は柔軟性と超並列性にあり，それを明らかにするコンピューティング理論や実装するための超並列集積回路技術を発展させ，人の脳に似た超高密度高次知能情報システムを開発することが本部門の目標である。

その実現をめざし，脳の機能を模した脳型コンピュータのための実現ブレインコンピューティングに関する研究と，人にやさしいネットワーク実現のためのヒューマンインタフェイスに関する研究の2点について重点的に研究を進めている。

脳の機能を模したブレインコンピューティングに関する研究では，脳における知的で柔軟な情報処理を可能にするためにシステム自身が「意味付与」できる機構の実現が重要である。そのため，脳の高度に知的な情報処理である概念形成，言語処理，判断，推論等の機能を，脳の神経回路や生体の超並列分散システムを参考に，理論的に体系化し，その成果を基に脳と同等な機能をもつ高次情報処理システムの実現を目指している。

これらの研究に関係しているのは，生体コンピューティングシステム，ブレインコンピューティングシステム，超伝導コンピューティングデバイス，情報記憶システム，次世代コンピューティングの各研究分野である。これらの分野では，

1）実世界の複雑性に対応するために，システム自ら情報を生成しなくてはならない。そのためには帰納的推論を論理体系として整備する必要がある。特に帰納するべき拘束条件を自ら創る機構について解明する研究，

2）人の脳機能の解明をめざし脳神経活動を高精度に計測する手法の研究や，人の脳の優れた情報処理能力を人工的に持たせた大規模で高密度な電子回路による実現に必要な，超低消費電力・超高速動作が可能な超伝導デバイスで実現するための研究，

3）音声や映像を含むマルチメディア情報を高密度大容量に記憶蓄積する人の脳が持つ機能を人工的に実現し，これらをネットワークで結んだ超高速超大容量な並列分散情報ストレージシステムを，超高密度な垂直磁気記録方式で実現する研究，

4）デバイス機能を活用して記憶と演算機能をコンパクトに一体化する回路技術およびデータ転送ボトルネックを解決する基盤技術に関する研究，などが積極的に行われている。その結果，次のような成果を得た。

1）視覚のパターン認識に着目し，予め対象に関する知識がない場合にも物体の位置，大きさ，回転に不変な情報表現方法を発見した。聴覚においても，複雑な3次元を認識する計算論を構築し，音響による定位の問題を大きく前進させた。

2）人間の脳の優れた情報処理機能の電子回路実現に不可欠な，超低消費電力・超高速動作可能な超伝導ジョセフソン素子の開発と脳の神経活動によって発生する極めて微弱な磁気（脳磁界）を検出する超伝導磁気計測デバイスの研究を進めた。

3）60ギガビット/平方インチ（市場のHDDの数倍）以上の記録密度の実用化可能性を実証するとともに，HDDにおける高画質映像信号書込み読出し動作の解析，ビデオサーバシステム高速ネットワーク接続実験などを行った。

4）コンパクトなロジックインメモリVLSIの構成法を提案すると共に，コンパクトな細粒度超並列構造を実現した。さらに，VLSIチップ内の高速モジュール間データ

転送を実現する一手法として，双方向非同期データ転送プロトコルと2色1相2線符号化方式に関する研究開発を行った。

もう一つは，人にやさしいネットワークを実現ためのヒューマンインタフェイスに関する研究である。高度情報化社会を迎え，だれでもがやさしく安全に安心してに参加できるシステムの実現が強く求められている。このためには，やわらかい情報システム，即ち，送られる情報が送り側の意図が容易にくみ取れる情報でなくてはならないし，受け手側も送り手の意図をくみ取ることのできるシステムの実現が必要である。

これらの研究に関連しているのは，コンピューティング情報理論，情報通信システム，音響情報システム，マルチモーダルコンピューティングの各研究分野である。これらの分野では，

1) 人間指向のシステムの実現をめざし，人間とコンピュータなどの機械が協調し調和して共生する高度な情報通信システムを統一的に構成するための方法を確立し，やわらかい情報ネットワークとして構築するための研究，

2) だれでも容易にプログラムを開発できる環境を実現するため，プログラムの仕様を与えるだけで，必要なプログラムを自動的につくってくれるようなソフトウェアの構成原理を明らかにする研究，

3) 人の知覚情報処理系のなかでも最重要な情報処理過程の一つである聴覚系の情報処理過程と，聴覚を含む複数の感覚からなるマルチモーダル情報処理過程を明らかにし，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，快適な音環境の実現する研究，などが積極的に行われている。その結果，次のような成果が得られている。

1) やわらかいネットワーク層とその上で稼動するAPとして利用者指向QoS調整サービス等のプロトタイプを構築し，やわらかさ実現のための新たな知見を得た。更に，ネットワーク情報を実時間かつオンデマンドで可視化・表示する世界最高精度のシステム：JaNIを開発・一般公開しその有効性を示した。

2) 書き換えシステムの新しい停止性判定法，自動証明と組み合わせた新しいプログラム変換手法の提案と実験，関数型プログラムの評価メカニズムの基礎となる正規化戦略，帰納的定理の自動証明法の新しい抽象的枠組み等の成果を得た。

3) 音空間認識過程と，視聴覚における距離知覚マルチモーダル情報処理過程等に関する多くの新知見を得た。また，これらの知見を応用し，著作権保護のためのディジタル音信号用の高精度電子透かしや，視覚障害者のための音空間認識能訓練システム等の開発を行った。

ブレインコンピューティング部門では，以上述べたように情報システムが抱える現在の問題点や将来への方向性を明確にし，より良い情報社会を実現するための科学技術の発展を目指して，様々な観点から研究を進めている。

生命システムは無限定な外部環境に柔軟に対応するために，脳機能を存分に活用している。これらの機能を人工の情報システムが十分に発揮するには，大量の情報を瞬時に記憶したり，予測機能を持たせたり，必要な情報を能動的に獲得することが本質的である。この研究で当初目指した成果を上げるには，まだまだ問題が山積しており，組織の充実を図るとともに，まだかなりの時間が要することは否めない。

ブレインコンピューティング部門としては，これらの研究を確実に進める一方で，各分野が有機的に共同して研究することも不可欠である。更に，現在日本が早急に成し遂げなければならない，情報通信(IT)に関する社会資本充実という課題に対しても，全国共同利用研究所として中心的な役割を果たさなければならないと考えている。

コンピューティング情報理論研究分野

計算と証明の融合によるソフトウェア構成原理

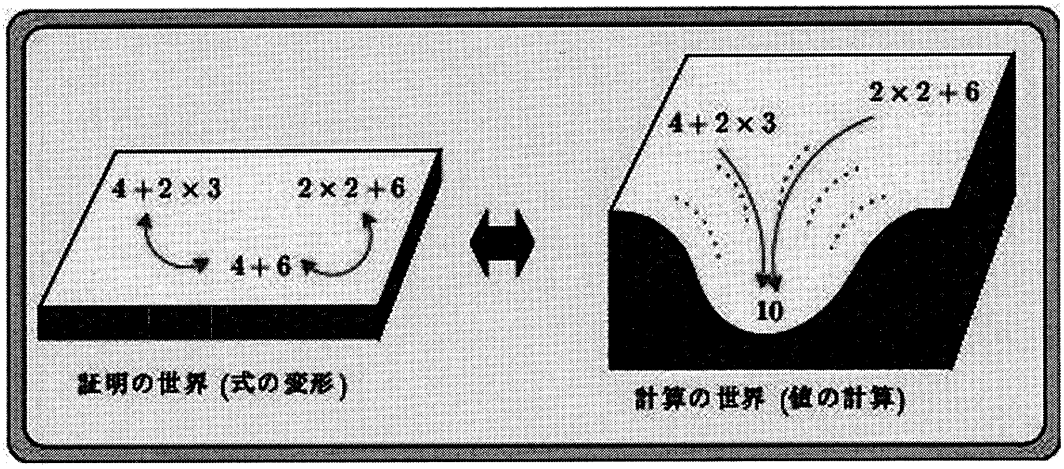


図1．計算と証明の関係

1． 分野の目標

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
（2） プログラム検証・変換・合成
（3） 関数・論理融合型言語
（4） 定理自動証明システム

2． 過去1年間 (2002年4月から2003年3月)の主な成果

2．1．プログラムの融合変換

関数型プログラムを書き換えシステムとしてモデル化し，定理自動証明の手法である完備化手続きによってプログラムの融合変換が実現できることを明らかにした。さらに，完備化に基づく融合変換が失敗した場合には，どのような条件を追加すれば変換が成功するかを解析し，より広いクラスのプログラムに対して変換が成功するように，完備化手続きの拡張を行った。

2．2．高階変換パターンに基づくプログラム変換

3階変換パターンに基づくプログラム変換法を提案し，高階関数を含むプログラムが3階変換パターンによって変換可能であることを明らかにした。さらに，効率的な高階パターンマッチング手続きを提案し，その有効性を実験で確認した。

2．3．帰納的定理の決定手続き

帰納的定理の判定問題が決定可能となるための十分条件を解析し，融合変換に帰納的定理を自動適用する可能性を検討した。帰納的定理の判定問題を一般化し，抽象的なリダクションシステムの等価性判定問題としてとらえることにより，書き換え帰納法に基づく簡明で見通しの良い判定条件を与えることに成功した。

2．4．高階書き換えシステムの停止条件

高階書き換え系の停止条件の解析を試み，依存森を用いることにより，規則の右辺において変数が入れ子になっていない場合か重複して出現しない場合には，停止条件を得ることができた。本成果により，高階項書き換え系の停止性の効果的な自動証明法が得られた。

2．職員名

教授：外山　芳人（2000年4月より）
講師：青戸　等人（2003年1月より）
助手：草刈　圭一朗（2000年4月より）

3．教授のプロフィール

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。

4．過去1年間（2002年4月から2003年3月まで）の主な発表論文

(1) T.Aoto and T.Yamada, Proving Termination of Simply Typed Term Rewriting Systems Automatically, IPSJ Trans. Programming, Vol. 44, No.SIG 4 (PRO17), pp.67-77, 2003 (in Japanese).

(2) T.Nagaya and Y.Toyama, Decidability for left-linear growing term rewriting systems, Information and Computation Vol.178, pp.499-514, 2002.

(3) M.Sakai and K.Kusakari, On Proving Termination of Higher-Order Rewrite Systems by Dependency Pair technique, The First International Workshop on Higher-Order Rewriting (HOR'02), Copenhagen, Denmark, July 21, p.25, 2002.

情報記憶システム研究分野

高密度で高速な映像情報ストレージシステムの構築

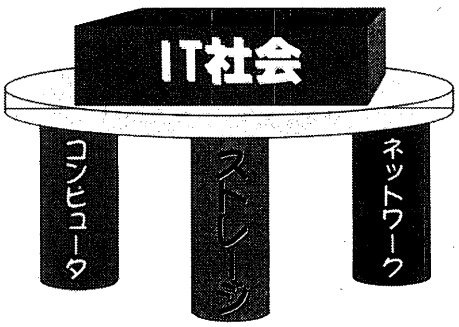


図1　IT社会を支える情報ストレージシステム

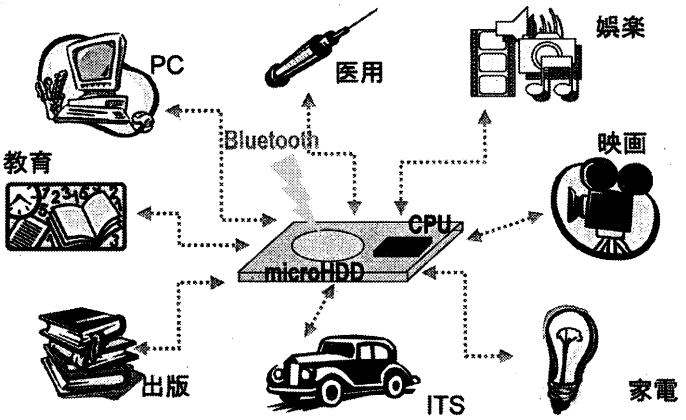


図2　ユビキタス・ストレージ・システム

情報ストレージ（蓄積）技術は，情報処理および情報伝達技術とともに，情報化社会を支える三本柱である。コンピュータは小型高性能化・高速化され，さらにブロードバンドネットワークの情報インフラ整備が進むと，これを如何に活用するかが今後のIT社会発展の鍵になる。その中心は情報のコンテンツであり，それを支えるのがコンテンツを蓄積するHDDや光ディスク，磁気テープ装置などの情報ストレージ技術である。蓄積されたコンテンツからは，また新たな情報が加工，生成され，発信される。各種サーバなどに見られるように，年々情報ストレージ装置は巨大化し，その記録容量は1ペタバイト級に増大しており，ブロードバンド化するネットワークの中で，まさに情報貯蔵庫として重要な役割を果たしている。一方で小型化も進み，ポケットに入るような小型携帯端末型の数ギガバイト級HDDも開発された。これらの記録容量は益々増大し，コード情報だけでなく音声や映像などを含む多様で膨大なデータが記録され，日々の生活に不可欠のものになる。

情報記憶システム研究分野では，磁気ストレージメディアを構成する直径10ナノメータ以下の単磁区微粒子を最小記録ビットとする概念をスピニックストレージと呼び，これを垂直磁化方式で可能にする磁気メディア，磁気ヘッド，書き込み読み出し方式など，新しいストレージシステムを具体化する方法を追求している。さらに我が国の情報ストレージ分野では大きく立ち遅れているストレージサブシステムについて，映像を中心とする大容量小型ファイルシステムの可能性を調査している。

1．超高速高密度垂直磁気ストレージシステムの研究

本研究分野では，情報記録デバイス工学研究分野及びIT21センターのストレージ研究開発部と協力し，本分野が以前から提案してきた単磁極型書き込み磁気ヘッドを用いた垂直磁化方式による1テラビット/平方インチ超の高密度HDDシステムの実現を目指している。計算機シミュレーションにより，記録ヘッド磁界勾配と磁化転移パラメータの関係を明らかにし，より大きな磁界勾配の得られる構造のヘッドを試作してその優位性を確認した。また，超高密度領域において熱安定性を保ち媒体ノイズを抑制する新しい媒体構造として提唱してきたCGC (Coupled Granular and Continuous) 型垂直二層膜媒体について，実ヘッドメディア系における記録再生特性測定と計算機シミュレーションにより，パラメータ最適化と設計指針を与えた。さ

らに本年度からは，ギガbps帯の高転送レート記録再生の実現を目指す新しい磁気ストレージシステムとして当研究分野で提唱しているCSS (Cylinder Storage System)の実現に向け，いよいよ本格的にシリンダ状基体，製膜装置及び記録再生特性評価装置の試作を開始した。市販HDD用ヘッドを用いて，すでに垂直単層膜媒体の記録再生特性の基礎特性が得られており，今後は試作装置の改良や垂直媒体の評価，及びシリンダ状媒体に適応するヘッド設計を行う予定である。

2．映像データストレージシステムに関する研究

情報通信システム研究分野と共同で通信・放送機構によるギガネットプロジェクトに参加し，ビデオサーバシステムを用いる高速ネットワーク接続実験を行い，ストレージシステムにおける転送性能の調査を継続中である。本年度は，主に映像用HDDに求められる高速データ転送性能の解析及びHDDコントローラのMPEGデータへの最適化を評価した。複数映像の同時再生要求に応える磁気ストレージデバイスへ求められる要件として，シーク・回転性能の向上，データブロックサイズのメガバイト級への増大，ヘッド又はドライブのマルチ化，及びMPEGデータの積極的な先読み・遅延書き込み動作，などが必要であることの指針を得た。一方で，大容量医療画像のネットワーク伝送の研究も開始している。複数の医療画像をMPEG変換することで転送時間だけでなく，各処理に費やされる時間も短縮できることから，遠隔地の病院では実際に診断できない画像を診断可能な病院に短時間で転送することが可能となることを確認した。

【職員】

教授　中村慶久（1987年より）
助手　山田　洋
非常勤研究員　Andrew GOODMAN

【教授プロフィール】

昭和43年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。同年東北大学電気通信研究所助手，昭和46年助教授を経て，昭和62年より教授，現在に至る。磁気記録の高密度化に関する研究，とくに磁気記録機構の解明と超高密度記録再生方式および記録再生デバイスの研究に従事。セルフコンシステントベクトル記録理論の確立と計算機シミュレーションによる解析，垂直磁化方式の研究などを行い，最近は大容量高速ストレージシステムの研究に興味を向けている。平成14年9月・日本応用磁気学会・学会賞受賞。映像情報メディア学会，日本応用磁気学会，電子情報通信学会，情報処理学会，IEEE，各会員。IEEEフェロー，電子情報通信学会フェロー。

【主な研究発表】

1. Y. Nakamura: “Recent Progress of Perpendicular Magnetic Recording − From the Viewpoint of Writing Theory −”, IEICE Trans. Electron., E85-C, 10, pp. 1724-1732, 2002.
2. A. M. Goodman, S. J. Greaves, Y. Sonobe, H. Muraoka, Y. Nakamura: “Simulations of magnetic recording in coupled granular/continuous perpendicular media with random pinning sites”, IEEE Trans. Magn., 38, 5, pp. 2051-2053, 2002.
3. H. Uwazumi, T. Shimatsu, Y. Sakai, K. Enomoto, S. Takenoiri, S. Watanabe, H. Muraoka, Y. Nakamura: “Recording Performance and Magnetization Switching of CoTb/CoCrPt Composite Perpendicular Media”, J. Appl. Phys., 91, pp. 8058-8060, 2002.
4. K. Miura, H. Muraoka, Y. Sonobe, Y. Nakamura: “Jitter Reduction by Using a Continuous Hard-Magnetic Layer for Perpendicular Recording Media”, IEEE Trans. Mag., 38, 5, pp. 2054-2056, 2002.
5. 三浦健司, 村岡裕明, 園部義明, 中村慶久: “CGC(Coupled Granular and Continuous) 垂直二層膜媒体のノイズ低減効果”, 日本応用磁気学会誌, Vol. 26, No.4, pp.233-237, 2002.

情報通信システム研究分野

知的情報通信システムの構成論

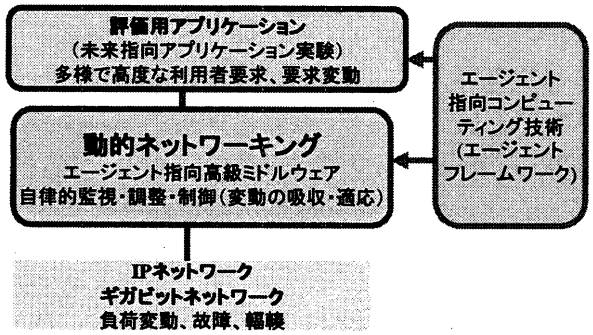


図1　動的ネットワーキングの概要

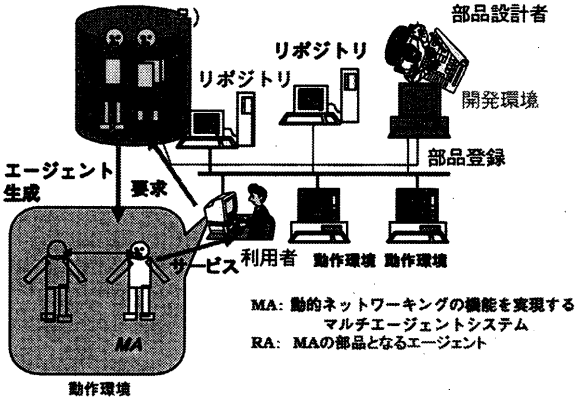


図2　エージェントフレームワークの構成

1. 分野の目標

「Flexible Computing」に基づいた情報通信システムの研究

当研究室では，1992年より，人間とコンピュータが共生する情報システムへ向けて，次世代の情報・通信の基本となる概念を創生しこれに基づいて研究を推進している。これまでの情報・通信は，コンピュータに代表されるように合理性（効率，機能，経済性）を評価基準として進展してきた。その結果，富と豊かさの獲得に成功したが，環境破壊や人間喪失など失ったものも多い。これを合理性に基づくモダン情報システムと呼ぶ。このようなモダンの限界を越えるポストモダンは何か。本研究では，ポストモダンの基本的な考え方として，「Flexible Computing」を提唱している。この概念は，モダンの長所を生かしつつ，失ったものを取り戻し，人とIT（情報技術）環境が調和しながら発展するための思想であり，モダンに「共生」を加えた考え方に基づいている。ここで，共生とは，人間と機械（コンピュータ，ネットワーク，ロボット，…）がそれぞれの長所を生かしつつ，緊張と対立を含みながら協調・調和することである。本研究の目的は，このような考え方に基づいて人間と共生する情報通信システムの構成論を確立し，特にやわらかいネットワークの実現をめざしている。

<研究テーマ>

(1)　フレキシブル・コンピューティングの基盤と応用
(2)　やわらかい情報ネットワーク
(3)　ネットワーク管理，計測と性能評価
(4)　人とIT環境の共生

2. 過去1年間 (2002年4月から2003年3月まで) の主な成果

2.1　動的ネットワーキングの研究

ネットワーク環境における様々な変動（利用者のQoS，トラフィック，バンド幅など）に対処するための知的なネットワークアーキテクチャの構成を目的としている。今年度は，前年度に開発したやわらかいネットワーク層のプロトタイプ設計仕

様に基づき，エージェント指向アーキテクチャによるやわらかいネットワーク層と，その上で稼動する検証用アプリケーションを含めた動的ネットワーキングのプロトタイプとして，利用者指向QoS調整サービス，流量調整サービス等を試作し，提案アーキテクチャの妥当性と実現性の検証を行った。その結果，プロトタイプシステムは，従来にないやわらかさを実現することが可能であることが確認された。

2.2 超高速ネットワークの研究

(1)ネットワーク情報を実時間かつオンデマンドで可視化・表示するシステムJaNIの一般公開運用に向けて，安定性向上，セキュリティの強化，提供情報の多様化を行った。その結果これまでにない高度なネットワーク情報可視化システムを実現した。(2)IPv6/IPv4マルチプロトコルに対応した分散型ネットワーク監視システムを開発した。また，世界最大のネイティブIPv6網であるJGN-IPv6上の16サイトにシステムを設置し，実ネットワークを用いた運用実験を行った。これにより世界に先駆けてIPv6に対応したスケーラブルなネットワーク管理情報収集技術の基盤を与えた。

2.3 フレキシブル・コンピューティング: 理論と応用

やわらかいネットワークを実現する基盤となるマルチエージェントシステムの性能向上のためのエージェント設計論の確立に向けて理論的研究を推進した。具体的には，エージェントが実現するシステムのやわらかさを定量的に測定するための基盤を構成した。さらに，マルチエージェントシステムの過渡的ダイナミクスの寿命，及びその状態におけるシステムパフォーマンスを，エージェントの戦略空間を広げることで制御可能となることを明らかにした。

3. 職員名

教　授：白鳥 則郎（1993年より）
助教授：菅沼 拓夫（2003年より）
助　手：加藤 貴司，北形 元
リサーチアソシエイト：原田 耕治，藤田 伸尚，李 成竺
研究員：Salahuddin Muhammad Salim Zabir
秘　書：工藤 裕子，安田 浩子

4. 教授のプロフィール

1946年宮城県生れ。1977年東北大学大学院博士課程修了。1984年東北大学助教授（電気通信研究所）。1990年東北大学教授（工学部情報工学科）。1993年東北大学教授（電気通信研究所）。1998年IEEE Fellow。2000年情報処理学会フェロー。2002年電子情報通信学会フェロー。昭和60年情報処理学会25周年記念論文賞。1998年IEEE ICOIN-12最優秀論文賞。平成13年度電子情報通信学会業績賞など。現在，人とコンピュータが共生するためのインターネットを中心とした情報通信システム，コミュニケーションなどに関する研究に従事。

5. 過去1年間（2002年4月から2003年3月まで）の主な発表論文

[1] Multicast: Concept, Problems, Routing Protocols Algorithms and QoS Extensions, Distributed Multimedia Databases: Techniques & Applications, pp.225-245, 2002, D. Chakraborty, G. Chakraborty and N. Shiratori

[2] An Intelligent Routing and CAC Framework for Large Scale Networks Based on Cooperative Agents, Computer Communications 25, pp.1429-1442, 2002, L. Barolli, A. Koyama, T. Yamada, S. Yokoyama, T. Suganuma and N. Shiratori

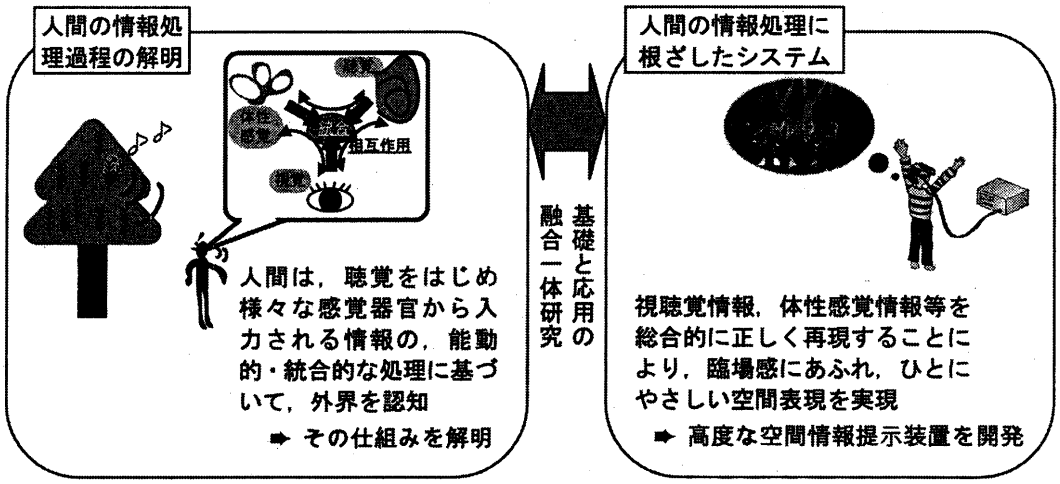
[3] Toward Ensuring Fair Service among ECN and non ECN TCP Connection Over the Internet, Journal on Information Science and Engineering, Vol. 18, pp.837-847, 2002, S. M. S. Zabir, A. Ashir, G. Kitagata, T. Suganuma and N. Shiratori

[4] ECN for Different TCP Performance Improving, Journal of Elections and Computer Science 2002, pp.30-36, 2002, S. M. S. Zabir, A. Ashir, G. Kitagata, T. Suganuma and N. Shiratori

[5] A Genetic Algorithm Based QoS Routing Method for Multimedia Communications Over High-Speed Networks, IPSJ Journal, Vol. 44, No. 3 , pp.544-552, 2003, L. Barolli, A. Koyama, T. Suganuma and N. Shiratori

音響情報システム研究分野

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

1．分野の目標

高次・高度の通信システム及びブレインコンピュータを実現するには，人間の情報処理の仕組を明らかにすることが不可欠である。人間の知覚情報処理系のなかで，聴覚モードは最重要な情報処理過程の一つである。本分野の研究目標は，このような視点に立って，聴覚系の情報処理過程を明らかにすると共に，その知見を応用し高度な音響通信システムやユーザインターフェース，更には快適な音環境を実現することである。

2．平成14年度の主な研究成果

2.1　ディジタル音信号用高性能電子透かしの開発

この研究は科学技術庁（現文部科学省）のミレニアム技術開発提案公募プロジェクトによるものである。電子透かしは，ネットワーク社会において，マルチメディア情報を健全に流通させるために重要な技術である。本研究では，上図に示すように，聴覚特性を巧みに利用することにより，著作権情報などの付加ディジタル情報を聴取者には気づかれず埋め込む手法の開発を行っている。平成14年度は，前年度に提案したエコー拡散法の改良を進めるとともに，位相に着目した埋め込み手法に適した透かし情報の符号化・復号化方法に関する検討を行った。

2.2　等ラウドネスレベル曲線の精密測定

この研究はNEDOの国際共同研究グラントによるもので，ドイツ，デンマーク，アメリカとの国際共同研究である。等ラウドネスレベル曲線は，人間の聴覚における周波数感度特性を示す基礎的な特性で，ISO 226として国際標準規格となっている。この規格は，1950年代の英国のデータに基づいているが，最大15 dBにも及ぶ誤差を含むことが明らかになっている。本研究では，等ラウドネスレベル曲線の全面的な精密再測定を行い，ISO 226の全面改定を目指している。

2.3 3次元音空間認識と制御手法の研究

音空間認識過程の解明に関する研究では，聴取者の頭部運動の役割の解明を行っている。我々は頭部を動かすことによって，聴取音の特性を時間的に変化させ，これにより，より多くの音空間情報を得ている。本年度も昨年に引き続き，3次元音空間の制御に関する検討に重点をおき，高精度聴覚ディスプレイの開発を進めた。我々が先に提案した，聴取者の頭部運動に追従し，3次元音空間を精密に再現できる仮想球モデルを汎用DSPを用いて実装したシステムを用い，音像定位と聴取者の頭部運動の関係を調査した。

2.4 音空間内における特徴抽出機構の解明

我々はこれまでに，聴覚において，時間変動など一定の特徴を有する音が，その特徴を持たない場合に比較して容易に検出可能であることを初めて明らかにした。本年度は更に刺激提示デバイスを改良した上で高精度に聴取実験を進め，このような聴覚探索課題に係る脳活動を明らかにすることを目指し，聴覚探索課題における脳内処理モデルの構築を試みた。

2.5 音環境の認識・知覚におけるクロスモダリティ情報の役割

我々が音環境を理解する場合の，視覚情報や言語情報などクロスモダリティ情報が及ぼす影響について検討している。本年度の研究では，特に映像中の口の動きと聴取音の関係など，クロスモダリティ情報での補完が，難聴者ばかりでなく健聴者でも作用していることが示された。また，音像の動きが自己運動感覚を誘起すると考えられるとの興味ある実験結果を得た。

2.6 音声知覚過程の解明とディジタル補聴器の研究

バリアフリー通信の観点からも重要な課題である高性能で快適な補聴システムの開発を本学の耳鼻咽喉科と共同研究で進めている。本年度は，補聴を行う上で大きな阻害要因となっている低周波数音によるマスキングを積極的に軽減することを目的として，左右耳に積極的に異なる信号を与える補聴信号処理について検討を行った。

3. 職員名

教　授　鈴木　陽一（1999年から）
助　手　西村　竜一，坂本　修一，高橋　弘宜
技　官　齋藤　文孝

4. 鈴木陽一教授のプロフィール

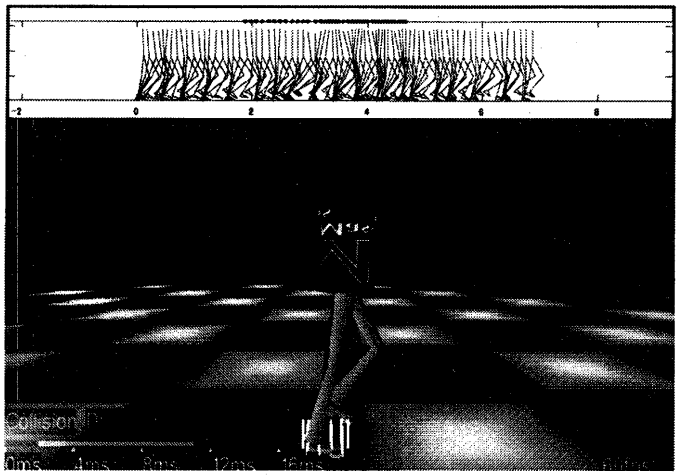
1976年3月東北大学工学部電気工学科卒，1981年3月同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程後期課程修了。東北大学通研助手，大型計算機センター助教授，通研助教授を経て現職。音の大きさ及び音色，騒音の評価，3次元音空間知覚と制御，ディジタル補聴器，音信号のディジタル信号処理手法等，人間の聴覚の解明とその工学応用の研究に一貫して従事。1992年，1994年日本音響学会佐藤論文賞。2001年5月から（社）日本音響学会副会長

5. 過去1年間の主な発表論文

1. 最小可聴値と等ラウドネス曲線をめぐる最近の話題, 日本音響学会誌, 58 (2002), 130-137. 鈴木陽一，竹島久志.
2. 単語親密度と加齢による聴力損失が残響及び騒音下における単語了解度に及ぼす影響, 日本音響学会, 58 (2002), 346-354. 佐藤洋, 佐藤逸人, 吉野博, 鈴木陽一, 天野成昭, 近藤公久，長友宗重.
3. A further investigation into the method for active suppression of reflected sound waves based on the state feedback control, Acoustical Science and Technology, 23 (2002), 170-172. H. Takahashi, Y. Suzuki, S. Takane, and F. Asano.
4. Time-spread echo method for digital audio watermarking using PN sequences, Proc. ICASSP 2002, 2 (2002), 2001-2004. B.-S. Ko, R. Nishimura, and Y. Suzuki.
5. Implicit estimation of sound-arrival time, Nature, 421 (2003), 911. Y. Sugita and Y. Suzuki.

生体コンピューティングシステム研究分野

無限定環境下における2足歩行制御のメカニズム



2足歩行モデルのシュミレーション結果，制御にはリアルタイム情報を用いているため，外乱にも柔軟に対応可能

複雑な実世界における認識と制御の問題は工学の目指すゴールの一つであるが，未だその情報原理は明らかではない。これは環境が本質的に予測不可能的に変化するという意味で無限定であるためである。無限定な環境でシステムが機能するためには，時々刻々必要な情報を自ら獲得しなくてはならない。

我々ヒトの2足歩行において，身体である筋骨格系はアクチュエータとしての筋肉と力学系としての骨格から構成される被制御系と見なすことができる。被制御系は多リンク多自由度という冗長性を有することで様々な環境に対応することが可能であるが，これは逆に制御系が環境変化に応じて時空間的制御情報を生成する必要があることを意味する。2足歩行制御が典型的な不良設定問題となっている所以である。

歩行を実現するためには問題を良設定化する拘束条件が必要となる。これまでの2足歩行制御では，環境を既知としその中で歩行可能となる拘束条件をあらかじめ制御系に与えることで歩行を実現してきた。しかしながら，時々刻々変化する無限定環境での歩行において，環境情報をあらかじめ知ることは不可能である。制御系には「環境変化に対応しうる拘束条件を有し，このもとで制御情報を実時間で生成する」ことが要求される。

我々は，「各筋肉におけるエネルギー効率の自律分散的最適化」と「骨格系のバランス最適化」をリアルタイムな拘束条件とした。さらに，制御系としてのCentral Pattern Generator-Motor Neuron ネットワークは，身体を介して得られる実時間の環境情報（各筋肉のエネルギー効率／負荷／収縮速度，上体の傾き／加速度，床反力）に基づいて制御情報を自律的に生成するよう設計した（図1）。これらにより，モデルは目標速度を指令として与えるだけで歩行し，脛部への外乱に対してもリアルタイムで対応することができた（上図）。

システム全体における情報の流れを図2に示す。重要な点は，制御系が被制御系に運動を実行させることでその力学的／エネルギー的情報を獲得し拘束条件を充足するように制御情報を時々刻々生成することである。被制御系の実時間情報を制御情報生成メカニズムに取り込んだこの方法は制御系に身体性を組み込んだことを意味し，これは実世界にリアルタイムで対応するシステムの情報原理となりうる。また，この結果は随意運動に対しても拡張可能である。例えばリーチングにおける上

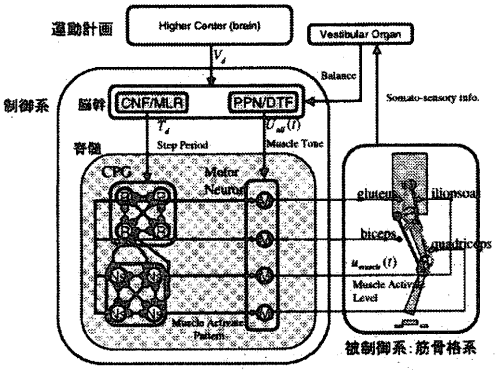


図1：モデルのシステム構成

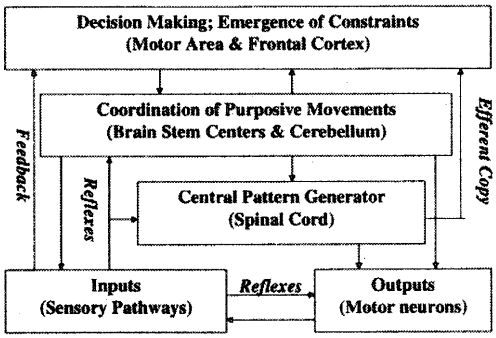


図2：システム全体における情報の流れ

腕の制御は歩行同様に不良設定問題であり，被制御系の情報をリアルタイムで獲得しながら制御情報を生成することで，任意の目的位置，目的速度，目的到達時間等に対しリアルタイムでの運動実行が可能となる。

＜職員＞

教授　　矢野　雅文　（1992年より）
助手　　牧野　悌也，　坂本　一寛，　三浦　治己
COE 研究員　松尾　行雄

＜教授のプロフィール＞

福岡県久留米市生まれ，九州大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学，東京大学助教授等を経て1992年より現職。脳の情報原理を解明することを目標に研究を進めている。特に脳の情報処理の柔軟性は情報生成能力によるものであると考え，これまでの自他分離の情報処理方式から自他非分離の情報処理，とりわけ脳の仮設生成論理の解明とその工学的応用に力点を置いている。

＜研究テーマ＞

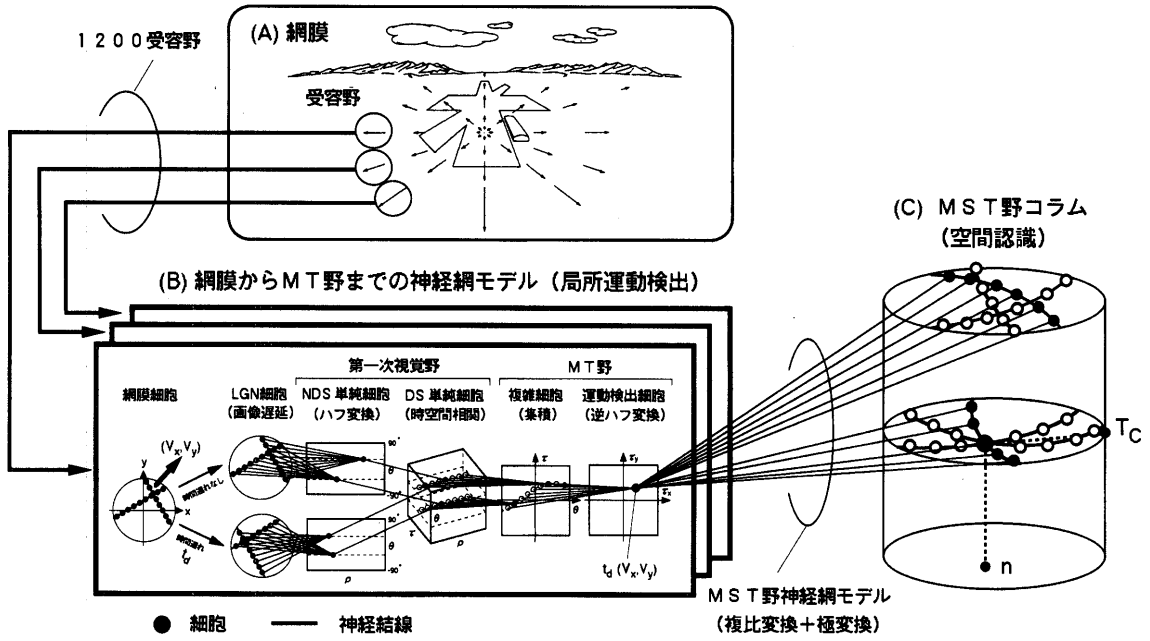
1. 視覚認識における情報表現と図と地の分離の研究
2. 記憶の生成とその時空間的発展のメカニズム
3. 無限定環境下における２足歩行・６足歩行ロボットの研究
4. コンテキストに依存する神経回路の役割の研究
5. 音響定位と不特定話者の音声認識の研究

＜主な研究発表＞

1. Masafumi Yano; Purposive locomotion of insect in indefinite environment. (2003, Proceedings of the 2nd International Symposium on adaptive motion of animals and machines)
2. Masafumi Yano, Shinpei Hibiya, Makoto Tokiwa, Yoshinari Makino; Real-time Control of Walking of Insect; Self-organization of the Constraints and Walking Patterns. (2002, Distributed Autonomous Robotic Systems 5, pp. 444-451)
3. Mushiake H. Saito N. Furusawa Y. Izumiyama M. Sakamoto K. Shamoto H. Shimizu H. Yoshimoto T.; Orderly activations of human cortical areas during path-planning task. (2002, NeuroReport 13, 423-426)
4. Masafumi Yano, Yoshinari Makino, Haruki Miura and Hisanori Makinae; Synchronization in Olfactory Recognition as an Abductive Process. (2001, World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, XIX, 37-39)
5. Masafumi Yano, Ikuo Matsuo and Junji Tani; Echolocation of Multiple targets in 3-D space from a single emission. (2001, 4th International conference on Biological Physics, Abstr. pp8)
6. Masafumi Yano, Makoto Tokiwa and Yoshinari Makino; Simultaneous Self-Organization of Optimal Gait Pattern of Insect and TRajectory to its destination. (2001, The 4the IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, 261-264)
7. Ikuo Matsuo, Junji Tani and Masafumi Yano; A model of echolocation of multiple targets in 3-D space from a single emission (2001, J. Acoust. Soc. AM. vol. 110, 607-624)

ブレインコンピューティングシステム研究分野

大脳で空間認識を行う神経網のモデル



運動視により平面の空間認識を行う大脳神経網のモデル

人間や猿の優れた視覚認識機能を工学的に実現するには，大脳の神経網で行われる情報処理の仕組み（アルゴリズム）を解明する必要がある。このような視点から，最も基本的な視覚認識機能である「運動視による空間認識」――これは片眼でも移動すれば空間認識できる機能で，歩行や車の運転などの普段の生活に不可欠――を行う神経網のアルゴリズムを解明すべく研究している。

これまでの研究により，そのアルゴリズムを射影幾何と球面幾何を用いて解明し，それに基づいて網膜から大脳運動視中枢(ＭＳＴ野)までの空間認識を行う神経網を一連の数式で初めてモデル化した。約1300万細胞を結ぶ４億本の神経結線からなるモデル神経網をコンピュータ上に構築し，空間認識を正しく行えることを確認した。このモデルは以下の二つのステップで構成される。

第一のステップは図(B)に示す「局所運動(網膜の受容野内の速度ベクトル)を検出する神経網」である。網膜からＭＴ野までは，５種類の細胞（ＬＧＮ細胞・ＮＤＳ単純細胞・ＤＳ単純細胞・複雑細胞・運動検出細胞）が連なっており，最後の運動検出細胞が局所運動を検出することが生理学的に知られている。しかし，これら細胞がどのような神経処理を行って局所運動を検出するかは明らかになっていなかった。この課題に対して，これら細胞が「一連の変換（画像遅延・ハフ変換・時空間相関・集積・逆ハフ変換)」を行って局所運動を検出することを見いだし，局所運動に関わる全神経網をモデル化した。この神経網は次のように機能して局所運動を検出する。ＬＧＮ細胞から複雑細胞までの神経網が，局所運動を複雑細胞配列内の正弦波発火パターンに変換する「正弦波変換器」として機能し，次の運動検出細胞の

神経網がそのパターンを抽出して局所運動検出を検出する「正弦波検出器」として機能する。このモデルにより，これまでに報告された多くの生理データを統一的に説明できる。

第二のステップは図(C)に示す，上記ＭＴ野で検出された局所運動を統合して「平面の空間認識を行う神経網」である。この空間認識を行うＭＳＴ野の神経網を，射影幾何学に基づいて見いだした３つの変換（複比変換・極変換・小円変換）によりモデル化した。このモデルの生理学的妥当性を検証すべく，玉川大学斎藤秀昭教授と共同で，猿の大脳ＭＳＴ野で微小電極を用いた実験を進めている。この神経網モデルは，移動方向と速度を知らなくても，かつ180度の広い視野で，平面の３つの空間パラメータ（平面に到達するまでの時間・平面の3次元方位・平面までの最短距離）を移動中の各瞬間ごとに認識できる。移動ロボットや車の自動運転などに使えると考えており，多様な構成案を欧米を含めて特許出願し米国では登録されている。

もう一つの空間認識機能である「両眼視」の神経網アルゴリズムも，この運動視と同じであることを明らかにした。これら空間認識の神経網アルゴリズムは工学的にも優れており，ＬＳＩで実現する回路方式の検討およびアルゴリズムの直線・点物体への拡張を並行して進めている。また，残る視覚認識機能である形態視（物体形状の認識）の神経網アルゴリズムにも挑戦をしている。

[職員]

教授: 川上　進（2003年2月より）

[教授のプロフィール]

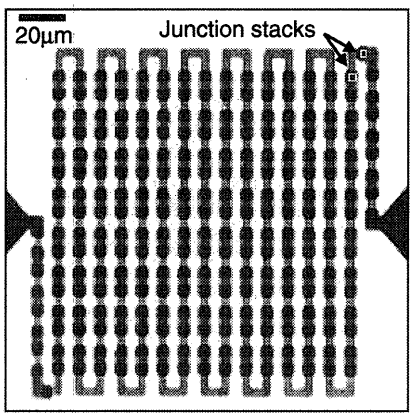
1940年生。1966年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻修士課程修了。同年，(株)富士通研究所入社。1986年宇宙メカトロニクス研究部長。1993年同研究所マルチメディアシステム研究所主管研究員。1996年東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻博士課程修了。2003年より東北大学電気通信研究所教授。この間，ワイアメモリ，磁気ディスク，ロボット，極限作業ロボット用視覚（通産省大型プロジェクト），空間認識神経網モデルの研究に従事。大脳で行われる視覚情報処理のアルゴリズムを解明するとともに，それをＬＳＩで実現すべく研究を進めている。

[これまでの主な発表論文]

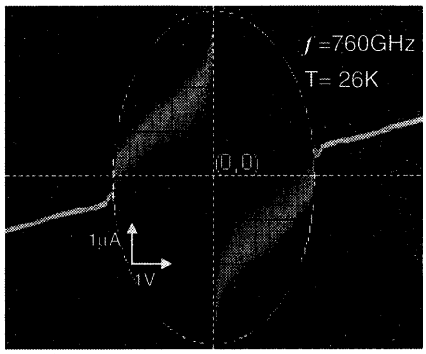
1. 川上進，岡本浩明 (1995). 局所運動を検出する大脳 magnocellular系視路細胞のモデル. 信学論, J78-D-II, 147-157.
2.. Kawakami, S. & Okamoto, H. (1996). A cell model for the detection of local image motion on the magnocellular pathway of the visual cortex. Vision Research, 36, 117-147.
3. Okamoto, H., Kawakami, S., Saito, H., Hida, E., & Ohno, H. (1999). MT neurons in the macaque exhibited two types of bimodal direction tuning as predicted by a model for visual motion detection. Vision Research, 39, 3465-3479.
4. 川上進，松岡雅裕，岡本浩明，細木信也 (2000). オプティカルフローを統合して平面の空間認識を行う大脳ＭＳＴ野神経網のモデル. 信学論, J83-D-II, 2786-2797.
5. Kawakami, S., Matsuoka, M., Okamoto, H., & Hosogi, S. (2003). A neural network model for detecting a planar surface spatially from the optical flow in area MST of the visual cortex. Systems and Computers in Japan, 34, 46-59.

超伝導コンピューティングデバイス研究分野

超伝導を利用した高速，低消費電力，高感度電子デバイスとシステム



256個の固有ジョセフソン接合スタックを含む接合アレイの顕微鏡写真



256個の固有ジョセフソン接合スタックアレイに760GHzの高周波を照射したときに観測される多数のゼロ交差電流ステップ

＜本研究分野の目標＞

人間の脳の優れた情報処理能力を人工的に実現しようとする上で必要となるこれまでにない大規模かつ高密度の人工集積回路には，高速性はもちろん熱発生の極端に少ない演算素子が求められる。また，人工神経回路の規範となる，脳の機能には未解明な点が多く残されており，脳機能障害等を的確に診断する上からも，脳の神経活動を高精度に計測することが求められている。

超伝導体を利用した演算デバイスは，電気抵抗が無いため非常に低消費電力でしかも高速であることが確かめられている。また，超伝導体を利用した磁気計測デバイスは脳の神経活動によって発生する極めて微弱な磁気(脳磁界)を検出する能力を持っている。

本分野では，脳神経活動を計測可能な超高感度超伝導磁気計測デバイスの研究を行うとともに人工脳ともいうべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力超伝導演算デバイスおよび超伝導デバイスの高速・高感度性を利用した高周波デバイスの研究を行う。

＜本研究分野の研究成果＞

パルス管冷凍機と可変磁場永久磁石を組み合わせた実験装置を試作し，Bi-2212単結晶上に作製した固有ジョセフソン接合を用いてその磁束フロー動作を検証した。パルス管冷凍機によって44 Kまで冷却された固有ジョセフソン接合に最大で1Tの外部磁場を印加して，その磁場応答特性を測定した。磁場の方向は十分な精度で接合面に合わせることが可能であり，平行磁場を印加することによって電圧- 電流特性上に接合中を伝播する複数の電磁波モードとの速度整合によるステップ構造が観測された。また，速度整合ステップの電圧位置から見積もられた磁束フロー速度は，理論的に予想される値と良く一致した。

高温超伝導粒界ジョセフソン接合は、高速応答と高感度という特性を有しており，

テラヘルツ帯域の検出器としての応用が期待されている。本分野では，高温超伝導粒界ジョセフソン接合に，高周波(RF)信号を広帯域準光学系を通して検出器へ導入し，得られた高周波応答にヒルベルト変換を施すことでRF信号スペクトルを簡便に得るシステムを開発し，4.252THzまでのRF信号を十分な感度で高速に検出できることを実証した。

高温超伝導体の結晶構造に由来する固有ジョセフソン効果は，高速集積デバイスにつながる材料機能性として注目を集めている。本分野では，高温超伝導単結晶を両面から加工することを開発し，アレイ化及び高周波回路との集積化に成功した。作製されたデバイスは，理論通りの特性が得られ，その高周波応答特性はTHz領域に達することを実証した。

＜職員＞

教　授　山下　　努（1991年より）
助教授　中島　健介（1993年より）
助教授　陳　　健（1998年より）
助教授　王　　華兵（2001年より）

＜山下努教授プロフィール＞

1939年（昭14）4月11日（64歳）生まれ，専門＝電子デバイス工学，電子材料工学。研究分野＝超伝導エレクトロニクスと超伝導材料。最終学歴＝東北大学博士課程・電子工学専攻，1963年修了。工学博士＜東北大学＞1969年。学位論文「ジョセフソン素子に関する研究」。学会＝応用物理学会，電子情報通信学会，電気学会。略歴＝電気通信研究所助手を経た後，長岡技術科学大学電気系教授を歴任。南京大学電子科学技術系客員教授。現在，東北大学未来科学技術共同研究センター及び電気通信研究所教授。著書「超伝導回路」共立出版（1981），「薄膜ハンドブック」オーム社（1983），「ジョセフソン効果の物理と応用」近代科学社（1988），「高温超伝導科学」裳華房（1998），新潟日報文化賞受賞（1985），超伝導科学技術賞（2001）。

＜主な発表論文＞

1）J. Chen, H. Horiguchi, H. B. Wang, K. Nakajima, T. Yamashita, and P. H. Wu, Terahertz frequency metrology based on high-Tc Josephson junctions, Superconductor Science and Technology, Vol. 15, pp.1680-1684, 2002.

2）Y. Mizugaki, J. Chen, K. Nakajima and T. Yamashita, Single-flux-quantum pump based on a three-junction superconducting quantum interference device, Appl. Phys. Lett., Vol.80, No.24, pp.4585-4587, 2002.

3）H. B. Wang, P. H. Wu, J. Chen, K. Maeda and T. Yamashita Three-dimensional arrays of BiSrCaCO-2212 intrinsic Josephson junctions and zero-crossing Shapiro steps at 760GHz, Appl. Phys. Lett., Vol.80, No.9, pp.1604-1606, 2002.

4）H. B. Wang, L. X. You, J. Chen, P. H. Wu and T. Yamashita, Observation of Shapiro steps and spectroscopic applications of stacked intrinsic Josephson junctions up to terahertz region, Superconductor Science and Technology, Vol.15, pp.90-93, 2002.

5）P. H. Wu, H. B. Wang, J. Chen, and T. Yamashita, The propagation of electromagnetic wave in a stack of superconducting layers, Superconductor Science and Technology, Vol.15, pp.364-369, 2002.

6）S.-J. Kim, J. Chen, K. Nakajima, T. Yamashita, S. Takahashi and T. Hatano, Magnetic field dependence of micromachined $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+x}$ intrinsic Josephson junctions with submicro loop, J. Appl. Phys., Vol.91, No.10, pp.8494-8497, 2002.

7）Y. Mizugaki, J. Chen, K. Nakajima and T. Yamashita, Quantum transitions and zero-cross current-steps in a SQUID controlled by multi-phase RF fields, Physica C, Vol.372-376, pp.274-277, 2002.

8）H.B. Wang, K. Maeda, J. Chen, P. H. Wu and T. Yamashita, Three-dimensional array of intrinsic Josephson junctions in $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+x}$ single crystals, Physica C, Vol.372-376, pp.327-330, 2002.

9）K.Inomata, T. Kawae, and K. Nakajima and T. Yamashita, Junction parameter control of $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+x}$ stacked junctions by annealing, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.82, No.5. pp.769-771, 2002

10）K. Inomata, T. Kawae, S-J. Kim, K. Nakajima, T. Yamashita, M. Nagao, H. Madea, Carrier density control of Bi-2212 whiskers, Physica C, Vol.372-376, pp.335-338, 2002.

次世代コンピューティング研究分野

次世代ＶＬＳＩコンピューティングパラダイムの構築

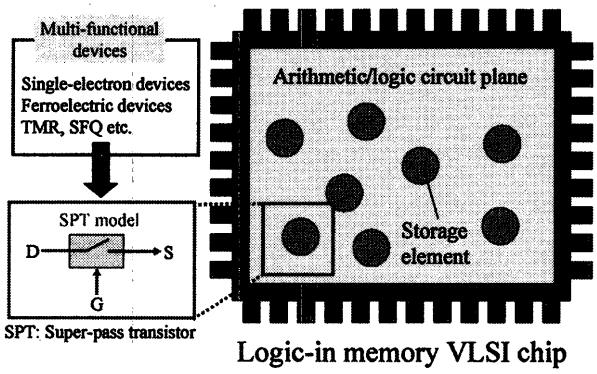


図１　ロジックインメモリVLSIチップ

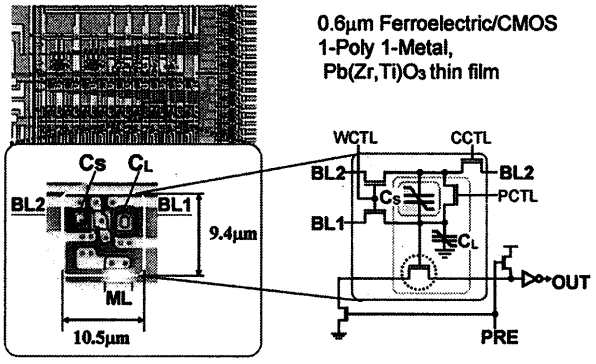


図２　強誘電体機能パスゲートチップ

１．分野の目標

現在のＶＬＳＩでは，トランジスタなど能動素子自体のスイッチング遅延より配線遅延が支配的であり，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。このような問題を解決した次世代ＶＬＳＩコンピューティングを実現するために，アプリケーションオリエンティドなシステムアーキテクチャ・ハードウェアアルゴリズムを考案すると共に，転送ボトルネックを解消する新しい回路アーキテクチャを考案することが重要である。本研究分野では，次世代ＶＬＳＩコンピューティングを目指し，従来の延長上にはない新しいパラダイムに基づくハードウェアアーキテクチャの研究を行っている。具体的には，次世代ＶＬＳＩコンピューティングにおける配線問題を解決する新しい多値電流モード集積回路技術、記憶機能を演算回路に分散化させて膨大なメモリバンド幅を実現するロジックインメモリＶＬＳＩアーキテクチャ（図１），次世代アーキテクチャの統合に基づく情報通信用スーパーチップの開発，超微細化構造に適合する新機能・多機能デバイスを活用したデバイスモデルに基づく次世代コンピューティングアーキテクチャ（図２）など，マルチメディア応用高性能ＶＬＳＩプロセッサの実現に関する研究を行っている。

２．過去１年間（2002年４月～2003年３月）の主な成果

2.1　強誘電体デバイスを用いたロジックインメモリＶＬＳＩに関する研究

従来メモリ素子として用いられてきた強誘電体キャパシタを活用して演算機能を実現し，コンパクトなロジックインメモリVLSIの構成法を提案すると共に，コンパクトな細粒度超並列構造を実現した。またその応用例として，細粒度超並列構造を有するゲートレベルパイプライン乗算器および連想メモリを構成し，同等機能の２値CMOS回路による構成と比較して面積および動的消費電力を1/2以下，静的消費電

力を1/7700以下にできることを示した。この成果は，大規模順序回路VLSIプロセッサ制御順序回路などのコンパクト化に極めて有用である。また，強誘電体デバイスを用いたロジックインメモリVLSIは，記憶の不揮発性により電源供給なしで記憶情報を保持できるため低消費電力アーキテクチャにも有用である。次世代携帯機器などに組み込まれるマルチメディア応用プロセッサやFPGAへも応用でき，将来的には１０倍以上の高性能化が期待される。

2.2 双方向電流モード回路を用いた高速非同期データ転送に関する研究

VLSIチップ内の高速モジュール間データ転送を実現する一手法として，双方向非同期データ転送プロトコルと2色1相2線符号化方式に関する研究開発を行った。これは，送信側と受信側の双方から要求信号を出し合い，信号の加算結果を観測することで双方の状態を判定するプロトコルである。すなわち，双方の要求信号が一致したとき2線符号の和が最大値または最小値となるように，データ表現を定義している。また，実際に電流モード多値回路にて提案プロトコルを実現し，回路シミュレーション上でその動作を確認した結果，従来の非同期データ転送方式と比較して約1.6倍の高速化が達成された。

3．職員名

教　授：羽生貴弘（2002年 4月より）
助　手：望月　明（2002年10月より）

4．教授のプロフィール

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。同年同大学工学部助手，1994年2月同助教授，2002年4月同大学電気通信研究所教授，現在に至る。多値ロジックインメモリ回路技術とそのマルチメディア応用VLSIコンピューティングに関する研究に従事。IEEE多値論理国際シンポジウム優秀論文賞2回受賞(1986,1988)，丹羽記念賞受賞(1988)，坂井記念賞受賞(2000)，LSIデザイン・オブ・ザ・イヤー審査員特別賞受賞(2002)。

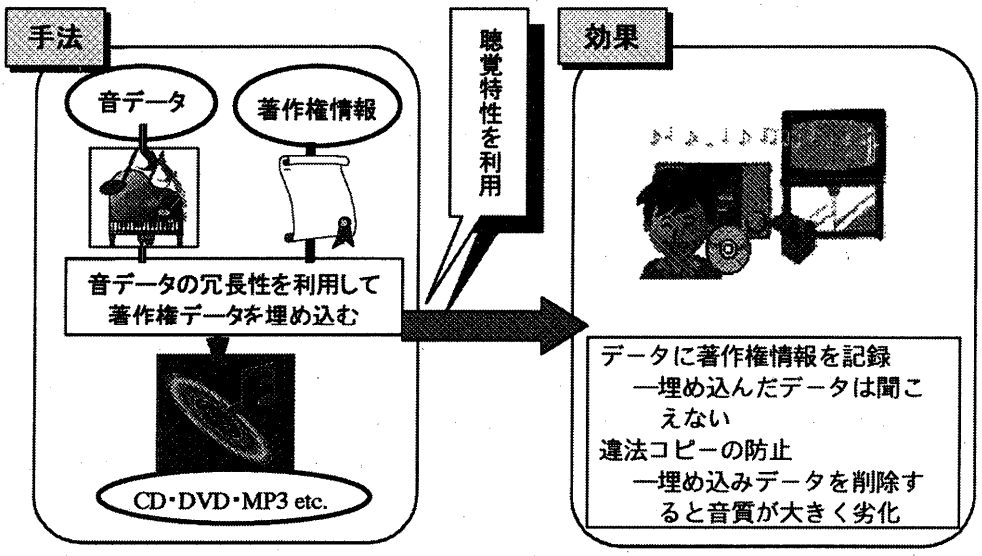
5．過去1年間（2002年4月～2003年3月）の主な発表論文等

1. Implementation of a DRAM-Cell-Based Multiple-Valued Logic-in-Memory Circuit. IEICE Transaction on Electronics, E85-C, 10, 1814-1823 (2002), H. Kimura, T. Hanyu and M. Kameyama.
2. Multiple-Valued Logic-in-Memory VLSI Based on Ferroelectric Capacitor Storage and Charge Addition, Proceedings 32nd IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic, 161-166 (2002), H. Kimura, T. Hanyu and M. Kameyama
3. Fully Source-Coupled Logic Based Multiple-Valued VLSI, Proceedings 32nd IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic, 270-275 (2002), T. Ike, T. Hanyu, and M. Kameyama
4. Ferroelectric-Based Functional Pass-Gate for Low-Power VLSI, IEEE Symposium VLSI Circuits Digest of Technical Papers, 196-199 (2002), H. Kimura, T. Hanyu, M. Kameyama, Y. Fujimori, T. Nakamura and H. Takasu.
5. Complementary Ferroelectric-Capacitor Logic for Low-Power Logic-in-Memory VLSI IEEE International Solid-State Circuits Conference, Digest of Technical Papers, 160-161 (2003), H. Kimura, T. Hanyu, M. Kameyama, Y. Fujimori, T. Nakamura and H. Takasu.
6. Optimal Design of a Dual-Rail Multiple-Valued Current-Mode Integrated Circuit Based on Voltage Swing Minimization, Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing, .9, 5-21 (2003), T. Ike, T. Hanyu and M. Kameyama.
7. Multiple-Valued Logic-in-Memory VLSI Using MFSFETs and Its Applications, Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing, 9, 23-42 (2003), H. Kimura, T. Hanyu and M. Kameyama.

マルチモーダルコンピューティング研究分野（客員研究分野）

Study on the perception of periodical phase rotation of sounds for the development of new digital audio watermarks

(次世代ディジタルオーディオ電子透かし開発のための
周期的位相回転音情報処理過程の解明)



1. Objective

Digital Watermarking means an embedding of secret information to digital contents whose main purpose is protection of copyrights. Therefore, this is one of key technologies for sound development of multi-modal contents distributed via multimedia networks. The watermark in a watermarked signal should be inaudible and undetectable by human and should not influence the quality of the signal in any way, but on the other hand it should be also easily detectable by a special equipment or software. One of the most promising techniques of embedding a watermark into HiFi audio recordings/broadcasting signals is based on a phase modulation. The watermark is coded as the phase modulation performed by means of a simple all-path filter with a desired phase characteristic. This method assumes relative insensitivity of the human auditory system to phase changes in stimuli, at least in high frequency area. However, the auditory system is phase sensitive and a phase shift or phase modulation should be made with an extreme care to be undetectable for listeners as the watermark should be inaudible. However, the phase modulation had not been studied systematically yet. Therefore, the main purpose was to study the perception of the phase rotation applied to different types of acoustic stimuli in different frequency regions. The purpose seems to be quite important as it may show a frequency band as well as a range of a phase changes inaudible for listeners, which may be used in the phase rotation technique.

2. Detection threshold of phase rotation

In the proposed method a low rate phase modulation is applied for nearly all frequency band of the signal. Thus, the perception of the phase rotation applied to different types of

acoustic stimuli in different frequency regions was investigated with several experiments aiming at the determination of the phase modulation thresholds for different types of stimuli.

Initially, phase rotation was applied for a sinusoidal carrier only at different frequencies. However in the further experiment, a harmonic complex tone, consisting of 100 components, at a fundamental frequency of 100 Hz, was also used. In this case phase rotation was applied for a single component at different frequencies as well as for 10 successive components in different frequency bands, i.e. for component number 1-10, 41-50 and 91-100. In the latter case three different sets of starting phase of each component were used, namely zero phase, random phase as well as positive Schroeder phase. The main purpose of that was to mimic natural signals of speech and music. However, in the final stage of the carried out experiments, natural signals of different type of music were also used.

Thresholds for detecting phase rotation were measured by means of a 2AFC method. Stimuli were generated by means of Tucker Davies Technology (System 3). All the software enabling full control of signal parameters as well as running psychophysical experiments was developed in Matlab environment.

The most important conclusions of the carried out experiments can be summarized as follows:

1. For one phase rotated component (the only present), the results were consistent with frequency discrimination thresholds as they were an increasing function of the carrier frequency and decreasing function of the rotation rate.
2. When a single component, in 100-component harmonic complex, was phase rotated the auditory system tended to be the most sensitive in the mid-frequency region. An amount of the phase changes required for the threshold was the smallest in the mid frequency area (3-7 kHz). This was also true for a group of components being phase rotated. Again the auditory system showed the highest sensitivity in the mid-frequency area.
3. Better sensitivity of the auditory system to the phase rotation in mid-frequency area, could be interpreted, at least in part, based on a stream segregation (perceptual grouping) concept. A phase shift applied for one component of a harmonic complex brings about that the phase shifted component pops out from the rest of the stimuli and thus it is detected as a separate sound at a background of the remained components. It simply becomes a "figure" while the rest of the 100-component complex serves as a "ground" .
4. It is possible to suggest that if the phase rotation were used as a watermarking technique and the time group delay (Tgd) were used to put some additional information to the signal (that expresses an amount of the phase amplitude changes), then a low frequency phase changes should be applied to a low frequency band of the signal.

3. Staffs

Professor Aleksander Piotr Sęk (since 2002)

4. Profile of Professor Aleksandar Sęk

He obtained the Master Degeree on Physics (1981), Ph.D. on Psychoacoustics (1990), Habilitation (post doc. degree) on Psychoacoustics (1996) and Professorship (1999) from the Institute of Acoustics, A.Mickiewicz University. During 1992-1999 he was the Royal Society fellow as well as the Welcome Trust fellow working with Professor Brian C.J. Moore at Department of Experimental Psychology, Cambridge University, UK. From April 2002 to March 2003 he stayed at Acoustics Information System laboratory at Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University (Japan), working with professor Yoiti Suzuki on phase modulation perception. Main interest: psychophysics

of normal and impaired hearing, digital hearing aids, signal processing, speech production and perception, modal analysis, modeling of the auditory system

5. Main Publications for tha fiscal year 2002

1. Rybicka, W., Sęk, A., and Suzuki, Y. (2003). "Detection and Modelling of AM Thresholds for Harmonic Complex Modulators with Different Crest Factor," in *Structures-Waves-Human Health, Selected Works*, edited by R. Panuszka (Krakow-Zakopane, Poland).
2. Rybicka, W., Sęk, A., and Suzuki, Y. (2003). "Detection and Modelling of AM Thresholds for Modulators with Different Crest Factors," in *Structures-Waves-Human Health, Biomedical Engineering,* edited by R. Panuszka (Krakow-Zakopane, Poland).
3. Sęk, A., Suzuki, Y., and Rybicka, W. (2003). "Amplitude modulation thresholds for modulators with different crest factor," in *The 2003 Spring Meeting of the Acoustical Society of Japan* (Tokyo, Waseda University, Japan).
4. Sęk, A., Takanori, M., Nishimura, R., and Suzuki, Y. (2003). "Detection of phase rotation in harmonic complex," in *The 2003 Spring Meeting of the Acoustical Society of Japan* (Tokyo, Waseda University, Japan).
5. Sęk, A., Takanori, M., Sonoda, K., Nishimura, R., and Suzuki, Y. (2003). "Detection of Phase Rotation in Harmonic Complex," in *The Third International Workshop on Spatial Media: Realistic Sound Synthesis for Architectural Spaces,* edited by M. Cohen and W. Martens (Aizu-Wakamatsu, Japan).

3．2　物性機能デバイス研究部門の目標と成果

21世紀の情報化社会を支える通信技術にとって，超高速情報処理システムと超高密度メモリ・ストレージシステムとそれらを支えるデバイスが不可欠である。電気通信研究所は国内唯一のIT関連の大学附置研究所として，電子デバイスや磁気デバイスなどの研究において世界をリードしてきた。

本研究部門は平成６年の研究所改組において新たに設置されたもので，情報通信の未来技術研究を先導して推し進めるため，これまで本所で精力的に行われてきた半導体・磁性体・誘電体の物性研究を継続発展させ，さらに，それに基づく新しい材料・加工プロセス・デバイスの開発研究を行って，究極的な超高速・超高密度デバイスの実現を目的としている。半導体や磁性デバイスの高速化・高密度化・高集積化・低消費電力化のいっそうの性能向上を図る一方，まったく新しいデバイス機能の創出と超高速情報処理や超高密度情報記憶のシステム化研究を行っている。また，独創的なデバイス開発の可能性の高い分子間相互作用プロセスと電子－光相互作用プロセスなどのナノ物性に関する先端研究，ならびに微小磁性体の非接触制御を利用した医用デバイスなど特徴ある研究も行っており，目標に向けて研究が順調に進められていると言える。

本年度の主な研究成果は以下の通りである。

１．固体電子工学研究分野

本研究分野では，知的情報化社会の基盤を支える新しい半導体デバイス，高機能システムの実現を目標として，シリコン集積回路におけるアクティブデバイス技術，回路技術，アーキテクチャー技術，材料技術に関する研究を行っている。2002年の成果を以下に述べる。Surrounding Gate Transistor(SGT)をナノメータスケールに微細化した場合に問題となるパンチスルー現象を抑制するための新しいソース構造を提案した。拡散層深さ0.01μmの凹型のソース形状とすることでパンチスルー電圧を従来のSGTに比べて23％増加できることを示した。また，同形状を作成するために，固体拡散を用いるプロセスの提案を行った。各研究テーマいずれも目標を達成しつつある。

２．スピンエレクトロニクス研究分野

本分野では，マグネティックスを基盤とし，特に磁性薄膜やバルクマイクロ磁性体とその応用に関する研究を行っている。2002年度の研究内容ならびに成果の一例を以下に示す。①GHz帯で動作する微小素子に対する磁性薄膜の適用の可能性について検討し，磁性体の磁区構造を誘導磁気異方性と形状磁気異方性とで制御する方法を確立し，磁性薄膜をGHz帯域で使用する際のガイドラインを示した。②磁性薄膜における高周波インピーダンスの外部印加磁界依存性を利用した高周波キャリア型薄膜磁界センサの検討を行ない，キャリア信号を抑制する検出回路（キャリアサプレス回路）を用いた高感度化に関する検討を行った。③磁気式のモーションキャプチャシステムを利用した顎運動の計測や放射線治療の照射位置検出に関する検討を進めている。④生体内をワイヤレスで自走可能なマイクロマシンに関する検討を

行ない，スパイラル状あるいはドリル状のマシンの推進制御ならびに発熱機構の搭載に関して検討を行うとともに，内視鏡誘導システムへの応用や微小なポンプへの応用を図っている。

3．情報記録デバイス工学研究分野

１平方インチ当たり１テラビット以上の超高面密度磁気ストレージの実現を目指して，そのためのデバイス研究を行っている。特にIT21センターのストレージプロジェクトに参加して高密度垂直磁気記録方式を実用化する研究に注力している。現在は磁気ヘッドと磁気ディスクのキーデバイスについて，そのナノ磁気物性とリードライト性能の関連を明らかにして，設計指針を導く研究を展開している。

本年度は，実用的な軟磁性薄膜として最大の飽和磁束密度を有するFeCo膜について，超高真空スパッタ成膜法を用いてそのナノ磁気物性を制御することで，保磁力が3Oe以下の軟磁性化を達成した。さらに，この高飽和磁束密度薄膜を単磁極型記録ヘッドの主磁極に応用することにはじめて成功し，優れた記録性能を実証した。また，記録再生理論の研究においても成果が得られており，メディアノイズの低減方法や20ナノメータ以下の急峻な磁化転移を形成するために必要な磁気ディスク媒体の微細磁気特性の要件についても明らかにした。これらは来年度以降のデバイス設計とそれに引き続くプロトタイピングの設計ツールを与えるものである。

4．光電変換デバイス工学研究分野

固体表面における電子と光の相互作用に起因するエネルギー変換機構を研究し，光電変換デバイスの基礎となる物理・化学現象と物性を解明する。固体表面ナノ構造（吸着種，半導体量子構造，単分子膜など）に特有な現象に焦点を絞り研究を進めている。走査型トンネル顕微鏡（STM）発光分光により，単一InAs量子ドットの発光イメージング計測に成功し，個々のドットのサイズと発光特性の相関関係を明らかにした。Ni(110)，Cu(110)，Ag(110)表面に孤立吸着した水素原子，酸素原子，一酸化炭素分子からのSTM発光スペクトルが各々の基板のSTM発光スペクトルと異なることを発見した。この結果は，STM発光により，固体表面の個々の吸着原子・分子種が識別可能になることを強く期待させる。偏光紫外光照射により，アゾベンゼンを主鎖に含むポリイミド膜の面内分子配向を広い範囲で制御できることを明らかにした。また，その膜によって液晶分子の一様な配向を誘起できることがわかった。

5．電子量子デバイス工学研究分野

本研究分野では，電子や光子を用いた量子情報処理・通信技術の実用化を目指し，半導体ナノ量子構造中の電子と光子との量子的相互作用を駆使した複合量子効果デバイスの開発とその物性機能の解明，およびそれを応用した量子情報処理・通信技術の開発を目標としている。特に，量子もつれ合い(entangled)状態にある光子対を利用する量子情報デバイスや量子計測技術の開発，半導体中の電子スピンを利用した量子情報デバイスの開発など，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。

本年度の主要な成果として，①半導体の励起子分子共鳴ハイパーパラメトリック散乱による量子もつれ合い光子対の発生に世界で初めて成功したこと，②パラメト

リック下方変換光子対の強い空間相関を利用した二光子干渉実験を行い，その結果を空間的量子相関を考慮した新たな解析手法によって定量的に再現し得たこと，等が挙げられる。

6．先端機能物性研究分野

本研究分野では，第一原理的手法を用いて電子状態を数値計算することにより，物質のもつ様々な物性の起源を理論的に解明し，新しい機能をもつ物質を設計することを研究目標としている。本年度は，①半導体へのスピン偏極キャリア注入の高効率化のために，完全スピン偏極強磁性体と半導体からなる量子超構造を，第一原理計算により物質設計ならびに物性評価した。②シリコン単結晶成長やドライエッチングにおいて重要な水素終端シリコン表面での水素引き抜き反応の制御するために，第一原理計算と量子ダイナミクス計算により，その反応機構を解明した。③シリカ基板上での集積回路の良質な配線を作成するために，銅／シリカ界面の構造と結合強度を第一原理計算により解析し，強固な界面作成の手法を提案した。各研究テーマいずれも所定の目標をほぼ達成した。

7．超高密度・高速知能システム実験施設原子制御プロセス部

本研究部では，半導体デバイスの微細加工を原子スケールで制御する技術の研究開発を行い，原子制御プロセス基盤技術を創生することを目標にしている。このため，SiをベースとしたⅣ族半導体を中心として，原子精度の成膜・エッチングとそれを用いた超微細デバイスの試作を進めている。今年度の成果は以下の通りである。

Si基板上へのSiH_4吸着とArプラズマ照射を交互に行い，基板非加熱下でのSiエピタキシャル成長の原子オーダ制御を実現した。また，高清浄減圧CVD装置により，不純物（P，B，N，W）原子層吸着Si(100)表面上で高品質Si結晶成長条件を明らかにし，B，Nの原子層ドーピングの場合，1nm厚のSi極薄層内に不純物が閉じ込められることを確認した。また，原子層ドーピング法により形成した超高P濃度Si結晶は，従来の高温熱処理工程により形成した場合と比較してキャリア濃度が高く，半導体デバイスの金属/半導体界面における接触抵抗低減化のための要素技術として有効であることを実証した。

固体電子工学研究分野

知的情報化社会の基盤を支える 新しい半導体デバイス・システムの研究

—次世代の半導体産業の牽引車の実現を目指して—

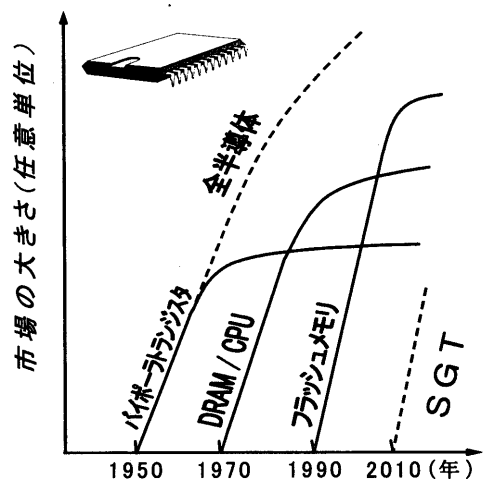


図1　半導体産業は，20年ごとに出現したバイポーラトランジスタ（米国ベル研），DRAM/CPU（米国インテル社），フラッシュメモリ（日本：舛岡教授）という牽引車により爆発的な成長を続けてきました。今後2010年以降日本の舛岡教授により発明されたSGT(Surrounding Gate Transistor)により半導体産業はさらに成長を続けます。

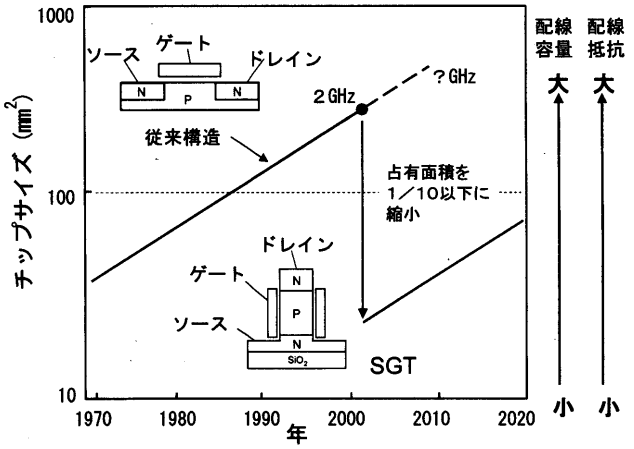


図2　3次元構造であるSGT構造にすることにより，素子の占有面積を1／10以下にすることが可能です。これはムーアの法則にしたがって年々増大するチップサイズが，光速によって制限されるサイズに到達するまでの期間を延長できることを意味します。つまりSGTによりムーアの法則の30年間の延長が可能となります。

1．部門の目標

近年の高集積回路は，高度情報社会を支えるキーデバイスの一つであると共に，日本の基幹産業となっている。従来，ＤＲＡＭ，ＣＰＵ，Ｆｌａｓｈ　Ｍｅｍｏｒｙをはじめとする高集積回路は，その寸法の微細化により，高速化・低消費電力化・高集積化・低コスト化を実現し，電子・情報産業は近年急成長してきた。しかし，今後，ディープサブミクロンサイズのＭＯＳデバイスに於いては，従来の延長の縮小化では，将来の超高性能集積回路システムを実現する事はできず，今後とも電子・情報産業の急成長を維持することは困難であると考えられている。固体電子工学研究分野では，高度情報社会の基盤となる次世代の高性能半導体集積回路の提案をめざして研究を行っている（図１，図２）。

＜研究テーマ＞１．高性能アクティブデバイスに関する研究
２．超高速・超低消費電力な回路に関する研究
３．高性能アーキテクチャーに関する研究
４．薄膜ゲート絶縁膜における絶縁性劣化と破壊機構に関する研究

2．過去一年間（2002年４月から2003年３月まで）の主な成果

Surrounding Gate Transistor(SGT)をナノメータスケールに微細化した場合に問題となるパンチスルー現象を抑制するための新しいソース構造を提案した。拡散層深さ0.01μｍの凹型のソース形状とすることでパンチスルー電圧を従来のSGTに比べて23%増加できることを示した。また，同形状を作成するために，固体拡散を用いる

プロセスの提案を行った。

3．職員名

教　授　　舛岡富士雄（1996年より）
助教授　　遠藤　哲郎（1997年より）
助　手　　桜庭　　弘

4．舛岡教授のプロフィール

1971年東北大学大学院工学研究科電子工学博士課程を修了。工学博士。1971年（株）東芝に入社。1994年退社。同10月東北大学情報科学研究科教授。現在東北大学電気通信研究所教授。研究分野は，集積回路を中心に半導体分野。２層多結晶シリコンを用いたEPROMの発明で昭和５５年度全国発明表彰発明賞を受賞，昭和53年度第１回渡辺賞を受賞，その他フィールドシールド，多層配線，DRAM，SRAM，EPROM回路及びフラッシュEEPROM等の発明で関東地方発明表彰発明奨励賞を５回受賞。1995年IEEE Fellow Award。1997年フラッシュEEPROM及びNAND型EEPROMの発明及び技術の確立の功績により，IEEEよりMORRIS N. LIEBMANN MEMORIAL AWARDを受賞し,市村産業賞 本賞を受賞。2002年，フラッシュメモリの構造を提案した業績（1977年）によりSSDM賞を受賞。電子情報通信学会IEEE会員。

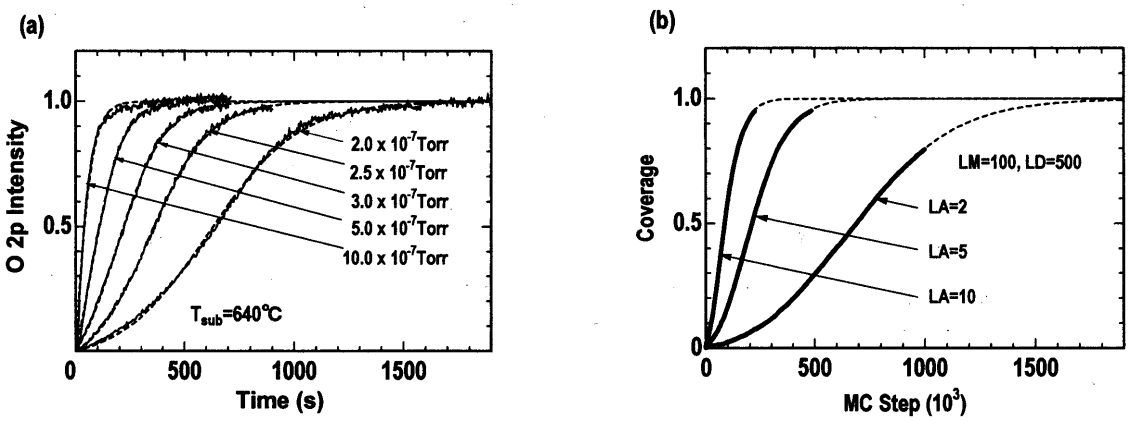
5．過去一年間（2002年４月から2003年３月まで）の主な論文発表

1) F. Masuoka, T. Endoh, H. Sakuraba, "NEW THREE DIMENSIONAL (3D) MEMORY ARRAY ARCHITECTURE FOR FUTURE ULTRA HIGH DENSITY DRAM", pp. C015-1 - C015-6, 2002 Fourth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, Aruba, April 17 - 19, 2002. (Invited Speaker)
2) 松岡史宜, 日置雅和, 桜庭弘, 遠藤哲郎, 舛岡富士雄, "Double Gate-SOI (DG-SOI) MOSFET のソフトエラーのα粒子入射軌道依存性", 電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2, C-11-4, p.61, 宮崎, 9月10日 - 13日, 2002.
3) 岩井信, 太田人嗣, 鈴木正彦, 桜庭弘, 遠藤哲郎, 舛岡富士雄, "Si柱側壁表面の平滑化", 電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2, C-11-5, p.62, 宮崎, 9月10日 - 13日, 2002.
4) 鈴木正彦, 岩井信, 桜庭弘, 遠藤哲郎, 舛岡富士雄, "Stacked - SGT DRAMを用いた2.4F^{2}メモリセル技術", 電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2, C-11-6, p.63, 宮崎, 9月10日 - 13日, 2002.
5) T. Endoh, K. Kinoshita, T. Tanigami, Y. Wada, K. Sato, K. Yamada, T. Yokoyama, N. Takeuchi, K. Tanaka, N. Awaya, K. Sakiyama and F. Masuoka, "New Stacked-Surrounding Gate Transistor (S-SGT) Structured Cell For Future Ultra High Density Flash Memory", International Semiconductor Technology Conference ISTC 2002 Meeting Abstracts and Program, Abstract NO.39, Tokyo, September 12 - 14, 2002. (Invited Speaker)
6) 西亮輔，日置雅和，桜庭弘，舛岡富士雄，"SGTのパンチスルー抑制を指向した凹型ソースSGT"，電子情報通信学会論文誌　C, Vol.86-C, No.2, pp.200-201, 2003年２月.
7) 松岡史宜, 日置雅和, 桜庭弘, 遠藤哲郎, 舛岡富士雄, "Surrounding Gate Transistor (SGT) DRAMセルのソフトエラー現象の解析", 電子情報通信学会2003年総合大会講演論文集エレクトロニクス2, C-11-3, p.63, 仙台, 3月19日 - 22日, 2003.
8) 岩井信, 桜庭弘, 遠藤哲郎, 舛岡富士雄, "Buried Gate 型　SGT　フラッシュメモリセル", 電子情報通信学会2003年総合大会講演論文集エレクトロニクス2, C-11-4, p.64, 仙台, 3月19日 - 22日, 2003.
9) 山本安衛, 日置雅和, 遠藤哲郎, 桜庭弘, 舛岡富士雄, "3次元構造Surrounding Gate Transistor(SGT)の下部拡散層形状解析方法の提案", 電子情報通信学会2003年総合大会講演論文集エレクトロニクス2, C-11-8, p.68, 仙台, 3月19日 - 22日, 2003.

固体電子工学研究分野

表面化学を操ってSi系薄膜を原子オーダ制御する

——量子ドットから太陽電池まで——



Si(001)-2×1表面ドライ酸化のリアルタイムUPS測定によるO2p信号強度の時間発展((a))とカイネティックモンテカルロ法によるシミュレーション((b))。

1．本分野の目標

今日の半導体産業の中心をなすSiデバイスの，より一層の微細化・高速化を図るには，デバイス製造プロセスの基幹となる微細構造形成技術をさらに高度化する必要がある。また既存の成熟したSiプロセスを最大限に利用しつつSiにない新たな電子・光物性が期待されるSi系混晶薄膜・ナノ構造を実用化するためにも，成膜における原子オーダ制御技術を確立する必要がある。本研究分野では極微細化に適した成膜技術であるガスソース (GS)MBE法を中心に，Si，SiGe，SiC，アモルファスSi，微結晶Si，Si酸化膜，Si酸窒化膜などのSi系薄膜の形成機構を原子・分子レベルで明らかにする。そしてその知見に基いてSi系薄膜の低温・高品質形成，さらにはSi系ナノ構造創成のための新たな製膜プロセス技術を開発することを目的としている。

本研究分野で現在行っている研究テーマは以下のとおりである。

1．Si系混晶薄膜エピタキシの表面化学と原子制御プロセス技術の開発
2．Si系ナノ構造形成過程の学理と新奇物性の探索
3．プラズマCVDによるアモルファス，微結晶シリコン太陽電池の開発
4．化合物半導体バルク点欠陥・表面欠陥の評価

2．過去1年間の主な成果

2.1 プラズマCVDによるアモルファス及び微結晶薄膜Si堆積に関する研究

プラズマCVDを用いたアモルファスSi薄膜堆積におけるプラズマ電子温度の影響を調べ，電子温度を4.75から0.4 eVへと減少させることで光／暗伝導度比 σ_p/σ_d が30倍増大，SiH_2 密度が2分の1に減少することを見出した。【文献1】

2.2 薄膜堆積過程の自己触媒反応モデルに関する研究

多くの薄膜成長系では表面モフォロジーが二次元クラスタ核形成，核成長，合体によって発展する。吸着種の脱離が熱的に活性化する時，薄膜被覆率の時間発展は基板温度と圧力の複雑な関数となる。このような複雑な振舞いに対し，反応速度論

でよく知られた自己触媒反応モデルがきわめて有効であることをわれわれはSi(001)表面ドライ酸化を例に取って実証してきた。本年度はモンテカルロ計算を行い，自己触媒反応モデルの成功は同モデルが有効的に核形成，核成長，島合体を含むためであることを明らかにした。【文献2】

2.3 半絶縁性GaAs基板の深いドナ準位EL2に関する研究

GaAs基板の深い固有ドナEL2はGaAs基板の半絶縁化に寄与する重要な固有点欠陥であるが，その微視的構造がこれまで不明だった。EL2は100K以下の低温で近赤外光照射を受けることでその光学的・電子的性質を消失するフォトクエンチ効果を示す。本研究ではフォトクエンチしたEL2がアニールによって回復する熱回復過程をピエゾ光熱法により詳細に調べた。アニール温度120K以上の回復EL2密度の時間発展が単純な飽和傾向を示したのに対し，120K以下のそれはシグモイド関数型を示すことを見出した。両者は自己触媒反応モデルを用いて統一的に記述される。シグモイド型の回復曲線はEL2の回復が欠陥相互の相関を伴うことを示している。われわれは回復に伴う電荷移動がこれを媒介する可能性を指摘し，EL2の微視構造としてV_{As}-As_{Ga}-Ga_{As}なる三中心複合モデルを提案した。【文献3】

2.4 Si基板上SiCヘテロエピタキシーに関する研究

無極性Si結晶基板上に有極性の立方晶炭化ケイ素を形成する際，同一平面内にSi表面とC表面が混在する逆位相欠陥が生じるとデバイス特性に有害である。今回，有機シランの一つであるメチルシランと通電加熱法を組み合わせ，逆位相欠陥のない炭化ケイ素表面を100nm以下の極薄膜で形成することに成功した。従来は5μm以上の膜厚が必要だった。吸着種のエレクトロマイグレーション，及びSi-C結合を有するメチルシラン特有の吸着特性が関与していると考えられる。【文献4】

職　員

助教授　　末光眞希（1990年より）
非常勤研究員　カルパナン・センティル

主な発表論文等

[1] Yuji Kurimoto, Tetsuji Shimizu, Satoru Iizuka, Maki Suemitsu and Noriyoshi Sato, "Effects of Electron Temperature on the Quality of a-Si:H and mc-Si Film", Thin Solid Films, 407(2002) pp.7-11.

[2] Maki Suemitsu, Hideaki Togashi, and Toshimi Abe, "Autocatalytic reaction model: A phenomenology for nucleation-coalescence-growth of thin films", Thin Solid Films, 428(2003) pp.83-86.

[3] A. Fukuyama, T. Ikari, Y. Akashi, and M. Suemitsu, "Inter-defect correlation during thermal recovery of EL2 in semi-insulating GaAs: proposal of a 3-center-complex model", Phys. Rev. B67(2003) pp.113202-113205.

[4] H. Nakazawa and M. Suemitsu, "Formation of extremely thin, quasi-single-domain 3C-SiC film on resistively heated on-axis Si(001) substrate using organo-silane buffer layer", Material Science Forum (Trans Tech Publications Ltd., Switzerland), 389-393(2002) pp.351-354.

[5] 末光眞希,「アルミニウムの極薄酸化膜――アルコーÉã切削法による超高真空対応表面の作成――」, J.Vac.Soc.Jpn. 45(2002)pp.415-421.

[6] Takeshi Murata and Maki Suemitsu , "Initial adsorption of GeH4 at Si surfaces: separation between chemistry and strain", Abstracts of the 2nd International WorkShop on New Group IV (Si-Ge-C) Semiconductors: Control of 11th Properties and Applications to Ultrahigh Speed and Opto-Electronic Devices (Kofu, 2002). IV-04

[7] K. Senthil, H. Nakazawa, M. Komatsu, T. Abe, and M. Suemitsu, "Temperature-programmed-desorption study on surface reactions of organosilanes at Si(001)", Abstracts of the 2nd International WorkShop on New Group IV (Si-Ge-C) Semiconductors: Control of 11th Properties and Applications to Ultrahigh Speed and Opto-Electronic Devices (Kofu, 2002). IV-05

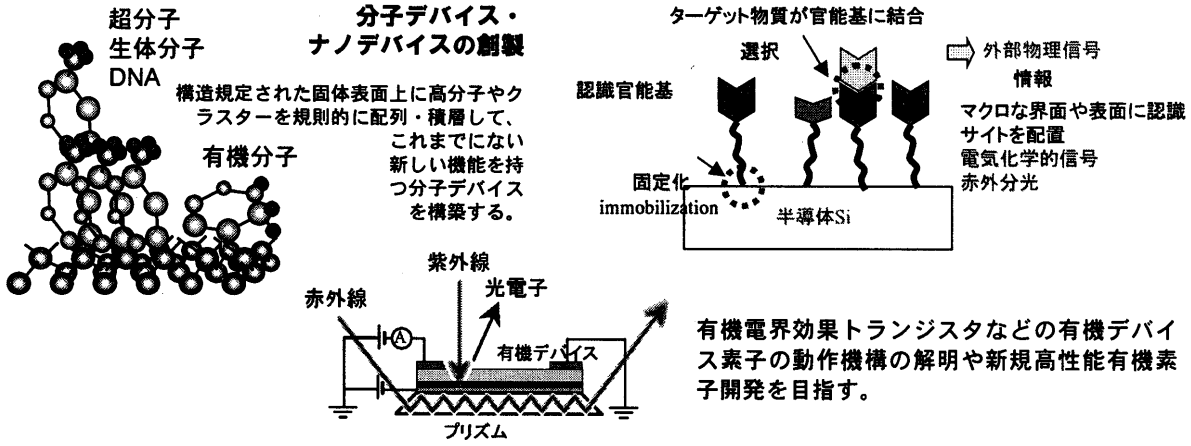
[8] M. Suemitsu, H. Togashi, and T. Abe, "Autocatalytic Reaction Model: A phenomenology for nucleation-coalescence-growth of thin films", E-MRS, Symposium J (Strasbourg, 2002, June).

[9] T. Murata and M. Suemitsu, "GeH4 adsorption on Si(001) at room temperature: transfer of H atoms to Si sites and atomic exchange between Si and Ge", Abstracts of 1st International SiGe Technology and Device Meeting (Nagoya, 2003, Jan). p.233

[10] K. Senthil, H. Nakazawa, and M. Suemitsu, "Adsorption kinetics of dimethylsilane on Si(001)", Abstracts of 1st International SiGe Technology and Device Meeting (Nagoya, 2003, Jan). p.237.

分子電子工学研究分野

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ナノ分子デバイスの創製



1．分野の目標

最近，分子レベルや超分子レベルで動作する電子デバイスや，分子認識をベースとした化学情報を電気信号に変換する分子情報処理デバイスの開発の可能性が見えてきた。今までの半導体を中心としたデバイスだけではなく，C_{60}フラーレンなどの超分子や有機金属・有機半導体，更にはDNAなどの生体分子も含めた，電子や光に多様に応答する分子・超分子を活用した新たなナノ分子デバイスの開発が，大量の情報を高速に処理するために必要になる。また，今後ますますその重要度が増すゲノム情報を処理するためには，バイオテクノロジーと融合した生命情報処理デバイスの開発も必要不可欠である。このような時代的要請に応えるために，次世代の分子情報デバイスの創製に必要な，新機能分子材料の探索と共に，20世紀に培ったSi半導体技術を基盤にして，これら分子材料をSi半導体と様々な形で融合した新しいデバイスの実現に向けた基盤研究を行うことを分野の目標としている。研究テーマは，① 半導体表面上ナノ構造の自己組織化・自己形成機構の解明と応用，② 超分子や有機分子クラスターを用いた分子量子デバイス，③ 有機電子マテリアル用いた次世代フレキシブル有機電子デバイス，④ 認識官能基を有する半導体表面を用いた生体分子認識システムの開発などである。

2．過去1年間の主な研究成果

(1) 有機高分子のシリコン表面における吸着状態・吸着過程の解明

分子デバイスの創製には，デバイス製造プロセスを原子レベルで制御する必要がある。従来のシリコン半導体デバイスと超分子や有機分子との融合によって，新しい分子デバイスを創製することを目標に，Si表面における高分子の吸着・堆積過程の解明を試みている。今年度は，本研究分野で開発した超高感度赤外分光解析システムを用いて，ベンゼン，ナフタレン，ペンタセン分子などの一連の芳香族炭化水素分子のSi表面吸着過程を調べた。表面吸着過程が分子の表面吸着量によって大きく変化することなどを見出した。

(2) 固液界面反応を用いた半導体表面上ナノ周期構造の創製

本年度は，Si基板上に規則周期ナノ構造を作製するためにSi基板上に真空蒸着法により堆積したAl薄膜を陽極化成することによって，規則配列構造を有するポーラスアルミナの作製を試みた。堆積するAl薄膜の構造や組成を最適化することにより，4 μm程度の薄いAl薄膜から，蜂の巣状の周期構造を有するポーラスアルミナ膜をSi基板上に創製することに成功した。今後，このポーラスアルミナ膜をフォトニック結晶として用いる可能性や，この膜をテンプレートとしてSi基板上にナノ構造を構築する方法を検討する。

(3) 有機デバイスの界面構造の解明

有機半導体を用いてトランジスタや発光素子，ならびにメモリ素子などのエレクトロニクス素子の開発および動作機構解明の研究を進めている。本年度は，赤外吸収分光と変位電流測定法が有機電界効果トランジスタ内のキャリアの挙動を調べるきわめて有効な手法であること，有機電界効果トランジスタ内のチャネルに誘起される電荷は，無機半導体の場合と異なり，ソース電極からの注入電荷の効果が大きいことを見出した。また，遮光下で真空蒸着するだけで分子が自発的に配向して自発分極を形成するAlq3薄膜の巨大表面電位は十分な保持時間を有しており，メモリ素子への応用の可能性があること等を見出した。

(4) シリコン表面を利用した高感度生体分子センサーの開発

赤外線を溶液中に置かれたSiウェーハの中を多重内部反射させて赤外吸収分光を行うと，高感度溶液モニターになる。Siウェハー表面に分子認識機能を持たせれば，高感度の分子認識センサーが実現し，たとえばDNA遺伝情報解析などのバイオテクノロジーへ応用できる。今年度は，Si表面上に分子認識機能を持つ高分子，超分子を固定化する方法や，DNAの塩基対形成を赤外分光法で検知する方法を検討し，後者については，赤外分光スペクトルの解析から水素結合の有無を検知できることを確認した。

3．職員

教　授　　庭野　道夫（1998年より）
助教授　　石井　久夫（2002年より）
助　手　　木村　康男（1999年より）

4．教授のプロフィール

昭和55年東北大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。昭55宮城教育大学助手，昭61東北大学助手（電気通信研究所），昭63助教授，平10教授。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。最近は，赤外反射分光を用いた表面物性の研究や分子デバイスの開発研究に力を注いでいる。応用物理学会，表面科学会，日本物理学会，電気情報通信学会，電気学会などの会員。

5．過去1年間の主な研究発表論文

[1] M. Nishizawa et al.: “Origin of type-C defects on the Si(100)-(2×1) surface,” Phys. Rev. B65 (2002) 161302.
[2] 庭野道夫，篠原正典，木村康男：「半導体表面・界面反応の赤外分光観察」，応用物理　第71巻第9号（2002）1143-1147.
[3] 渡辺準人ら：「Si(100)表面上のベンゼン分子吸着過程」表面科学，vol24，No.2　(2002) pp.98-104.
[4] Yasuo Kimura Jun Nemoto and Michio Niwano: “Electrochemistry on Si(100) in a hydrofluoric acid solution at cathodic potential regions,” Materials Science and Engineering B (2002) 107-110.
[5] M. Shinohara et al.: “Interaction of hydrogen-terminated Si(100), (110), and (111) surfaces with hydrogen plasma investigated by in situ real-time infrared absorption spectroscopy,” J. Vac. Sci. Technol. A21 (2002) pp. 25−31.
[6] Masanori Shinohara, Yasuo Kimura, Mineo Saitob and Michio Niwano: “Infrared spectroscopy study of adsorption of silane on Si(0 0 1),” Surf. Sci. 502-503 (2002) pp. 96-101.
[7] 林　直樹，石井久夫，伊藤英輔，関　一彦：「ケルビン法でみた有機/金属界面の電子構造―バンドの曲がりと巨大表面電位発生―」，応用物理　第71巻第12号（2002）1488-1492.

スピンエレクトロニクス研究分野

磁気物性制御技術の確立と高機能磁気デバイス・システムの開発

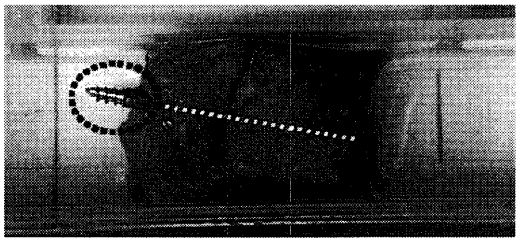


図1　マイクロマシンが牛の筋肉中を推進する様子。外部から回転磁界を印加することでマシンは回転し，推進する。20秒程で，マシンは長さ牛肉（長さ約20㎜）を貫通した。

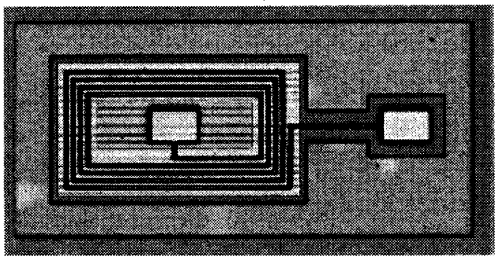


図2　RF集積化インダクタ　マイクロパターン化磁性膜によって，2GHz帯でL=7.9nH, Q=13を実現した。

分野の目標　本分野では，磁気的微細構造をナノスケールで制御した磁性薄膜ならびにバルクマイクロ磁性体を利用し，磁気の有する特異な性質を活かした新たなマイクロデバイスの開発を行っている。

主な成果　**1. GHz帯で動作する微小磁気素子に関する研究**：GHz帯で動作する微小素子に対する磁性薄膜の適用の可能性について検討し，磁性体の磁区構造を誘導磁気異方性と形状磁気異方性とで制御する方法を実験とシミュレーションの両面から確立し，磁性薄膜をGHz帯域で使用する際のガイドラインを示した。**2. 高周波キャリア型磁界センサに関する研究**：磁性薄膜を微細加工して作製した微小パターンの高周波インピーダンスが磁界依存性を有することを利用した高感度センサの開発を行っている。センサ構造と感度特性の関連をシミュレーションにより明らかにし，それにより示された最適構造のセンサが4.5×10^{-8}(Oe)と極めて小さい磁界検出分解能を示すことを示した。さらにセンサの検出回路に関する検討を行い，信号位相計測による検出方式を用いた大幅な感度特性の改善方法を提案した。これらを踏まえて10^{-9}(Oe)台の検出感度を目指した検討を行っている。**3. 磁気モーションキャプチャシステム**：微小な磁界発生源(マーカー)の発する磁界を高感度3次元磁界センサにより計測し，マーカーの位置と向きを算出する位置検出システムの開発を行っている。2個の永久磁石マーカー位置の1mm精度リアルタイム位置検出を可能にし，これを顎運動計測システムへ適用した。**4. 磁気駆動ワイヤレスマシン**：磁気によるワイヤレスエネルギー供給技術を利用した磁気駆動ワイヤレスマシンに関して，スパイラル形状を基本としてそのマイクロ化技術ならびに医療応用に関する検討を行っている。注射針で挿入可能な直径0.8mmのマシンは生体を模した牛肉組織や寒天中で動作できるとともに発熱機能を搭載でき，局所温熱治療用マシンとしての応用が期待される。直径150ミクロンまで微細化したマシンはレイノルズ数10^{-5}の環境下でも泳動可能であり，より一層のマイクロ化が可能であることが示唆されている。マシンの泳動特性を解析するための3次元シミュレーション技術を確立し，解析によるマシン設

計を可能にした。さらに消化管内での動作を想定したcmサイズのワイヤレスマシンに関する検討も行い，大腸内視鏡の挿入補助システムやカプセル内視鏡の動作制御への応用を図っている。

職　員　教　授　　荒井賢一（1986年から）
助教授　　山口正洋（1991年から），石山和志（2003年から）
助　手　　薮上　信
技　官　　師岡ケイ子，我妻成人
学術振興会特別研究員　　仙道雅彦

荒井賢一教授のプロフィール

1966年3月　東北大学工学部電子工学科卒業。1971年3月　同学大学院工学研究科博士課程修了。1971年4月同学助手，電気通信研究所。1975年４月　同学助教授，電気通信研究所。1986年４月　同学教授，電気通信研究所。軟質磁性材料の研究およびマイクロ磁気デバイス，マイクロ磁気センサ，アクチュエータ等のスピニックスデバイスとその医療応用に関する研究に従事。市村賞，科学技術庁長官賞，電気学会業績賞受賞。日本学術会議第18期第五部会幹事。

研究テーマ

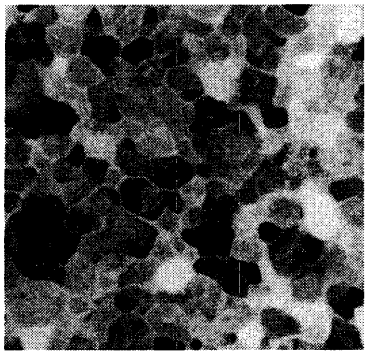
1．高機能スピニックマテリアルの創製
2．集積化マイクロ磁気デバイス・センサ
3．生体内駆動用磁気マイクロロボット
4．超高周波磁気計測・EMC計測
5．磁気モーションキャプチャシステム

過去１年間の主な発表論文

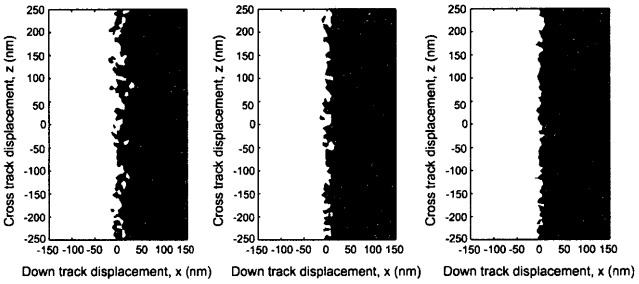
1．石山和志，荒井賢一，「磁気トルクにより屈曲するガイドワイヤの試作と評価」，電気学会論文誌A，vol.122-A, No.3, pp.343-347, (2002).
2．菊池弘昭，薮上信，山口正洋，荒井賢一，鈴木哲、「搬送波抑制回路を用いた高周波ｷｬﾘｱ型薄膜磁界センサ磁界検出感度」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.562-565(2002).
3．薮上信，金高弘恭，辻真哉，板垣篤，山口正洋，荒井賢一，三谷英夫，「２個の永久磁石を用いた顎運動計測システムの試作」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.616-620(2002).
4．仙道雅彦，石山和志，荒井賢一，城条雅之，佐藤文博，松木英敏，「発熱素子を組み込んだ磁気マイクロマシンの試作」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.629-632, (2002).
5．山崎彩，仙道雅彦，石山和志，早瀬敏幸，荒井賢一，「直径0.5mmの泳動型磁気マイクロマシンの泳動特性解析」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.645-648, (2002).
6．仙道雅彦，石山和志，荒井賢一，「ゲル中駆動用磁気マイクロマシンの試作と複数個駆動」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.649-652, (2002).
7．仙道雅彦，石山和志，山口正洋，荒井賢一，「スパイラル型磁気マイクロマシンの始動特性」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.653-656, (2002).
8．佐藤慎悟，鈴木和彦，菊池弘明，山崎彩，網代紀行，薮上信，山口正洋，荒井賢一，菊地新喜，「小形交流磁性マーカの試作」，日本応用磁気学会誌，vol.26, pp.769-774(2002).
9．K. Ishiyama, M. Sendoh, K. I. Arai, “Magnetic micromachines for medical applications,” Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol.242-245, pp1163-1165, (2002).
10．K. Ishiyama, K. Imamura, K. I. Arai, “Smart actuator with magneto-elastic strain sensor,” Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol.242-245, pp41-46, (2002).

情報記録デバイス工学研究分野

磁性薄膜のナノスコピック物性の研究とその大容量磁気ストレージデバイスへの応用



微細磁性粒子をSiO2によって磁気分離した垂直媒体の高分解能TEM像



記録ヘッド磁界勾配を変えた場合の記録磁化転移に関するボロノイ多角形を用いたモデル計算結果

ハードディスク装置に代表される磁気情報ストレージでは記録面密度が重要な性能指標であり，年率で1.6～2倍の早いペースを保って高密度化が進んでいる。これは大容量情報ストレージの旺盛な需要を背景にしており，さらなる高密度化・大容量化が強く求められている。これに応えるには，ナノメータオーダでの磁性薄膜物性を踏まえた新しいデバイス研究が必須である。本分野では垂直磁気記録方式を提案してその優れた高記録密度性を理論と実験を通して実証してきている。同時に，このためのデバイス研究も積極的に進め，高分解能単磁極ヘッドと高密度垂直媒体を用いて実際の記録再生特性を通じた研究成果を蓄積している。より高い記録密度を目指して，最重要デバイスである磁気ヘッド・記録メディアを中心に記録再生理論や信号処理などの幅広い分野での情報ストレージの研究を行っている。

1）高飽和磁束密度主磁極を有する高記録能力単磁極ヘッドの研究

本分野で提案した垂直型単磁極記録ヘッドの記録能力の向上を目的として，実用軟磁性薄膜材料として最も大きな飽和磁束密度を有するFeCo膜の軟磁性導出について検討し，ヘッド試作を通じた記録特性評価を行った。本所附属工場と協力して試作した超高真空スパッタ装置を用いて，適切なシード層上にFeCo膜をヘテロエピタキシャル成長させることで，飽和磁束密度は2.4Tの高い値を維持して，保磁力が3Oe以下の十分な軟磁気特性を有する記録主磁極膜を実現した。本主磁極膜を用いたカスプコイル励磁型ヘッドを作製してその記録能力を評価した結果，優れた記録性能を反映してオーバーライト特性とノイズ特性が改善されることが明らかになった。

2）低ノイズ垂直記録メディアの研究

垂直媒体の低ノイズ化と高分解能化を両立させるためには，記録媒体中の磁性微粒子間の磁気分離がよく行われていることが要求される。今年度は非磁性材であるSiO_2をCoPtCr粒子間に析出させることによって明確な非磁性粒界を形成したOxideメディアについて検討を行った。高分解能電子顕微鏡観察から，粒子間にはSiO_2が形成されて優れた磁気分離構造が確認できた。また，その結果，媒体SN比が改善され，記録分解能が良好であることも実験的に示した。これは，今後の高密度媒体の候補となる重要な成果である。

3) 高密度垂直記録再生理論の研究

現在の国際的な目標である１平方インチ当たり1テラビットの超高密度記録を垂直磁気記録で実現するために，理論的な指導原理を突き詰めている。これまで転移性であることを明らかにしてきた媒体ノイズについて，そのクラスタ分解によってノイズ低減が可能であり，従って，高密度化には粒間の磁気分離と磁気構造の微細化が必要なことを示した。垂直磁気記録方式では現状の記録方式を逸脱することなく１平方インチ当たり200ギガビットの記録密度が可能であることを明らかにした。さらに，磁化転移幅の狭小化についても同様にクラスタ分解による方法を提案して，実験とモデル化による分析を行い，媒体ノイズの非線形性を説明できる微細磁気構造モデルを提案している。

【職員】

教授　村岡裕明　（2000年より）
助手　渡辺　功

【教授プロフィール】

昭和56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），平成3年電気通信研究所助手，平成5年同助教授，平成12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，映像メディア学会，日本応用磁気学会，IEEE，各会員。工学博士。IEEE Magnetics Society Education Committee, IEEE Magnetics Society Technical Committee各メンバー。

【研究テーマ】

1. 高分解能・広帯域単磁極ヘッドの研究
2. 低ノイズ垂直磁気記録媒体の研究
3. 高密度薄膜媒体の熱磁気緩和に関する研究
4. 高密度磁気記録方式の研究
5. 磁性薄膜物性の研究

【主な研究発表】

(1) H. Muraoka, Y. Sonobe, K. Miura, et al., IEEE Trans. Magn., 38 1632-1636, 2002
(2) H. Katada, T. Shimatsu, I. Watanabe, H, Muraoka, Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 38, 2225-2227, 2002
(3) H. Muraoka, M. Hassner, Y. Sonobe, et al., IEEE Trans. Magn., 38, 2337-2239, 2002
(4) Y. Okamoto, N. Masunari, H. Yamamoto, H. Osawa, H. Saito, H. Muraoka, Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 38, 2349-2351, 2002

光電変換デバイス工学研究分野

表面界面物性の研究と光電変換デバイスへの応用

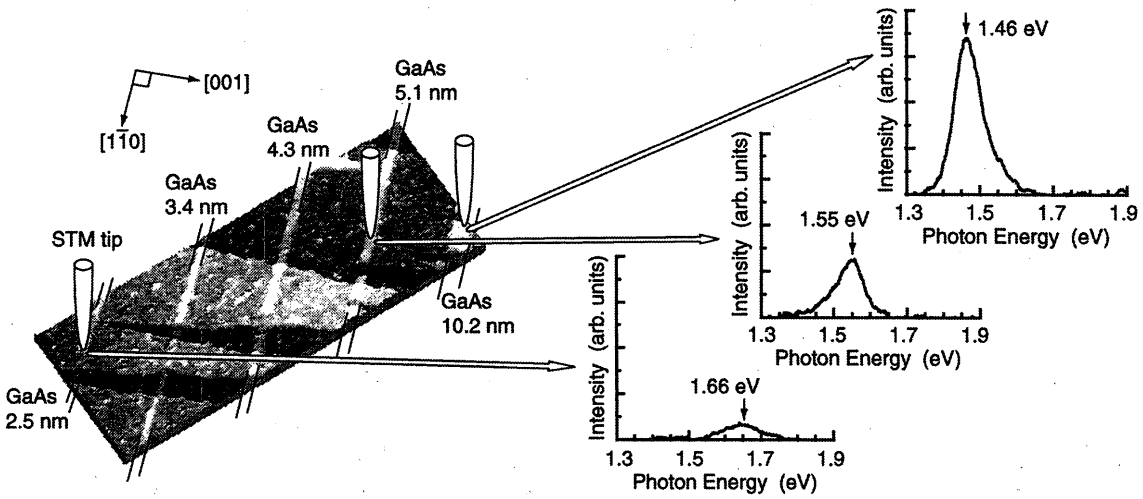


図１　AlGaAs/GaAs量子井戸劈開(110)面のSTM像(200 ×65 nm^2)と個々の量子井戸層のSTM発光スペクトル

１．分野の目標

固体表面における光と電子の相互作用を研究し，光電変換デバイスの基礎となる表面物性と固体表面で起こる物理・化学現象を探索することが本分野の現在の目標である。原子・分子レベルで表面の物理・化学現象を理解し，その結果を原子レベルで制御された機能性表面・界面および薄膜の作製，発光素子の開発，光エネルギー変換などに応用する。また表面超微細構造の物性を計測しそれを工学的に応用する方法を開発することも目標としている。

本分野では走査型トンネル顕微鏡(STM)の発光分光，レーザー・ラマン分光，フーリエ変換赤外吸収分光(FT-IR)，第二次高調波発生(SHG)，高分解能電子エネルギー損失分光(HREELS)などの測定手段を用い，表面・界面物性の研究を行っている。図１に井戸幅が異なる個々のAlGaAs/GaAs量子井戸層のSTM発光スペクトルの測定例を示す。

２．過去１年間（2002年4月から2003年３月まで）の主な成果

2.1 歪量子井戸構造の転位形成機構の解明

歪量子井戸構造に導入される格子不整合転位の形成機構を解明し制御することは，デバイス応用上極めて重要である。近接場光学顕微鏡を用いたフォトルミネッセンス分光計測により，GaAs/InGaAs歪量子井戸の不整合転位が導入され始める臨界膜厚を調べた。その結果，臨界膜厚は常に２つ存在し，その値はInの組成に強く依存することを見いだした。力学的平衡モデルに基づいた理論計算との比較から，In組成に比例した格子摩擦力を考慮すると観測された臨界膜厚を非常によく説明できることがわかった。

2.2 表面吸着分子からのSTM発光

Ni(110)清浄表面を分子水素（H_2）に曝すと原子水素（H）として解離吸着することが知られている。水素原子は[1-10]方向に伸びるNiアド原子上に吸着すると考えられている。この表面をSTMで観察するとNiアド原子列は輝点の列（明るい列）として観測されるが，水素原子は適当なエネルギー位置に状態密度をもたないためイメージングされない。水素原子が吸着していると予想される明るい列と周りのNi原子が露出したテラスからのSTM発光スペクトルを観測した。その結果，明るい列からのSTM発光スペクトル中にのみ水素原子の振動に対応するピーク構造が見られることを発見し，確かにNi原子列上に水素原子が吸着していることを原子位置分解能で確認した。この結果は，STMでイメージングできない吸着種でもSTM発光により識別できることを示す。

2.3 液晶分子の光配向

アゾベンゼンを主鎖に含むポリアミック酸（Azo-PAA）膜に直線偏光紫外光を照射することによって，Azo-PAA分子の面内配向を制御することができることを明らかにした。この分子配向変化はアゾベンゼン分子の光異性化反応によって起こる。また，その膜を熱イミド化するときに高分子の骨格構造の面内配向秩序度が増大する現象を見いだし，得られたポリイミド（Azo-PI）膜の面内分子配向を広い範囲で光制御できることがわかった。Azo-PI膜によって液晶分子の一様な配向を誘起できることを確認した。

3．職員名

教　授：　潮田　資勝（1985年より）
助教授：　上原　洋一（1992年より）
助　手：　坂本　謙二，鶴岡　徹

4．潮田教授のプロフィール

潮田教授は，ラマン散乱によるポラリトンの研究でペンシルバニア大学大学院理学研究科で1969年に博士号を取得後，カリフォルニア大学アーバイン校理学部物理学科において助教授，準教授，教授を歴任した。この間ラマン散乱による固体表面励起の研究およびトンネル接合の発光機構の研究を進めた。1985年に東北大学に赴任し，現在はラマン散乱およびトンネル接合発光の研究に加えて，走査型トンネル顕微鏡の発光の研究，電子エネルギー損失分光法，第二次高調波発生法，赤外分光法などによる表面物性の研究を行っている。1996年にはアメリカ物理学会のフェローに選出された。平成15年度，第59期日本物理学会会長に就任する。

5．過去1年間の発表論文，解説記事，著書

1．“Light emission spectra of the monolayer-island of C_{60} molecules on Au(111) induced by scanning tunneling microscope”, K. Sakamoto, K. Meguro, R. Arafune, M. Satoh, Y. Uehara, and S. Ushioda, Surf. Sci. **502-503**, 149-155 (2002).

2．“Optical observation of single-electron charging effect in metallic particles”, Y. Uehara, T. Iida, K. J. Ito, M. Iwami, and S. Ushioda, Phys. Rev. B **65**, no.15, 155408 (2002).

3．“Origin of multiple peaks in the light emission spectra of a Au(111) surface induced by the scanning tunneling microscope”, K. Meguro, K. Sakamoto, R. Arafune, M. Satoh, and S. Ushioda, Phys. Rev. B **65**, no. 16, 165405 (2002).

4．“Electron transport in the barriers of AlGaAs/GaAs quantum well structures observed by scanning-tunneling-microscope light-emission spectroscopy”, T. Tsuruoka, R. Tanimoto, Y. Ohizumi, R. Arafune, and S. Ushioda, Appl. Phys. Lett. **80**, no. 20, 3748-3750 (2002).

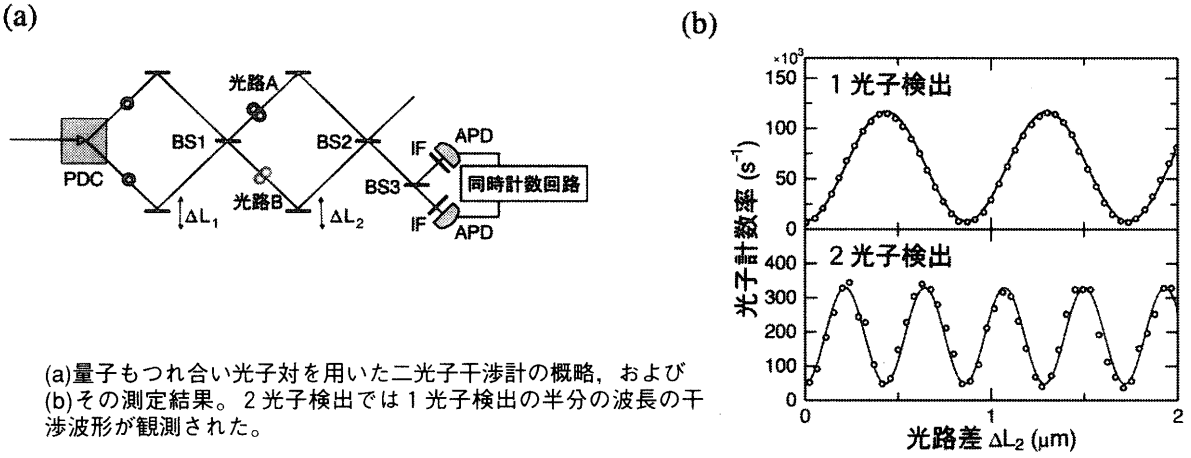
5．“Identification of atoms on the Ni(110)-(2 x 1) O surface by scanning tunneling microscope (STM) light emission spectra”, Y. Uehara, T. Matsumoto, and S. Ushioda, Solid State Commun. **122**, no. 7-8, 451 (2002).

6．"Identification of O atoms on a Cu(110) surface by scanning tunneling microscope light emission spectra", Y. Uehara, T. Matsumoto, and S. Ushioda, Phys. Rev. B **66**, no. 7, 075413 (2002).
7．"Formation of misfit dislocations in GaAs/InGaAs multiquantum wells observed by photoluminescence microscopy", Y. Ohizumi, T. Tsuruoka, and S. Ushioda, J. Appl. Phys. **92**, no. 5, 2385-2390 (2002).
8．"Atomic-site-dependent light emission from Au(110)-(2 x 1) surface induced by scanning tunneling microscope", Y. Uehara and S. Ushioda, Phys. Rev. B **66**, no. 16, 165420 (2002).
9．"Local electronic structures of GaMnAs observed by cross-sectional scanning tunneling microscopy", T. Tsuruoka, N. Tachikawa, S. Ushioda, F. Matsukura, K. Takamura, and H. Ohno, Appl. Phys. Lett. **82**, no. 15, 2800-2802 (2002).
10. "Alignment of polyamic acid molecules containing azobenzene in the backbone structure: Effects of polarized ultraviolet light irradiation and subsequent thermal imidization", K. Sakamoto, K. Usami, M. Kikegawa, and S. Ushioda, J. Appl. Phys. **93**, no. 2, 1039-1043 (2003).

他，論文１編，国際会議議事録２編，解説記事１編。

電子量子デバイス工学研究分野

電子と光子を用いた量子情報通信デバイスの開発



(a)量子もつれ合い光子対を用いた二光子干渉計の概略，および(b)その測定結果。2光子検出では1光子検出の半分の波長の干渉波形が観測された。

分野の目標

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「量子情報処理」および「量子情報通信」技術の実用化が強く期待されている。

本研究分野では，電子や光子を用いた量子情報処理・通信技術の実用化を目指し，半導体ナノ量子構造中の電子と光子との量子的相互作用を駆使した複合量子効果デバイスの開発とその物性機能の解明，およびそれを応用した量子情報処理・通信技術の開発を目標としている。特に，量子もつれ合い(entangled)状態にある光子対を利用する量子情報デバイスや量子計測技術の開発，半導体中の電子スピンを利用した量子情報デバイスの開発など，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。

過去1年間の主な成果

(1)半導体におけるハイパーパラメトリック散乱を用いた量子もつれ合い光子対発生

量子相関をもった光子対の発生とその利用技術は，量子情報通信技術の根幹をなす重要な要素の一つである。本研究では，半導体結晶中の励起子分子における二励起子間のスピンのもつれ合い状態を利用し，その二光子共鳴励起下におけるハイパーパラメトリック散乱（二光子共鳴ポラリトン散乱）によって，短波長の量子もつれ合い光子対を発生する技術を開発している。本年度は，この方法を用いて時間的・空間的相関をもった光子対を検出することに世界で初めて成功した。また，その偏光相関を求める予備実験にも成功し，直線偏光に関して大きな相関があることを確認した。

(2)パラメトリック下方変換光子対の空間相関を利用した二光子干渉実験

本研究では，二光子間の強い空間的量子相関を利用した二次元情報（画像）伝送技術の開発を目指している。本年度までに，マッハツェンダー干渉計を用いて空間的に異なる光路に分離した二光子状態間の干渉を測定することで，古典的波長の半分の波長をもった干渉周期が観測されうること，すなわち二光子状態の「ドブロイ波長」の測定が可能であることを実験的に明瞭に示し，その成果が新聞・専門雑誌等で紹介された。また，パラメトリック下方変換光子対の強い空間相関を利用した二光子干渉実験を提案・実行し，それを二光子間の空間相関を考慮したフーリエ光学解析によって定量的に再現することにも成功した。

職員名

教授　枝松圭一（2003年より）

教授のプロフィール

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

過去1年間の主な発表論文

1. Growth of CuCl nanostructures on CaF_2 (111) substrates by MBE --their morphology and optical spectra--, A. Kawamori, K. Edamatsu, and T. Itoh, J. Crystal Growth **237-239**, 1615-1619 (2002)
2. Quantum diffraction and interference of biphotons generated by parametric down conversion, R. Shimizu, K. Edamatsu, and T. Itoh, Quantum Electronics and Laser Science Conference 2002 Technical Digest, 30-31 (2002)
3. Backward quasi-phase-matched second harmonic generation and photonic band effects in semiconductor/dielectric multilayer structure, M. Minamiguchi, K. Edamatsu, and T. Itoh, Nonlinear Optics 2002 Technical Digest, 407-408 (2202)
4. Quantum interference and diffraction of parametric down-converted biphotons. R. Shimizu, K. Edamatsu, and T Itoh, Pramana-J. Phys. **59**, 165-168 (2002)
5. Measurement of the photonic de Broglie wavelength of parametric down-converted photons using a Mach-Zehnder interferometer, K. Edamatsu, R. Shimizu, and T. Itoh, Proc. of the 7th Int. Symp. on Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology, World Scientific, 104-107 (2002)
6. 光とナノサイエンス --レーザーを用いたナノマテリアルの探求--, 伊藤正, 枝松圭一, 物理教育 **50**, 143-146 (2002)
7. Measurement of the photonic de Broglie wavelength of entangled photon pairs generated by spontaneous parametric down-conversion, K. Edamatsu, R. Shimizu, and T. Itoh, Phys. Rev. Lett. **89**, 213601/1-4 (2002)

先端機能物性研究分野

第一原理計算による物性解明と機能物質の設計

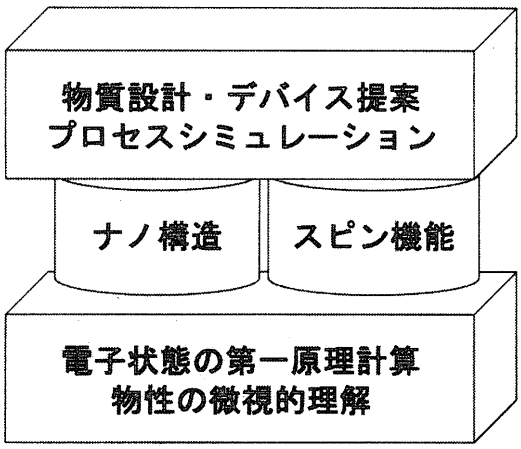


図１．研究目標の概念図

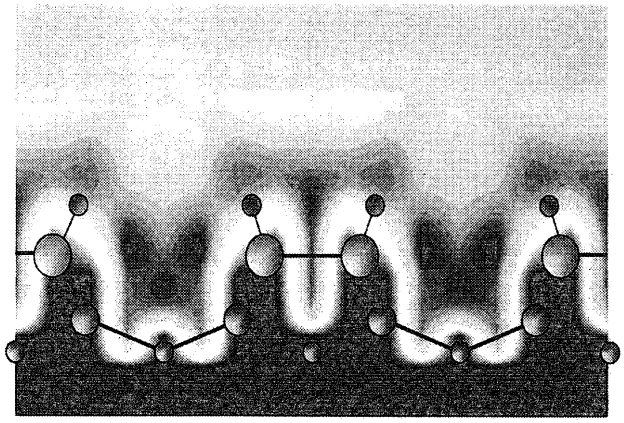


図２．H(2×1)-Si(001)表面に飛来するH原子の断熱ポテンシャルエネルギー曲面

●分野の目標

本研究分野では，経験的に得られたデータに依存しない第一原理的手法を用いて電子状態を数値計算することにより，物質のもつ様々な物性の起源を理論的に解明し，新しい機能をもつ物質ならびにデバイスを設計することを研究目標としている。現在，電子のもつ電荷とスピンの自由度を共に利用した新機能デバイスの実現を目指したスピントロニクス研究の一環として，スピン機能物質およびデバイスの理論設計を主たる研究テーマとしている。一方，人工超格子，ナノワイア，微粒子などナノ材料の構造と機能の関係を微視的に解明するための理論研究と同時に，物質の表面・界面におけるナノ構造形成過程の数値解析による研究も行っている。

●過去１年間の主な成果

１．第一原理計算によるスピン機能材料の理論設計（白井）

スピントロニクスデバイス創製の基本技術である半導体へのスピン偏極キャリア注入の高効率化のために，完全スピン偏極強磁性体と半導体からなる量子超構造を，電子状態の第一原理計算に基づいて物質設計し，その物性を評価した。その結果，半導体と結晶整合性のよい高スピン偏極強磁性体として，閃亜鉛鉱型クロム化合物を理論的に設計することに成功した。さらに，これら化合物において，スピン軌道相互作用がスピン偏極率にほとんど影響しないこと，クロム原子がヒ素原子位置を置換するとスピン偏極率の低下をもたらすことを確認した。また，これら化合物と半導体を数原子層ずつ交互積層した多層構造においても完全スピン偏極状態が保持されることを明らかにした。この成果は，スピン偏極キャリアの生成ならびに注入源の開発に新たな道を拓くものである。

2．シリコン表面近傍における水素反応ダイナミクスの理論解析（三浦）

シリコン単結晶成長やドライエッチングにおいて重要な過程となる水素終端シリコン表面での水素引き抜き反応の制御指針を得るため，電子状態の第一原理計算と量子ダイナミクス計算による解析を行った。その結果，0.1 eV以下のエネルギーで水素終端シリコン表面に入射した水素原子がシリコンダイマー列間に局在すること，水素引き抜き反応の際生じる反応熱の大部分は生成脱離する水素分子に配分され，そのうち平均6割程度が水素分子の並進運動エネルギーに，残りが振動エネルギーに分配されることを見出した。また，隣り合うダイハイドライド状態から熱脱離によって生じる水素分子の振動エネルギーは，非熱的脱離のそれと大きく異なることを明らかにした。この成果は，水素終端シリコン表面における水素の反応過程制御に重要な指針を与えるものである。

3．金属／酸化物界面の構造と結合強度の理論研究（長尾）

アモルファス・シリカ基板上に良質の金属薄膜を作成することは，デバイスへの応用上重要である。特に銅は電気伝導度と熱伝導率が高いために，集積回路の電気信号伝達配線への利用に最適な物質の一つであるが，現在のところ銅薄膜をシリカ基板上に固着することは困難であるとされている。そこで，銅薄膜をシリカ表面に固着させるために必要な条件を，第一原理計算により理論的に解析した。その結果，界面の結合の強さはシリカ表面の酸素濃度に敏感に依存し，高い酸素濃度において比較的強い結合が得られることを明らかにした。さらに，シリカ表面における水酸基の影響により界面の結合が弱められることを確認した。この成果は，銅とシリカの強固な界面を作成するためのプロセスとして，熱処理による水酸基の除去ならびに高酸素分圧下での銅薄膜の成長という手法を提案するものである。

●職員名

教授　白井正文（2002年より）
助手　三浦良雄
助手　長尾和多加

●教授のプロフィール

1984年大阪大学基礎工学部物性物理工学科卒業，1988年同大学院基礎工学研究科博士後期課程中退，同年大阪大学基礎工学部助手，同助教授を経て，東北大学電気通信研究所教授。工学博士。これまで，酸化物超伝導体における電子格子相互作用，遷移金属化合物における遍歴電子磁性，第一原理計算による機能物質設計に関する理論研究に従事。日本物理学会，応用物理学会，日本応用磁気学会会員。

●過去1年間の主な発表論文

1．M. Mizuguchi, H. Akinaga, T. Manago, K. Ono, M. Oshima, and M. Shirai: “Epitaxial growth of new half-metallic ferromagnet “zinc-blende CrAs” and the substrate temperature dependence,”J. Magn. Magn. Mater., vol.239, pp.269-271 (2002).

2．M. Mizuguchi, K. Ono, M. Oshima, J. Okabayashi, H. Akinaga, T. Manago, and M. Shirai:“Thickness dependence of photoemission spectra in zinc-blende CrAs,” Surf. Rev. Lett., vol.9, no.1, pp.331-334 (2002).

3．M. Mizuguchi, H. Akinaga, T. Manago, K. Ono, M. Oshima, M. Shirai, M. Yuri, H.J. Lin, H.H. Hsieh, and C.T. Chen:“Epitaxial growth of zinc-blende CrAs/GaAs multilayer,” J. Appl. Phys., vol.91, no.10, pp.7917-7919 (2002).

4．M. Oshima, K. Ono, M. Mizuguchi, M. Yamada, J. Okabayashi, A. Fujimori, H. Akinaga, and M. Shirai: “In-situ photoelectron spectroscopy of magnetic dots and magnetic semiconductor nanostructures,” Int. J. Mod. Phys. B, vol.16, no.11-12, pp.1681-1690 (2002).

5．Y. Miura, H. Kasai, W.A. Dino, and A. Okiji:“Quantum dynamics of abstraction in H(g)+H(a)/Cu(111): Direct (Eley-Rideal) and indirect (hot-atom) processes,” J. Phys. Soc. Jpn., vol.71, no.1, pp.222-227 (2002).

6. R. Muhida, W.A. Dino, Y. Miura, H. Kasai, H. Nakanishi, K. Fukutani, T. Okano, and A. Okiji:"Steric effect on o-p conversion of a H_2 interacting with a 3d impurity sitting on a metal oxide surface," Surf. Sci., vol.514, no.1-3, pp.273-282 (2002).
7. Y. Miura, H. Kasai, W.A. Dino, and A. Okiji:"Effects of H coverage on the dynamics of H abstraction from Cu(111)," Surf. Sci., vol.507-510, pp.838-844 (2002).
8. Y. Miura, H. Kasai, and W.A. Dino:"Isotope effects on direct and indirect processes of hydrogen abstraction from Cu(111)," J. Phys.: Condens. Matter, vol.14, no.17, pp.4345-4354 (2002).
9. Y. Miura, H. Kasai, and W.A. Dino:"Dynamical quantum filtering in the scattering dynamics of H_2 on Cu(001)," J. Phys.: Condens. Matter, vol.14, no.25, pp.L479-L486 (2002).
10. K. Nagao, S.A. Bonev, A. Bergara, and N.W. Ashcroft:"Enhanced Friedel structure and proton pairing in dense solid hydrogen," Phys. Rev. Lett., vol.90, no.3, 035501 (2003).

複合機能材料研究分野

スピンの機能を利用する電子・光素子

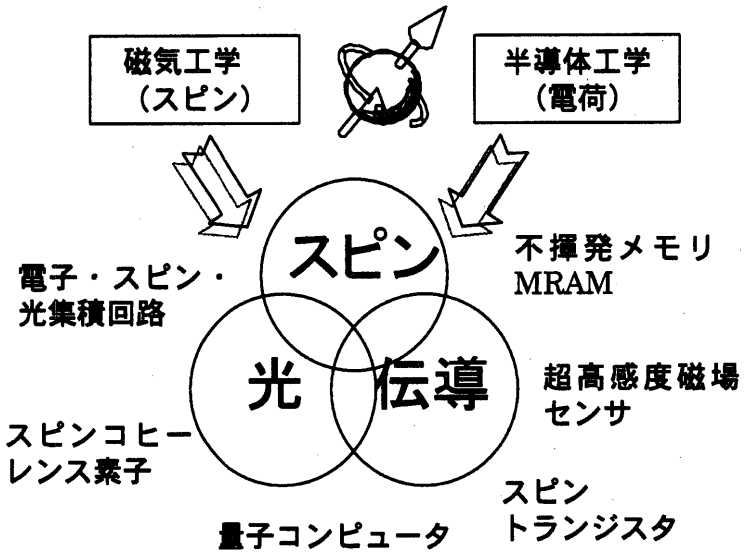


図1．スピントロニクスの概念

<本研究分野の研究目標>

磁性スピンの機能を有する新しい電子・光材料の開発とその応用を目指している。スピンの持つ優位性は，「不揮発性」と「非相反性」にある。この観点から，不揮発性磁気メモリMRAMのための高性能トンネル磁気抵抗（TMR)素子や光集積回路用光アイソレータなどのデバイス開発と，そのための新材料の開発を進めている。

<本研究分野の研究成果>

単結晶磁性電極を用いるTMR素子を作製し，TMR効果の大きさが電極の厚みにより振動する量子効果を室温において見出した。TMR効果の大きさを制御する全く新しい手法であり，1 Gbitを越える超高集積MRAMの可能性を拓くものである。希薄磁性半導体(Cd,Mn)Teを用いて半導体基板上に集積可能な磁気光学導波路の作製に成功した。光アイソレータなどの非相反光素子は光通信や光情報処理に欠かせない重要な光部品であるが，磁性体を使用するということから，今後，光部品を1チップ上に集積化する動きにとって最大の隘路となる可能性がある。我々の研究成果は，世界で初めてこの問題を解決する可能性を明らかにしたものである。このように磁性の機能を有する希薄磁性半導体は，光デバイスや電子デバイスに有用な物質であり，今後のスピントロニクスの発展は高性能希薄磁性半導体の出現にかかっている。我々は，強磁性を有する磁性半導体としては世界で初めて，室温で強磁性を示す新物質(Zn,Cr)Teの合成に成功した。

<職員>

客員教授　安藤　功兒（2002年4月より）

<安藤功兒客員教授のプロフィール>

1951年神奈川県生まれ。1973年名古屋大学理学部物理学科卒業。1975年東京工業大学大学院理工学研究科物理情報工学専攻修士課程終了。同年4月通商産業省工業技術院電子技術総合研究所入所。1984年～1985年フランス科学研究センター（CNRS)客員研究員。1990年工学博士（東京工業大学）「磁性ガーネット薄膜を用いた光集積回路およびその作製技術に関する研究」。2001年～独立行政法人産業技術総合研究所エレクトロニクス研究部門副研究部門長。2001年～大阪大学大学院理学研究科連携併任教授。2002年～東邦大学大学院理学研究科連携併任教授。2002年～東北大学電気通信研究所客員教授。磁性半導体，磁気光学デバイス，スピントロニクスデバイスの研究に従事。

<主な研究発表（2002年度）>

(1) K.Ando, "Magneto-optical studies of s,p-d exchange interactions in GaN:Mn with room-temperature ferromagnetism", Appl.Phys.Lett. 82, 100 (2003).
(2) H. Saito, V. Zayets, S. Yamagata, and K. Ando, "Magneto-optical studies of ferromagnetism in II-VI diluted magnetic semiconductor Zn1-xCrxTe", Physical Review B Vol. 66, 081201(R) (2002).
(3) S.Yuasa, T.Nagahama, T.Kawakami, K.Ando, and Y.Suzuki, "A Large Quatum-Well Oscillation of the TMR Effect", J.Phys. D : Appl. Phys. 35, 2427 (2002).
(4) 安藤「実現に動くスピントロニクスの夢」日経サイエンス2002年9月号　24ページ.
(5) V.Zayets, R.Akimoto, H.Saito, and K.Ando, "Diluted magnetic semiconductors for magneto-optical applications", Transactions of the Magnetics Society of Japan, 2, 131 (2002).
(6) H.Saito, W. Zaets, S.Yamagata, Y. Suzuki, and K. Ando, "Ferromagnetism in II-VI diluted magnetic semiconductor Zn1-xCrxTe", J.Appl.Phys. 91, 8085 (2002).
(7) W. Zaets, H. Saito, and K. Ando, "Growth and properties of new III-V diluted magnetic semiconductor Ga1-xCrxAs", J.Crystal Growth 237-239, 1339 (2002).
(8) W. Zaets and K. Ando, "Amorphous Zn predeposition for growth of low-defect-density CdTe films and low-optical-loss CdMnTe magneto-optic waveguide on GaAs substrate", J.Crystal Growth 237-239, 1554 (2002).
(9) Zheng-Wu Jin, T. Fukumura, K. Hasegawa, Y.-Z. Yoo, K. Ando, T. Sekiguchi, P. Ahmet, T. Chikyow, T. Hasegawa, H. Koinuma, and M. Kawasaki, "Optical and electrical properties of Co-doped epitaxial ZnO films", J. Cryst. Growth 237-239, 548-552 (2002).

3. 3 コヒーレントウェーブ工学研究部門の目標と成果

コヒーレントウエーブエ学研究部門は，バリアフリーな電気通信技術の構築を目標に，その根幹を成す電波，光波，超音波の広帯域にわたる発生，伝送，処理の研究を行うことを目的としている。具体的には，21世紀の高速・大容量通信時代に備えて，電波，光波による超大容量情報通信の研究開発，およびミリ波・サブミリ波の高度利用に関する技術を追求する。また，バリアフリーの無線通信を実現するために，高速・高効率信号処理技術に関わる研究，音響デバイスの研究，さらに良好な電磁環境の構築に関わる研究を行う。

本研究部門は，これらの研究目標を遂行するため，電磁波関連の研究を主とする２研究分野，光波関連の２研究分野，ワイヤレス通信，音響デバイス及び通信環境に関する各１研究分野，量子波デバイスの基盤研究を目指す1客員研究分野，さらに，超高密度・高速知能システム実験施設の１部によって構成される。平成14年度の研究活動の概要は分野毎に別途記すが，その概要は以下のとおりである。

(1) 極限能動デバイス研究分野

(目標)　電磁波資源の高度利用を目的として，マイクロ波から遠赤外帯域の小型，高効率の電磁波源を開発する。このため，半導体と真空デバイスの機能融合により電子デバイスの高機能化を目指す真空ナノエレクトロニクスを展開する。

(成果)　短波長帯電磁波の高度利用に向けて，ペニオトロンによるミリ波帯電磁波の高効率発生技術を確立した。また，真空ナノエレクトロニクスに関しては，化合物半導体のガン効果に基づく変調電子ビームの発生，電界放射マイクロエミッタを用いた可視域スミス・パーセル光の高効率発生など新分野の研究に進展を見た。

(2) テラヘルツ工学研究分野

(目標)　電波と光との中間に位置する短ミリ波－テラヘルツ波領域の技術を開拓するために，検出器，発振器，計測システム等の研究・開発を行っている。

(成果)　短ミリ波伝搬の特長を活用した計測技術として，２種類のイメージング技術（カメラ及び近接場顕微鏡方式）について研究を進めている。カメラ方式に関しては，常温物体の撮像に成功し，現在防災機器等への応用を目的として各種物体の等価放射温度測定を行っている。顕微鏡に関しては，半導体中フォトキャリアの観測に成功し，現在誘電体材料の精密測定を目的として研究・開発を進めている。

(3) 応用量子光学研究分野

(目標)　レーザおよび非線形光学技術を用いて光波からミリ波に至るコヒーレント電磁波の発生・制御技術を確立し「テラフォトニクス」分野の創成を目指す。また，独自な周波数シフト帰還型レーザの高機能化により地球環境光センシングネットワークを構築する。

(成果)　波長1-500ミクロンの波長可変コヒーレント光がカバーできる領域の一層の拡大を図った。また，コヒーレントアンチストークスラマン分光により，水中の生体分子の低エネルギー分光を実現した。また，周波数シフト帰還形ファイバレーザにより偏波モード分散測定も実現した。

(4) 超高速光通信分野

(目標)　光・量子エレクトロニクスおよび光通信工学をもとにして，超高速光通信

の基盤となる光パルス発生・伝送技術，ソリトン，短パルスレーザ，ならびに光信号処理の研究を行い，グローバルな超高速光ネットワークの構築を目指す。
（成果）10 GHz再生モード同期レーザを作製し，その縦モード線幅が1kHz以下と非常に狭いことを明らかにした。また，光ソリトンの断熱圧縮効果により3psパルスを200 fsまで圧縮することに成功した。さらに，フォトニック結晶ファイバの接続特性において，空孔部からのフレネル反射が大きいことを明らかにした。

(5) フォノンデバイス工学研究分野

（目標） 強誘電体，常誘電体，圧電体材料など誘電材料一般の評価・開発及びそれらを用いた高機能通信デバイスや記憶素子の研究を行う。
（成果） 走査型非線形誘電率顕微鏡を用いて1.5Tbit/inch^{2}の面密度をもつ誘電体記録の基礎実験に成功するなど，ますます高度化する情報処理技術に対応するための誘電体材料とそのデバイス開発に大きな展望を与えた。今後は超高密度誘電体プローブデータストレージの実現，原子分解能走査型非線形誘電率顕微鏡の実現，及びナノドメインエンジニアリングによる高度情報通信素子の開発を行う。

(6) 先端ワイヤレス通信技術研究分野

（目標） 世界中どこにいても，高速にすべての情報を無線で手に入れることが可能となる「ユビキタス・ネットワーク」を実現する。
（成果） コンシューマ向けブロードバンド通信の実現を目標に SS-CDMA フレキシブルワイヤレスネットワークを提案している。高集積化・低消費電力化を可能とする，ディジタル・アナログ混載ワンチップモデム LSI の開発を行った。今後はこれらに加え，異種材料デバイスを高周波帯までシームレスに接続できるフリップチップ実装技術，RF Si-CMOS パワーアンプ技術の研究を行う。

(7) 通信環境工学研究分野

（目標） 様々な電子機器から放射される不要電磁波の測定法を研究し国際規格化に務める。また，不要電磁波の特性を解明し，高速大容量無線通信に及ぼす影響を解明し，その対策を検討する。
（成果） VHF/UHF帯電磁波の測定用アンテナの精密校正法に関する研究を行い，新たな校正法を開発した。また，EMIフェライトコアの効果と測定法の研究を行った。さらに，前年度開発した電子レンジの漏洩電磁波に関する理論モデルを用いて，電子レンジがBluetooth等の無線LANに及ぼす影響の研究を行っている。

(8) 量子波動光学研究分野

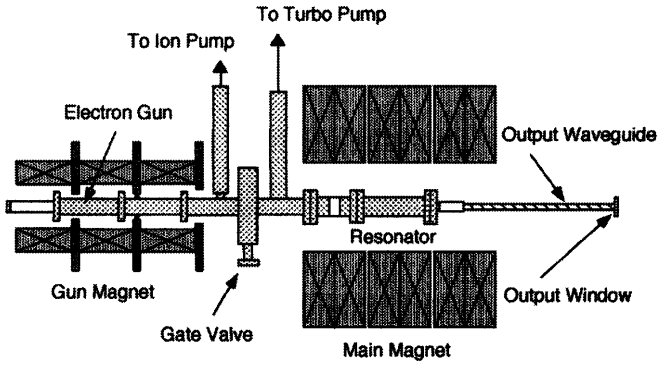
（目標）従来の電子デバイスの速度限界を越える周波数／ビットレート領域の開拓を目指し，単一走行キャリアフォトダイオード(UTC-PD)やバラクタ素子の高性能化を進める。
（成果）ミリ／サブミリ波発生に関しては，「導波管出力／ハネカム形フォトミキサ」の回路構成を中心に検討し，回路／素子パラメータと出力特性の関係を把握した。また，新たに考案した「ドーピングバリアを導入したヘテロバリアバラクタ構造」の素子シミュレーションを行い，リーク電流低減の可能性を明らかにした。

(9) 超高密度・高速知能システム実験施設　超高速電子デバイス部

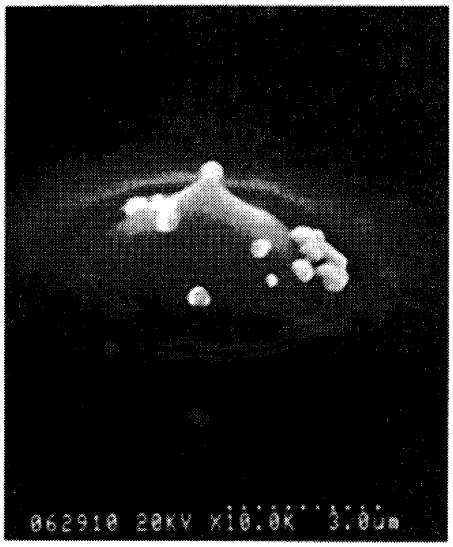
（目標）電荷とスピンの両方を利用するスピントロニクス技術，半導体量子構造におけるテラヘルツ光発生，を中心に極微細波動基盤技術を構築する。
（成果）(Ga,Mn)Asなど強磁性半導体の創生に成功し，半導体へのスピン注入や磁性の電界制御などを実現した。これらを不揮発性メモリなどのデバイスへ応用する研究を進めている。また，半導体中の電子や核のスピンコヒーレンス制御を実現し，量子情報処理への展開を進めている。加えて初めてInAs量子カスケード構造でサブバンド間遷移レーザ(周波数30THz)を発振させ，高性能化への端緒を得た。

極限能動デバイス研究分野

真空エレクトロニクスとその工学的応用の研究



ペニオトロンの構成図



シリコンティップ上へ成長したダイヤモンドエミッタ

情報通信を始めとするエレクトロニクス分野における電子デバイスに対する要求は，周波数，出力，効率，耐環境性等の点で年々ますます高くなっており，要求仕様は半導体デバイスの動作限界を超える領域に踏み込んでいる。

本研究分野では，上記の限界を破るべく真空電子デバイスの研究開発に取り組んでいる。真空電子デバイスでは動作媒質として真空を用いるために，運動電子の高速性から本質的に高速動作が可能で，耐環境性にも優れる長所を有している。さらに物質中を運動する電子と異なり，真空電子は媒質中でのエネルギー損失を伴わないために，高効率の動作が可能である。本研究分野において，これらの特長を生かした真空電子デバイスの開発を目指して，具体的にはサイクロトロン高速波管および真空マイクロエレクトロニクスデバイスの開発研究を行っている。以下に本年度の成果について述べる。

サイクロトロン高速波管の高性能化については，ペニオトロン管のサイクロトロン2次高調波動作において，リッジ付き平行二線型共振器構造を用いてTEMモードによる自己共鳴動作に成功し，発振管としての動作に加えて増幅器としての動作も可能であることを示した。ペニオトロンは高効率な動作がサイクロトロン高次高調波においても維持されるという特長があったが，これまで，最も高効率な動作は，自己共鳴条件下における増幅器としての動作であることが本研究分野の研究者によって示されていた。従って，上記の結果によって，最も理想的なペニオトロン動作がサイクロトロン高調波動作において可能であることが実証された。

真空マイクロエレクトロニクス用微小電子源の研究においては，小型，中電力，高効率のマイクロ波，ミリ波帯電磁波源の開発を目指し，電子源から直接マイクロ波，ミリ波帯領域で変調電子ビームを発生できる微小電子源の開発を行なっている。具体的には，GaAsのガン発振を利用したGaAs微小電子源，及びパルスレーザ励起用

のSi微小電子源である。GaAs微小電子源からは，ガン発振に起因すると考えられる放射電流特性が，パルスレーザ励起のSi微小電子源からはパルスレーザに応答した変調電子ビームが得らた。現在，さらに高周波数の変調電子ビームの発生を目指して改良を加えている。ダイヤモンドやカーボンナノチューブ（CNT）などの炭素系陰極は，安定動作，低電圧駆動，大面積成膜，低価格が可能な電子源として注目されている。電子源の高機能化と電子放射機構の解明のため，単一のSiティップ上に成長した単結晶ダイヤモンド粒子からなるエミッタの開発を行い，ダイヤモンドの電子放射機構を明らかにした。また，その成果をもとに低駆動電圧，高安定，低発散角を持つ新しい平面型電子源の開発を行った。

＜職員＞

教　授　横尾　邦義（1993年より）
助教授　三村　秀典（1996年より）
助　手　佐藤　信之
技　官　寒河江　克巳

＜教授の研究歴＞

昭和37年静岡大学工学部電子工学科卒業，昭和46年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。東北大学助手，助教授を経て，現在電気通信研究所教授。この間，マイクロ波帯電子ビームデバイス，半導体デバイス，真空マイクロエレクトロニクスデバイスの開発研究に従事。電子情報通信学会，電気学会，応用物理学会，IEEE会員。

＜主な研究発表2002年度＞

三村秀典，横尾邦義，“半導体電子源のバンドエンジニアリング”，応用物理71 (2002) 1391-1395.
H. Ishizuka, Y. Kawamura, K. Yokoo, H. Mimura, H. Shimawaki and A. Hosono, “Laser-assisted electron emission from gated field Emitters”, Nuclear Instr. Meth. Phys. Resear. A 483 (2002) 305-309.
H. Shimawaki, K. Tajima, H. Mimura and K. Yokoo, “A monolithic field emitter array with a junction field effect transistor”, IEEE Trans. Electron Devices 49 (2002) 1665-1668.
P. Minh, L. Tuyen, T. Ono, H. Mimura, K. Yokoo and M. Esashi, “Carbon nanotube on a Si tip for electron field emitter”, Jpn. J. Appl. Phys. 41 (2002) L1409-L1411.
H. Shimawaki, S. Shibuya, H. Mimura and K. Yokoo, “Si field emitter arrays with sub-micron poly-Si gate”, Tech. Digest of 15th Inter. Vacuum Microelectronics Conf., Lyon, 2002, OB1.04.
H. Mimura, G. Yuan, M. Ikeda, S. Ono, M. Arai and K. Yokoo, “Emission characteristics from a single diamond particle grown on a silicon tip”, Tech. Digest of 15th Inter. Vacuum Microelectronics Conf., Lyon, 2002, OB1.10.
H. Mimura, K. Miyajima and K. Yokoo, “Electron emission from porous silicon planar emitters”, Tech. Digest of 15th Inter. Vacuum Microelectronics Conf., Lyon, 2002, PM.18.
H. Mimura, G. Yuan, M. Ikeda and K. Yokoo, “Growth of a sub-micron single diamond particle on a Si tip and its field emission characteristic”, Inter. Microprocess and Nanotechnology Conf., Tokyo 2002, pp.202-203.
H. Hasegawa, H. Mimura and K. Yokoo, “Fabrication of a GaAs emitter with a high aspect ratio for generation of prebunched electron beam using Gunn effect”, Inter. Microprocess and Nanotechnology Conf., Tokyo 2002, pp.204-205.

テラヘルツ工学研究分野

ミリ波，サブミリ波，テラヘルツ帯におけるデバイスおよび計測システムの研究開発

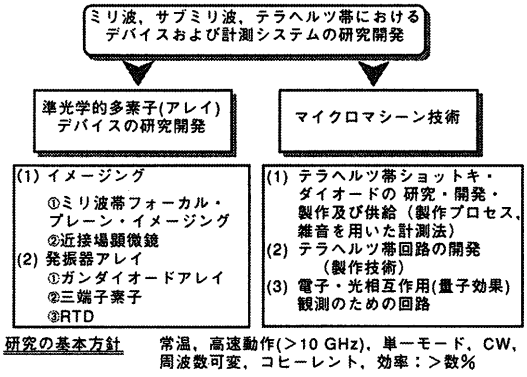
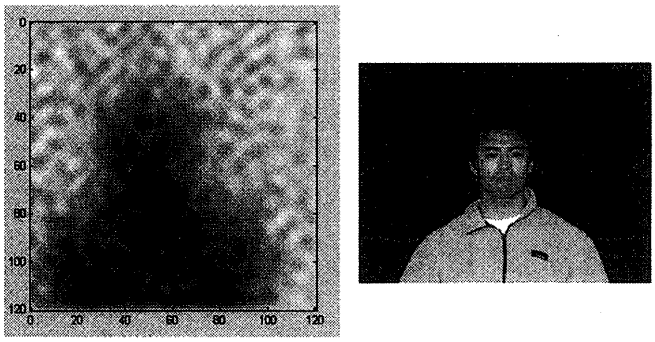


図１　テラヘルツ工学研究分野のアウトライン



（左：ミリ波による人物の画像，右：対応する可視光画像）

図２　ミリ波画像の例

電磁波のスペクトラムのうち，ミリ波からテラヘルツ帯（波長ではサブミリ波帯）にわたる領域は，電波と光との境界に位置している。電波と光の両者が共に開発が進み，現在の情報化社会で重要な役割を担っているのに比べ，この領域，特にテラヘルツ帯の技術は，その実用化技術の開発が格段に遅れている。しかし，近年の情報通信インフラの整備推進に見られるように，将来の高度情報化社会に向けて周波数資源は益々その重要性を増してきている。また，生体，各種新機能材料の計測・評価，地球環境あるいはプラズマ計測等のテラヘルツ波を用いた計測の分野においても，この領域の技術開発が強く望まれている。本研究分野では，この領域において，実用的な検出器，発振器，計測システム等種々の技術を開発し，新しい電磁波スペクトラムを開拓するための研究を行っている。（図１）

以下に本年度の主な研究成果について述べる。

《ミリ波帯イメージング技術の研究》

１．フォーカル・プレーン・イメージング：パッシブ・モードのイメージングを行うために，これまで研究・開発を行ってきた光学系，アンテナ系，ミリ波低雑音増幅器，ミリ波検出回路等の各部分を綜合し，１枚の石英基板上に35 GHz 帯イメージング・アレイ素子を形成することに成功した。本素子を用いて 2×2 のアレイを組み上げ，機械的スキャンニングを併用して，Dicke 型および全電力型でミリ波イメージングに成功し，常温物体の計測を行った。また，物体近傍でホーンアンテナを走査することにより，高い分解能でのパッシブ・イメージングにも成功した。これらの結果は今後の展開に極めて大きな影響を与えるものである。なお，図２はミリ波でみた人物とその可視光写真との比較を示したものである。光学系レンズの直径と波長とで決定される回折限界までの分解能が得られている。

２．近接場顕微鏡：通常のイメージング技術では，その分解能は，光学系の回折により制限され波長オーダになる。一方，最近光領域にて活発な研究が行われている近接場顕微鏡では，その分解能はプローブの形状により決定され，波長よりも十分に小さくすることが可能である。我々は導波管端面のスリット構造を用いる新型プローブを提案している。本プローブは，広帯域で高感度の計測が可能，固定した偏

波方向で物体を観測可能という特長を有している。本年度は，この偏波特性を測定するための画像再構成アルゴリズムを考察・構築し，その正当性を実験で確認した。
《発振器アレイの研究》短ミリ波，サブミリ波，テラヘルツ帯の実用的技術を開発するに際して，コヒーレントで同調可能な発振器の開発は不可欠である。この領域の固体素子は，いずれも出力が小さく実用的なものからは程遠い。発振器アレイを用いたコヒーレントな電力合成の研究は，固体素子のこの欠点を克服するものである。本年度は，導波管アレイを用いた電力合成器について、ガンダイオードの２逓倍波発振を用いたWバンド発振器を試作し，電力合成の確認に成功した。
《光と電子との相互作用に関する基礎研究》クライストロン等電子ビーム装置のCW動作の高周波限界は量子効果に制限されテラヘルツ帯にあるとされている。本研究は，この理論的な予想を実験によって検証するために計画されたもので，可視光と相互作用した電子ビームのエネルギーを精密に測定することを目的としている。本年度は，赤外領域（10.6μm）における理論・実験結果を用いて，2 eVのフォトンエネルギーを持つ光領域における実験を行うべく，装置の設計およびその製作法について詳細な考察を行った。

〈職員〉 教　授　水野皓司（1984年より）
助教授　裵　鐘石（1992年より）
助教授　莅戸立夫（2000年より）
助　手　石川　亮（2001年より）

〈水野皓司教授のプロフィール〉

昭38東北大・工・電子卒。昭43同大学院博士課程了。工博。東北大助手（昭43），助教授（昭47）を経て，昭59教授（電気通信研究所）。昭47ロンドン大客員研究員，平成2カリフォルニア工科大，ロンドン大客員教授。平成2より平成10まで理化学研究所（フォトダイナミクス研究センター）チームリーダを兼務。昭59 科学計測振興会賞受賞，平成5 IEEEフェロー，平成10 K. J. Button賞受賞。

〈研究テーマ〉

1．ミリ波帯イメージング技術の研究
2．発振器アレイの研究
3．ショットキ・ダイオードの開発
4．光と電子との相互作用に関する基礎研究
5．マイクロマシーン技術を用いたミリ波，サブミリ波帯素子の製作

〈主な研究発表〉

[1] 莅戸立夫，裵鐘石，水野皓司 “マイクロ波・ミリ波帯走査型近接場顕微鏡技術,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no. 4, pp. 272-274, 2002.
[2] 裵鐘石，我妻壽彦，莅戸立夫，水野皓司 “ミリ波・サブミリ波帯の計測・回路技術,” 計測と制御, vol.41, no. 4, pp. 275-280, 2002.
[3] K. Watabe, N. Oyama, A. Mase, and K. Mizuno, “Millimeter-wave two-dimensional imaging optical system for interferometer of the GAMMA 10 tandem mirror” Rev. Sci. Instrum., vol. 73, no. 6, pp. 2282-2286, 2002.
[4] S. Yano, Y. Segawa, J. Bae, K. Mizuno, S. Yamaguchi, and K. Ohtaka, “Optical properties of monolayer lattice and three-dimensional photonic crystals using dielectric spheres” Phys. Rev. B, vol. 66, no. 7, pp. 075199-1-7, 2002.
[5] 裵鐘石，真嵜弘行，鵜生高徳，水野皓司 “ホーンアンテナアレーを用いた準光学的ガンダイオード発振器,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J85-B, no. 9, pp. 1535-1541, 2002.
[6] R. Ishikawa, J. Bae, and K. Mizuno, “Experimental verification of the theory on energy modulation of an electron beam with an optical near-field” IEICE Trans. on Electronics, vol. E85-C, no. 12, pp. 2086-2092, 2002.
[7] Y. Itoh, T. Nozokido, P. G. Huggard, B. N. Ellison, P. Shen, P. A. Davies, H. Ito, T. Ishibashi, and K. Mizuno, “Generation of short millimetere-wave radiation using a dot-matrix uni-travelling carrier photodiode” Electron. Lett., vol. 39, no. 1, pp. 65-67, 2003.

応用量子光学研究分野

多次元高機能コヒーレント光源の創出とその応用に関する研究

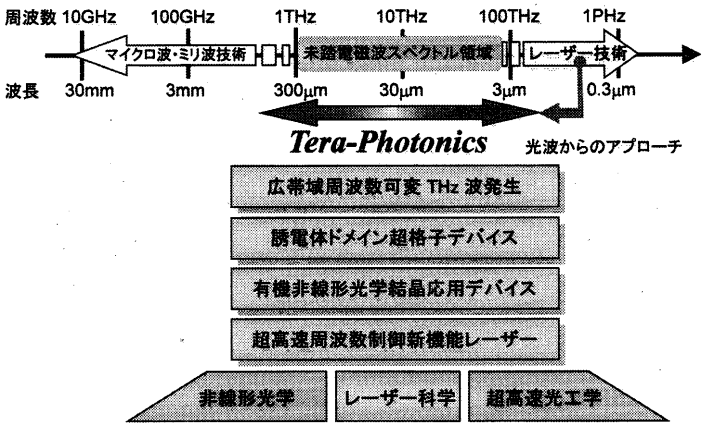


図1 レーザー制御技術による未踏周波数領域の開拓

応用量子光学研究分野では，強誘電体，半導体，有機の各種非線形光学材料に対するミクロな構造制御や，レーザー発振動作に対する高度な時間的空間的制御により，光波からテラヘルツ波に至る広範なコヒーレント波の発生を行うとともに，その検出・制御までの一貫した研究を推進しており，その知見と成果に基づいた新たな科学技術分野であるテラフォトニクスの確立と体系化を目指している。

《生体関連物質の非線形ラマン分光》

生体分子のTHz帯振動モードは分子のコンホメーションや分子間相互作用等に関連し，生命科学や医学等の研究における重要性が指摘されつつある。そこで，生細胞など水を含む物質において低周波振動スペクトルを高感度に捉えるため，近赤外コヒーレント・アンチストークスラマン（CARS）分光システムを開発した。ここで励起光源の構成には，非線形光波長変換（光パラメトリック発振）を利用しており，非常に広帯域な振動スペクトル測定が可能である。まず，本分光計を有機液体や固体試料に適用し，ν =14～1150cm^{-1}（0.4～36 THz）にわたる振動スペクトル測定に成功し，低波数域（ν <500cm^{-1}）に特徴的な振動ピークを見出した。さらに，水溶液中にある蛋白質分子についても，低波数の振動モードを高感度に検出できることを実証した。

《誘電体ドメイン制御非線形光学》

周期ドメイン反転誘電体結晶を用いた擬似位相整合法は，高効率な波長変換が可能な第二世代非線形光学デバイスへのキーテクノロジーとして急速に技術革新が進んでいる。我々は，世界に先駆けてドメイン制御非線形光学デバイスの研究を行っており，これまでに$LiNbO_3$，MgO:$LiNbO_3$，$LiTaO_3$等の強誘電体結晶においてデューティー比が1:1に制御されたドメイン周期構造の作製法を確立し，高効率で広帯域な非線形光波長変換を実現している。結晶厚が1～2mmの強誘電体結晶に対して周期分

極反転に成功し，世界最高クラスの高出力（6.6mJ）を実現した。またドメイン周期構造に位相変調を加えた多波長発振モノリシック光パラメトリック発振/発生（OPO/OPG）デバイスをデザイン・製作して広帯域差周波発生光源を構築した。また，周期分極反転$LiNbO_3$結晶を用いた表面放射型差周波混合を新たに検討し，初めてこの方式による周波数可変コヒーレントテラヘルツ波発生を確認した。

《有機非線形結晶DASTの育成と高周波デバイス応用》

有機非線形光学結晶DASTは高い非線形光学係数と電気光学定数を有し，高効率な高周波発生・検出デバイスの実現が可能である。まず導電率測定に基づく最適育成プロセス技術を開発し，大型で高品質なDAST結晶を再現性よく得ることに成功した。また，有機結晶に対して光学レベルの使用に耐えうる高精度な表面処理や加工を行うことは従来に困難であったが，新たに精密加工機を共同開発して高品質な加工・処理技術を開発し，ナノスケールの平坦度をもつ結晶加工を実現した。さらに光整流効果および電気光学効果に基づいて光を高速変調することにより高周波電界の発生・検出に成功し，DAST結晶をキーとするミリ波・THz波をサブキャリアとする光伝送システムの基礎技術を確立した。

《周波数シフト帰還型レー ザー》

周波数シフト帰還型（FSF）レーザーは，共振器内に挿入した音響光学素子により光波の周波数をシフトさせてレーザー媒質に帰還させるタイプのレーザーであり，我々が独自に開発・動作機構の解明を進めてきた。この超高速に周波数チャープするFSFレーザーを周波数ドメインの光距離計測に応用すれば非常に高い距離計測精度とワイドなダイナミックレンジを同時に達成できる。モードロックFSFファイバーレーザーでは光学長150kmの光ファイバーを分解能40mmで測定することに成功した。さらに高速光通信伝送網で問題となる通信用光ファイバーの波長分散（GVD）や偏波モード分散（PMD）計測，大気屈折率変化を利用した地球温暖化現象の計測，遠隔圧力センサと組み合わせた津波計測ネットワーク等の応用を行い，情報通信，環境計測，自然災害計測において有力なツールとなりうることを示した。

職員

教　授（兼任）伊藤　弘昌（1993/1～）
教　授　横山　弘之（2002/4～）
助教授　谷内　哲夫（1996/1～），四方　潤一（2003/2～）
助　手　四方　潤一，孫　永睦
技　官　今野　勇治，田久　長一
秘　書　長岡　亜紀子，大谷　陽子

伊藤弘昌教授のプロフィール

1966年東北大学工学部通信工学科卒，1972年同大大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。同大学電気通信研究所助手，助教授を経て1993年より教授。現在，同大学未来科学技術センター（NICHe）教授，センター長。この間，1975～1976年に日本学術振興会派遣によるスタンフォード大学客員研究員。1998年より理化学研究所フォトダイナミクス研究センターのチームリーダーを兼務。レーザーおよび非線形光学とその応用研究に従事。1971年米澤記念学術奨励賞，1989年電子情報通信学会論文賞，2000年レーザー学会論文賞など各受賞。電気情報通信学会ES会長，レーザー学会東北支部長，応用物理学会東北支部長，同評議員，日本光学会，IEEE各会員。OSA Fellow。東北大学学友会陸上競技部部長。

主な発表論文（2002年度）

1. 谷内哲夫, 四方潤一, 伊藤弘昌, "非線形光学効果による広帯域波長可変テラヘルツ電磁波放射", レーザー研究, 30, no. 7, pp. 365-369 (July 2002).
2. Frank V. Kowalski, Cheikh Ndiaye, Koichiro Nakamura, Hiromasa Ito," Noise waveforms with repetitive phase and nonrepetitive amplitude", Optics Letters, 27, Issue 22, 1965-1967 (Nov. 2002).
3. Kazuhiro Imai, Kodo Kawase, Minamide Hiroaki, and Hiromasa Ito, "Achromatically injection-seeded terahertz-wave parametric generator", Optics Letters, 27, No.24, pp.2173-2175(2002)
4. S.Haidar, J.Shikata, H.Ito, "Design of Polarization Retarder Suitable for Nonlinear Optical Systems", Optics and Laser Technology, 34, 585 - 587 (2002)
5. Sajjad Haidar, Takeshi Usami, and Hiromasa Ito, "Nd:YAG-pumped periodically poled LiNbO3 optical parametric generator seeded with the narrowband output of a 532-nm pumped optical parametric generator", Applied Optics, 41, No.27, pp.5656-5659 (2002).
6. Minamide, and Hiromasa Ito, "The effect of injection seeding on terahertz parametric oscillation", Electronics and Communications in Japan, Part 2, 86, No.1,pp.26-35 (2003)
7. Suhara T, Avetisyan Y., Ito H, "Theoretical analysis of laterally emitting terahertz-wave generation by difference-frequency generation in channel waveguides," IEEE Journal of Quantum Electronics, 39, Num.1, pp.166-171(2003)
8. Shoji Kakio, Nianyu Zou, Michihide Kitamura, Hiromasa Ito, and Yasuhiko Nakagawa, "An Integrated Acousto-Optic Frequency Shifter Driven by Surface Acoustic Wave for 1.55 um Optical Wavelength", Jpn. J.Appl.Phys., 42, No.5, (2003)

超高速光通信研究分野

超短光パルスの発生と次世代超高速光通信技術に関する研究

＜分野の目標＞

インターネットや携帯で扱われる情報が単なるデータから音声，静止画，動画と多彩になり，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をもとにして，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，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。

＜主な成果＞

(1) 10～40 GHz帯ピコ秒パルス光源に関する研究

本研究分野では，10～40 GHz帯ピコ秒パルス光源の開発とその光通信分野ならびに光標準・計測分野への応用を目指して研究を進めている。超短パルス光源の開発においてレーザの出力周波数の高安定化は重要な研究課題であり，我々はその周波数安定度の決定要因としてレーザの発振線幅に着目しその狭線幅化技術について研究している。本年度はピコ秒パルス光源として注目されているモード同期半導体レーザの発振線幅特性を詳細に測定し，我々が開発してきたモード同期ファイバレーザの線幅との関係を比較し，レーザ構成の差異と発振線幅の関係について考察した。繰り返し周波数が10 GHzと40 GHzの2台のモード同期半導体レーザについて線幅測定を行ったところ，発振線幅はそれぞれ約3 MHzおよび800 MHzであり，モード同期ファイバレーザの線幅（< 500 Hz）と比較して3桁以上広い関係にあった。半導体レーザの線幅が広がる主な要因には，a)共振器長が10 mm程度と短く共振器のQ値が低いこと，またb)半導体媒質中のキャリア密度変化（αパラメータ）に起因した屈折率変動（チャープ効果）が生じることなどが挙げられる。この実験結果より，高安定な超短パルス光源の実現にはQ値の高いファイバレーザ共振器が最適であることを明らかにした。

(2) Cs原子光時計に関する研究

高調波再生モード同期ファイバレーザは外部信号源を必要としない自励パルス発振器であり，またジッターが100 fs以下と非常に低いため，その発振縦モード間で生ずるビート信号は高純度マイクロ波信号として利用できる。その応用の一つとして本研究分野では本ファイバレーザをオシレータとした新たな構成のCs原子発振器（Cs原子光時計）の開発に取り組んでいる。本年度は光オシレータおよびCsビーム管の基本特性を測定した。まず，光オシレータを構成するレーザ共振器長を三角波関数で変調することによりマイクロ波周波数の掃引特性を測定した。その結果共振器長の制御に用いたPZT素子への印加電圧に比例して安定な周波数掃引特性が得られることが判った。次にこのマイクロ波の掃引信号をCsビーム管に入力し，Cs原子のラムゼイ共鳴線（9.1926 GHz）を観測した。光オシレータの掃引速度および出力信号

強度を最適化し，Cs原子のラムゼイフリンジを明瞭に観測することに世界で初めて成功した。今後，位相敏感検波系を用いてラムゼイフリンジに光オシレータの発振周波数をロックすることによりCs原子光時計を実現し，光時計からの標準信号の光ネットワーク配信技術の開発を目指す。

(3) フォトニック結晶ファイバに関する研究

フォトニック結晶ファイバ(PCF: Photonic Crystal Fiber)は断面内に空孔を周期的に配置した光ファイバであり，空孔の大きさや配置を適切に設定することによって，分散特性を広範囲に変化させたり，従来より数百倍の大きさの光学非線形性が得られるなど，従来のファイバでは得られない数々の興味深い特性を実現することができる。本研究分野では，PCFの開発やその光通信への応用に関しても精力的に研究を進めている。本年度は，ビーム伝搬法，平面波展開法，FDTD法といった複数の数値解析法を用いることによりPCFの伝送特性を多角的に解析・評価し，従来ファイバにはないPCFの新機能性を明らかにした。まず，PCFの基本パラメータの解析に最適な解析法を考察し，それに基づきモード分布，有効屈折率，群速度分散，規格化周波数，閉じ込め損失の解析を行なった。またビーム伝搬法や平面波展開法で得られたPCFの基本モードの電界分布を最小2乗近似する手法を開発中である。PCFは従来ファイバとは異なり一般にコアへの閉じ込めが強いことから，従来のスカラー解析では正確な値を得ることができず，ベクトル場での計算機解析が必須である。

また，本年度はPCFと従来ファイバの接続特性についても実験および数値解析により詳細な検討を行なった。接続面ではPCFの空孔部と従来ファイバのクラッド部の間の屈折率差により大きなフレネル反射光が生じる。またPCFの構造は融着接続時の放電に対して崩れやすく，放電時間・強度の設定に注意が必要である。そこで我々はファイバの融着接続条件を最適化し，融着接続時の放電時間および放電強度を調整することによりフレネル反射光を低減できることを示した。さらに，接続面をSEM写真により観察し，最適化された融着接続条件のもとではPCFと従来ファイバとの間に屈折率が長手方向に連続的に変化するテーパ構造が形成され，その結果クラッドでの屈折率差が緩和されフレネル反射光が低減されていることが判った。またFDTD法とビーム伝搬法を用いた詳細な計算機解析を並行して実施し，実験結果との良い一致を見ている。

＜教員＞

教授　中沢正隆（2001年より）
助手　吉田真人
助手　廣岡俊彦

＜教授のプロフィール＞

1952年山梨県生まれ。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。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。1984～1985年MIT客員研究員。1989年グループリーダ，1994～1998年特別研究員，1999～2001年NTT R&Dフェロー，1999～2000年東北大学電気通信研究所客員教授。2001年4月より東北大学電気通信研究所教授。1989年11月OITDA桜井健二郎記念賞，1990年10月英国IEE, Electronics Letters Premium Award，1997年4月科学技術庁長官賞（研究功績者賞），2002年電子情報通信学会猪瀬賞，IEEE Daniel E. Noble Award，科学技術振興事業団井上賞，服部報公会報公賞など受賞。IEEE，OSAおよび電子情報通信学会フェロー。

＜研究テーマ＞

1．超高速光ソリトン伝送および非線形光学効果に関する研究
2．フェムト秒光パルスを用いた光時分割多重超高速伝送に関する研究
3．超短パルスモード同期レーザと周波数標準・光マイクロ波領域への応用
4．フォトニック結晶ファイバならびに新機能性光ファイバの研究と新たなる光通信の開拓

＜2002年度発表論文＞

[1] T. Inui, T. Komukai, M. Nakazawa, K. Suzuki, K. R. Tamura, K. Uchiyama, and T. Morioka, "Adaptive dispersion slope equalizer using a nonlinearly chirped fiber Bragg grating pair with a novel dispersion detection technique," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 14, no. 4, pp. 549-551, April (2002).

[2] T. Hirooka and M. J. Abowitz, "Analysis of timing and amplitude jitter due to intra-channel dispersion-managed pulse interactions," IEEE. Photon. Technol. Lett., vol. 14, no. 5, pp. 633-635, May (2002).

[3] T. Hirooka and M. J. Ablowitz, "Resonant intra-channel pulse interactions in dispersion-managed transmission systems," IEEE. J. Select. Topics Quantum Electron., vol. 8, no. 3, pp. 603-615, May (2002).

[4] 中沢正隆, "フォトニック結晶ファイバ," レーザー研究, vol. 30, no. 8, pp. 426-434, August (2002).

[5] H. Inaba, A. Onae, Y. Akimoto, T. Komukai, and M. Nakazawa, "Observation of acetylene molecular absorption line with tunable, single-frequency, and mode-hop-free erbium-doped fiber ring laser," IEEE J. Quantum Electron., vol. 38, no. 10, pp. 1325-1330, October (2002).

[6] M. J. Ablowitz, T. Hirooka, and T. Inoue, "Higher-order asymptotic analysis of dispersion-managed transmission systems: solutions and their characteristics," J. Opt. Soc. Am. B, vol. 11, no. 12, pp. 2876-2885, December (2002).

[7] 中沢正隆, "光増幅とファイバーレーザー," 光学, vol. 32, no. 1, pp. 119-128, January (2003).

フォノンデバイス工学研究分野

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

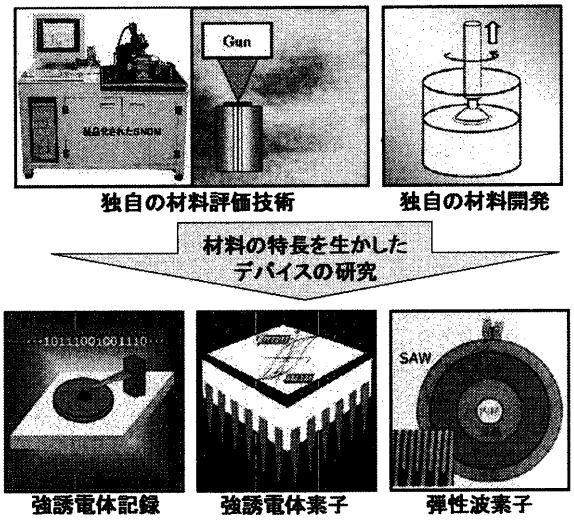


図１．フォノンデバイス工学研究分野の目標

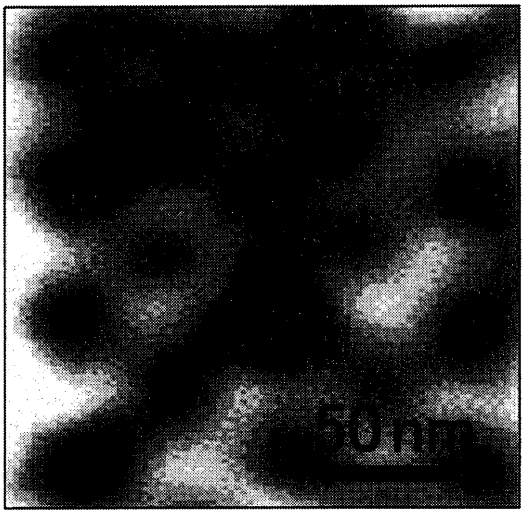


図2.. 記録密度1.5テラビット/平方インチを達成した微小分極反転ドット列

1. 分野の目標

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・誘電体記憶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等に多用され近年その発展がめざましい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が高速かつ高分解能に観測できる非線形誘電率顕微鏡(SNDM)を開発している。この顕微鏡は残留分極分布の計測や結晶性の評価が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。また，SNDMは原子スケールの分解能が期待できるため，固体中の単一双極子モーメントの可視化とその物理について研究している。更に，SNDMは純電気的に単純にナノサイズのドメインを観測できるため，評価装置としてのみならず，強誘電体記録の読み込み書き込みピックアップとしても使用可能であり，強誘電体のドメインがナノサイズまたはそれ以下でも存在できることから，将来の超高密度誘電体記録に大きな可能性を持っていると考え，SNDMを用いた高密度記録の研究を推進している。

＜研究テーマ＞

１．超高分解能（原子分解能を持つ）走査型非線形誘電率顕微鏡の開発
２．非線形誘電率顕微法を用いた超高密度誘電体記録の研究
３．ナノドメインエンジニアリングを用いた強誘電体機能素子の研究
４．非線形誘電率顕微鏡を用いた強誘電材料・圧電材料の評価法の研究
５．半導体デバイスにおけるHigh-k材料の評価及びドーパントプロファイル計測の研究

2. 過去1年間の主な成果

本年度の最も大きな成果は，走査型非線形誘電率顕微鏡（SNDM）を用いた高密度強誘電体記録の研究において，厚さ100nmの$LiTaO_3$単結晶に60nsecのパルスを用い，直径12nmの微小分極反転ドットの形成に成功したことである。このサイズは1平方インチ当たり4テラ(4兆)ビットの記録密度に相当する。また多数のドメインドットを格子状に記録する，より実用に近い形の記録で，一平方インチ当たり1.5テラビットの記録にも成功しており（図2参照），次世代高密度記録として発展が期待される。

3. 職員名

教　授　長　　康雄（2001年より）
助　手　小田川裕之
助　手　森田　剛
技　官　我妻　康夫

4. 教授のプロフィール

[略歴]

昭和60年４月　東北大学電気通信研究所助手
平成２年３月　山口大学工学部助教授
平成９年10月　東北大学電気通信研究所助教授
平成13年７月　同　教授
（平成７年４月～平成8年4月　米国ミシシッピ大学国立物理音響研究所客員研究員）

[主な研究テーマ]

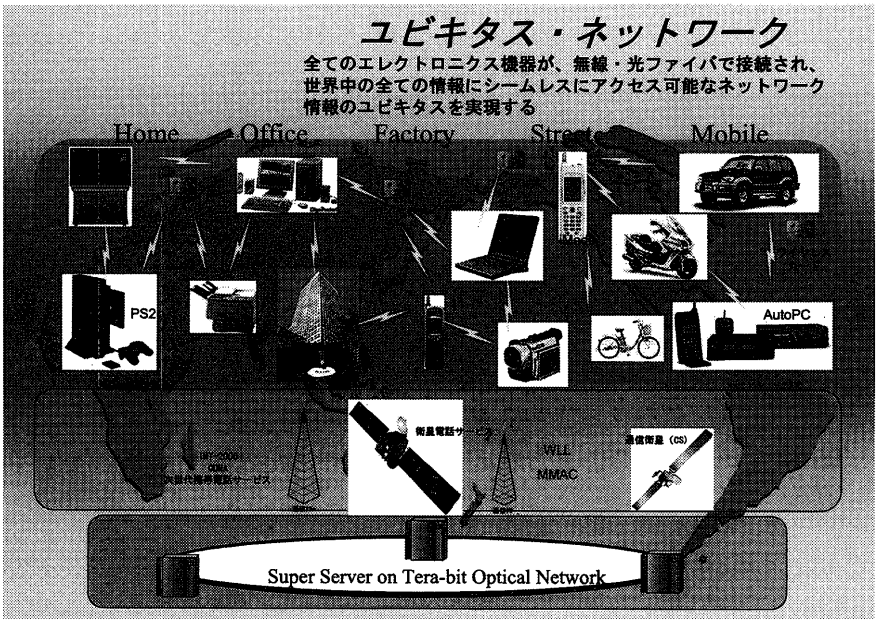
・非線形弾性・圧電・電歪・誘電定数の高精度計法とその高機能デバイスへの応用の研究
・走査型非線形誘電率顕微法(SNDM)の研究開発
・次世代超高密度強誘電体記録の研究開発

5. 過去1年間の主な発表論文

[1] K.Terabe, M.Nakamura, S.Takekawa, K.Kitamura, S.Higuchi,Y.Gotoh, Y.Cho: "Microscale to nanoscale ferroelectric domain and surface engineering of a near-stoichiometric $LiNbO_3$ crystal", Appl. Phys. Lett., Vol.82,No.3 (2003) 433-435.
[2] K.Ohara and Y.Cho: "Quantitative Measurement of Dielectric Properties Using Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy with Electo-conductive Cantilever", Integrated Ferroelectrics, Vol.50 (2002) 209-217.
[3] Y.Hiranaga, K.Fujimoto, Y.Cho, Y.Wagatsuma, A.Onoe, K.Terabe and K.Kitamura: "Nano-Sized Inverted Domain Formation in Stoichiometric $LiTaO_3$ SingleE Crystal Using Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy", Integrated Ferroelectrics, Vol. 49 (2002) 203-209.
[4] Y.Cho: "Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy -A high resolution tool for observing ferroelectric domains and nano-domain engineering-", Integrated Ferroelectrics, Vol. 50 (2002) 89-198.
[5] Y.Cho, K.Fujimoto, Y.Hiranaga, Y.Wagatsuma, A.Onoe, K.Terabe and K.Kitamura: "Tbit/inch^2 Ferroelectric Data Storage Based on Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy", Appl. Phys. Lett., Vol.81,No.23 (2002) 4401-4403.
[6] Y.Cho, K.Ohara and H.Odagawa: "Study on surface layer formed on $LiNbO_3$ single crystal using higher order nonlinear dielectric microscopy", Ferroelectrics, Vol.269 (2002) 207-212.
[7] Y.Cho, S.Kazuta and H.Itoh: "Study on the periodically poled $LiNbO_3$ for high performance QPM devices using scanning nonlinear dielectric microscopy", Ferroelectrics, Vol. 273 (2002) 223-228.
[8] H.Odagawa and Y.Cho: "Nanoscale measurement techniques of three-dimensional ferroelectric polarization using scanning nonlinear dielectric microscopy", Ferroelectrics, Vol.268 (2002) 149-154.
[9] K.Matsuura and Y.Cho: "Observation of ferroelectric nano-domains using scanning nonlinear dielectric imaging and piezoresponse imaging", Applied Surface Science, Vol.188(2002) 421-424.
[10] K.Ohara and Y.Cho: "Quantitative measurement of linear dielectric constant using scanning nonlinear dielectric microscopy with electro-conductive cantilever", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.41 (2002) 4961-4964.

先端ワイヤレス通信技術研究分野

システムトップダウン設計による ワイヤレスネットワークの実現



＜分野の目標＞

21 世紀のワイヤレスマルチメディア社会を支えるユビキタスネットワークの実現に向けて，システムトップダウン設計，システム集積化技術の確立をコンセプトに，SS-CDMA (Spread-Spectrum Code-Division Multiple-Access: スペクトラム拡散・符号分割多元接続) 技術を核としたネットワーク技術開発，シリコンによるディジタル・アナログ混載 LSI 設計・開発，GHz 帯弾性表面波デバイス開発，3 次元実装技術，ワイヤレスネットワークプロトコル開発を目的に研究活動を行っている。以下，本年度の成果のうち，主なものについてまとめる。

＜過去 1 年間の主な成果＞

1. SS-CDMA フレキシブルワイヤレスネットワーク

ユビキタスネットワーク実現に不可欠なコンシューマ向け無線通信ネットワークの提案・開発を行った。セル内通信下り回線にパケット SS-CDMA 方式を提案し，超小型・超低消費電力無線通信端末を実現した。また，上り回線に近似同期 CDMA 方式を提案し，複雑な送信電力制御を行う必要のない上り回線を実現した。さらにセル間パケット転送プロトコルとして，レイヤ 2 転送方式を提案した。

2. 電流モードアナログ信号処理 SI (Switched Current) 回路 LSI

シリコンディジタル MOSFET を用いた電流モードアナログ信号処理 SI 回路を用いた，低消費電力 OFDM (Orthogonal-Frequency-Division Multiplexing) 通信用高速フーリエ変換 (FFT) 回路 LSI を設計・開発した。

3. 超小型ディジタルワンチップ送受信回路 LSI

送受信器をディジタル回路のみで実現できる超小型通信モジュール LSI を設計・試作を行った。変調器において通常の LSI で用いているクロックを搬送波として用いる。また，差動符号化・遅延検波を用いることで，変復調器で高精度な局部発振器が不要となる。試作した ASIC により通信実験を行った結果，良好な通信特性を確認した。

4. マイクロバンプを用いたシームレス実装技術 SiP (System in a Package)

異種材料デバイスを 3 次元実装することにより，高周波帯でもシームレスに実装可能であることを提案している。本年度は，特にマイクロバンプ技術を用いて実装を行い，高周波特性の検討を行った。

5. MOCVD 法による AlN 薄膜を用いた弾性表面波 (SAW) および薄膜バルク波共振器 (FBAR) フィルタ

無線 LAN 帯域である 2.4GHz 帯および 5GHz 帯用の RF フロントエンドフィルタの高性能化を目指し，SAW および FBAR フィルタの設計・試作を行った。

＜職員＞

教授　坪内 和夫 (1993 年より)
助手　中瀬 博之
助手　亀田　卓
助手　金　成權

＜坪内和夫教授のプロフィール＞

昭和 49 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。昭和 49 年 4 月東北大学電気通信研究所助手。昭和 57 年 4 月～ 10月米国パーデュ大学客員助教授。昭和 58 年 3 月助教授。平成 5 年 3 月教授。昭和 58 年服部報公賞，平成 6 年第 26 回市村学術賞貢献賞，平成 8 年第 11 回電気通信普及財団賞（テレコムシステム技術賞），平成 9 年第 22 回井上春成賞受賞。日本物理学会，応用物理学会，電気学会，電子情報通信学会，IEEE 会員。日本エレクトロニクス実装学会理事。

＜主な研究発表＞

[1] K. Tsubouchi and K. Uehara, "Atomically flat surface of AlN epitaxial film using MOCVD," Int. Conf. New Piezoelectric Materials and High Performance Acoustic Wave Devices (150th Committee on Acoustic Wave Device Technology 76th Technical Meeting), pp.41-46, 2002.

[2] S. Saigusa, S.-K. Kim, S. Ueda, S. Kameda, H. Nakase, and K. Tsubouchi, "A current-mode analog programmable FIR filter for SDR terminals," Proc. 2002 Int. Tech. Conf. Circuits/Systems, Computers and Commun. (ITC-CSCC 2002), pp.78-81, Jul. 2002.

[3] S.-K. Kim, S. Saigusa, S. Kameda, H. Nakase, and K. Tsubouchi, "Current mode FFT LSI for OFDM with high accuracy," Extended Abst. 2002 Int. Conf. Solid State Devices and Materials (SSDM 2002), pp.378-379, Sep. 2002.

[4] S. Saigusa, S.-K. Kim, H. Nakase, S. Kameda, and K. Tsubouchi, "Switched current analog programmable FIR filter for software defined radio," Extended Abst. 2002 Int. Conf. Solid State Devices and Materials (SSDM 2002), pp.380-381, Sep. 2002.

[5] K. Uehara, C.-M. Yang, H. Nakamura, S. Kameda, H. Nakase, and K. Tsubouchi, "AlN epitaxial film with atomically flat surface for GHz-band SAW device," IEEE Ultrason. Symp. Proc., 4G-5, Oct. 2002.

[6] S.-K. Kim, S. Saigusa, S. Kameda, H. Nakase, and K. Tsubouchi, "New current attenuator circuit in the current mode FFT LSI for OFDM," Proc. 2002 IEEE Asia Pacific Conf. Circuits and Systems, p.442, Oct. 2002.

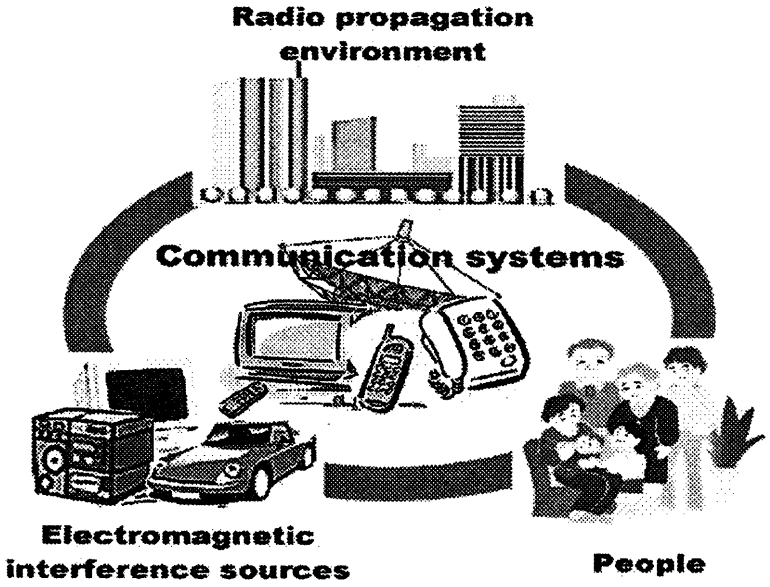
通信環境工学研究分野

次世代情報通信を支える電磁環境の構築

1．分野の目標

携帯電話の普及に加え，高度交通システム（ITS）やホームネットワークなどの新たな通信システムの導入により小型無線機器は今後も増え続ける。また，コンピュータなどの電子機器も日常生活に氾濫し，そのクロック信号も1GHz以上に達している。このような環境では，通信機器や電子機器相互の電磁的干渉による様々な障害や，人体に対する影響が懸念される。このため，電子機器が発生する不要な電磁波を低減し，かつ無線機の電磁波によって電子機器が誤動作等の障害を発生しないようにしなければならない。さらに，超高速・高信頼性の通信を確保するには，通信機器から発射される電磁波の伝搬環境にも対策を施し，良好な情報伝送路を構築することも重要である。

本研究分野は，電子機器の不要電磁波に関する計測技術の研究と国際標準化，通信システムと電子機器間の相互干渉に関する研究と対策技術，さらに将来の電磁波利用に適した電波伝搬環境の構築を目的とする。



＜研究テーマ＞

1. 不要電磁波の計測技術の研究と標準化
2. 不要電磁波によって生じる障害の研究
3. 電子機器の不要電磁波対策技術の研究
4. 電磁波利用環境の構築技術の研究
5. 電磁波利用環境の構築に必要な材料・部品の研究

2．過去1年間（2002年4月から2003年3月まで）の主な成果

(1) 電磁妨害波計測に用いるアンテナ特性の校正法

電磁妨害波計測用のアンテナ感度を校正する際に問題となる，大地反射の影響を除去する方法について検討した。電波吸収体を用いて反射波を抑圧する方法，アンテナインピーダンスのアンテナ高依存性測定結果を用いる方法などを新たに提案し，自由空間におけるアンテナ特性を高精度で推定できることを実証した。

(2) 電源線伝導雑音に対するフェライトクランプ装荷効果の検討

電源線を伝導する雑音を阻止する目的でフェライト製クランプが装荷されるが，

その効果の明確な評価基準や設計方針は明らかになっていない。これに対しフェライトクランプによる伝導雑音減衰量の測定法を確立し，雑音阻止に最適なフェライトの形状・配置方法を明らかにした。

(3)近距離無線通信システムに対する人工雑音の影響の検討

近年普及の著しいBluetooth，無線LANなどの近距離無線システムは，家庭用電子レンジを代表とする産業医科学機器と同一周波数帯を利用している。これらの無線システムへの電子レンジ雑音を表現する新たなモデルを構築し，無線LAN回線への影響を理論および実験により明らかにした。

(4) 高分解能波源探索法を用いた電波無響室の特性評価

電波無響室の性能向上には，無響室に用いられている電波吸収壁の反射特性の評価が不可欠である。高い時間分解能を達成できる手法の適用により，電波吸収壁の材質と構造に依存して，等価的な反射面が複数存在することを実験および解析により初めて明らかにした。

＜職員名＞

教　授：杉浦　行（1999年より）
助教授：松本　泰（2000年より）
助　手：藤井勝巳（2001年より）

＜教授のプロフィール＞

1966年福井大学工学部応用物理学科卒業。1968年大阪大学大学院修士課程修了。同年郵政省電波研究所（現通信総合研究所）入所。電磁環境工学の研究に従事。同研究所次長を経て1999年より東北大学電気通信研究所教授。電子情報通信学会，電気学会，映像情報メディア学会，IEEE会員。

＜主な発表論文，解説記事，著書＞

(1) D. Ito, Y. Matsumoto, A. Sugiura, H. Masuzawa, M. Sakasai; "Evaluation of Absorber Characteristics of an Anechoic Chamber Using the MUSIC Algorithm," EMC Europe 2002, Sorrento Italy, pp. 677-682, September 2002.

(2) Y. Jito, K. Fujii, Y. Matsumoto, Y. Goto, A. Sugiura, Y. Yamanaka; "Insertion Loss Measurement of a Ferrite Clamp Used in the CISPR 22 Radiated Emission Measurements," 2002 IEEE Int'l Symposium on EMC, Minneapolis USA, pp.6-11, August 2002.

(3) T. Umeda, Y. Matsumoto, A. Nishikata, Y. Yamanaka, A. Sugiura, K. Koike; "EMI Antenna Calibration on an Absorber-Lined Ground Plane for Measuring Free-Space Antenna Factors," 2002 IEEE Int' l Symposium on EMC, Minneapolis USA, pp.43-48, August 2002.

(4) K. Fujii, A. Sugiura, Y. Matsumoto, Y. Yamanaka, Iwasaki; "Effects of a Limited Size of the EMI Test Site Ground Plane on the 3-Meter Site Attenuation," 16th Int'l Wroclaw Symposium and Exhibition on EMC, Wroclaw Poland, pp.307-312, June 2002.

(5) K. Fujii, A. Sugiura, Y. Matsumoto, A. Nishikata; "Site Attenuation on an Absorber-Lined Ground Plane," Progress in Electromagnetics Research Symposium 2002, Boston USA, p.37, July 2002.

(6) A. Sugiura, H. Masuzawa, M. Sakasai,, K. Koike, and T. Shinozuka; "EMI Antenna Calibration with Averaging Height-Dependent Antenna Factors," 2002 Int'l Conference on Electromagnetic Compatibility, Bangkok Thailand, pp.379-382, July 2002.

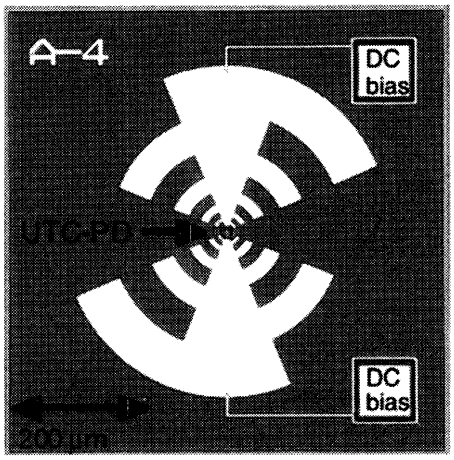
(7) K. Fujii, S. Kaketa, Y. Matsumoto, and A. Sugiura, "Determination of the EMI antenna factor with antenna impedance measurements," 2002 Int'l Conference on Electromagnetic Compatibility, Bangkok Thailand, pp.334-337, July 2002

(8) M. Takeuchi, Y. Matsumoto, A. Sugiura, Y. Yamanaka; "A Time-Domain Microwave Oven Noise Model for Evaluation of Interfered Communication System Performance," 2002 Int'l Symposium on EMC, Beijing China, pp.517-520, May 2002.

(9) N. Suzuki, A. Sugiura, Y. Yamanaka, and T. Iwasaki, "Calibration of a Biconical Antenna and Its Usage in EMI Measurements," Electronics and Communications in Japan, Part 1, vol. 85, no. 7, pp. 23-31, 2002.

量子波動工学研究分野

単一走行キャリアフォトダイオードを用いた超高速光電子信号処理機能デバイスの研究



(図) 広帯域アンテナを集積化した単一走行キャリアフォトダイオード．800 GHz帯までのサブミリ波出力を観測．

研究分野の目標

高出力動作が可能なフォトダイオードを導入した機能デバイスは，電気増幅の制約を取り除くことにより，電気デバイスの速度限界を越えた周波数／ビットレート領域を開拓するものである。本年度は，単一走行キャリアフォトダイオード(UTC-PD: Uni-Traveling-Carrier Photodiode)を用いたミリ／サブミリ波発生フォトミキサ動作の解明，及びヘテロバリア・バラクタの高性能化を目標とする。

主な成果

＜ミリ／サブミリ波フォトミキサ＞

ショットキダイオード構造をフォトミキサ構造に応用した導波管マウントデバイスについては，整合回路が周波数／出力特性に与える影響を詳細に検討。おおよそ140 GHz付近までは，整合回路形状による出力の変化が認められたが，それ以上の周波数(140-300 GHz)においては，顕著な差が観測されなかった。一方，素子接合サイズによる出力の増大が見られ，これらの結果は，現状の整合回路ではデバイスとの十分な整合状態が実現されず，電磁外分布がフォトダイオード近傍パラメータで支配されており，素子そのものの改善が重要であることを意味する。

より安定で実用的なフォトミキサを目指し，石英基板上に製作したGCPW-MS線路(含インピーダンス変換)と導波管カプラを搭載しフォトダイオードと導波管を接続したモジュールを製作した。ダイオードチップ上には，ショートスタブを用いて，整合回路を設け，大幅な出力増大効果を確認した。WR-8導波管を出力ポートとするファイバ付きモジュールにおいて，最大出力を120 GHzで17 mWまで増大させた。

ログペリオディックアンテナとフォトダイオードを集積化したデバイス(アンテナ帯域：150 GHz-2.4 THz，上図に示した)では，1.5 Vと低いバイアスで高電流動作を行うことにより，300 GHzで最大出力120 μWを観測し，アンテナ集積化デバイスの可能性を明らかにした (同帯域で，他pinフォトダイオードの報告データの約二桁高い出力)。また，800 GHzまでの出力特性を見ると，200 GHz帯以下では素子中の電子

輸送に支配され(f^{-2})，それ以上の周波数では，CR時定数の効果が加わりf^{-4}に従って変化することが分かった。重要なことは，800 GHz付近までは，InP/InGaAs中の電子が十分な応答を示していることである。

＜UTC-PDとの集積化を目指したヘテロバリア・バラクタ＞

ヘテロバリア・バラクタは，電圧に対して対称な容量変化特性を持つことから，高効率の3逓倍，5逓倍動作を可能とする。しかし，従来の構造では，用いるInGaAsの熱伝導率が低いため，素子温度上昇による漏れ電流が発生しやすく，出力飽和が生じやすいという問題があった。その改善策として，ヘテロバリヤにドーピングバリヤを付加する構造を提案。新構造では，バリア中にアクセプタ分布を持たせることにより，ヘテロバリアのみの場合に比べ，約2倍高い0.5 eVの実効バリア高が，0.3 μmの空乏層厚においても保持されることが分かった。また，サブミリ波帯では，キャリアのスイープ時間が一つの帯域制限要因となり，InGaAs中の電子オーバーシュート効果が適正に働くドーピング設計が重要となることを明らかになった。

＜ミリ波スイープ光源を目指した光スイッチング素子＞

マハツェンダー形高速光スイッチング素子は，ニオブ酸リチウムを材料とするデバイスが主流であり，半導体ベース素子は動作速度の点で不利であった。

新たに提案したマハツェンダー素子は，従来のpn接合ではなく，nin接合を用いて導波路に電界を印加(電気光学効果を誘起)する構成とした。抵抗の高いp形層を排除することにより，線路容量の充電時間に影響を与えるクラッド層抵抗を1/30に，また光の自由電子吸収を1/10以下に低減することが可能となった。結局，帯域を制限するのは，線路の金属ロスの周波数特性に帰着し，サブミリ波用光源への可能性を見いだした。

＜職員＞ 客員教授　石橋 忠夫（2001年4月より）

＜教授のプロフィール＞

1949年札幌市生まれ。1973年北海道大学工学研究科（応用物理学専攻）修士過程終了。同年日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所入所。1986年工学博士(北海道大学)。ミリ波インパットダイオード，InP系液層エピタキシャル成長とその電界効果トランジスタへの応用，分子線エピタキシャル成長と超格子物性，GaAs系及びInP系ヘテロ接合バイポーラトランジスタ集積回路，光電子融合デバイス，THzデバイスの研究に従事。2001年NTTエレクトロニクス入社(技術開発本部)，主査，現在に至る。1991-1992年マックスプランク固体研究所(ドイツ)客員研究員。1992年内村賞，2002年IEICEソサイエティー賞受賞。

＜2002年度発表論文＞

(1) A. Hirata, T. Nagatsuma, R. Yano, H. Ito, T. Furuta, Y. Hirota, T. Ishibashi, H. Matsuo, A. Ueda, T. Noguchi, M. Ishiguro, and S. Matsuura, "Output power measurement of photonic millimeter-wave and sub-millimeter-wave emitter at 100-800 GHz," Electron. Lett. 38, No. 15, pp.798-800, 2002.

(2) H. Ito, T. Furuta, Y. Hirota, T. Ishibashi, A. Hirata, T. Nagatsuma, H. Matsuo, T. Noguchi, and M. Ishiguro "Photonic millimeter-wave emission at 300 GHz using an antenna-integrated uni-traveling-carrier photodiode," Electron. Lett. 38, No. 17, pp.989-990, 2002.

(3) H. Ito, T. Furuta, T. Ito, Y. Muramoto, K. Tsuzuki, K. Yoshino, and T. Ishibashi, "W-band uni-traveling-carrier photodiode for high-power millimeter-wave generation," Electron. Lett. 38, No. 22, pp.1376-1377, 2002.

(4) S. Kodama, T. Yoshimatsu, T. Ito, H. Ito, and T. Ishibashi, "160 Gbit/s error-free demultiplexing by ultrafast optical gate monolithically integrating photodiode and electroabsorption modulator," Electron. Lett. 38, No. 24, pp.1575-1576, 2002.

(5) Y. Itoh, T. Nozokido, P. G. Huggard, B. N. Ellison, P. Shen, P. A. Davis, H. Ito, T. Ishibashi, and K. Mizuno, "Generation of short millimeter-wave radiation using dot-matrix uni-traveling-carrier photodiode," Electron. Lett. 39, No. 1, pp.65-67, 2003.

3.4　超高密度・高速知能システム実験施設の目標と成果

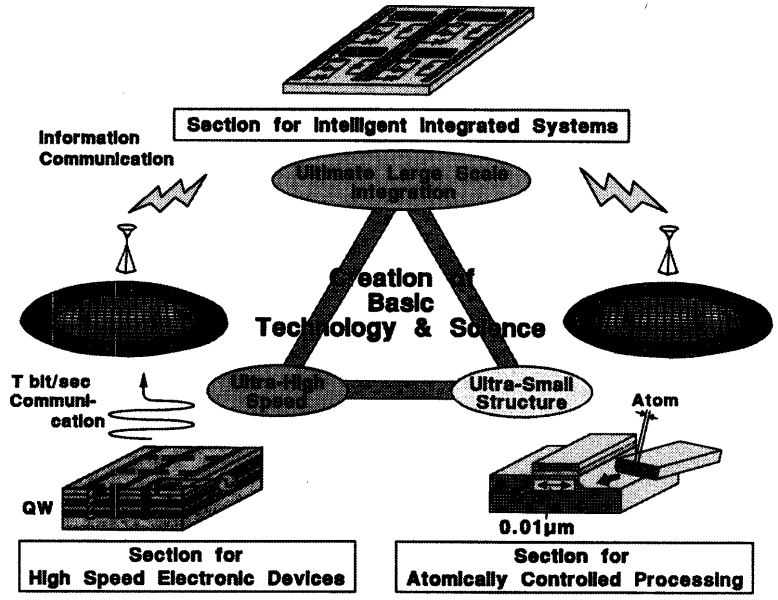
東北大学電気通信研究所超高密度・高速知能システム実験施設は，平成6年6月24日，極微細構造電子回路加工技術を進展させると共に，極微新機能電子デバイスの開発と，それらの性能を活用して高度な知能的処理を行い得る超高密度・高速知能システムの基盤技術を構築することを目的として設置された。本施設は，原子制御プロセス部，超高速電子デバイス部，知能集積システム部の3部と，施設共通部から成る。

原子制御プロセス部では，原子精度の極微構造（厚さ方向1 nm，面内方向10 nmスケール）を製作するため，新概念の微小領域高精度パターニング技術，表面吸着・反応の解析・制御による原子オーダーの表面処理・成膜・エッチング技術，原子スケールその場観察評価分析技術等を研究開発し，原子制御プロセス基盤技術を創生する。

超高速電子デバイス部では，超高速（Tbit/s）情報通信を可能にするため，半導体極微ヘテロ接合により形成する電子波などの極微細波動を用いて，光波・電磁波の発生・変調･増幅から検出までを行う高速エレクトロニクス・高速フォトニクス，多重伝送技術等を研究開発し，極微細波動基盤技術を創生する。

知能集積システム部では，知的情報処理システムの構成法の確立，知的集積回路のCADとその製作，人工集積神経回路網の解析と応用，並びにそれに向けた新しいデバイスの開発を目標としている。それに伴い大規模集積回路の構成全般にわたる設計・製作・検査から組立までの新概念に基づく基盤技術の開発をも併せて行っている。これらにより超高密度・高速知能システムの構築を目指す。

また，電気通信研究所の各部門およびその構成要素である研究分野，さらに工学研究科の電気通信工学，電子工学専攻や情報科学研究科の各講座が研究開発した成果を有効かつ集中的に具体化すると同時に，全国の電気通信分野の研究者の英知を結集して共同プロジェクト研究を行う。



本実験施設が10年の時限で設置されて以来，９年が経過し，最終年度を迎えた。現在までの研究活動はおおむね当初の計画どおり，超高密度・高速知能システムの基盤技術の確立に向かって進められている。以下に，施設の目標として掲げた三大基盤技術に分けて，施設研究部と利用研究室の本年度の研究成果のハイライトを記す。

[原子制御プロセス基盤技術]

室田研究室（原子制御プロセス部）：Ⅳ族半導体(Si,Ge,C)及び不純物(P,B,N,W)の各元素について，原子制御しうるCVDプロセス条件・プラズマプロセス条件とその原料ガス分子の吸着・反応過程を系統的に明らかにしつつある。特に，本年度は，N原子層及びB原子層形成Si(100)上でのSiエピタキシャル成長条件を見いだし，分布領域厚さ1nm以下でピーク濃度$5\times10^{21}cm^{-3}$を超えるN及びBの原子層ドーピングに成功した。また，不純物ドープSiGe選択成長により極浅ソース･ドレイン形成した0.1μm極微細Si／SiGe／Siヘテロチャネル pMOSFETを試作し，Siチャネル pMOSFETと比較して電流駆動能力が1.4倍向上することを実証した。

潮田研究室（光電変換デバイス工学研究分野）：STM発光分光計測から，Ni(110)およびCu(110)表面上の酸素原子やAu(111)表面上のフラーレン分子を識別できることを示した。GaMnAsの劈開(110)面をSTM/STS計測することにより，Mn原子やAsアンチサイト欠陥に関与した局所的な電子構造を明らかにした。また，アゾベンゼンを主鎖に含むポリアミック酸膜に直線偏光紫外光を照射することにより，ポリイミド膜（液晶配向膜）の分子配向の面内異方性を広い範囲で制御することを赤外吸収分光により明らかにした。

坪内研究室（先端ワイヤレス通信技術分野）：2.4GHz/5GHz 帯 RF フロントエンド SAW フィルタ や バルク波FBAR に用いる，MOCVD 法窒化アルミニウム平坦化成膜技術の研究を行った。また，シリコンディジタル集積回路として，オールディジタルワンチップモデムを実現した。さらに，シリコンアナログ集積回路として，電流モード回路を用いた CDMA 用マッチトフィルタLSI，OFDM 用 FFT 演算 LSI，RF CMOS B 級プッシュプルアンプなどの開発を行い，携帯移動端末の低消費電力化，小型化を目指した。

横尾研究室（極限能動デバイス研究分野）：低濃度のn型GaAs半導体を用いた高アスペクト微小電子源の製作に成功した。このエミッタで，GaAsのガン効果に基づくと考えられるエミッション電流の飽和特性を得た。p型Siエミッタにパルスレーザを照射することにより，変調電子ビームが得られることを実証した。

庭野研究室（分子電子工学研究分野）：シリコン基板上のポーラスアルミナ作成を試み，陽極化成前のアルミニウム薄膜の膜質が重要であることを見出した。特に，表面ラフネスを小さく抑えることが重要であることを見出した。堆積条件を適切に制御することにより，従来にくらべて5分の1以下の4 μmの膜厚のアルミニウム薄膜を用いて高秩序のナノホール構造を作成することに成功した。

有機半導体デバイスの作成に関して，（１）変位電流測定法が有機電界効果トランジスタ内のキャリアの挙動を調べるきわめて有効な手法であること，（２）トラ

ンジスタ内のチャネルに誘起される電荷は，無機半導体のケースとは異なり，ソース電極からの注入電荷の効果が大きいこと，（3）Alq_3薄膜の自発分極形成により発生した巨大表面電位は十分な保持時間（10年で10%の劣化）を有しており，メモリ素子への応用の可能性があること，等を見出した。

固体電子工学研究分野（末光グループ）：無極性Si結晶基板上に有極性の立方晶炭化ケイ素を形成する際，同一平面内にSi表面とC表面が混在する逆位相欠陥が生じるとデバイス特性に有害である。今回，有機シランの一つであるメチルシランと通電加熱法を組み合わせ，逆位相欠陥のない炭化ケイ素表面を100nm以下の極薄膜で形成することに成功した。従来は5μm以上の膜厚が必要だった。吸着種のエレクトロマイグレーション，及びSi-C結合を有するメチルシラン特有の吸着特性が関与していると考えられる。

[極微細波動基盤技術]

大野研究室（超高速電子デバイス部）：極微細波動基盤技術の極限を追求する目的で，半導体スピン制御技術と，量子効果を利用したTHz対応発光素子に取り組んでいる。前者については，強磁性半導体(Ga,Mn)Asの正孔濃度を調整することで磁化容易軸方向の制御に成功した。また，円偏向光励起で非磁性半導体中に生成したスピン偏極電子の電界輸送現象を調べGaAs中の電子のスピン緩和に対する新しい知見を得た。後者では，InAs/AlSb量子カスケード構造において長波長(10 μm)のレーザ発振に成功した。

水野研究室（テラヘルツ工学研究分野）：高速フォトダイオードを用いた短ミリ波の発生に関する研究において，ドットマトリクス型のUTC-PD(Uni-Traveling-Carrier Photodiode)を製作し，実際に導波管型発振器に組み込み，周波数75 GHz～450 GHzの短ミリ波の発生に成功している。

荒井研究室（スピンエレクトロニクス研究分野）：磁性薄膜を用いたRF集積化インダクタ，高周波キャリア型薄膜磁界センサならびにシールディドループ型マイクロ磁界プローブ研究を行っている。

伊藤研究室（応用量子光学研究分野）：強誘電体のドメイン制御を用いた非線形光波長変換によるテラヘルツ(THz)帯から中赤外域を広帯域にカバーするコヒーレント波長可変光源の研究を行っている。微細および変調周期構造を持つ絶縁パターンの形成により，周期ドメイン反転ニオブ酸リチウム（PPLN）の自在な設計が可能となり，作製したPPLNを用いて波長可変コヒーレントTHz波発生や中赤外光発生を実現した。

長研究室（フォノンデバイス工学研究分野）：走査型非線形誘電率顕微鏡（SNDM）を用いた強誘電体記録の研究では，厚さ100nmの$LiTaO_3$単結晶に60nsecのパルスを用いて，直径12nmの微小分極反転ドットの形成に成功した。これは，記録密度4Tbit/inch^{2}に対応しており，次世代高密度記録として発展が期待される。

フォトニック結晶新機能デバイスプロジェクト（未来科学技術共同研究センター）：本研究分野では，自ら開発した自己クローニング法（スパッタ法をベースとしたサブμm3次元周期構造作製方法）を用いることで，Siもしくは石英基板上に周期構造を基本とした3次元高機能光回路の形成を行っている。平成14年度においては，導波路の伝搬損失低減を目指し検討を進めた。本施設の走査型電子顕微鏡を用いた構造の評価結果から作製条件へフィードバックを行った結果，0.1dB/mmという伝搬損失が実現できている。この値は現在，世界中で行われているフォトニック結晶導波路の研究分野において最も低い値となっている。

[大規模集積化基盤技術]

中島研究室（知能集積システム部）：マルチチップ構成のストカスティック1メガシナプスシステムの集積回路網の構成について性能向上を図り，離散時間システムとして実用化対応を行った。さらに非単調ニューロシステムの性能向上，臨界状態ニューロシステムにおける学習可能性や最適値問題での有効性を確認した。量子ニューロにおいてもストカスティックシステムを設計，磁束量子システムでは20GHz動作以上の乗算器を構成した。

山下研究室（超伝導コンピューティングデバイス研究分野）：両面加工プロセスを開発したことにより，固有ジョセフソン接合本来の特性を発現させることに成功した。これにより理論的に予測されていたテラヘルツ帯の高周波に対する明瞭な応答が観測され，新しいテラヘルツデバイスへの応用の可能性を示した。

中村研究室（情報記憶システム研究分野）・**村岡研究室**（情報記録デバイス工学研究分野）：単磁極ヘッドの記録再生特性の改善には，ヘッド磁界強度を高めること，および磁界勾配を急峻にすることが効果的であることが明らかになり，全薄膜型単磁極ヘッドの磁極構造の改良を続けている。このヘッドの磁極材料として高飽和磁化を有するFeCo薄膜の保磁力を低下させる製膜プロセスを開発し，単磁極ヘッドへの応用に成功した結果，記録再生特性の向上を達成した。

亀山研究室（情報科学研究科）：リアルワールド応用知能集積システムの応用例として，信頼性の高いステレオマッチングアルゴリズムとそのVLSI開発を行った。また，アーキテクチャレベルにおいては，低消費電力VLSIプロセッサの大規模なハイレベルシンセシス問題に対しても準最適解を高速に求めることができる手法を提案した。さらに，従来のFPGAの性能を一桁以上超えるフィールドプログラマブルVLSIプロセッサの開発を行った。回路レベルにおいては，スタンバイ時の消費電力を1/20000以下に減少できる強誘電体デバイスに基づくロジックインメモリ回路アーキテクチャを開発した。

舛岡研究室（固体電子工学研究分野）：従来の集積回路の高性能化の限界を打ち破ることを目標として，3次元デバイスであるSGT（Surrounding Gate Transistor）およびSGTを用いた集積回路の研究を進めた。具体的には，SGTにおけるパンチスルーを抑制する新しいソース形状など，SGTの新しい構造を提案した。また新しい構造のSGTを試作するための要素技術に関する研究を進めた。さらにテラビット以上の超高密度メモリを目指したSGTをStacked-SGT型のメモリなど，SGTを用いた新しい集積回路の研究を進めた。

新半導体・ディスプレイ産業創製プロジェクト（未来科学技術共同研究センター，須川研究室，固体電子工学分野）：本研究分野はマイクロ波励起高密度プラズマ装置を用い，ラジカルベースの反応を用いてシリコン基板の面方位に関係せずに超高品質のSiO_2やSi_3N_4膜を得る事に成功した。具体的には，通常のSiO_2膜をゲート絶縁膜としたものより，駆動電流が4倍程度大きいものができ，またシリコンの(110)表面にPMOSFETを形成すると電流駆動能力が(100)面に比べ3倍になることを確認した。以上の結果より，まったく新しいラジカル反応ベースの生産方式を半導体製造に適用することにより，シリコン基板上の任意の面方位に集積回路を形成でき，超高速のMOSトランジスタが形成できることを示した。

原子制御プロセス部

原子精度の極微細構造製作のための基盤技術の研究

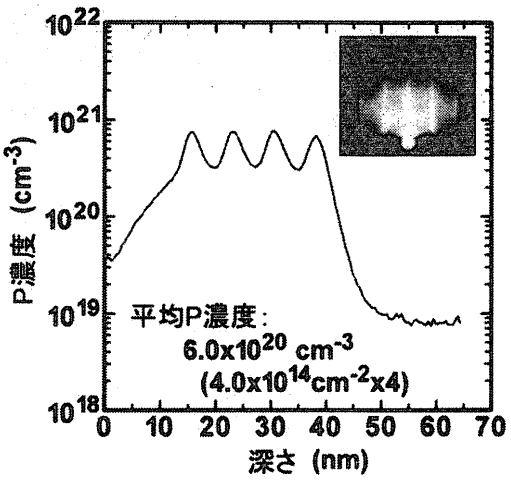


図1　P原子層ドープSiのP濃度の深さ方向分布

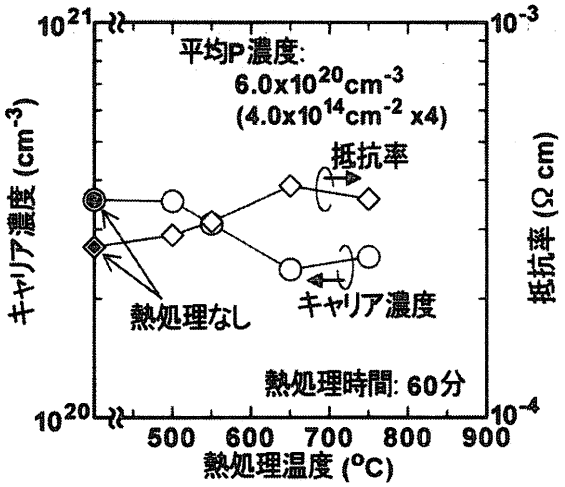


図2　P原子層ドープSiのキャリア濃度・抵抗率の熱処理温度依存性

薄膜形成やエッチングを原子オーダの精度で制御するプロセス技術の開発は，将来の超大規模集積回路（ULSI）の大容量化・高速化や量子効果を積極的に利用した新機能デバイス製作，さらに，従来のバルク材料とは異なる未知の新物性を持つ材料の創生のために極めて重要である。本研究部は，ULSIに密接に関連するSiGeC系Ⅳ族半導体材料の原子層加工技術，すなわち原子層成長と原子層エッチング，表面処理，並びに，低温ヘテロエピタキシャル成長プロセスとその極微細デバイスへの応用の研究を中心に行ってきた。そして，それらの表面吸着・反応プロセスのほとんどに対してラングミュア型定式化が可能であることを示し，CVDやプラズマプロセスにおける原子層制御条件に関するデータベース構築を進めてきた。

【原子層成長制御CVD・原子層プラズマプロセス】　イオンエネルギーを数eV以下に抑えたECRプラズマCVD装置において，Si(100)基板上へのSiH_4吸着とArプラズマ照射を交互に行うことにより，基板非加熱下でのSiエピタキシャル成長の原子層オーダでの制御を可能にし，プラズマ照射による吸着SiH_4分子の反応効率は80%に達すること見いだした。また，高品質Si結晶成長のためには取り込まれるAr濃度を$10^{21}cm^{-3}$以下に抑える必要があることを明らかにした。また，独自開発してきた高清浄減圧CVD装置を用い，不純物（P，B，N，W等）原子層吸着Si(100)表面上において，原料ガスにSiH_4を用いたSiの低温エピタキシャル成長条件を明らかにし，高品質原子層ドープSi結晶を成長できる不純物吸着量の上限を見いだした。そして，B，Nの原子層ドーピングの場合には1nm厚のSi極薄層内に閉じ込められる一方，Pの原子層ドーピングの場合にはPが成長したSi薄膜表面に這い上がる現象が確認されたが，Si成長温度を450℃まで下げることにより$1\times10^{14}cm^{-2}$のPが這い上がることなくSi結晶中に閉じ込められることを見いだし，超高不純物濃度Si結晶の成長に成功した。（図1）また，このPドープSi結晶は従来の高温熱処理工程により形成した場合と比較して40%以上もキャリア濃度が高くなることを明らかにした（図2）。以上の結果より，シリコンベースⅣ族半導体ナノヘテロデバイスの実現に不可欠となる原子層オーダでの

異種薄膜積層を，量産に適したCVD法を用いて実現した。
【低温ヘテロエピタキシャル成長と極微細デバイスの製作】　SiGe(C)導入による極微細デバイスの高性能化に関して，不純物ドープSiGe選択成長層を極浅ソース／ドレイン自己整合形成に用いた0.1μm短チャネル極微細MOSFETにSi／$Si_{0.5}Ge_{0.5}$／Siチャネルを適用することにより高電流駆動能力化したデバイスにおいて，熱処理工程での相互拡散によりGe比率が50%から35%に減少することを明らかにした。また，Siチャネルデバイスの場合と比較し，ソース・ドレインにおけるB濃度がSiGeチャネル上部で特に高くなるとともに，B拡散深さが極めて浅くなる現象を見いだし，高性能極微細MOSFETに不可欠な低抵抗極浅接合を実現した。また，金属／不純物ドープSi-Ge-C系Ⅳ族半導体接触抵抗の極小化に関して，p型の場合はBドープSiGeのGe比率を高くすることにより，またn型の場合は前述の原子層ドーピング法で形成した超高キャリア濃度Si結晶を用いることにより，$10^{-8}\Omega cm^2$台の超低抵接触抵抗を実現した。現在，さらに，SiGeC系Ⅳ族半導体極微細構造形成と，それを用いた超高速通信用ヘテロバイポーラトランジスタやSiGeC系Ⅳ族半導体ヘテロチャネルMOSFETの高性能化について研究を進めている。

〈職員〉

教　授　　室田　淳一（1995年より）
助教授　　櫻庭　政夫（2002年より）
助　手　　竹廣　忍

〈室田淳一教授のプロフィール〉

1948年生まれ。1970年北大・工・電子卒。1972年同大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所入所。1983年同公社厚木電気通信研究所を経て，1985年東北大学電気通信研究所助教授，1995年同教授，現在に至る。半導体プロセスの研究に従事。

〈研究テーマ〉

1．原子精度の薄膜成長，エッチング，表面処理に関する研究
2．プロセスにおける表面吸着と反応の機構とその制御に関する研究
3．極微細パターンの形成と高精度不純物制御に関する研究
4．ヘテロ構造の製作と極微半導体デバイスに関する研究
5．ヘテロ界面の物理と化学

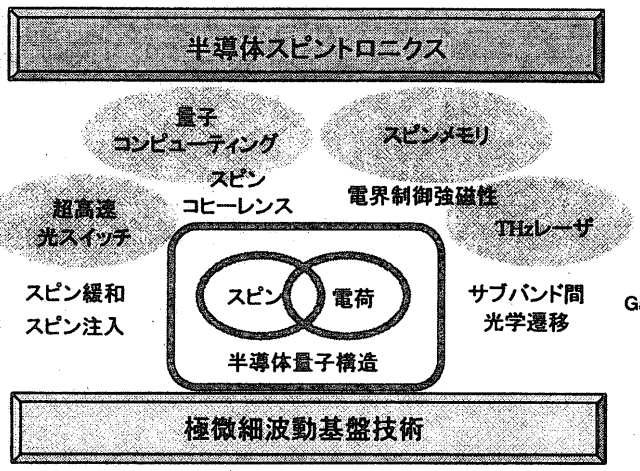
〈主な研究発表（2002年度）〉

1. Atomically controlled processing for group Ⅳ semiconductors, J. Murota, T. Matsuura, M. and Sakuraba, Surf. Interface Anal., Vol.34, pp.423-431, (2002).
2. Atomic-Layer Doping of N in Si Epitaxial Growth on Si(100) and Its Thermal Stability, Y. C. Jeong, M. Sakuraba, T. Matsuura and J. Murota, Proc. 19th Int. Symp. on Silicon Mat. Science and Technol., 201st Meeting of The Electrochem. Soc., May 12-17, 2002, PV2002-2, pp.287-296.
3. SiGe-Channel 0.1-μm pMOSFETs with Super Self-Aligned Ultra-Shallow Junction Formed by Selective In-Situ B-Doped SiGe CVD, D. Lee, M. Sakuraba, T. Matsuura, J. Murota and T. Tsuchiya, 60th Annual Device Res. Conf. (DRC), Jun. 24-26, 2002, pp.83-84.
4. Si Atomic Layer-by-Layer Epitaxial Growth Process Using Alternate Exposure of Si(100) to SiH_4 and to Ar Plasma, M. Sakuraba, D. Muto, T. Seino and J. Murota, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
5. W Delta Doping in Si(100) Using Ultraclean Low-Pressure CVD, T. Kanaya, M. Sakuraba and J. Murota, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
6. Contact Resistivity between Tungsten and Impurity (P and B)-Doped $Si_{1-x-y}Ge_xC_y$ Epitaxial Layer, J. Noh, M. Sakuraba, J. Murota, S. Zaima and Y. Yasuda, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
7. SiGe Epitaxial CVD Technology for Si-Based Ultrasmall Devices (Invited Paper), J. Murota and M. Sakuraba, 2nd Int. ECS Semiconductor Technology Conf. (ISTC), The Electrochem. Soc., Sep. 11-14, 2002.
8. Formation of Heavily P Doped Si Epitaxial Film on Si(100) by Multiple Atomic-Layer Doping Technique, Y. Shimamune, M. Sakuraba and J. Murota, 1st Int. SiGe Technol. and Device Meeting (ISTDM 2003), Jan. 15-17, 2003, pp.247-248.
9. Future Trends of Atomically Controlled Processing for Nano Telecommunication Devices (Invited Paper), B. Tillack and J. Murota, Int. Forum on Nano and Bio-Technol. for Future Info-Comm., Mar. 20, 2003, p.12.

他　学術雑誌3件，国際会議発表論文36件

超高速電子デバイス部

極微細波動基盤技術：
半導体スピントロニクスからテラヘルツ光の発生まで



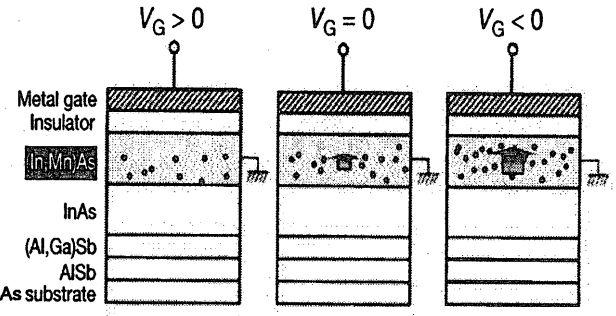


図1　(In,Mn)As/(Al,Ga)Sb をチャネルとする強磁性半導体チャネル電界効果トランジスタ構造と，磁性の電界制御の概念図．$V_G<0$ でキャリア濃度が増えると、磁性原子（Mn）間の強磁性的な相互作用が強まる。

1. 部の目標

超高速電子デバイス部では，半導体内の電子状態を制御し工学的に応用するため極微細波動基盤技術の研究を進めている。具体的には，化合物半導体量子構造を対象に，新しい半導体材料の開発，量子構造の作製と性質の理解，それらの超高速電子デバイス応用に関する研究を行っている。特に，スピンと電荷の自由度の両方を使った半導体スピントロニクスや，今後の情報通信に必要な半導体THzコヒーレント光源の実現を目指している。

本研究室では，GaAs/AlAsやInAs/GaSbなどの非磁性半導体と，III-V族ベースの新しい強磁性半導体(Ga,Mn)As，(In,Mn)As，及び新しい閃亜鉛鉱型室温強磁性体CrSbを取り上げ，分子線エピタキシ法で高品質な量子構造を成長している。これまでに，半導体スピントロニクスのための強磁性半導体/非磁性半導体量子構造の作製とそのスピン物性の解明を行うと共に，二次元電子間の量子輸送現象における新しいスピン現象を明らかにしてきた。また，InAs量子井戸中のサブバンド間の光学遷移によるレーザ発振を世界で初めて電流注入により実現した。これらの研究により，半導体中のスピンを用いて現在のコンピュータが不得意な計算を桁違いに高速に実行できる量子コンピューティングなどの新しい半導体デバイス・システムを実現することに力を注いでいる。

2. 過去1年間（2002年4月から2003年3月まで）の主な成果

2.1　強磁性半導体(Ga,Mn)AsにAlを添加することで磁化容易軸方向を制御できることを示した。これにより磁性半導体の磁気異方性がキャリア濃度の関数であることを明らかにした。

2.2　低温アニールにより(Ga,Mn)Asの強磁性転移温度を160 Kまで向上することに成功した。系統的な測定により転移温度向上には表面が重要な役割を担っていることを明らかにした。

2.3　円偏向レーザパルスでGaAs中に光注入したスピン偏極電子の電界輸送現象を時間分解フォトルミネッセンスにより調べ，1 kV/cm以上の高電界においては電子

のスピン緩和時間が減少することを見いだし，非磁性半導体中のスピン緩和に対する新しい知見を得た。

2.4 (110)面方位に形成したGaAs/AlGaAs井戸におけるスピンダイナミクスを時間分解ファラデー効果測定によって調べ，レーザパルスによって生成されたスピン偏極電子と核スピンの相互作用による動的スピン分極，それによる核磁気共鳴を観測することに成功した。

2.5 InAs/AlSb量子カスケード構造において，試料構造により歪み，遷移状態，導波路等の最適化を進め，長波長(10μm)のレーザ発振に成功した。

3. 職員名

教　授：大野英男（1994年より）
助教授：大野裕三（2001年より）
助　手：松倉文礼
助　手：大谷啓太
非常勤研究員：陳　鵬
非常勤研究員：池田正二
非常勤研究員：許　懐哲

4. 教授のプロフィール

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科学賞受賞。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，APS，IEEE，AVS会員。

＜研究テーマ＞

1. 半導体スピントロニクスに関する研究
   (a) 強磁性半導体およびその量子構造の物性と応用
   (b) 半導体スピンメモリの開発
   (c) 半導体量子構造中のスピンコヒーレンスの研究と量子情報技術への応用
2. 量子構造によるTHz～遠赤外光発生の研究
3. 量子構造における量子輸送現象の研究
4. 半導体量子構造に関する研究

5. 過去1年間（2002年4月から2003年3月まで）の主な発表論文

1. M. Kohda, Y. Ohno, K. Takamura, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electrical Electron Spin Injection with a p^+-(Ga,Mn)As/n^+-GaAs Tunnel Junction," Journal of Superconductivity 16, Issue 1, pp. 167-170, February 2003.
2. H. Sanada, I. Arata, Y. Ohno, K. Ohtani, Z. Chen, K. Kayanuma, Y. Oka, F. Matsukura, and H. Ohno, "Drift Transport of Spin-Polarized Electrons in GaAs," Journal of Superconductivity 16, Issue 1, pp. 217-219, February 2003.
3. D. Chiba, M. Yamanouchi, F. Matsukura, E. Abe, Y. Ohno, K. Ohtani, and H. Ohno, "Electric Field Effect on the Magnetic Properties of III-V Ferromagnetic Semiconductor (In,Mn)As and ((Al),Ga,Mn)As," Journal of Superconductivity 16, Issue 1, pp. 179-182, February 2003.
4. K. Ohtani and H. Ohno, "InAs/AlSb quantum cascade lasers operating at 10μm," Applied Physics Letters Vol.82, No.7, pp1003-1005, 17 February 2003.
5. K. Ohtani, N. Matsumoto, H. Sakuma, and H. Ohno, "Intersubband absorption in n-doped InAs/AlSb multiple-quantum-well structures," Applied Physics Letters, Vol.82, No.1, pp37-39, 6 January 2003.
6. K. Ohtani and H. Ohno, "An InAs-Based Intersubband Quantum Cascade Laser," Jpn. J. Appl. Phys. Vol.41, No.11B, pp. L1279 -L1280, 2002.
7. H. Sanada, I. Arata, Y. Ohno, Z. Chen, K. Kayanuma, Y. Oka, F. Matsukura, and H. Ohno, "Relaxation of photoinjected spins during drift transport in GaAs," Applied Physics Letters Vol. 81, No. 15, pp. 2788-2790, 7 October 2002.
8. K. Takamura, F. Matsukura, D. Chiba, and H. Ohno, "Magnetic properties of (Al,Ga,Mn)As," Applied Physics Letters Vol. 81, No. 14, pp. 2590-2592, 30 September 2002.
9. T. Dietl, F. Matsukura, and H. Ohno, "Ferromagnetism of magnetic semiconductors - Zhang-Rice limit," Phys. Rev. B 66, 033203-1-4, July 2002.
10. J. H. Zhao, F. Matsukura, E. Abe, D. Chiba, Y. Ohno, K. Takamura, and H. Ohno, "Growth and properties of (Ga,Mn)As on Si (100) substrate," Journal of Crystal Growth Vol. 237-239, pp. 1349-1352, April 2002.

知能集積システム部

集積化知的情報処理システムの基盤技術の研究

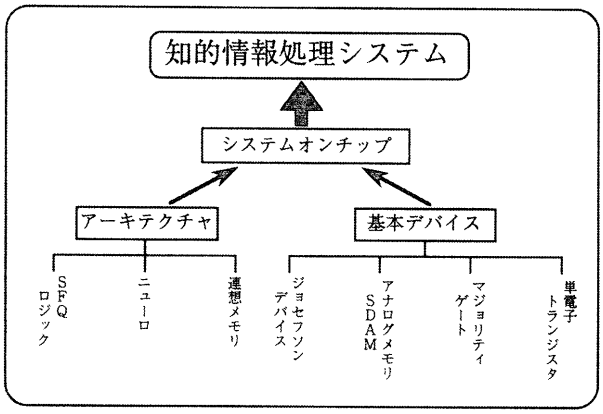


図1　知能集積システム部の研究目標

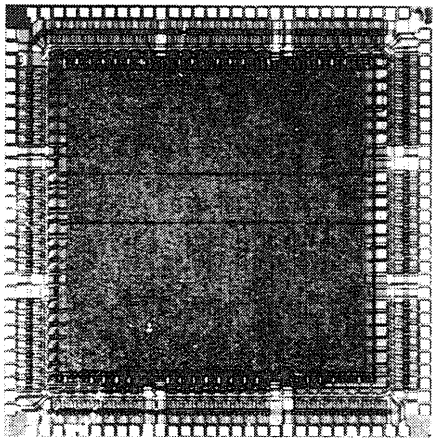


図2　ストカスティックニューロチップ
（50ニューロン搭載）

集積回路の大規模化とデジタルデバイスの高速化は情報処理の量と質を飛躍的に高め，現在の情報化社会を築き上げるとともに将来の発展に向かって前進を続けている。その方向は質と量の向上，つまり膨大な情報の知的な柔軟性のある高速処理の実現である。知能集積システム部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，知的情報処理システムの構成法の確立，知的集積回路のＣＡＤとその製作，人工集積神経回路網の解析と応用，並びにそれに向けた新しいデバイスの開発を目標としている。それに伴い大規模集積回路の構成全般にわたる設計・製作・検査から組立までの新概念に基づく基盤技術の開発をも合わせて行っている。

これまでに神経回路網が目的とする動作を正確に行う設計法と同時に神経回路網のキーデバイスとなる新しいアナログメモリを開発，これらを用いて信頼性の高いパルス出力型でしかも超並列高速演算が可能な電流加算アナログ動作を行う神経回路網をシリコンチップ上に作り出した。このチップの製作にはCMOS集積化技術をベースにフローティングゲートと薄膜トランジスタの製作技術を同時に用いており，知的情報処理システムの集積化を進めるうえで技術的にも重要な位置づけを与えるチップとなっている。また超伝導デバイスを用いた位相モード計算機システムの基本論理回路の集積化にも成功している。さらに新たな機能を持つデバイスや知的回路構成法を探索しており，次の世代の情報処理システムのゲートレベルからの新構築を目指して研究を進めている。

〈過去１年間の主な成果〉

マルチチップ構成のストカスティック１メガシナプスシステムの集積回路網の構成について性能向上を図り，離散時間システムとして実用化対応を行い，そのためのデジタル使用のチップを完成させ入手した。これにより離散時間ニューロシステムとしては実用化に向けた対応が可能となった。連続時間ニューロシステムに関してはリミットサイクル生成機構の解明を進め，時系列情報連想システム構築のため

のデータを得た。また非単調ニューロシステムの非単調閾値の学習システムを確立した。さらに臨界状態ブレインシステムのモデルにおいて理論と数値計算による解析を行いその動作の解明を進め，最適値問題における局所解からの脱出や動作状態のマッピングを行い各種情報処理への有効性を実証した。量子ニューロにおいてもストカスティックシステムを設計，磁束量子システムでは20GHz動作以上の乗算器を構成した。それを用いてFFTシステムを構成するための検討を行い，将来の情報処理システムとしての高い可能性を確認した。以上，知的情報処理システムの実現に向けての研究開発を継続的に進めた。

〈職員〉

教　授　　中島　康治（1995年より）
助教授　　佐藤　茂雄（2002年より）
助　手　　早川　吉弘，小野美　武

〈教授のプロフィール〉

1949年仙台市生まれ，東北大学工学部電気工学科，同大学院博士課程修了の後，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。

〈研究テーマ〉

1．確率動作集積化ニューラルネットワークの基本構成に関する研究
2．知的連想記憶システム・ダイナミックメモリの構成に関する研究
3．臨界状態ブレインシステムの構成と動作機構の解明に関する研究
4．量子計算のための基礎デバイスに関する研究
5．超伝導位相モード計算機システムに関する研究

〈主な研究発表〉

1. Y. Horima, I. Shimizu, M. Kobori, T. Onomi and K. Nakajima, "Comparison between an AND array and a Booth Encoder for Large-Scale Phase-Mode Multipliers", IEICE Transactions on Electronics, vol. E86-C, no. 1, pp. 16-23, Jan. 2003.
2. Y. Hayakawa, S. Suenaga, S. Sato and K. Nakajima, "Analysis and Measurement of Limit Cycles Generated on Neural Networks with Cyclic and Longer Connections", Proceedings 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 315-318, Xi'an PRC, Oct. 2002.
3. T. Haga, F. Ishida, M. Kinjo, S. Sato and K. Nakajima, "Learning Algorithm for the Threshold of Nonmonotonic Neurons Composing a Boltzmann Machine", Proceedings 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 687-690, Xi'an PRC, Oct. 2002.
4. K. Nakajima and Y. Hayakawa, "Characteristics of Inverse Delayed Model for Neural Computation", Proceedings 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 861-864, Xi'an PRC, Oct. 2002.
5. H. Akima , S. Yamada , S. Sato and K. Nakajima, "Hardware Implementation of a Single Electron Neural Network", Proceedings 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 913-919, Xi'an PRC, Oct. 2002.
6. S. Akimoto, K. Nemoto, S. Sato, Y. Hayakawa and K. Nakajima, "Implementation of a new stochastic neurochip and a study on transitions between limit cycles by stochastic noise", Proceedings 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 917-920, Xi'an PRC, Oct. 2002.
7. 末永晋也，佐藤茂雄，早川吉弘，中島康治, "長距離結合を持つ環状ニューラルネットワークに発生するリミットサイクルの解析"，第15回回路とシステム（軽井沢）ワークショップ，pp. 209-214, April 2002.
8. 中島康治，早川吉弘，末永晋也, "集積化ブレインのモデルとそのダイナミクス"，第15回回路とシステム（軽井沢）ワークショップ，pp. 215-220, April 2002.

3.5　21世紀情報通信研究開発センターの目標と成果

産官学共同研究体制による情報通信技術(IT)に特化した実用化技術の確立
文部科学省ITプログラム推進体制の確立

〈センターの目的〉

電気通信研究所がこれまで蓄積してきた情報通信技術（IT）に関する実績を，産官学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して設立した。大学の持つ基本技術をコアとして，設計・評価・実装まで行うことで，試作品レベルの成果を目標とする。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ベンチャー企業の設立などにより，東北大学地区の産業振興に貢献し，日本のシリコンバレーとしての地位を確立する。

ITを構成する基本技術として，

1) インターネットを中心とする全てのネットワークへアクセス可能なモバイル・ネットワーク技術，
2) ネットワークに直結することで様々な情報を大容量・高速に提供可能とし，ユーザの手元に大容量小型記憶装置を提供するネットワーク・ストレージ技術，
3) ネットワーク，ストレージを自由に使いこなすためのキーボード・ディスプレイ等入出力装置の機能を飛躍的に向上するヒューマン・インターフェース技術，

の3つが挙げられる。

本センターは，上記3つの柱のうち，本研究所が得意分野とし実績を積み重ねてきたモバイル・ネットワーク技術とネットワーク・ストレージ技術に重点を置き，産業界との強力な連携関係により，各プロジェクトから5年毎に新たな実用化技術の完成により継続的に社会へ還元し，世界のITをリードするジャパニーズスタンダードを生み出す。

平成14年度は，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プロジェクトと超高速高密度ハードディスクの開発プロジェクトを受託し，開発を進めてきた。

・次世代モバイルインターネット端末の開発

どこにでも無線端末を設置可能なユビキタスネットワークの提供を実現するために，異種材料統合/三次元システムチップの開発を行い超低消費電力・超小型ワイヤレスモデムを開発する。さらに，60GHz帯を用いて1Gbpsを実現する超高速伝送ワイヤレス端末の開発を行う。

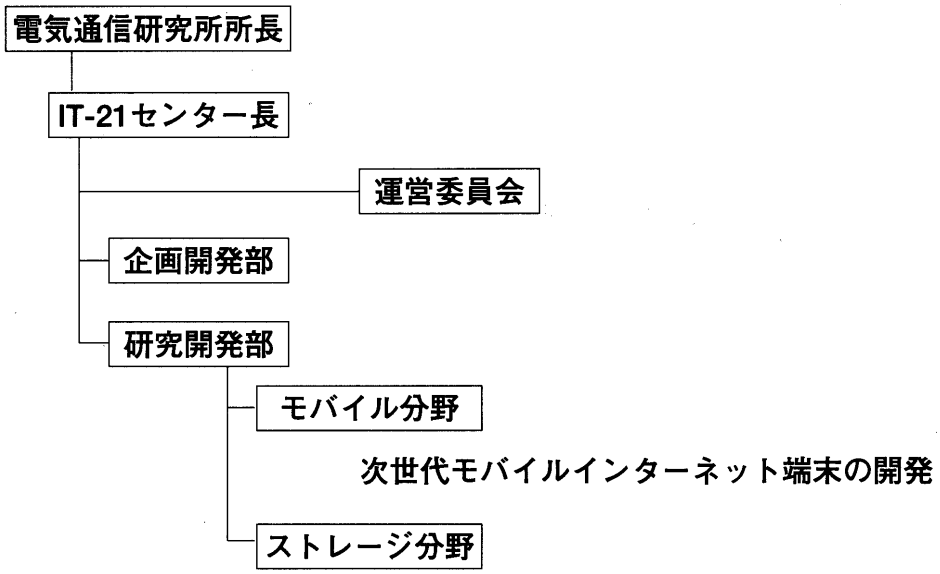
・超小型大容量ハードディスクの開発

垂直磁気記録技術を用いた1テラビット/inch^{2}を記憶可能な高密度記録技術を確立し，500円玉サイズに新聞230年分の情報を記憶可能なハードディスクを開発する。また，シリンダ型ハードディスクを開発し，画像のような超高速ストリーム情報のアクセスが可能な2Gbps伝送超高速アクセスハードディスクシステムを開発する。

上記プロジェクトに加え，IT-21センター企画開発部を設置し，プロジェクトに関するマネージメント，知的財産権の運用など，産学連携に必要な大学に適したマネ

ージメント体制を確立する。
センター内設備として，IT-21センター棟（旧SKK棟）に加え，IT-21センター実装クリーン棟を新設し，実装開発室，クリーンルームを整備した。さらに，高密度実装装置，超広帯域RF特性評価システム，超高密度記録磁性薄膜成膜装置などを導入した。

21世紀情報通信研究開発センター組織体制



センター長
教　授　坪内和夫

企画開発部
教　授　松岡　浩

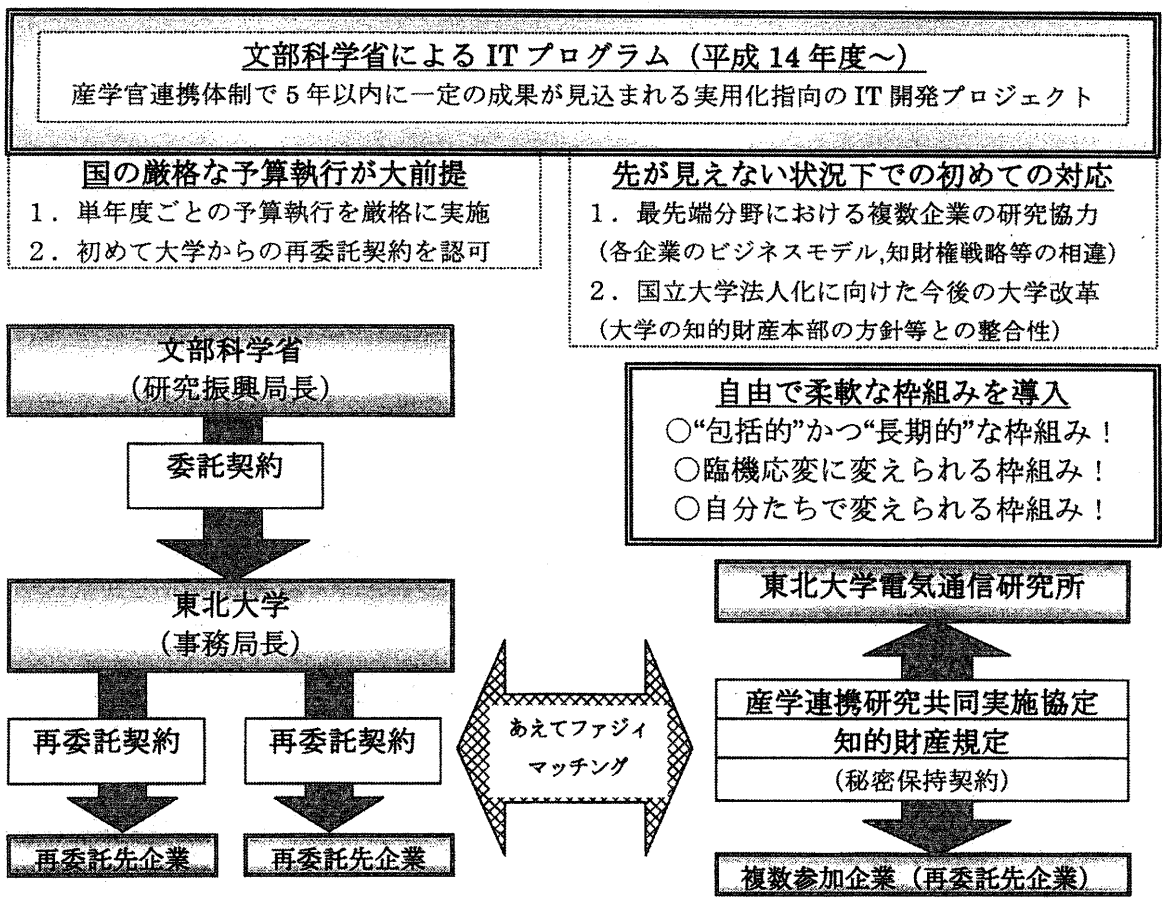
研究開発部
モバイル分野
教　授　礒田陽次
助教授　徳光英輔
客員助教授　岩田　誠
助　手　熊谷慎也
ストレージ分野
教　授　青井　基
助教授　島津武仁
客員助教授　山川清志
助　手　斎藤秀俊

運営委員

本研究所教授	坪内和夫	大学院工学研究科教授	安達文幸
〃	礒田陽次	〃	内田龍男
〃	青井　基	大学院情報科学研究科教授	亀山充隆
〃	鈴木陽一	ＮＥＣ	小川正毅
〃	舛岡富士雄	富士通㈱	三浦義正
〃	杉浦　行		
〃	村岡裕明		
〃	大野英男		
〃	中村慶久		

企画開発部

効果的な産官学連携プロジェクト実施体制の構築



1．部の目標：

真に効果的な産官学連携プロジェクト実施体制の構築

2．過去1年間（2002年4月～2003年3月）の主な成果：

○効果的なITプログラム実施体制の構築：

［説明］平成14年10月10日，東北大学電気通信研究所は，ITプログラム参加企業との間で，プロジェクトごとに「東北大学受託ITプログラムに係る産学連携研究共同実施協定」，「知的財産規定」等を締結した。（参加企業＝“次世代モバイルインターネット端末の開発プロジェクト”の場合：三菱電機株式会社，日本電気株式会社，松下電器産業株式会社，日本テレコム株式会社。“超小型大容量ハードディスクの開発プロジェクト”の場合：株式会社日立製作所，株式会社東芝，富士通株式会社，株式会社三菱総合研究所。“高機能･超低消費電力メモリの開発プロジェクト”の場合：株式会社アルバック，株式会社日立製作所。）これにより，ITプログラム参加企業にとって重要な条件である，“包括的”かつ“長期的”な協力実施体制の枠組みが構築された。“包括的”とは，従来の2者間の単独個別契約とは異なり，複数の参加企業が相互に同時に直接約束できる形になった点で重要で

ある。“長期的”とは，国の予算執行に起因して従来次年度以降の保証が全くない単年度契約のみであったところを，プロジェクト完了までの５ヵ年間の約束という形を導入した点で重要である。

また，「産学連携研究共同実施協定」を活用すれば，プロジェクト担当者で「ITプロジェクト推進連絡会(仮称)」を構成することにより，プロジェクト担当者レベルの判断で自由に協定の改正･運用等を行うことができる。さらに，同連絡会の議長は，プロジェクトリーダーが努め，開催･構成員等は議長が定めることになっているので，プロジェクトリーダーが強大な指導力をもってプロジェクトを推進していくことが可能になる。同様に「知的財産規定」を活用すれば，プロジェクト担当者で「知的所有権に関する委員会(仮称)」を構成することにより，プロジェクト担当者レベルの判断で自由に規定の改正･運用等を行うことができる。さらに，同委員会の委員長は，プロジェクトリーダーが努め，委員を大学及び参加企業から指名することになっているので，プロジェクトリーダーを中核にして知財権に係る運用を各プロジェクトの個別事情に合わせて柔軟かつ強力に推進していくことが可能になる。なお，本知的財産規定は，三菱電機株式会社が中心となって“次世代モバイルインターネット端末の開発プロジェクト”関係者によって原案がまとめられ，それを企画開発部において国立大学法人化後の知的財産本部の動向等にも柔軟に対応できる形に改良したものである。知的財産規定は，ITプログラムに係る文部科学省研究振興局から東北大学への単年度ごとの委託契約および東北大学から参加企業への単年度ごとの再委託契約に含まれている知的所有権に係る規定と相まって，「日本版バイ･ドール法の趣旨」と「大学の新しい使命である“社会貢献”の趣旨」を臨機応変にバランス良く実現できるよう工夫されており，今後の日本の産業振興に資するものと考えている。

平成14年11月20日，以上の枠組みの活用は，企画開発部から各プロジェクトの自主活用に移管された。なお，各プロジェクトが独自の活用を行った結果，上記協定や規定が，当初のものと異なり，また，プロジェクト間で相違が生じても構わないものとした。これは，各プロジェクトにおいて，「それぞれの参加企業等が残り４年４ヶ月で良い成果を挙げることに集中できる環境が構築され続けていること」が最大優先事項であり，この環境は，各プロジェクトごとに参加企業の考え方(ビジネスモデル等)の相違などによって異なったものになると考えられるからである。

3．職員名：

教授　　松岡　浩（現職就任年：2002年）

4．教授のプロフィール(研究歴等)：

1977年3月東京大学工学部原子力工学科卒，1979年3月同大学院工学系研究科原子力工学専門課程修士課程修了。1997年3月茨城大学大学院工学研究科博士後期課程情報･システム科学専攻修了。1979年4月科学技術庁入庁。その後，通商産業省資源エネルギー庁，日本原子力研究所，金属材料技術研究所，国際原子力機関等で原子力開発･安全審査･保障措置システム構築，ファジィ･ニューラルネット研究，地球シミュレーター開発等に従事。日本知能情報ファジィ学会，日本原子力学会，日本技術士会，電気学会原子力技術委員会に所属。

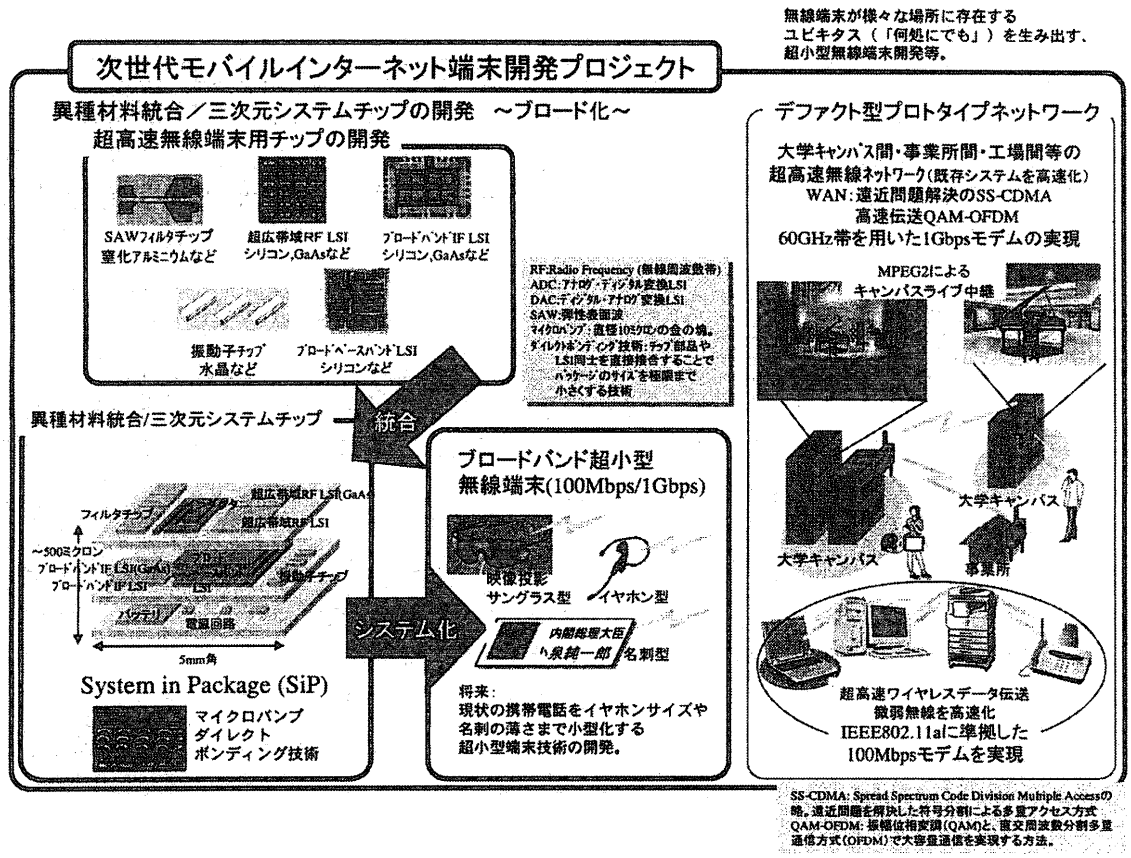
5．過去１年間(2002年4月～2003年3月)の主な発表論文：

(1) “An Evaluation Method on the Integrated Safeguards Based on Fuzzy Theory”: H. Matsuoka, Y. Nishiwaki, A. Ryjov, A. Belenki, International Journals of Information Sciences, 142(2002), pp.131-150

(2) “Combined Effects of Atomic Radiation and Other Agents in Hiroshima and Nagasaki and Possible Application of Fuzzy Theory”: Y. Nishiwaki, H. Matsuoka, International Journals of Information Sciences, 142(2002), pp.77-88

研究開発部モバイル分野

次世代モバイルインターネット端末の開発



＜分野の目標＞

全てのエレクトロニクス機器に無線通信端末を実装しネットワークに接続するユビキタスネットワークを実現するための次世代モバイルインターネット端末の開発を目標に，電流モードアナログ信号処理による超低消費電力無線通信コア回路の開発，60GHz帯の超高周波RF-IC開発による1Gbpsの伝送速度の実現，超高速ベースバンドLSIの開発，異種材料統合／三次元システムチップ構築技術の開発，ホットスポットワイヤレスアクセスシステムの開発を国内移動体通信機メーカー及び第一種通信事業者との産学連携プロジェクトとして実用化技術開発を推進している。

＜過去1年間の主な成果＞

1．超低消費電力無線通信コア回路の開発

電流モードFFTコア回路として8ポイントFFT LSIの試作を行い，従来のベースバンド信号処理技術では700mWの消費電力を10mW以下とする目処を得た。また，0.18umCMOSプロセスを用いてデータ駆動型プロセッサの設計を行い，試作中である。

2．超高速無線端末用LSIの開発

無線通信アクセス制御・誤り制御などを行うMACレイヤ回路に関して，IPコア購入，高速伝送対応への改良を検討した。また，広帯域変復調回路としてFPGAを用いたOFDMモデムの開発，広帯域IF回路の設計を行った。

3．超高周波RF-ICの開発

60GHz帯400Mbpsモデムの試作を行い，伝送特性を評価中。60GHz RFと5GHz IFのインターフェースを検討中。

4．三次元システムチップ構築技術の開発

高密度多層基板における110GHzまでの伝送特性の評価を行い，ビアホール設計の重要性を確認した。今後ビア，配線などをセルデータ化し，設計ツールを開発する。ビアホールに関しては，ポリイミドフィルムへの微小ビアホール形成に成功した。今後樹脂基板への加工技術の開発を行う。

＜職員＞

教　授　礒田陽次（2002年より）
助教授　徳光永輔（2002年より）
客員助教授　岩田　誠（2002年より）
助　手　熊谷慎也

＜礒田陽次教授のプロフィール＞

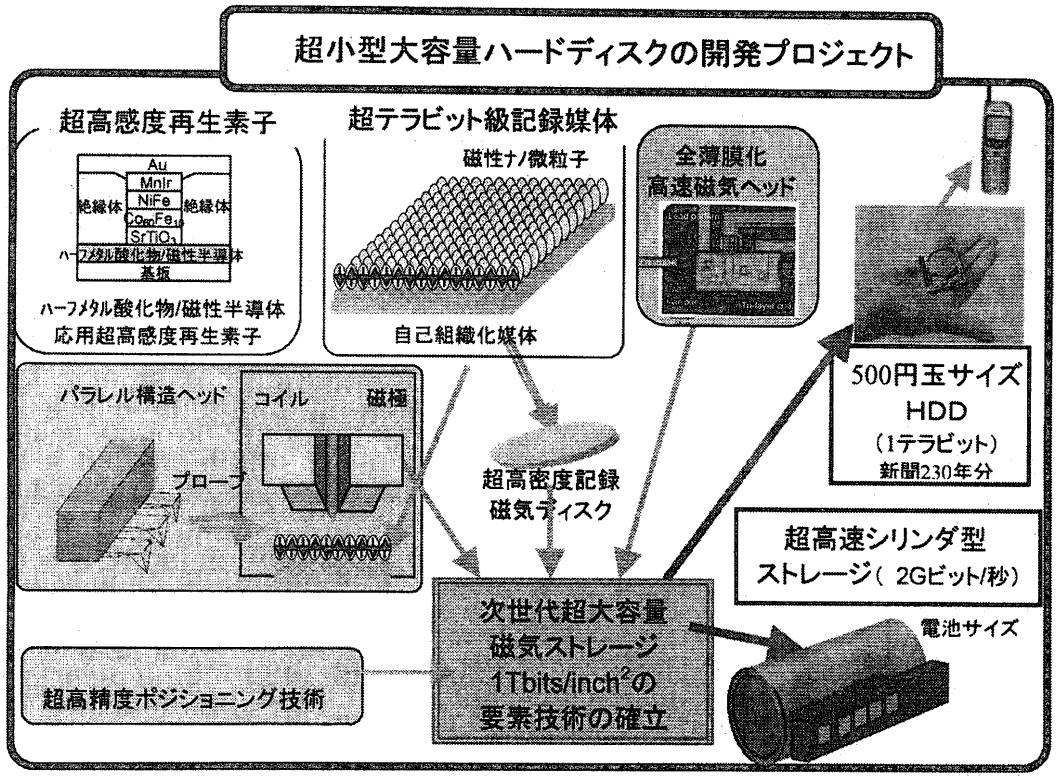
昭和54年3月大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻修士課程修了。昭和54年4月三菱電機株式会社に入社。平成14年4月東北大学通研IT21センター教授。平成13年日本発明協会発明奨励賞受賞。電子情報通信学会，IEEE会員。

＜主な研究発表＞

[1] Y.Isota, O.Ishida, F. Takeda, “A Simple Design Method of the Planar Matrix Using Dielectric Substrate Metarized Both Side,” IEICE Trans. Electron., Vol.E86-C, No.2, pp.162-168 (2003-2)

研究開発部ストレージ分野

垂直磁気記録による1Tb/in^{2}技術の開発



＜分野の目標＞

21世紀のIT社会において，取り扱う情報がコードデータから静止画，動画へと広がるとともに，情報ストレージデバイスとしてのハードディスクドライブの大容量化，高速化の実現が強く求められている。本分野では，文部科学省のITプログラム「超小型大容量ハードディスクの開発」による，垂直磁気記録技術を用いた現状の20倍の1 テラビット毎平方インチ(Tbits/inch^2)以上の超高密度記録と2ギガビット毎秒(Gbps)を超える高速データ転送性能を併せ持つストレージ技術の2006年度での確立を目標としている。それを実現するために2002年度から，本研究所ならびに学内の研究室と，国内ハードディスクドライブメーカー等を結集し，産学が連携した研究プロジェクト体制で強力に推進中である。そこでの成果を基に，ネットワークのパーソナル側に用いられるユビキタス超小型ストレージ，センター側で用いられる大容量高速ストレージの実現へ寄与することを目指している。

＜過去１年間の主な成果＞

5年間のプロジェクト発足にあたり，全体計画，開発目標仕様の明確化を含む業務を実施し，下記の成果を得た。

1）超高感度リーダ技術：　日立，東芝と共同で，1Tb/in^{2}の記録密度における再生所用感度の見積を開始し，その知見を踏まえ，超高感度リーダ素子開発用の超高

真空製膜装置の基本設計ならびに仕様を確定した。

2）高分解能単磁極ライタ・並列アクセス技術：　2.4Tの高飽和磁束密度を有するFeCo/NiFe膜を用いた単磁極ヘッドの試作に成功し，従来ヘッド(1.9T)に比べ，再生信号S/Nで約6dBの改良を確認した。また，高分解能化のため，日立，富士通と共同で，高磁界勾配を有する新たなヘッド構造を提案した。

3）テラビット分解能垂直磁気記録媒体：　本プロジェクトの技術協力会社である富士電機との共同研究により，試作CoPtCr-SiO^2垂直媒体で146 Gbits/$inch^2$の世界最高記録密度の達成に成功した。

4）超小型モバイルHDDプロトタイプの開発：　11Mbpsの無線インターフェースを実際に組み込んだ試験用１インチドライブを試作し，プロトタイプ化における課題と問題点の検討を開始した。

5）シリンダ型ストレージ：高密度・高速転送を目指したシリンダストレージ用媒体の開発に着手し，初期段階における記録再生特性の基礎評価を実施し，高密度実波形の観測に成功し，国際学会で発表を行った。

6）プロジェクト推進支援：推進支援のため，超小型大容量HDDの社会ニーズ並びに磁気ストレージ技術の周辺技術の市場調査を行なった。

＜職員＞

教　　授　青井　基　（2002年より）
助 教 授　島津　武仁（2002年より）
客員助教授　山川　清志（2002年より）
助　　手　斎藤　秀俊（2002年より）

＜青井基教授のプロフィール＞

昭和41年横浜国大・工・電気卒。昭和43年同大学院修士課程修了。工学博士。
昭和43年(株)日立製作所入社，中央研究所。昭和57年同主任研究員。平成4年同主管研究員。平成5年同ストレージシステム事業部副技師長。平成13年同主管技師。
平成14年東北大学電気通信研究所21世紀情報通信研究開発センター教授。
・ハードディスクドライブR/W系高密度化の研究開発
・記録媒体の高密度化，低ノイズ化の研究

＜主な研究発表＞

1. T. Shimatsu, H. Uwazumi, H. Muraoka, and Y. Nakamura, “Magnetization Reversal and Activation Volume of Perpendicular Recording Media”, IEEE Transactions on Magnetics, 38, 1973 (2002).
2. T. Shimatsu, M. Terakawa, I. Watanabe, H. Muraoka, and Y. Nakamura, “Thermal Agitation of Magnetization and Recording Performance of Co(B)-Pd Superlattice Perpendicular Recording Media”, IEEE Transactions on Magnetics, 38, 2048 (2002).
3. H. Aoi, Y. Miura, T. Suganuma, and Y. Nakamura, “Advanced Magnetic Storage Research Programs in Japan”, Digest of The Magnetic Recording Conference 2002, A-2, Santa Clara.
4. T. Shimatsu, H. Muraoka, Y. Nakamura, Y. Sonobe, Y. Satodate, K. Muramatsu and I. Watanabe, “High Thermal Stability in CoPrTb/CoCrTa Composite Perpendicular Media”, Journal of Applied Physics, 91, 8061 (2002).
5. H. Uwazumi, T. Shimatsu, and Y. Kuboki, “Switching Field Distributions of 40Gbits/in2 Longitudinal Media Obtained by Subtracting Thermal Agitation of Magnetization”, Journal of Applied Physics, 91, 7095 (2002).

3.6　評価・分析センター

材料・デバイスおよびシステムの測定・評価・分析

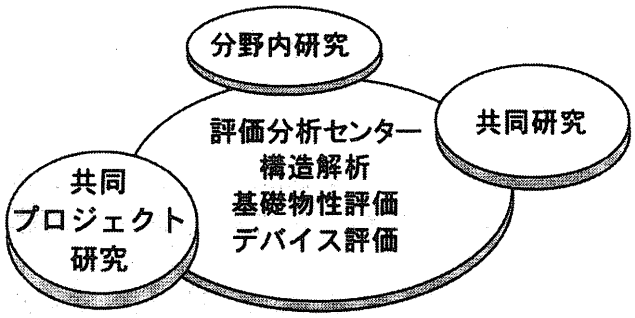


図1　評価分析関連の研究支援

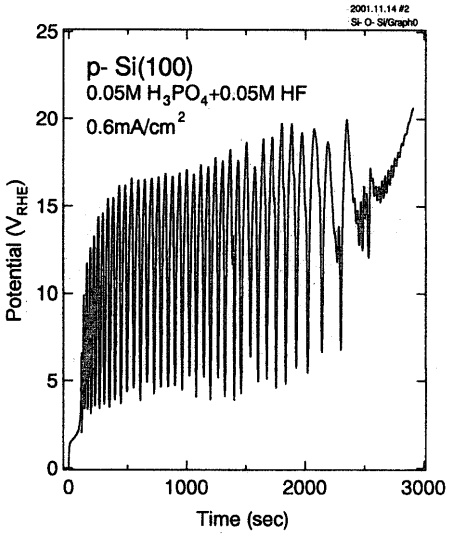


図2　Si表面の電気化学エッチング過程で観測された電極電圧の振動現象。

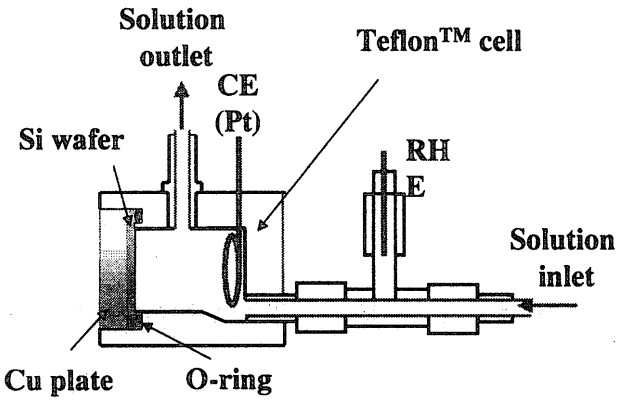


図3　多重内部反射赤外分光法を用いてＳｉ表面のエッチング過程をその場観察できる固液界面反応解析用溶液セル

1．分野の目標

評価・分析センターは，通研および工学部電気情報系各研究室の研究ならびに各種共同研究における，材料・デバイスおよびシステムの測定・評価・分析関連の研究支援をする共同利用センターである。材料・デバイスおよびシステムの開発においては，微細化・高性能化・高機能化が重要な課題であり，それに伴って評価・分析の精度・感度の更なる向上が求められている。この材料・デバイス評価の高度化が評価・分析センターの研究目標の一つである。また，センターは共同利用センターとしての役割も担っており，共通利用の分析・評価機器の充実も図っている。これまでに，新機種の導入の他に，各研究分野間の評価分析関連の相互協力体制づくりも行なってきた。

現在，本センターに設置されている装置は，汎用Ｘ線回折装置，二結晶Ｘ線回折装置，走査型電子顕微鏡，Ｘ線トポグラフ装置，赤外分光装置，電子スピン共鳴装置，ヘリウム後方散乱装置，昇温脱離装置，原子間力顕微鏡，紫外・可視分光器，液体クロマトグラフィ装置，二次イオン質量分析装置，μＲＨＥＥＤ装置，薄膜Ｘ線回折装置，Ｘ線カット面検査器，ＳＱＵＩＤ（磁化測定装置），フォトルミネッセンス測定装置である。構造解析から電気特性測定まで，幅広いニーズに応えられるように装置を整えている。今まで同様，これらの装置を所内外の研究者・院生・学

生に公開した。

2．本年度の主な研究成果

センターでは，新しい分析・評価手法の開発を研究テーマとしている。センターでは，分子電子工学研究分野と共同で，赤外反射分光を用いた新しい半導体表面分析法を開発してきた。今年度は以下のような研究成果が得られた。

(1) 溶液中シリコン電極表面状態のその場観察手法の開発

これまでに，半導体電極電圧を印加した状態で半導体電極表面がフッ酸溶液中でエッチングされていく様子をリアルタイムで計測できる装置を開発した。電極電圧を印加しながら電極表面の赤外吸収スペクトルが計測できるため，原子レベルでのエッチング過程の観察が可能になった。また，赤外スペクトルの変化と同時に電極電流の変化もモニターできるため，電荷移動がもたらすエッチングの反応機構がより正確に解明できる。本年度はこの装置を用いて，半導体表面の陽極化成中に起こる電流や電圧の振動現象について詳細にしらべ，この振動が局所的な絶縁破壊によることを突き止めた。

(2) 水素希釈の炭化水素プラズマ中でのSi表面反応の赤外分光観察

炭化水素ガスを原料としてプラズマCVD法により，ダイアモンドライクカーボン(DLC)薄膜をSi表面上に形成することが試みられている。DLC-Siヘテロ接合を用いたデバイスで，良好な特性を得るためにはSiとDLCの良好な界面特性を得ることが望まれる。そのため，DLC成長中でのDLC/Si界面の状態を調べることが重要である。そこで，水素希釈によるメタンプラズマ中におけるSi表面の反応過程を，多重内部反射型赤外分光法を用いてその場観察した。その結果，水素希釈のメタンプラズマにより，水素原子や炭素原子がSi層に入り込み，アモルファス層を形成することを明らかにした。

(3) 半導体ウェーハ表面汚染を高感度に評価する赤外分光モニタリングシステムの開発

これまでに，300 mm径のシリコンウェーハの表面分析に成功し，大気中でも測定できること，非破壊で測定できること，測定時間が短いこと，インライン測定が可能であることなどこの測定法は多くの利点があることを示してきた。本年度は，この手法を更に改良して，簡便なモニタリングシステムの開発に成功した。

3．職員

センター長・教授（兼）　庭野　道夫（1999年から）

4．庭野教授のプロフィール

分子電子工学研究分野の項を参照。

5．過去1年間の主な研究発表論文

[1] Yasuo Kimura, Jun Nemoto and Michio Niwano: "Electrochemistry on Si(100) in a hydrofluoric acid solution at cathodic potential regions," Materials Science and Engineering B (2002) pp. 107-110.

[2] Masanori Shinohara, Takayuki Kuwano, Yosuke Akama, Yasuo Kimura, and Michio Niwano: "Interaction of hydrogen-terminated Si(100), (110), and (111) surfaces with hydrogen plasma investigated by in situ real-time infrared absorption spectroscopy," Journal of Vacuum Science & Technology A21 (2002) pp. 25−31.

3.7　やわらかい情報システム研究センター

やわらかい情報システムの研究開発と情報システムの管理運用

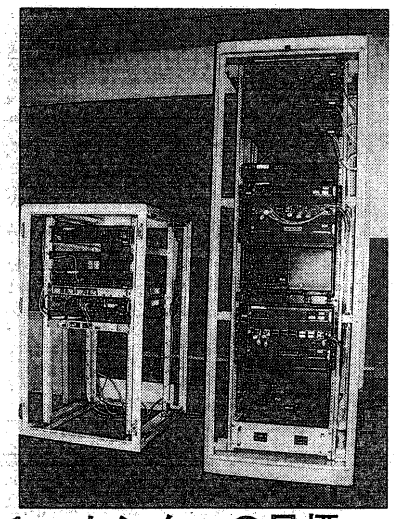


図1　本センターで管理する各種ネットワーク機器

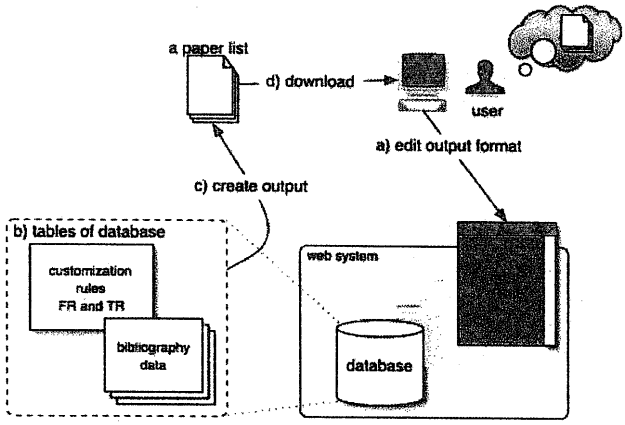


図2　やわらかいグローバルネットワーク

1．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。本センターにおける研究の目標は，これまでの「かたい」情報処理を超えて，人間の意図や環境に適合した柔軟な情報処理を行い，さらに視聴覚などの多元情報をフルに生かすことによって柔軟な人間の思考に対応できる「やわらかい」情報処理の原理について，理論及び実験を通して明らかにし，そのシステム構成論を確立することである。

更に，学術情報の高度な組織化，利用，管理・運用，発信などのためのやわらかい分散システムの研究を行い，成果を通研所内の学術情報とネットワークの実際面への適用を通して手法の有効性を確認し，その構成論の確立を目指す。

＜研究テーマ＞

1．情報の収集・組織化・利用・発信及び研究支援環境に関する研究
2．ネットワークの高度な保守・管理・運用に関する研究
3．生体の知覚情報処理及び知的ユーザインタフェースに関する研究
4．科学技術と倫理に関する研究

2．過去1年間（2002年4月～2003年3月）の主な成果

(1)　やわらかいグローバルネットワークの高度利用支援（研究テーマ2に関連）

2001年度，本センターを中心に導入された「やわらかいグローバルネットワーク」は，研究所全体を基幹1Gbps以上，末端でも100Mbpsで結ぶ超高速ネットワークであり，これを快適に利用する環境の構築と利用支援を行った。具体的には，(1)ファイアーウォールシステム，(2)ウィルスメール検知システム，(3)ホームページの公開用のWeb専用サーバ，(4)無線LANアクセスポイント(ゼミ室など10ヶ所)などを整備した。さらに，所内30を超える研究室・組織毎に異なるネットワークの利用要求に応じて，これらシステムの利用形態を提案・設計し，円滑なネットワーク活用を実現するた

めの支援を行った。

(2) 電気通信研究所研究者総覧システムの構築 (研究テーマ1に関連)

通研に所属する研究者の経歴や業績情報をデータベース化し，研究者に関する情報の管理およびWebサイトでの公開を系統的に支援するために，「電気通信研究所研究者総覧システム」を開発した。本システムは，登録された情報の再利用を支援するため，代表的なフォーマットによる出力，独自フォーマット形式構築のためのインタフェースを備えることにより，研究者の論文リストの管理・作成などを行うWebアプリケーションとしての利用も可能である。

(3) 所内連絡書類等の電子化支援（研究テーマ1に関連）

事務処理の電子化推進の一環として，各種事務連絡書類を電子化してサーバにアップロードすることにより，連絡内容と電子化された書類の位置(リンク)を掲載したメールが自動的に教官に配信される「電気・情報系事務書類倉庫システム」を開発した。従来の紙による連絡に比べて資源の節約が行えるようになり，さらに，添付ファイルではなく，サーバに保管された事務書類の位置のみをメールで配信するため，教官一人一人が必要とする書類を必要な時に得ることが可能になった。

(4) ネットワークパフォーマンスの制御に関する研究（研究テーマ2に関連）

コンピュータネットワークの実効的なパフォーマンスを向上するために，ネットワーク運用に関するパラメタを適切に制御する手法について研究を行っている。本年度は，下記の文献1,2に示す成果が得られた。

(5) 知的ユーザインタフェースに関連する研究（研究テーマ3に関連）

やわらかい情報システムにおける利用者の使い勝手を向上させる研究として，マルチメディア情報からのオブジェクト抽出や高次臨場感通信に関連する研究を行っている。本年度は，文献3～5に示す成果が得られている。

3．職員

(1) 運営委員会

教　授　白鳥 則郎（1997年より）　矢野 雅文（1997年より）　潮田 資勝（2000年より）
　　鈴木 陽一（2000年より）　外山 芳人（2000年より）　木下 哲男（2000年より）

(2) 実施委員会

教　授　鈴木　陽一（1999年より）木下　哲男（1997年より，情報シナジーセンター所属）
助教授　岩谷　幸雄（2002年より）佐藤　茂雄（2002年より）
助　手　草刈圭一朗，西村　竜一，藪上　　信，加藤　貴司，今野　　将
COE研究員　佐伯　豊
研究支援推進員　阿部　敦子，大學　紀子，鈴木みどり

4. 教授のプロフィール

センター長・白鳥則郎教授のプロフィールは，情報通信システム研究分野を参照。
実施委員長・鈴木陽一教授のプロフィールは，音響情報システム研究分野を参照。

5. 主な研究発表

1．北形 元, 今野 将, 加藤 貴司, 菅沼 拓夫, 木下 哲男, “エージェント指向ミドルウェアにおける利用者指向流量調整方式の設計と実装,” 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, 2003.

2．打矢 隆弘, 武田 敦志, 菅沼 拓夫, 木下 哲男, ``エージェントフレームワークにおけるリポジトリ機構の設計と実装,'' 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, 2003.

3．松澤 悠樹, 阿部 亨, 熊沢 逸夫, “輪郭線周囲のクラスタリングによる動的輪郭モデルの制御”, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J85-D-II, No.2, pp.252-261, 2002.

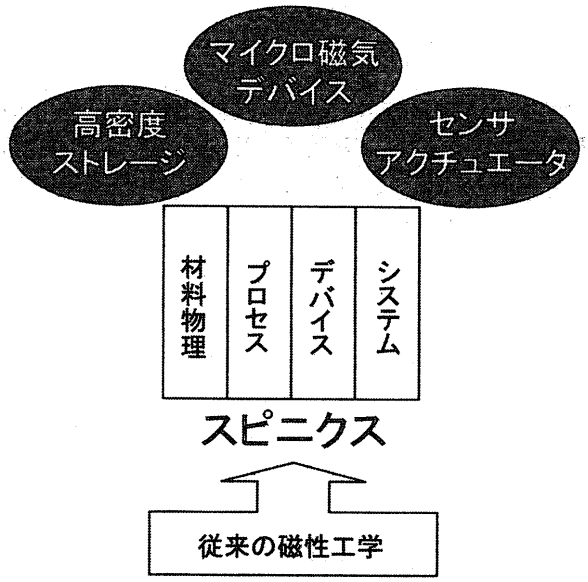
4．Y. Iwaya, Y. Suzuki, and D. Kimura, “ Effects of head movement on sound localization with real and virtual sound sources,” 2002 China-Japan Joint Conference on Acoustics, pp. 223-226, 2002.

5．B. Li, T. Abe, K. Sugawara, and T. Kinoshita, “Active information resource: Design concept and example,” Proc. of The International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2003

3.8　スピニクス研究センター

スピニック材料・デバイス及びスピニックストレージに関する研究

1．センターの目標



高密度ストレージ，パワーマグネティクス，マイクロマグネティクス，生体応用磁気分野など，磁性工学に立脚した技術分野は社会的に重要な役割を果たしており、旺盛な性能改善の要請を背景にますます発展を続けている。しかし，主として電磁気学とミクロンオーダの磁区理論を中心にしている従来の磁性工学ではこれからの高度な発展を支えるのは不十分であるため，本所ではメゾスコピック領域の微細磁性に着目した研究の重要性を提案し，これに「スピニクス」なるキーワードを与えている。すなわち，次世代の高性能磁性材料及び磁性デバイス・システムの実現のためにはマクロな磁気特性や磁区理論を越えて，磁性材料を構成する微細結晶粒領域の物性制御を行うスピニクスの研究が必須である。例えば，超高密度磁気記録ではサブサブミクロン単位の分解能で極微小な面積に情報を記録・再生する議論が進められ，磁性薄膜のナノメータ領域の微細構造を作り込むことが強く要求されている。しかもこれらは極めて多様で学際的なので，システム，デバイス，プロセス，材料の四者が密接にリンクした研究が望ましい。

このような背景から，スピニクス研究センターでは，ナノスケールに根ざした新しいマグネティックスの学理と応用を目指した研究を行っている。この統合された基礎研究基盤を通して，従来からの発想では得られなかった高性能の磁性材料を開発し，そのデバイス化，ハイブリッド化，システム化を実現することが目標である。

2．過去1年間の主な成果

本研究施設における具体的な研究テーマは材料，プロセス，デバイス，及びシステムの分野に大別される。まず，磁性材料についてはストレージデバイスや磁気デバイス等の機能素子の開発上不可欠な軟質及び硬質の薄膜材料について検討し，とくにNiFeをシード層とするFeCo高飽和磁化軟磁性薄膜について進展があった。今後，センサ・アクチュエータ用機能薄膜，高感度磁界検出用多層薄膜，人工格子薄膜など微細構造の制御された新しい磁性材料が得られると期待される。プロセスに関しては，磁気ヘッド，磁気デバイス，マイクロ磁気デバイス等の薄膜素子の集積化と微細組織の制御技術の確立を目指して，スパッタ法，蒸着法などによる製膜技術，三次元微細加工，多層製膜や平坦化処理などの多層化技術の開発を行っている。マイクロ磁気デバイス用薄膜リソグラフィー技術については，半導体集積回路プロセスとの整合性を高める点に力点を置き，また，集束イオンビームエッチング装置によるナノメータオーダ微細加工技術を利用するデバイス解析も行なっている。

デバイスとシステムについては，超高密度磁気記録デバイスとシステム，並びに

マイクロ磁気デバイスとセンサ・アクチュエータ及びその集積化を柱とする研究を行っている。超大容量ストレージ関連では，本所で提案された垂直磁気記録により次世代超高密度を達成する研究を行なっている。今年度は単磁極ヘッドの媒体対向面に軟磁性薄膜を被着し主磁極先端面周囲をFIB装置で溝加工したフロントリターンヨーク型単磁極ヘッドの試作及び解析を行った。メディアについては，記録層の微細構造と異方性を調べ，高密度記録時の主要課題である熱磁気緩和について明らかにし，グラニュラ系媒体ではCoPtCr合金にSiO_2を添加させた垂直磁気記録媒体及びCGC媒体が効果的であることが示された。記録理論については，記録密度制限を与えているメディアノイズと記録磁化状態との相関を明らかにし，高密度時のビット突き抜けの低減が必須であることを示した。将来の国際的な目標である1テラビット／平方インチを超える高密度記録に対して，以上を総合したシステム的な研究により検討を進めている。集積化デバイスにおいてはEMC問題を検討し，薄膜シールディドループコイルの開発を行った。一方，スピニックマイクロデバイスでは，本センターの製膜・微細加工装置を利用して，RF集積化インダクタ，4.5×10^{-8} Oeの磁界分解能を有する薄膜磁界センサなどを開発し，それらの高周波特性評価装置として開発した超広帯域1 MHz～9 GHz薄膜透磁率測定装置と，高周波・高分解能近傍磁界プローブを製品化した。またらせん構造を有する移動機構を用いて，ゲル中を移動可能なマイクロマシン，および柔軟な管中を移動するマイクロマシンを開発し，これをハイパーサーミアや大腸内視鏡誘導機構への応用を実現した。現在これらの要素技術を統合し，医療福祉分野への応用を目的としたセンサ・アクチュエータシステムの構築に挑んでいる。

【研究テーマ】

1．スピニック機能材料の研究
2．多層リソグラフィープロセス技術の研究
3．スピニックマイクロデバイスの研究
4．超大容量スピニックストレージの研究
5．超高周波磁気物性測定手法の研究

【職員】

教　授　中村慶久（1987），教　授　荒井賢一（1986），教　授　村岡裕明（2000）
助教授　山口正洋（1991），助教授　石山和志（2002）
助　手　渡辺　功，　助　手　薮上　信，　助　手　山田　洋

【主な研究発表】

1．菊池弘昭, 薮上信, 山口正洋, 荒井賢一, 鈴木哲, 日本応用磁気学会, 26, pp. 763-766 (2002).
2．M. Sendoh, K. Ishiyama, and K. I. Arai: IEEE Trans. Magn., 38, 5, pp. 3356-3358 (2002).
3．S. Yabukami, R. Ojima, M. Yamaguchi, K. I. Arai, S. Kikuchi: J. Magn. Magn. Mater., 254-255, pp.111-114 (2002).
4．山崎彩, 仙道雅彦, 石山和志, 早瀬敏幸, 荒井賢一: 日本応用磁気学会誌, 26, pp. 645-648 (2002).
5．Takashi Kuribara, Masahiro Yamaguchi, and Ken-Ichi Arai: IEEE Trans. Magn., 38, No. 5, pp. 3159-3161 (2002).
6．H. Muraoka, Y. Sonobe, K. Miura, A. M. Goodman, Y. Nakamura, IEEE Trans. Mag., 38, 4, pp. 1632-1636 (2002).
7．T. Shimatsu, H. Uwazumi, H. Muraoka, Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 38, 5, pp. 1973-1975 (2002).
8．T. Oikawa, M. Nakamura, H. Uwazumi, T. Shimatsu, H. Muraoka, Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 38, 5, pp. 1976-1978 (2002).
9．T. Shimatsu, H. Muraoka, Y. Nakamura, Y. Sonobe, Y. Satodate, K. Muramatsu, I. Watanabe, J. Appl. Phys., 91, pp. 8061-8063 (2002).
10．H.Katada,T.Shimatsu,I.Watanabe,H,Muraoka,Y.Nakamura, IEEE Trans. Magn., 38, 5, pp. 2225-2227 (2002).

3.9　コヒーレントデバイス研究センター

超高速・大容量情報通信を可能にする先端デバイス・システムの開発

[センターの目標]

超高速・大容量の情報を伝送するための技術は，超高速・大容量情報通信実現のためには勿論，ブレインコンピュータの基本となる超並列システムを実現するためにも，重要な技術である。本研究センターでは，これまでの先端的研究成果を基に，超高速情報処理を可能とする新機能材料および超高速デバイスの研究並びに大容量通信用媒体の研究を行うことを目的としている。以下にセンターの研究目標を述べる。

○音声・データ・画像などの情報を，「いつでも，どこでも，誰とでも」各自が分散交換機能をもってやりとりできる携帯情報端末（Tele-Pad），ならびにフレキシブルワイヤレスネットワークの開発を目指す。

○レーザおび非線形光学技術を駆使することにより光～電磁波に至る周波数空間の開拓を大きな目標とし，誘電体ドメイン超格子や新たな構成の光パラメトリック発振技術等を用いて，赤外～テラヘルツ(THz)波に至る波長可変コヒーレント波の発生および検出技術の研究開発を行う。

○超伝導が呈する超高速性及び低電力性は21世紀の情報・通信技術に極めて重要である。高温超伝導デバイスはミリ波ないしサブミリ波帯での電磁波発振・検出素子として有望であり，大出力の発振デバイス，高感度な計測システム，及びコヒーレント波動デバイスの応用の研究を行う。

○電波と光との境界領域であるミリ波・サブミリ波帯における実用的技術を開発することを目指し，コヒーレント光源，常温動作の検出器，それらを用いた計測技術の研究開発を行う。

○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超高密度強誘電体記録，通信用誘電体デバイス・超音波デバイスの研究を行う。

○数 100 GHz 帯の高出力・高効率電子ビームデバイス，真空と半導体の機能を融合した新しいデバイスの研究を行う。具体的には，ミリ波・サブミリ波帯電磁波の広帯域，高効率発生と高機能電界放射陰極の開発とその応用研究を行う。

[１年間の主な成果]

○ユビキタスネットワークの実現のためには，送受信回路のワンチップ化による高集積化・低消費電力化が望まれる。このためにOFDM通信用低消費電力電流モード

FFT LSIとオールディジタルワンチップモデムを設計・試作した。

○強誘電体ドメイン超格子を用いたパラメトリック発振結晶において，高出力化・多機能化のためのドメイン構造の新しいデザイン・作製を進め，THz波・中赤外光発生の効率向上を図った。

○高温超伝導の磁束量子の超高速運動を$Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$高温超伝導体固有ジョセフソン接合により実現し，THz帯電磁波の発生に道を開いた。

○ミリ波帯イメージング技術に着目して，35 GHz帯パッシブ・イメージング装置および60 GHz 帯近接場顕微鏡装置を設計・製作した。現在，ミリ波帯の新規応用分野の開拓を目指して，生体，あるいは電界方向異方性を持つ誘電体など各種物体の計測を行っている。

○1.5Tbit/inch^{2}の記録密度を持つ強誘電体記録の実験に成功した。これらのナノドメインは4 nsecの電圧パルスでも反転することを確認した。またＳＮＤＭ強誘電体プローブストレージシステムのプロトタイプを試作した。

○GaAs電界放射陰極を製作し，ガン効果によるマイクロ波帯変調電子ビームの発生を行なった。また，Si電界放射陰極をパルス光励起することにより，陰極から直接バンチビームを得ることに成功した。

3.10 附属工場

先端情報通信研究のための実験機器開発

1. 附属工場の概要

電気通信研究所附属工場は，所内の各部門の研究を技術面から支援するために，所内の内部処置により昭和30年に発足した共通施設である。独創的な研究を遂行するためには，これまでにない新しい機器や装置を迅速にかつ精度良く製作する必要がある。そのための技術支援を当工場は担ってきている。通研専任教官から選出された工場長と運営委員が附属工場の管理と運営に当たっている。
当附属工場は，これまでに数々の新しい工作方法を開拓し，機器や各種超高真空容器などの精密工作を行い，半導体表面界面の微細構造の解析や構築の研究，高密度磁気記録の研究を始め，数々の高度情報通信に関わる研究に貢献してきた。

2. 本年度の製作実績

各研究室からの製作依頼は103件，製作した主な製作名は以下のとおりである。

中村研　・シリンダ基板用スパッタ装置

鈴木研　・定振動発生源装置　・コニカルホーン　・多チャンネルマイクスタンド

矢野研　・留置式電極駆動装置一式

山下研　・パルス管　・冷凍機ヘッド

舛岡研　・UVランプ筐体　・マニュピレータ用レール　・メタルマスク

末光研　・外部光学系真空容器

村岡研　・シルンダー加熱ヒーター　・基板ホルダ

潮田研　・モリブデンネジ加工　・タンタルるつぼ

庭野研　・有機分子蒸着用低温セル　・メタルマスク

横尾研　・メタルマスク　・サンプルホルダー

水野研　・3軸真空マニピュレーター　・Wバンド帯モード変換器
・ガンダイオード共振器　・60GHz発信器

大野研　・Cu試料ホルダー　・ポンプ架台

中島研　・サンプルホルダー

実験施設　・真空ピンセット用吸着チップ

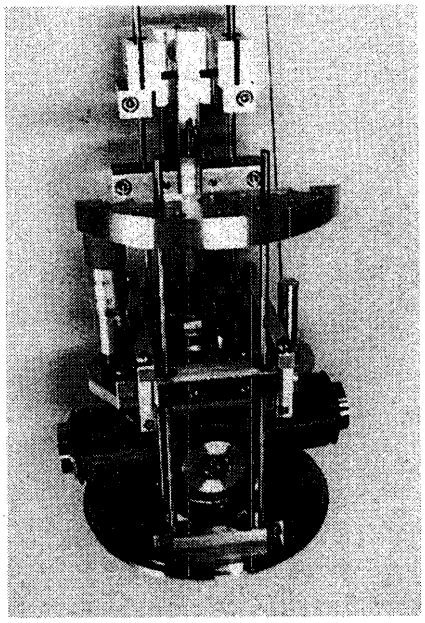
<附属工場組織>

工場長（教授）庭野　道夫
（技官）渡邉　博志　　米澤　隆二　　菅原　宗朋
庄子　康一　　末永　　保

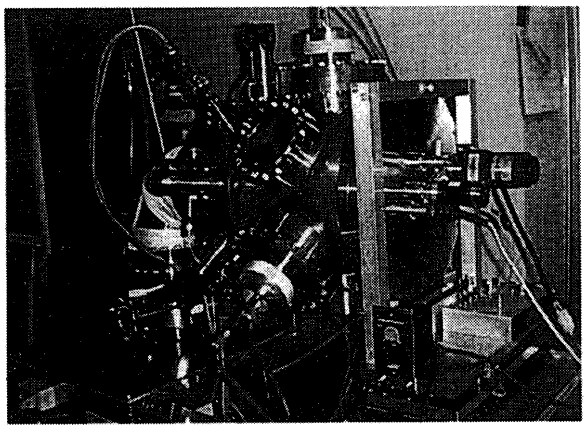
運営委員会

教　授　水野　皓司　　助教授　末光　眞希
教　授　伊藤　弘昌
教　授　庭野　道夫　　助教授　上原　洋一

今年製作した主な作品



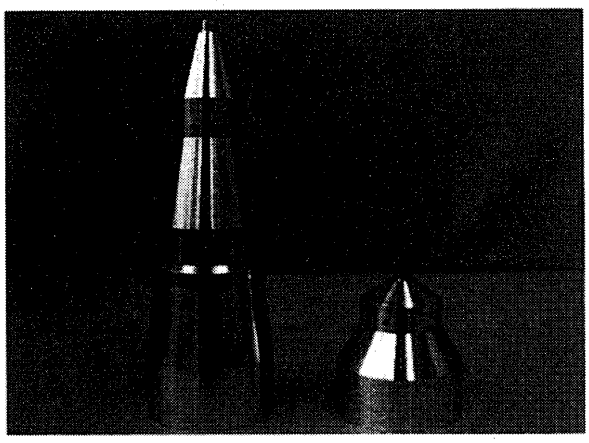
3軸真空マニピュレーター



シリンダ基板用スパッタ装置



Wバンド帯モード変換器



コニカルホーン

4.1　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，また研究所自体がさらに発展するために全国共同利用研究所として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，本研究所教官との共同研究を前提とした共同利用研究所であ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，情報通信分野における技術・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，大規模な装置・施設の共同使用に重点がある従来の共同利用型研究とは異なり，研究内容主導型の共同研究である。

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・団体等の教官及び研究者を対象として，公募により行われている。

○共同利用委員会

共同プロジェクト研究の運営のために，共同利用委員会及び共同プロジェクト実施委員会が設置されている。共同利用委員会は，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設置されており，その構成は，本研究所教授並びに本学工学研究科及び情報科学研究科の教授の８名の委員よりなっている。共同利用委員会の使命は，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「高密度及び高次の情報通信に関する学理並びにその応用の研究」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，平成8年度に本所内規「東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究に係る研究者の受入れ等に関する申合わせ」を作成し，公平・公表を原則として積極的な対応を行ってきている。

今年度は，平成15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２点を重点的に考慮し，公募を行うことにした。

1）公募する共同プロジェクト研究の内容を，外部により具体的に明示することを目的に，メインテーマを次のように変更した：「時・距離・言葉の壁を越えるコミュニケーション技術に関する基礎研究」

2）より広範囲からの応募を目的として，ホームページ上にて公募要項の掲示を行うこととした。

なお，共同プロジェクト研究の円滑な実施を図るために，本所専任の教官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。

○平成14年度共同プロジェクト研究

平成14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38件(A:21件, B:17件) が採択された。なお，Aタイプは各々の研究課題について行う研究であり，21件のうち14件が外部よりの提案，Bタイプは短期開催の研究会形式の研究で，17件のうち10件が外部よりの提案のものである。また，Aタイプの研究のうち10件に，Bタイプの研究のうち8件には，民間の研究者が参加している。

平成14年度共同プロジェクト研究採択一覧

H12/A01　モバイル共有空間におけるハイパーコミュニケーションに関する研究
H12/A02　真空マイクロエレクトロニクス用高性能電子源の開発
H12/A03　プラズマ中フラーレン・微粒子の基礎と応用
H12/A04　電子デバイス用高温超伝導単結晶の育成とその応用に関する研究
H12/A05　マルチモーダル情報に基づく環境認識過程の解明
H12/A08　超大容量垂直スピニックストレージシステムの研究
H12/A09　脳型計算機の構築と人間機械対話環境の実現のための基礎研究
H12/A11　ネットワーク協調型３次元仮想ユーザビリティラボに関する研究
H13/A01　磁気ランダムアクセスメモリ用高性能強磁性トンネル接合膜の研究
H13/A02　高分解能音響センサーに関する研究
H13/A03　分極反転構造ニオブ酸リチウム光導波路を用いた広波長域波長変換の研究
H13/A04　ミリ波通信・計測用アクティブ集積化アンテナの研究
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/A02　弾性表面波を用いた光周波数シフタの集積化に関する研究
H14/A03　視聴覚間相互作用の起源
H14/A04　ミリ波帯イメージング技術の開発と各種波動を用いたイメージング技術の研究
H14/A05　次世代津波計測ネットワークに関する研究
H14/A06　音場情報に含まれる個人性の符号化手法に関する研究
H14/A07　学際的新領域プラズマの基礎と応用
H14/A08　$K_3Li_2Nb_5O_{15}$単結晶とリラクサーチタン酸鉛系単結晶の超音波マイクロスペクトロスコピー
H14/A09　偏波モード分散測定に関する研究
H12/B02　プラズマ加速現象の基礎と応用
H12/B03　ナノ構造磁性体の形成と機能に関する研究
H12/B04　ナノ構造の形成と物性機能に関する研究
H12/B06　シリコン集積回路の高性能化に関する研究
H13/B01　大規模量子コンピュータの実現にむけて
H13/B02　フィールドにおける広帯域脳波の計測及び解析と脳機能
H13/B03　半導体スピントロニクス
H13/B05　S式の書き換えに基づく計算体系の基礎研究
H13/B07　サブサーフェス制御知能プラズマプロセスに関する研究
H13/B09　生体内情報通信システム研究会
H14/B01　ＲＦ集積回路における磁性薄膜応用技術の研究
H14/B02　圧電材料と弾性波デバイスに関する研究
H14/B03　プログラム変換による科学的ソフトウェア作成法の研究

H14/B04　知的行動を創発するための基礎原理の解明とその応用に関する研究
H14/B05　半導体表面におけるナノプロセスと新機能の創成
H14/B06　コミュニケーションの成立条件の認知科学
H14/B07　先端EMC計測技術に関する研究

○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20日前後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出締切となっており，採否の結果は3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1日より3月15日までであり，研究終了後4月25日前後までに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，上の「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官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所に対応教官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：

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

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

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/A01

モバイル共有空間における ハイパーコミュニケーションに関する研究

[1] 組織

代表者：水野忠則（静岡大学情報学部）
責任者：白鳥則郎
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
富樫　敦（静岡大学情報学部）
渡辺　尚（静岡大学情報学部）
石原　進（静岡大学工学部）
岡田　謙一（慶應義塾大学理工学部）
東野　輝夫（大阪大学大学院情報科学研究科）
勅使河原可海（創価大学工学部）
石田　亨（京都大学大学院情報学研究科）
曽我　正和（岩手県立大学ソフトウェア情報学部）
宗森　純（和歌山大学システム工学部）
福田　晃（九州大学大学院システム情報科学研究院）
相田　仁（東京大学大学院新領域創成科学研究科）
小泉　寿男（東京電機大学理工学部）
研究費：校費340,000円，旅費720,740円

[2] 研究経過

コンピュータネットワークを利用した分散環境においては，より多くの情報を，より高速に転送できるようにすることも重要であるが，それ以上に，情報交換する相手が，遠隔地にいたり，時間的なずれがあったり，あるいは移動中であったりしても，情報が伝達可能なモバイル共有空間を実現する技術が必要となる。本プロジェクトは，モバイル共有空間の通信機構について応用システム，通信システムの側面から，その概念を確立することを目的とする。これによって，物理的な地域という概念でなく，地域には独立に情報を共有する空間が必然となり，ビジネスチャンスも飛躍的に増やすことを目指している。

本プロジェクトは本年度が第３年目であった。前年度は，モバイル端末の位置情報や携帯電話のJava搭載によって飛躍的に増加した情報処理能力を活用し，より高度なユーザー間の意思伝達手法，ビジネス・エンターテイメント分野への発展を目指したシステムの構築手法について検討を進めた。本年度は，昨年度の検討をもとに，(i) モバイルアドホックネットワークにおける基盤技術の確立と応用，(ii) ネットワーク上での新しいコミュニケーション支援およびサービスの提案と実現，(iii) 分散協調システムにおけるハードウェア・ソフトウェア設計法の考案，を目指した検討を進めた。
以下，研究活動の状況を記す。研究推進会議ならびに電子メールによる情報交換により，各サブテーマの方向性に対する議論と今後の大規模プロジェクトへの発展をにらんだ検討を行った。

＜研究推進会議＞
日時：12月24日～12月25日
場所：東北大学電気通信研究所，N-oval
A．講演と報告
(1) 耐不安定性を持つモバイルネットワークのための通信プロトコル
檜垣博章（東京電機大学）
(2) モバイルグループウェアの開発と適用
宗森　純（和歌山大学）
(3) アドホックネットワークとその緊急通信への応用
渡辺　尚（静岡大学）
(4) ユビキタス環境へのエージェントモデルの適用とソフトウェア開発
富樫　敦（静岡大学）
(5) ITS画像処理系・制御系開発におけるハードウェア・ソフトウェア協調設計方式
小泉寿男（東京電機大学）
(6) Webサービスについて
片岡信弘（東海大学）
(7) ネットワーク上のインフォーマルコミュニケーションの研究
村山優子（岩手県立大学）
(8) 実時間分散協調システムの設計について
東野輝夫（大阪大学）
(9) アウェアネススペースの構築
岡田謙一（慶應義塾大学）
(10) 異文化コラボレーション実験
石田　亨（京都大学）
(11) モバイル共有空間におけるハイパーコミュニケーションに関する研究
水野忠則（静岡大学）

B．自由討議（講演者全員）
(1) 分担者同士の協力による共同研究の推進
(2) 研究の進め方と新規共同研究プロジェクト

の計画
(3) 大型プロジェクトへの発展方法
(4) その他

[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) モバイルアドホックネットワークにおける基盤技術の確立と応用

移動時に利用されるPHSや携帯電話を用いるデータ通信サービスは，有線通信に比べると通信速度が遅く，品質も悪い。そこで，単体では低速・低品質な回線しか持たない端末でも，複数の移動端末が一時的にネットワーク（クラスタ）を構築し通信回線を共有することで，クラスタ以外の端末と高速・高品質な通信が可能である通信回線共有方式を実現した。

モバイルネットワークは，端末の移動，無線信号の到達範囲の変動，端末の電源断，端末の故障等により，通信経路が切断されたり，実行状態が失われたりするアプリケーションの実行を不安定にする要素を含んでいる。そこで，不安定性に耐性を持つ実行環境を提供するために，1）従来の手法よりも多くの経路を検出する複数経路探索ルーティングプロトコル，2）片方向接続を含む経路を検出することで通信アプリケーションの可用性を高めるルーティングプロトコル，3）故障に対して過去の状態から再実行するチェックポイントプロトコルを無線ネットワーク環境に適用するために拡張した手法，を考案し，モバイルアドホックネットワーク共通の基盤技術を確立した。

従来のエージェントリモコンは，複雑な家電協調タスクを，リモコン端末を介して実現していたため，通信回数も多く，リモコン端末の移動等にともなう通信障害によるタスク中断の可能性もあった。そこで，各家電にエージェントインタプリタを装備し，エージェントを移動可能とすることにより，自立的にエージェントは家電間を移動し，家電協調タスクを実行することを可能とし，携帯電話へのリモコン統合を可能とした。

その他に，アドホックネットワークにおけるルーティングおよびメディアアクセスプロトコルについて検討した。特に，災害時の緊急通信に対する応用を考察した。

(2) ネットワーク上での新しいコミュニケーション支援およびサービスの提案と実現

モバイル端末の応用として，お互いの位置情報をリアルタイムに双方向に伝達するシステムを構築し，市街地内におけるコミュニケーション支援に有効であることを示した。また，無線LANやBluetoothといった無線方式を用い，複数のモバイル端末を集めて大型の表示領域を得たり，個々の端末を分散して共有画面として用いたりするシステムを構築し，モバイル端末の新たな応用領域を示した。

ネットワーク上で，戸口のメタファを利用したインフォーマルコミュニケーションシステムを構築した。実世界で行われている戸口でのやりとりを戸口通信としてとらえ，戸口での人の様子を影や音によるアウェアネスで表現するチャットシステムや，秘匿通信を目的とした戸下通信等を実現し，新しいコミュニケーション手段としての可能性を示唆した。

従来，ネットワークは，距離の概念を取り除いてきたが，新たに，“Distance Aware Computing”という実世界の距離の概念を導入し，その概念を実現したプロジェクタ共有システムを実現した。これにより，人と人との距離，人と物との距離を，対面の作業環境でシームレスに検知する新たなアウェアネススペースを構築した。

さらに，ネットワーク上の異文化コミュニケーションの基礎的研究として，母国語を用いるオープンソフトウェアを開発するために，機械翻訳サービスを用いる異文化コラボレーション実験を行った。実験の結果，人が翻訳サービスに適応する形で，不完全な機械翻訳でありながら技術的な議論が成立することを明らかにした。

この他に，UDDIを用いる複数のサービスブローカー（サービス提供者）が連携する付加価値サービスブローカーや,, サービスリクエスター（サービス利用者）へのサービスの最適解や近似解の提供方法について基礎的検討を行った。

(3) 分散協調システムにおけるハードウェア・ソフトウェア設計法の考案

時間的な制約のついた分散協調システムの設計と実装(HW/SW実装）に対して，パラメトリックモデルチェッキング手法を応用した手法を考案した。特定の性能を実現するためのハードウェア部品の性能条件や各パラメータ間の関係式などの条件式を高速に算出し，システム仕様からコスト最適なハードウェア回路（あるいはHW/SW協調回路）の自動合成を行う処理系を構築した。

また，従来，組み込みシステムのハードウェアとソフトウェアの機能分担の配置を経験的に決めていたが，ハードウェアとソフトウェア間のトレードオフによって両者の機能分担を最適にする方式を提案し，その有効性を示した。

(3－2) 波及効果と発展性など

携帯電話やPDAの処理能力の飛躍的な向上や無線LANのHotSpotの普及により，モバイルアドホッ

クネットワークに関する新しい市場が出来つつある。本研究により，さらに新たなモバイルアドホックネットワークの利用法が展開できる。例えば，本研究で実証した同期・非同期型システムはもとより，ホームオートメーション，災害時緊急通信システム，教育システム，知的生産システムなどに展開が可能である。本研究による対面環境下及び分散環境下で高度なコンピュータネットワークの利用形態は，モバイルネットワーク社会における人々の日常生活や社会活動を支える共通基盤として欠かせないものであり，日本における情報通信技術の新たな技術の萌芽が期待できる。

[4] 成果資料

(1) 澤本　潤, 太田好彦, 辻　秀一, 小泉寿男, "配送計画問題における再計画処理方式の提案とその実現方法", 電気学会論文誌C, 122巻, 5号, pp.832-842 (2002).

(2) T. Umedu, H. Yamaguchi, K. Yasumoto and T. Higashino, "Constraint-Oriented Model for Describing Distributed Cooperative Systems and Efficient Deadlock Detection Using Symmetries", International Journal of Computer and Information Science (IJCIS), Vol. 3, No. 2, pp. 125-136, June 2002.

(3) T. Fujiwara, S. Mizushina, A. Adachi and T. Watanabe, "A Robust Wireless Network for Earthquake Damage Monitoring", Proc. World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI 2002), pp.159-164, July 2002.

(4) N. Iida and T. Watanabe, "Direct and Relay Communication Protocol for Wireless Networks", Proc. World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI 2002), pp.165-170, July 2002.

(5) T. Umedu, Y. Terashima, K. Yasumoto, A. Nakata, T. Higashino and K. Taniguchi, "A Language for Describing Wireless Mobile Applications with Dynamic Establishment of Multi-way Synchronization Channels", Proc. of the 11th International Conference on Formal Methods Europe, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2391, pp. 607-624, July 2002.

(6) T. Yoshino, T. Muta and J. Munemori, "NAMBA: Location-Aware Collaboration System for Shopping and Meeting", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.48, No.3, pp.470-477, Aug. 2002.

(7) 吉野 孝,吉永孝文,宗森 純, "アウェアネス支援機能を持つ電子鬼ごっこ支援グループウェアの開発と適用", 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.2, pp.297-308 (2003).

(8) K. Suzumura, H. Gondo and Y. Murayama, "Tool for on-door communications on WWW", Mobile and Wireless Communications, IFIP International Federation for Information Processing, Vol.234, Kluwer, pp.79-86, Oct. 2002.

(9) T. Haraikawa, T. Sakamoto, T. Hase, T. Mizuno and A. Togashi, "μVNC over PLC: A Framework for GUI-based Remote Operation of Home Appliances through Power-Line Communication", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.48, No. 4, pp.1067-1074, Nov. 2002.

(10) T. Munaka, T. Yamamoto, M. Kuroda, T. Mizuno and T. Watanabe, "A Reliable Multicast Mechanism for Location Dependent Data in DSRC-Based ITS Networks", IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E85-D, No.11, pp.1809-1821, Nov. 2002.

(11) K. Yasumoto, T. Umedu, H. Yamaguchi, A. Nakata and T. Higashino, "Protocol Animation based on Event-driven Visualization Scenariosin Real-time LOTOS", Computer Networks, Vol.40, No.5, pp.45-67, Nov. 2002.

(12) 福井健太郎, 喜多野美鈴, 岡田謙一, "仮想空間を使った多地点遠隔会議システム：e-MulCS", 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3375-3384 (2002).

(13) 野村早恵子, 石田　亨, 山下直美, 安岡美佳, 船越　要, "翻訳エージェントの可能性: 異文化コラボレーション実験ICE2002報告", エージェント合同シンポジウム (JAWS2002), pp.433-440 (2002).

(14) 遠藤　祐, 吉田　健, 井上　聡, 飯田庸介, 小泉寿男, "ITS画像処理系・制御系開発におけるハードウェア・ソフトウェア協調設計方式", 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3745-3755 (2002).

(15) 尾上裕子, 渥美幸雄, 佐藤文明, 水野忠則, "モバイルIPネットワークのための無線シミュレータ連携方式", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-B, No.12, pp.2087-2096 (2002).

(16) 村田嘉利, 増田彰久, 太田　賢, 石原進, 水野忠則, "モバイルマルチメディアストリーミングサービスのためのコンテンツ指向時空間的解像度制御方式", 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3838-3847 (2002).

(17) 鈴木貴也, 石原　進, 水野忠則, "アドホックネットワークにおけるトポロジ依存機能の動的再配置", 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3959-3969 (2002).

課題番号　H12 / A02

真空マイクロエレクトロニクス用高性能電子源の開発

[1] 組織

代表者：山本　恵彦
（筑波大学物理工学系）
責任者：横尾　邦義
（東北大学電気通信研究所）
分担者：石塚　　浩（福岡工業大学工学部）
川崎　　温（埼玉大学理学部）
西川　　治（金沢工業大学工学部）
石川　順三（京都大学工学部）
高井　幹夫（大阪大学極限科学研究センター）
浅野　種正（九州工業大学マイクロ化総合技術センター）
安達　　洋（室蘭工業大学工学部）
下山　　宏（名城大学理工学部）
岡野　達雄（東京大学生産技術研究所）
伊藤　順司（電子技術総合研究所）
江上　典文（NHK 放送技術研究所）
谷岡　健吉（NHK 放送技術研究所）
富取　正彦（北陸先端科学技術大学院大学）
杉野　　隆（大阪大学工学部）
石沢　芳夫（いわき明星大学理工学部）
畑中　義式（静岡大学電子研）
山口　　豪（静岡大学工学部）
荻田　正巳（静岡大学工学部）
中西　洋一郎（静岡大学電子研）
阪井　清美（郵政省通信総合研究センター）
谷　　正彦（郵政省通信総合研究センター）
越田　信義（東京農工大学工学部）
中山　正昭（大阪市立大学工学部）
金谷　敏正（イオン工学研究所）
橋口　　原（香川大学工学部）
澤田　和明（豊橋技術科学大学電気・電子工学系）
岡野　　健（国際基督教大学教養部）
宮本　恭幸（東京工業大学工学部）
合田　田人（ＡＴＲ環境研）
パブロバッカロ（ＡＴＲ環境研）
大谷　直毅（ＡＴＲ環境研）
佐々木正洋（筑波大学物理工学系）
鈴木　　哲（仙台電波高専）
川崎　浩司（仙台電波高専）
斎藤　弥八（三重大学工学部）
蒲生　美香（筑波大学物理工学系）
松本　貴裕（スタンレー）
細田　　誠（大阪市立大学）
中根　英章（室蘭工業大学工学部）
笠間　泰彦（イデアルースタ）
表　　研次（イデアルースタ）
三村　秀典（東北大学電気通信研究所）
研究費：校費45万5千円，旅費100万1千円

[2] 研究経過

真空マイクロエレクトロニクスは，マルチメディアに代表される情報通信の新時代を迎えて，性能の限界に到達しつつある半導体や真空デバイス，各種表示素子などに変わる次世代の革新デバイスを提供するものとして期待されている。本プロジェクト研究は，その基盤を開拓するもので，低電圧で動作し，高輝度で安定かつ低エネルギー分散の電子源を開発することを目的とする。

本年度は，本プロジェクト研究の3年度目であり，分子線技術による仕事関数の原子レベル制御と電子源の高機能化と低エネルギー分散化について研究を行なった。

以下，本年度の主な研究活動状況の概要を記す。

第1回　日時：平成14年8月18日
場所：東北大学電気通信研究所中会議室
「Electron Field Emission From Nanostructured Thin Films」
Prof. S.R.P. Silva
School of Electronics, Computing and Mathematics, University of Surrey, England

第2回　日時：平成14年10月17日
場所：東北大学電気通信研究所中会議室

「原子レベルの仕事関数」
山本恵彦
筑波大学物理工学系　教授

第3回　日時：平成14年12月12日～13日
場所：東北大学電気通信研究所大会議室
（電子情報通学会電子デバイス研究会と共催）

(1) 「Researches on Millimeter-wave Vacuum Devices at SNU」
Seoul National University G. S. Park
(2) 「核融合装置用100GHz帯大電力ジャイロトロンの開発」
日本原子力研究所　林健一
(3) 「大電力クライストロン用電子銃の不安定現象解析」
東芝　浦方博人
(4) 「Phased Array TWT の開発」
ＮＥＣ　宗廣孝継
(5) 「超伝導バルク磁石によるプラズマ閉じ込め」
山梨大・工　大石和弥
(6) 「超放射検証のための大強度電子ビームの波形整形」
金沢大・自然研究科　鎌田啓一
(7) 「ミリ波カーテル生体照射用導波管端一誘電体アンテナ」
香川医科大学　立川敏明
(8) 「微小間隙回路を用いたCO_2 レーザによる電子ビームのエネルギー変調」
東北大・通研　石川亮
(9) 「ペニオトロンの５０年」
東北大・通研　横尾邦義
(10) 「炭素ナノ構造の電界放出機構―クラスターからダイヤモンドまで―」
東京理科大学・理　渡辺一之
(11) 「Si基板上に作製したSrS:Cu,F薄膜ＥＬ素子の発光特性」
静岡大・電研　袴田新太郎
(12) 「走査型アトムプローブの開発と電子源材料の解析」
金沢工大・材料　渡邉将史
(13) 「異なった基板上に堆積したBNナノ薄膜からのフィールドエミッション特性」
阪大・工院　舟川慎吾
(14) 「RIEにより作製した有機物針状突起群を電子源とする三極素子の作製」
九工大・マイクロ化センター　吉田知也
(15) 「p 型-Si 電界放射陰極の光照射効果」
東北大・通研　筌場俊行
(16) 「カーボンナノチューブ冷陰極のレーザ照射効果」
阪大・極限センター　趙維江
(17) 「マスクレスビームプロセスによるナノ電子源構造の試作」
阪大・極限センター　村上勝久
(18) 「PEEM 光学系によるFEA の拡大観察」
室蘭工業大・工　中根英章
(19) 「イオンビームアシスト蒸着による炭化タンタル薄膜の作製と冷陰極材料としての評価」
京大・工院　後藤康仁
(20) 「Si FEA のHfC 被覆による特性改善」
筑波大・物工系　佐藤貴伸
(21) 「強誘電体を用いた電界放出型赤外線検出素子」
豊橋技大　高室大介
(22) 「カーボンナノ構造冷陰極源を利用したマイクロフォーカスX 線の発生と画像計測への応用」
スタンレー電気松本貴裕

[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．分子線技術による仕事関数の原子レベル制御

Cs 単原子層にて被覆することによりPt(111)表面が電子構造的に修飾し，次に，このように修飾されたPt 表面でのCH_4 分子の化学反応（解離反応）を超音速分子線技術によって解析した。Cs とは対照的に電気陰性度の最も大きいOH 基にて表面を修飾すると，特定サイトの局所仕事関数が大きくなり，そのサイトでの炭化水素の解離反応を促進させることが期待される。しかしながら，OH を形成するために必要な水分子のPt(111)表面への吸着確率は著しく低く実験的には実現できなかった。OH 基の次に電気陰性度の大きい酸素原子OをPt(111)表面に吸着させると，（２ｘ２）安定超構造が形成される。この表面にメタン分子を照射すると，酸素がメタン分子の炭素と直接反応してCO と水素分子を生成する。即ち，メタン分子は分解するが表面に炭素原子を析出させないことが分かった。

2．電子源の高機能化と低エネルギー分散化電子源の高機能化

(a) マイクロ波，ミリ波帯領域の変調電子ビームが発生できる微小電子源の開発を目指し，GaAs のガン効果を用いた微小電子源の開発を行い，ガン効果に特徴付けられる電子放射を観測した。

(b) 簡便なプロセスで大面積化が容易，放射電子の発散角が小さい，低い電圧で電子放射が起こりかつ均一，これらの条件を満足するエミッタの開発を目指して，多結晶ダイヤモンド上に金を蒸着した新しい平面型エミッタを試作し，約15V の低電圧で均一性のよい電子放射を得た。

放射電子の低エネルギー分散化

(c) 単一Siエミッタから放射される電子のエネルギーを測定し，電子の発散角がエネルギー計測に強い影響を与えることがわかった。

（3 - 2）波及効果と発展性など

本プロジェクトで創製される電子源は，超高速，高出力，耐環境性において半導体デバイスの欠点を補完，もしくは凌駕する新デバイスの開発や次世代の高精細・高速応答平面ディスプレイの開発を通して真空マイクロエレクトロニクスに飛躍的な技術革新をもたらす。また，本プロジェクトで得られる知見は，次世代エレクトロニクス展開への革新的な基盤技術となると考えられる。

また，本プロジェクトの主要メンバーにより，文部省特定研究（B）“高輝度電子源アレイと真空マイクロエレクトロニクへの展開” が推進されている。

[4] 成果

(1) T.Kondo, T.Sasaki and S.Yamamoto, “Dissociative chemisorption of CH_4 on a cesiated Pt(111) surface studied by supersonic molecular beam techniques”, J.Chem..Phys. 116 (2002) 7673-7683.

(2) Y.Yamada, A,Sinsarp, M. Sasaki and S.Yamamoto, “STM observation of super-structures and work functions of a Cs mono-atomic layer on a Pt (111) surface”, Jpn.J.Appl.Phys. 41 (2002) 5003-5007.

(3) Y . Yamada , A , Sinsarp , M. SasakiandS. Yamam oto, T.Kondo, T. SasakiandS.Yamamoto,“Local tunneling barrier height studies of the initial stage of Cs adsorption process on a Si(111) 7x7 surface”, Jpn.J.Appl.Phys. 41 (2002) 5386-5389.

(4) T.Kondo, T.Sasaki and S.Yamamoto, “Molecular beam study of CH_4 oxidation on a Pt(111)-(2x2)-O surface”, J.Chem.Phys. 118 (2003) 760-767.

(5) H. Mimura, O. Yilmazoglu, H. Shimawaki, K. Yokoo, K. Mutamba and H. Hartnagel, “Emission characteristics of a GaAs wedge emitter monolithically fabricated with an air bridge and a cantilever anode”, J. Vac. Sci. Tech. B 21 Jan /Feb (2003) 471-473.

(6) H. Shimawaki, K. Tajima, H. Mimura and K. Yokoo, “A monolithic field emitter array with a junction field effect transistor”, IEEE Trans. Electron Devices 49 (2002) 1665-1668.

(7) 三村秀典，横尾邦義, “半導体電子源のバンドエンジニアリング”, 応用物理71 (2002) 1391-1395.

共同プロジェクト研究

課題番号　H12 / A03

プラズマ中フラーレン・微粒子の基礎と応用

[1]組織

企画者：佐藤徳芳　（東北大学名誉教授）
責任者：水野皓司　（東北大学電気通信研究所）
分担者：
宮本信雄　（東北学院大学工学部）
庭野道夫　（東北大学電気通信研究所）
畠山力三　（東北大学工学研究科）
飯塚　哲　（東北大学工学研究科）
平田孝道　（東北大学工学研究科）
真瀬　寛　（茨城大学工学部）
佐藤直幸　（茨城大学工学部）
八井　浄　（長岡科学技術大学工学部）
石川稜威男（山梨大学工学部）
羽鳥尹承　（神奈川大学工学部）
三重野　哲（静岡大学理学部）
上村鉄雄　（核融合科学研究所）
石黒静児　（核融合科学研究所）
菅井秀郎　（名古屋大学工学研究科）
庄司多津男（名古屋大学工学研究科）
橘　邦英　（京都大学工学研究科）
林　康明　（京都工芸繊維大学工芸学部）
三宅正司　（大阪大学接合科学研究所）
奥　健夫　（大阪大学産業科学研究所）
東辻浩夫　（岡山大学工学部）
福政　修　（山口大学工学部）
板谷良平　（京都大学名誉教授）
河合良信　（九州大学総合理工学研究科）
渡辺征夫　（九州大学工学研究科）
白石正治　（九州大学工学研究科）
藤山　寛　（長崎大学工学部）
藤田寛治　（佐賀大学理工学部）
加藤公義　（デジタルテクノ専門学校）
栗本祐司　（シャープエコロジー開発センター）
杉山　昭　（シャープ生産技術開発推進本部）
古川和彦　（シャープ生産技術開発推進本部）
松田彰久　（産業技術総合研究所）
内田儀一郎（核融合科学研究所）
藤原正巳　（核融合科学研究所）
清水鉄司　（独マックスプランク研究所）
石原　修　（横浜国立大学工学部）
小清水隆史（日立国際電気）
池上英雄　（名古屋大学名誉教授）
浜口智志　（京都大学エネルギー科学研究科）

研究費：校費 455千円，旅費　979千円

[2]研究経過

超微小微粒子C_{60}を含むフラーレンは新機能材料創製への応用のみならず，ナノスケールの超微細構造構築への可能性から，その生成制御法の確立が極めて重要視されている。また，炭素のみならずシリコン原子等が形成するクラスターあるいはナノスケールやミクロンスケール微粒子は，宇宙空間物理学，プラズマ材料プロセス，及び核融合プラズマ閉じ込めなどの研究に関連して広くそのプラズマ内での生成機構，挙動制御が重要視されている。本研究プロジェクトでは，これまでフラーレンプラズマに関連するプラズマ現象の解明により，フラーレンをベースにした物質創製への応用の基礎を精力的に築いてきた。また，プラズマ中で発生，成長するナノスケールあるいはミクロンスケール微粒子の挙動解明を目的に研究を行ってきた。本プロジェクトの第1年度では，フラーレンプラズマ法及びアーク放電法において，物質創製に対する最適プラズマ条件探索を目指したプラズマ生成・制御の定量的確立を行なった。更に，微粒子に関しては，外部から与えられた電場や磁場のもとでの微粒子の挙動を明らかにした。微粒子はプラズマ中で負に帯電し，クーロン強結合状態を形成する。微粒子群に作用するイオンドラグ力は微粒子群の集団的渦流運動や回転運動を駆動する。これらの現象の解明，及び制御法を確立することは極めて意義がある。第2年度では，新種の原子内包フラーレン創製に関する基礎実験とその最適条件等を明らかにした。更に，シリコン結合のフラーレンの生成，並びにフラーレン内包ナノチューブを実現した。また，電子温度制御下におけるダイヤモンド微粒子の成長や微粒子除去法の更なる改良，微小重力下における微粒子の挙動や特徴に関する実験・考察を行なった。

本プロジェクトの最終年度においては，上述の成果に基づき，更に高効率的にフラーレンプラズマの制御を図り，新機能・電子デバイスなどへの応用，並びに複合材料創製へ向けて研究を展開する。また，プラズマ中に生成される，あるいは外部から注入された微粒子の電磁場中における挙動を明らかにする。また，プラズマ中に浮上するダ

イヤモンドの成長に関して，電子温度制御の効果をより詳細に明らかにする。更には，微小重力環境における微粒子の挙動を詳細に明らかにする。

以上をふまえて，プラズマ制御によるフラーレン生成や微粒子の挙動の解明を目指した研究を，全国のプラズマ工学者の英知を集めて行なう。以下に今年度の主な活動を記載する。

「微小重力下における微粒子実験に関する研究会」
日時：平成15年2月4日（火）　9：30—16:15
場所：ワシントンホテル会議室「オリーブルーム」
1．はじめに……（座長　石原修）
趣旨説明及びMPEの状況
東北大名誉教授・佐藤徳芳
2．微小重力微粒子実験の報告と今後の計画
（Ⅰ）微粒子挙動について
(1) 微小重力環境におけるプラズマ中微粒子制御
東北大・飯塚哲
(2) 重力変化に伴うプラズマ中微粒子の挙動
京都工芸繊維大・林康明
（Ⅱ）微粒子生成について……（座長　林康明）
(1) シリコン結晶微粒子の構造形成に及ぼす重力の影響　九州大・渡辺征夫
(2) フルオロカーボンプラズマにおけるダイヤモンド核形成　京都大・高橋和生
(3) パラボリックフライトによる，無重力ガスアーク放電実験　静岡大・三重野哲
3．微小重力微粒子の理論とシミュレーション
……（座長　三重野哲）
(1) 微小重力下のダストプラズマの構造形成
岡山大・東辻浩夫
(2) 無重力下における帯電微粒子群の挙動に関する数値計算　NIFS・内田儀一郎，上村鉄雄
(3) 微粒子間に働く力とボイド
横浜国大・石原修
4．今後の研究の進め方について
……（座長　渡辺征夫）
自由討論
5．まとめ　東北大名誉教授・佐藤徳芳

微小重力環境における微粒子実験，並びに浮上ダイヤモンドの成長に関する打合せ会が開催された。

「微小重力下プラズマ中微粒子実験の打合せ会」
日時：平成14年11月1日（金）午後1：30より
場所：東北大電気系205会議室
1．前回の実験結果概要・問題点について
東北大・飯塚哲
2．次回の微小重力実験予定内容について
東北大・飯塚哲
3．ドイツでの微小重力実験状況について
東北大名誉教授・佐藤徳芳
4．NIFSにおける研究状況について
核融合科学研究所・上村鉄雄
5．NIFSにおけるシミュレーション結果
核融合科学研究所・内田儀一郎

その他，平成15年3月10日には来日中のマックスプランク研究所(ドイツ)の清水鉄司氏を交えて，水素メタンプラズマ中に浮上成長するダイヤモンド微粒子に関する討論が行われた。

[3]成果

（3－1）研究成果

本年度では以下に示す微粒子，及びフラーレンに関する研究成果を得た。まず第1に，微粒子の成長実験がメタン水素プラズマ中で行われた。平均粒径2ミクロンのダイヤモンド微粒子をプラズマ中で浮上させ，その表面に成長・形成される構造について電子温度をパラメータとして調べた。プラズマは平板電極によって作られ，その上部に半球状の電子温度制御用のグリッド電極を設置する。このグリッドのバイアス電圧で電子温度を制御する。電子温度が3-4eVのとき，浮上した微粒子の表面には薄膜状の物質が堆積した。この成分をラマン分光により調べると，グラファイトを主成分とするアモルファス状の炭化水素膜であることが分かった。ダイヤモンド表面をSEMで観察すると，表面には全体にわたって薄膜が堆積していた。一方，電子温度を0.5eV程度まで低温化したプラズマ中に浮上したダイヤモンド微粒子の表面には，ピラミッド状の10-30nm程度の大きさの超微細構造が出現した。これらの微細構造は元のダイヤモンド微粒子の特定の面に現れる。微細構造の数，及び大きさは堆積時間にほぼ比例的に増加した。また，組成は炭素であった。このピラミッド状のナノ構造は，ダイヤモンド微粒子の（1,0,0）面に成長したダイヤモンド微結晶の(1,1,1)面が観測されていると考えられる。浮上しているダイヤモンド微粒子に対する外部からの過熱は無く，プラズマからの加熱のみであり，推定温度は300度以下である。極めて低温ダイヤモンド表面に，ナノ結晶ダイヤモンドが低電子温度プラズマ中で成長可能であることが示された。

微粒子挙動に関する重力効果について実験が行われた。重力下では，重力に釣合う強力な電界が浮上のためには必要とされる。このシース領域に

は必然的に高速イオン流が存在するため，微粒子が形成するクーロン結晶構造に深刻な影響が予想されていた。微小重力ではプラズマ中央部で浮上でき，高速イオン流はなく，理想的な微粒子構造を形成できる。実験は航空機を用いた弾道飛行による20秒間の微小重力時間帯に行われた。プラズマを球状のグリッドケージを用いた高周波放電で生成することにより，球状ケージ内に微粒子を凝集した状態で閉じ込められることが分かった。3次元的なクーロン結晶形成に障害となるボイドの形成もないという重要な成果を得た。一方，大きな電荷を持つ微粒子の回転(スピン)によって，微粒子が磁気的性質を持つことが予想されている。この効果は，微粒子直径が大きいほど顕著になる。直径4mmの発泡スチロール製の球形微粒子を微小重力達成後にプラズマ中に入射した結果，球グリッドケージ内にミリサイズの大粒径微粒子の浮上が初めて観測された。

Siプラズマ中のイオン種とSi-フラーレン複合物質形成機構の相関に関する研究も行われた。Laプラズマを用いたイオン照射法により，La内包フラーレンLa@C_{60}等を含む新規La-フラーレン複合物質の形成に成功し，その形成機構解明に関する研究を行ってきた。ここではSi-Ar混合プラズマの生成・制御とフラーレンへのイオン照射実験を行った。Si-Ar混合プラズマは，電子ビームによるSiの蒸発と高周波（RF；13.56 MHz）アンテナによるグロー放電の併用により生成する。プラズマ中イオン種のその場測定は四重極質量分析器を用いた。イオン照射後の基板上に塗布したC_{60}/C_{70}混合フラーレンの質量分析は，レーザ脱離飛行時間型質量分析器を用いて行った。プラズマ密度の増加によりSi_mの解離が促進され，低次クラスターイオン及び単原子イオンの増加が観測された。また，Si-Ar混合プラズマ中に導入したC_{60}/C_{70}混合フラーレン塗布基板へのイオン照射実験を行った結果，新規Si-フラーレン複合物質に相当する質量ピークが得られた。直径の大きいSi_m^+は，フラーレンケージの歪み及び炭素原子の置換・脱離反応等を促進させ，ヘテロフラーレン（SiC_{69}，Si_2C_{68}）や複数原子内包フラーレン（Si_2@C_{60}，Si_2@C_{68}）の形成に寄与するものと考えられる。

（3－2）波及効果及び発展性

本プロジェクトにおける共同研究並びに研究会・討論等により，フラーレン・微粒子の基礎的解明がすすむとともに，学外研究者との交流が飛躍的に活性化した。シリコン等を内包したフラーレンの生成方法の確立及び精密な構造制御は，ナノスケールの半導体，電子デバイス，さらにはバイオや医療等のナノセンサなどの生成に極めて重要であり，今後の発展が期待される。

微粒子駆動機構の解明や制御法の確立は，プロセスプラズマ中での微粒子除去や，宇宙空間プラズマ中での微粒子の挙動解明に大きく寄与できる。また，微小重力下での微粒子挙動の解明は，微粒子固有の集団結晶構造の形成過程に重要な視点を与える。反応性ガスを使ったプラズマ中微粒子の浮遊・成長過程の解明は，3次元的ナノスケール・ミクロンスケール微粒子の成長技術開発に極めて重要であり，今後の発展が期待される。

[4]成果資料

1．主要論文

(1) Satoru Iizuka, Giichiro Uchida, Shinya Shimizu, Gouki Nishimura, Wataru Suzukawa, and Noriyoshi Sato, Proc. of The 23rd International Symposium on Space Technology and Science, 2, 1724 (2002).

(2) Takeo Oku, Ichihiko Narita, Rokizo Hatakeyama, Takamichi Hirata, Naoyuki Sato, Tetsu Mieno, and Noriyoshi Sato, Diamond and Related Materials, 11, 935 (2002).

(3) Wataru Suzukawa, Gouki Nishimura, Shinya Shimizu, Satoru Iizuka, Giichiro Uchida, and Noriyoshi Sato, The 20th Symposium on Plasma Processing, 97 (2003).

(4) Gouki Nishimura, Tetsuji Shimizu, Toshimi Abe, Satoru Iizuka, and Noriyoshi Sato, The 20th Symposium on Plasma Processing, 99 (2003).

2．関連論文

(5) Noriyoshi Sato, Giichiro Uchida, and Satoru Iizuka, 6th APCPST (Asia Pacific Conference on Plasma Science and Technology) and 15th SPSM (Symposium on Plasma Science for Materials) (2002).

(6) Noriyoshi Sato, Giichiro Uchida, and Satoru Iizuka, Fine Particle Plasmas: Basis and Applications - Third Workshop on Fine Particle Plasmas -, 1 (2002).

(7) Keiichi. Hirose, Tetsuo Kamimura, Giichiro Uchida, Satoru Iizuka, and Noriyoshi Sato, Fine Particle Plasmas: Basis and Applications - Third Workshop on Fine Particle Plasmas -, 12 (2002).

(8) Giichiro Uchida, Keiichi Hirose, Tetsuo Kamimura, Satoru. Iizuka, and Noriyoshi Sato, Fine Particle Plasmas: Basis and Applications - Third Workshop on Fine Particle Plasmas -, 21 (2002).

課題番号　H12/A04

電子デバイス用高温超伝導単結晶の育成とその応用に関する研究

[1] 組織

代表者：田中　功（山梨大学工学部）
責任者：山下　努（東北大学未来科学技術共同研究センター）
分担者：
中島　健介（東北大学電気通信研究所）
陳　　健（東北大学電気通信研究所）
道上　　修（岩手大学工学部）
大嶋　重利（山形大学工学部）
井口　家成（東京工業大学理学部）
山本　　寛（日本大学理工学部）
松原　洋一（日本大学量子科学研究所）
大矢銀一郎（宇都宮大学工学部）
入江　晃亘（宇都宮大学工学部）
岸田　　悟（鳥取大学工学部）
安田　　敬（九州工業大学情報工学部）
安岡　義純（防衛大学校電気電子工学科）
内田　貴司（防衛大学校電気電子工学科）
立木　　隆（防衛大学校電気電子工学科）
綿打　敏司（山梨大学工学部）
酒井　滋樹（産業技術総合研究所）
戸叶　一正（物質・材料研究機構）
高野　義彦（物質・材料研究機構）
井上　龍夫（アイシン精機株式会社）

研究費：校費35万7千円，旅費44万4千円

[2] 研究経過

酸化物高温超伝導体の単結晶に特有な性質として固有ジョセフソン接合やジョセフソン・プラズマ現象が知られている。これらの性質を応用して酸化物高温超伝導体単結晶を用いた超高速マイクロ電子デバイスが考案された。この超伝導電子デバイスを開発するために，酸化物高温超伝導体の高品質単結晶が必要不可欠である。また，酸化物超伝導体単結晶のデバイス加工技術やデバイス基礎物性測定，さらには，低温冷却技術の確立が求められている。本研究では，単結晶育成分野，デバイス作製分野，電子物性分野および低温技術分野を専門とする研究者がお互いに協力して，種々の方法でバルク状や薄膜状の酸化物高温超伝導体単結晶を作製し，それらの単結晶についてデバイス加工を施してデバイス特性を測定して，電子デバイスとして最適な酸化物高温超伝導体単結晶の作製技術を確立することを目的としている。

本共同プロジェクト研究は，本年度が第3年度であった。前年度までの研究を継続して行い，各共同研究者が専門としている種々の高温超伝導体単結晶の育成に関する研究をもとにして，その中で得られた単結晶を用いてデバイス特性などの物性測定を行った。これまでにLa214系酸化物超伝導体ではバルク単結晶と液相エピタキシャル単結晶膜，Bi2212系酸化物超伝導体ではバルク単結晶，ウィスカー状単結晶とLPE膜，およびY123系酸化物超伝導体薄膜が得られており，これらの試料について集束イオンビーム(FIB)加工などによるデバイス加工を施し，磁束移動速度やI-V特性などのデバイス特性を検討した。

以下に，研究活動状況の概要を記す。

試料作製については，(1)$La_{2-x}Sr_xCuO_4$高温超伝導体バルク単結晶のTSFZ法による育成，(2)$La_{2-x}Sr_xCuO_4$高温超伝導体単結晶膜の液相エピタキシャル成長，(3)ブリッジマン法やセルフフラックス法によるBi系酸化物高温超伝導体バルク単結晶の育成，(4)Bi系酸化物高温超伝導体単結晶ウィスカーの合成，(5)Bi系酸化物超伝導体LPE膜の作製，(6)Y123系の薄膜作製を行った。

デバイス加工では，主にFIB加工によりブリッジ型やメサ型接合スタックの作製およびウィスカー結晶を用いた新しいジョセフソン接合法の開発を行った。デバイス特性測定では，(1)ジョセフソン・プラズマ共振，サブギャップ構造の測定，(2)固有ジョセフソン接合の高周波応答，(3)新現象の観測，(4)SQUIDの試作，(5)ジョセフソンデバイスにおけるパルス管冷却機搭載の適合性について調べた。

研究発表会は，下記のとおり1回開催しこれまでの研究結果について討論した。

日時：平成15年1月30日　13:00～17:30
会場：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室
プログラム
(1)　開会挨拶　山下努（東北大未来科学技術共同研究センター）

(2) 「$La_{2-x}Sr_xCuO_4$ LPE単結晶膜の超伝導特性における格子歪み効果」　田中　功（山梨大工）
(3) 「C_{60}超薄膜に期待するエキゾチック高温超伝導」　山本　寛（日大理工）
(4) 「BSCCO-LPE薄膜の作製とその固有ジョセフソン効果」　安田　敬（九工大情工）
(5) 「デバイス冷却用クライオクーラの圧縮機について」　松原洋一（日大量子科研）
(6) 「高温超伝導ジョセフソン高周波デバイスと性能評価」　陳　健（東北大通研）
(7) 「Intergrowth in Bi-2212 whiskers」　高野義彦（物材研）
(8) 「高温超伝導薄膜微小メサ構造の作製と特性」　井口家成（東工大理）
(9) 「極低温環境で観測されたBi-2212微小固有ジョセフソン接合の帯電効果特性」　川江　健（東北大院）
(10) BSCCO固有ジョセフソン接合の高周波応答」　立木　隆（防衛大電気）
(11) 「Bi-2212固有ジョセフソン接合における高密度ボルテクス格子のダイナミクス」　中島　健介（東北大通研）
(12) 「B(P)SCCO固有ジョセフソントンネル特性について」　大矢銀一郎（宇都宮大工）
(13) 「YBCO薄膜の結晶性と表面抵抗の相関について」　大嶋重利（山形大工）

［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，214系酸化物超伝導体$La_{2-x}Sr_xCuO_4$ (LSCO)の単結晶膜の作製において，赤外線加熱液相エピタキシャル成長（IR-LPE）法によりa軸配向単結晶膜を作製した場合には，他の製膜法に比べて成長温度が高いために基板結晶とのわずかな格子不整合が超伝導転移温度Tc,onsetに影響を及ぼし，LSCOよりa軸が短くc軸が長い基板（たとえば，$La_{1.887}Ba_{0.113}CuO_4$, Sr-overdoped LSCO）を用いると$T_{c,onset}$がバルク結晶より高くなることを明らかにした。逆に，LSCOよりa軸が長くc軸が短い基板（Zn-doped La_2CuO_4）を用いると$T_{c,onset}$がバルク結晶より低下することを明らかにした。

第二に，Bi-2212の単結晶膜とウィスカーについて次の研究成果を得た。Bi-2212単結晶膜をMgO板上に赤外線加熱による液相エピタキシャル法により作製した。そして，得られたBi2212 LPE膜を用いて平面型固有ジョセフソン接合を作製し*I-V*特性から固有ジョセフソン効果を確認した。また，このLPE膜上に面積0.09 μm^2で接合数70接合程度の微小固有ジョセフソン接合を作製し帯電効果を調べたところ，4.2Kにおいて低バイアス域では超伝導性を失わずにnAオーダーのI_cを有する*I-V*特性を示すことがわかった。

Bi-2212単結晶ウィスカーでは，2 μm×2.5 μmの大きさの固有ジョセフソン接合をFIB加工により作製し，電流-電圧測定によりマルチ・ブランチを観測することができ，さらに，そのブランチ間に従来とは異なった特徴を有する新たなブランチ構造を観測した。また，Bi-2212単結晶ウィスカーの十文字接合を用いてFIBによる微細加工を施して*c*軸トンネル接合SQUIDを作製したところ，明瞭な磁場に対するI_cの振動現象が観測された。さらに，ウィスカーの交差角度によりプラズマ周波数が20GHz(at 45°)～130GHz(at 90°)に変化することから高周波受信機への応用ができ，しかも，磁場に対して明瞭なフラウンフォーファーパターンも観測されSQUID磁気センサーへの応用も期待できることがわかった。

第三に，YBCO粒界ジョセフソン接合を用いた高周波検出システムは，I_cR_N積が27 μVのとき98GHzの信号に対して約8200V/Wの感度が得られ，チャンネル帯域幅1MHzの高速測定にも対応可能であることがわかった。また，高温超伝導体デバイスの冷却に有望なパルス管冷却機にこの粒界ジョセフソン接合を搭載してそのノイズ特性や高周波応答性を調べた。その結果，高周波応答特性では，明瞭なシャピロステップが観測され液体ヘリウムによる冷却に場合と遜色ないことがわかった。しかし，高温超伝導SQUIDの電圧スペクトルからは冷凍機の振動によるノイズが明瞭に観測された。

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクトは，単結晶育成やデバイス作製を専門とする学外研究者との交流を飛躍的に活性化し，専門を異にする研究者のネットワークの拡大につながった。そして，本共同プロジェクト研究の研究成果をさらに発展させて，これまでの実験に理論シュミレーションを取り入れてテラヘルツ超伝導発振素子の開発研究に取り組むため財団法人高度情報科学技術研究機構の大型プロジェクト「テラヘルツ発振超伝導素子に関 する大規模シミュレーション」(2002年9月～2003年3月）が推進された。また，本プロジェクトで明らかになった酸化物超伝導体単結晶の固有ジョセフソン特性は，THz発振デバイスのほかに微小単電子対トランジスターや固有ジョセフソンSQUID磁気センサーへの応用開発に結びつき，今後の発展が期待されている。

[4] 成果資料

(1) "*d*-like Symmetry of the Order Parameter and Intrinsic Josephson Effects in Bi2212 Cross-Whiskers Junctions", Y. Takano, T. Hatano, A. Fukuyo, A. Ishii, M. Ohmori, S. Arisawa, K. Togano, and M. Tachiki, Phys. Rev. B **65**, 140513(R) (2002).

(2) "Growth of Bi-2212 Single Crystals by the Travelling Solvent Zone Melting Method", I. Tanaka, T. Iwamoto, A.T.M.N. Islam and S. Watauchi, Superconductor Science and Technology **15(3)**, 458 (2002).

(3) "Diamagnetic Precursor State in High-Tc Oxide Superconductors near Optimal Doping Using Scanning Superconducting Quantum Interference Device Microscopy", A. Sugimoto, I. Iguchi, T. Miyake and H. Sato, Jpn. J. Appl. Phys. **41(5A)**, L497-L499 (Express Letter) (2002).

(4) "Observation of Shapiro-like Step Structures in Current-injected $Bi_2Sr_2CaCu_2O_y$ Single Crystals", N. Chaki and I. Iguchi, Jpn. J. Appl. Phys. **41(5A)**, L515-L517 (2002).

(5) "Fractional Quantized Vortices as Direct Evidence of d_{x2-y2}-Wave Pairing Symmetry up to Critical Temperature in High-T_c Cuprate Superconductors", A. Sugimoto, T. Miyake, T. Takeda, I. Iguchi and S. Kashiwaya, Jpn. J. Appl. Phys. **41(7A)**, L739-L741(Express Letter) (2002).

(6) "The Influence of Microwave Irradiation on the Pronounced Subgap Structures in Intrinsic Josephson Junctions of $(Bi_{1-x}Pb_x)_2Sr_2CaCu_2O_y$", G. Oya and A. Irie, Physica **C 372-376**, 110 (2002).

(7) "Relaxation Dynamics of Optically Excited Quasi-Particles in BSCCO", H. Murakami, T. Yasuda, Y. Tominari, T. Kiwa, M. Tonouchi, T. Uchiyama, I. Iguchi and Z. Wang, Physica **C 378-381(1)**, 320 (2002).

(8) "Superconducting Properties of $Bi_2Sr_2CaCu_2O_x$ Films Grown by Liquid Phase Epitaxy", T. Yasuda, T. Kawae, T. Yamashita, T. Uchiyama, I. Iguchi, M. Tonouchi and S. Takano, Physica **C 378-381(2)**, 1265 (2002).

(9) "Gap Structures in $Bi_2Sr_2CaCu_2O_y$ Intrinsic Josephson Junctions", A. Irie and G. Oya, Singapore Journal of Physics **18(1)**, 99 (2002).

(10) "Current-Voltage Properties of Intrinsic Josephson Junctions in $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ Single Crystalline Liquid Phase Epitaxial Film", A.T.M.N. Islam, S. Watauchi , I. Tanaka, Y. Uematsu, K. Nakajima and T. Yamashita, Singapore Journal of Physics **18(1)**, 233 (2002).

(11) "Characteristics of Intrinsic Josephson Junctions Fabricated on Bi-2212 Films Grown by Liquid Phase Epitaxy Method", T. Kawae, T. Yasuda, S-J. Kim, K. Nakajima and T. Yamashita, Singapore Journal of Physics **18(1)**, 239 (2002).

(12) "Fabrication of Intrinsic Junction Stacks on Single-Crystalline $Bi_2Sr_2CaCu_2O_x$ Films", T. Yasuda, T. Kawae, T. Yamashita, T. Uchiyama, I. Iguchi and S. Takano, Singapore Journal of Physics **18(1)**, 251 (2002).

(13) "Quasiparticle Tunneling Current-Voltage Characteristics Intrinsic Josephson Junctions in $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$", M. Kitamura, A. Irie and G. Oya, Phys. Rev. B **66**, 054519-1 (2002).

(14) "Tunneling between Dissimilar High-Tc Oxide Superconductors", T. Imaizumi, T. Kawai, T. Uchiyama and I. Iguchi, Phys. Rev. Lett. **89**, 017005-1 (2002).

(15) "LPE Growth and Intrinsic Josephson Junction Characteristics of $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ Single-Crystalline Films", I. Tanaka, A.T.M.N. Islam and S. Watauchi, Science and Engineering of HTS Superconductivity IV, 31 (2003).

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/A05

マルチモーダル情報に基づく環境認識過程の解明

[1] 組織

代表者：小澤 賢司
（山梨大学工学部）
通研対応教官：鈴木 陽一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
曽根 敏夫（秋田県立大学システム科学技術学部）
安倍 幸治（秋田県立大学システム科学技術学部）
金　海永（秋田県立大学システム科学技術学部）

研究費：校費29万9千円，旅費50万4千円

[2] 研究経過

ブレインコンピューティングは，例えば歩行中の姿勢制御などのような無意識の過程と，環境を理解した上でどの方向に歩くべきかを決めるといった意識が働く過程に分けることができる。本プロジェクト研究では，後者の過程における前段部分，すなわち環境を理解する過程に焦点をあてるものである。つまり，ヒトが五感を通じて常に外界から情報を得て自分を取りまく環境を認識するという，マルチモーダル情報に基づく環境認識過程を，心理物理学的手法により解明することを目的としている。そのために，本研究では以下のような作業仮説を設け，その妥当性を検証することとした。

環境認識過程は，次の3段階からなる階層構造をなすと仮定する。

(1) 五感を通じて得た膨大な情報から重要な情報を抽出する。この情報抽出は，五感ごとに独立した過程である。
(2) 他の感覚との間のクロスモダリティ情報照合により情報修飾が行われた結果として，マルチモーダル情報を得る。
(3) 記憶・知識の蓄えである脳内データベースとの照合が行われ，環境の認識に至る。

(1)の段階については，従来の研究によって，かなりの程度まで明らかとなっている。本研究の興味は，主に(2)および(3)の段階にある。

本プロジェクトは本年度が第3年度であり，前年度までに得た結果を踏まえ，以下のテーマについて研究を行った。

(A) 聴覚における環境音知覚に及ぼす視覚情報の影響の解明
(B) 聴覚臨場感に関してそれを構成する因子および視覚情報の影響の解明
(C) 環境音の精密再生手法の開発

次節では，それぞれの研究について得られた成果を述べる。

なお，メンバーの個々が東北大学電気通信研究所を訪れ実験を行うとともに，通研対応教官である鈴木をリエゾンとして打ち合わせを行うことで，プロジェクト全体としての研究遂行状況の確認および研究成果のとりまとめを行った。

[3] 研究成果

（3－1）研究成果

(A) 聴覚における環境音知覚に及ぼす視覚情報の影響の解明

このテーマで目的とするのは，感覚間のクロスモダリティ情報照合による情報修飾の解明，および記憶・知識の蓄えである脳内データベースとの照合が環境音の知覚に及ぼす影響の解明である。

昨年度までの成果として，66種類の環境音を対象とした場合に，聴覚のみによる実験（実験A），視覚情報も同時に与えた実験（実験AV），そして言語情報を予示した実験（実験AL）を行ったところ，環境音知覚に及ぼす視覚情報・言語情報の影響が大きいことが示された。特に，実験AVに関しては，視覚情報として提示した映像に音源が明確に映し出されているか否かが，聴覚における「大きい，迫力がある」といった量的な評価に大きな影響を及ぼしているという傾向が見られた。また，実験ALに関しても，言語情報として音源を明示するか否かで同様な傾向が見られた。

そこで，本年度は，その影響を定量的に評価するために，視覚情報として提示する映像における音源の視認性が音のラウドネス（主観的な大きさ）の判断に及ぼす影響を測定した。実験に用いた視聴覚刺激としては，音源の種類による差異も検討できるように，人工的な音として「一般道における自動車の通過」，「新幹線の通過」，及び「貨物列車の通過」という3つの視聴覚刺激を，自然な音として「滝」の視聴覚刺激を，そして，これまでの

実験において視覚刺激の効果が大きかった水音について自然音である「滝」と比較するために，「噴水」の視聴覚刺激を選択した。これらについて，視覚刺激として音源を含む映像と含まない映像を用意し，同一の聴覚刺激と組み合わせ，両者のラウドネスの相違を測定した。実験手法としてはランダム化最尤適応法を用いて，音源が視認できる場合とできない場合とで，等しいラウドネスを得るために必要な音圧レベルの相対値を測定した。

その結果，自動車，新幹線，及び滝の音において，音源が視認できる場合にはラウドネスが統計学的に有意に減少することが示された。自動車，新幹線については，通過とともに音圧レベルが10dB以上変動するという特徴が共通しており，また滝については音源を含む場合と含まない場合の映像で風景が大きく異なるという特徴があった。このように，ラウドネス評価が同時提示する映像刺激により統計的に有意に変化することは新たな発見である。映像の変化にあわせて音圧レベルが変動する場合のラウドネスの変化は，視聴覚のクロスモダリティ修飾が量的な評価に関して有意であることを示し，また風景が異なる映像によるラウドネスの変化は，音に対して想定する映像記憶との不一致が有意なものであることを示唆している。

(B) 聴覚臨場感に関してそれを構成する因子および視覚情報の影響の解明

臨場感は，バーチャルリアリティ技術による人工環境についての評価を行う際に用いられる指標であるが，その性質は必ずしも明らかになっていないのが現状である。そこで，その解明のために，以下の4点に関して検討を行った。

まず，音のみを聴取した場合に知覚される聴覚臨場感について，その知覚の要因を探るための実験を行った。屋内外で録音した24種の音について，34種の音評価語を用いてSD法による評価実験を行った。その結果を因子分析し，「量的・空間的因子」，「美的・叙情的因子」，「柔らかさ因子」，「音情報に関する因子」，「音像定位に関する因子」の5因子を抽出した。そして，各刺激音についての5つの因子得点を説明変数とし，「臨場感がある－臨場感がない」の評点を目的変数として重回帰分析を行ったところ，重相関係数は0.94であった。このことは，音の臨場感はこれらの音知覚の因子の線形結合として表しうることを示している。このとき，第1から第5の各因子得点に対する重回帰係数は，それぞれ0.28, 0.42, 0.26, 0.87, 0.87であった。第4, 5因子得点に対する重回帰係数が大きいことから，情景が自然に捉えられるように音の情報が与えられることと，音像が良好に定位することが音響臨場感を構成する大きな要因であることを示した。

次に，音のみを聴取した場合に知覚される聴覚臨場感について，聴取する音の種類の違いが臨場感の相違に及ぼす影響を観測した。測定は，23種の音について，シェッフェの一対比較法により実施した。その結果，音源が受聴者に対して相対的に移動している音が，音源が静止している音や音源が受聴者と共に移動する音に比べて，臨場感が高いと評価されるという明白な傾向が見られた。また，音源が静止している場合については，「川のせせらぎ」や「滝の音」などの水音，あるいは音像が大きなものの臨場感が高く評価される傾向が見られた。これらの結果は，臨場感とはAVシステムの性能だけで決定されるものではなく，それにより再生される内容に依存するものであることを示している。

続いて，上記の二つの実験結果に基づいて，映像を付加することによる臨場感の変化を検討した。実験内容としては，平成12年度の報告書に記したとおり，屋内外における17種類の映像と音について，音のみ，音と映像の同時提示を行った場合の臨場感をシェッフェの一対比較法の手続きにより評価させたものである。本年度は，その実験結果を上記二つの結果と関連させて解析した。その結果，付加された映像が音源を含むなど録音場の状況を正確に伝えるものである場合には，聴覚臨場感が大きく変化することを示した。また，特に，付加された映像に動きがある場合には，臨場感が高くなる傾向が顕著であることを示した。これらの結果は，「音情報に関する因子」が視聴覚臨場感を支配する要因であることを示している。

最後に，再生音圧レベルと映像の関係が臨場感に及ぼす影響について検討した。この件に関する前年度の結果から，被験者とディスプレイの距離を変えた場合には，再生音圧レベルが聴覚臨場感に及ぼす影響が変化することが示された。ただし，その実験では，被写体の視野角だけでなく映像全体を見込む視野角も変化していたので，本年度は，被写体の視野角を変えずに映像の投影範囲のみを変えて実験を行うこととした。9種の音と映像を対象とし，各素材について再生音圧レベルを変化させて被験者に臨場感を問う実験をシェッフェの一対比較法によって行った。この実験を，映像を表示する範囲を120インチとした場合と70インチとした場合の2条件について実施し，実験結果を比較した。その結果，投影範囲による臨場感の変化は有意ではなかった。このことは，前年度に示された，被験者とディスプレイの距離を変えたこと

により観測された聴覚臨場感の変化の原因は，映像全体を見込む視野角の変化ではなく，被写体に対する視野角の変化であることを示している。

(C) 環境音の精密再生手法の開発

上記の研究を遂行するために，原音場における音を被験者に精密に再生することが必要とされた。そこで，本研究では，原音場においてダミーヘッドの鼓膜位置に設置したマイクロホンにより録音を行い，ヘッドホンにより再生を行うというバイノーラル録音・再生技術を用いた。しかし，単にその再生を行った場合には，ダミーヘッドと聴取者の音響特性の相違により完全な再生は期待できない。そこで，初年度に，その不都合を補償するために音響特性の個人差までを補正する信号処理手法を考案した。また昨年度は，その提案手法の実用性を高めることを目的として，補償特性を簡略化することを試みた。ただし，その簡略化の影響に個人差があるという課題が残されていた。

そこで，本年度は，その個人差の解析を重点的に行った。その結果，補償特性のインパルス応答を本来の1/10程度で打ち切っても主観的な性能に劣化が生じない場合もあり，このような場合は特徴的にスペクトルの概形が保たれていることが明らかとなった。そこで，インパルス応答を Auto-regressive moving-averageモデルにより表現し，極・零点の個数を減ずることで積極的にスペクトルの概形のみを抽出する処理を行った。その処理結果に対して，音像定位位置・音像の大きさ・音色などについて主観評価を行ったところ良好な結果が得られ，簡略化手法の妥当性が示された。

（3－2）波及効果と発展性

上記の(A)の成果は，これまで騒音評価などの場面において音だけを測定対象としてきたことに対して警鐘を鳴らすものであると考える。すなわち，我々が置かれた環境を正しく評価するためには，聴覚のみの評価では不十分であり，視覚などとのクロスモダリティにも注意を払う必要があることを示している。本年度は音源の視認性が音の量的因子に及ぼす影響に重点を置いたが，昨年度までに示した美的因子・明るさ因子などに関する知見は，今後，より良い環境を実現するのが工学の役割であると考えたときに，マルチモーダル知覚を基にした環境評価指標の作成に寄与できるものであると考えている。また，記憶・経験の蓄えである脳内データベースとの照合が，環境知覚に影響を及ぼすという本プロジェクトで得た知見は，ブレインコンピューティングの更なる発展のための基礎データになるものと考える。

さらに，マルチメディア通信が今後の通信形態のキーポイントと予想されることを考えたとき，(B)や(C)の成果は，緻密な情報伝達の実現に加え，視聴覚のクロスモダリティを十分に考慮することがメディアの最適設計に有用であることを示すものであると考えている。

以上，本プロジェクトでは3年の期間を通じて，マルチモーダル知覚の基礎的な部分に焦点を当ててきたが，今後はその知見に基づくシステム構築といった応用面に力を注いでいくことが必要であると考えている。

[4] 研究資料

(1) 廣田尚亮, 小澤賢司, 鈴木陽一, “バイノーラル再生における個人差補正の簡略化とその評価,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 201-209 (2002).

(2) 三木真由子, 小澤賢司, “映像の投影範囲が聴覚臨場感に及ぼす影響,” 平成14年度電気関係学会東北支部大会講演集, p.278 (2002).

(3) Ozawa, K., Chujo, Y., Suzuki, Y., and Sone, T., “Psychological factors involved in auditory presence,” Acoustical Science & Technology, Vol. 24, No. 1, pp. 42-44 (2003).

(4) 安倍幸治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曽根敏夫, “音源の視認性が音環境のラウドネス評価に与える影響,” 日本音響学会騒音・振動研究会資料 N-2003-05, pp. 1-8 (2003).

(5) 安倍幸治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曽根敏夫, “視聴覚刺激における音源の視認性が音環境のラウドネス評価に及ぼす影響,” 東北大学音響工学研究会資料 321-2, pp. 1-7 (2003).

(6) Ozawa, K., Ohtake, S., Suzuki, Y., and Sone, T., “Effects of visual information on auditory presence,” Acoustical Science & Technology, Vol. 24, No. 2, pp. 97-99 (2003).

(7) 安倍幸治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曽根敏夫, “音源の視認性が音環境のラウドネス評価に与える影響に関する検討,” 音響学会講演集 2003年3月, pp. 995-996 (2003).

(8) Ozawa, K., Chujo, Y., Suzuki, Y., and Sone, T., “Contents which yield high auditory- presence in sound reproduction,” *Kansei* Engineering International, Vol. 3, No. 4 (2003) (in press).

課題番号　H12/A08

超大容量垂直スピニックストレージシステムの研究

[1] 組織

代表者：中村　慶久（東北大学電気通信研究所）
責任者：中村　慶久（東北大学電気通信研究所）
分担者：
杉田　愃（東北工業大学電子工学科）
大沢　寿（愛媛大学工学部）
岡本好弘（愛媛大学工学部）
山本節夫（山口大学工学部）
高橋則雄（岡山大学工学部）
藤原耕治（岡山大学工学部）
金井　靖（新潟工科大学工学部）
村岡裕明（東北大学電気通信研究所）
青井　基（東北大学電気通信研究所）
島津武仁（東北大学電気通信研究所）
山川清志（東北大学電気通信研究所）
大内一弘（秋田県高度技術研究所）
本多直樹（秋田県高度技術研究所）
伊勢和幸（秋田県高度技術研究所）
高橋慎吾（秋田県高度技術研究所）
玉城孝彦（日本放送協会技術局）
西原敏和（日本ビクター）
鹿野博司（ソニー）
岡崎　裕（ソニー）
内田　博（日本アイビーエム）
森田治幸（TDK）
田上勝通（日本電気）
二本正昭（日立製作所）
高野公史（日立製作所）
押木満雅（富士通研究所）
田中陽一郎（東芝）
竹尾昭彦（東芝）

研究費：校費300千円，旅費569千円

[2] 研究経過

IT社会におけるコンピュータの小型高性能化，ネットワークのブロードバンド化等の情報インフラ整備が進むと，情報を如何に蓄積し発信するかがIT社会発展の鍵となるため，大容量情報ストレージが強く求められており，強磁性の根源であるスピンの挙動にまで考慮した超大容量垂直磁気記録の研究・開発は，近年ますますその重要性を増している。垂直スピニックストレージシステムの研究は，材料やデバイスの議論から，システムや信号処理の検討まで幅広い領域を含むので，本共同プロジェクト研究では参加研究者の研究分野を，ヘッドディスク系のデバイス研究と，システム信号処理系の方式研究の二つに大きく分けている。デバイス側では材料と物性を含めた広範囲な高密度デバイス研究を行うとともに，試作デバイスに対してエラーレートを含めた積極的な記録再生特性評価を加えており，システム信号処理系ではその記録再生特性の結果をよく吟味した研究内容となるように共同研究の実を挙げている。

研究集会は2回を開催して最新の研究成果を持ち寄り，議論を重ねた。開催日程は以下の通りである。

研究集会
第1回　11月26日（火）
第2回　12月27日（金）

[3] 成果

（3－1）研究成果

本研究は本研究所提案の高密度垂直磁気記録方式を中心に進めており，このためのデバイス・磁性薄膜物性や高密度信号処理方式，並びに大容量ストレージシステムの研究を分担した。本年度は以下に示す研究成果を得た。

1）垂直二層膜媒体における媒体ノイズ特性と磁化状態の解析

垂直磁気記録におけるエラーレート特性改善のための重要な課題の一つに媒体ノイズの低減がある。これまでに時間軸解析により垂直媒体の媒体ノイズは転移性であることが指摘されている。転移性ノイズであれば，記録線密度の増加に電力が比例して増加するはずである。しかし，実測のノイズ電圧はこれに反し高線密度時に飽和する傾向を示し，これまでに垂直記録のこの現象に関する理由は必ずしも明らかにされていない。この現象は何らかの非線形性に基づくと考えられ，上記のノイズ低減の糸口を与えると期待される。そこで，この線密度に対する媒体ノイズの飽和現象につい

て記録再生特性，MFM像解析を測定にマイクロトラックモデルを用いて検討し，さらにその過程でMFM像より確認された高記録密度時における記録磁化が及ぼす影響について調べた。

その結果，再生過程における波形干渉の影響はみられなかった。一方，磁化状態に関しMFM像から高記録密度時にビット突き抜けが確認されたことから，異なる媒体を用いた記録再生特性，及びマイクロトラックモデルを用いて算出した飽和時ビット長と転移ばらつきの相関を調べたところ，比較的良い一致を示した。これより，媒体ノイズ飽和はビット突き抜けが引き起こしていると考えられる。また，このビット突き抜けの再生信号への影響として振幅減衰率を測定したところ，媒体ノイズが飽和する記録密度近傍から増加する傾向が見られ，長手記録におけるパーシャルイレージャと同様に垂直磁気記録におけるビット突き抜けも再生信号の減衰を引き起こすことが示唆された。

2）超高密度垂直磁気記録媒体の研究

より高密度な垂直磁気記録媒体の実現には低ノイズ化と熱安定性の両立が不可欠である。CoCr系グラニュラ媒体でこれらを達成するためには，十分に孤立化した微細結晶粒と大きな垂直磁気異方性エネルギーKuを同時に有することが重要である。磁性結晶粒の孤立化を促進させる一つの手法として，CoPtCr合金にSiO_2を添加させた垂直磁気記録媒体について，記録層膜厚変化に伴う磁気特性の変化及び記録再生特性との関係について検討を行った。その結果，SiO_2の粒界析出の促進と結晶粒のエピタキシャル成長の促進がほぼ両立し，明瞭な結晶粒界と7nmの微細結晶粒径からなる薄膜微細構造を実現できることがわかった。また，記録層膜厚12nmにおいても高いKu，保磁力，角型比，及びKuV/kT >80を有しており，膜厚8nmにおいても粒間相互作用が低減されていることが確認された。本媒体はCoCrPtB媒体と比べ，記録層膜厚を1/3程度に薄くしても再生出力減衰率が非常に小さいことから，高い熱安定性を有しており，また良好な記録再生特性を示すことから，超高密度垂直磁気記録媒体記録層材料として非常に有望と考えられる。

これまで課題となっている媒体ノイズについて，上述の結晶粒微細化に加えて軟磁性裏打ち層(SUL)に存在する磁壁からのノイズを低減することがあげられる。裏打ち層を単磁区化し，不規則に派生するノイズを低減する必要があり，非磁性膜と軟磁性膜を積層し，軟磁性層間の反強磁性的な結合を利用した。その結果，非磁性層にRuを用いた場合に層間結合が生じ，ディスク全体にわたり単磁区化されていることが確認された。このような層間結合を利用した単磁区化は，軟磁性層材料が限定されないこと，また，軟磁性層以外の層の膜厚が薄くて済むことから，SUL単磁区化法として有用と考えられる。

3）高記録分解能単磁極型記録ヘッドの研究

垂直磁気記録の高密度化には，磁界出力が大きく，且つ，ヘッド端部の磁界勾配が大きな単磁極型記録ヘッドが必要不可欠である。そのためには，主磁極膜が高い飽和磁束密度を有すること，及びブロードな磁界分布を吸収するリターンパスを主磁極端部近傍に設ける構造が要求される。

NiFeをシード層とするFeCoは高い飽和磁束密度と良好な軟磁気特性を有しており，主磁極膜として用いた結果，高記録分解能と高オーバーライト性能が得られた。また，秋田県高度技術研究所，新潟工科大学及び東北大学を中心として，単磁極ヘッドの媒体対向面に軟磁性薄膜を被着し主磁極先端面周囲をFIB装置で溝加工したフロントリターンヨーク型単磁極ヘッドの試作及び解析を行った。溝幅100nmの本試作ヘッドを用いた記録密度特性測定結果より，記録分解能向上を確認した。解析結果より，溝幅を20nm程度まで狭くしても顕著な磁界強度減少は認められず，媒体残留保磁力近傍磁界強度における磁界勾配が改善されることを示した。さらにクロストラック方向への磁界分布急峻化が期待され，隣接トラックへの影響が減少すると推察される。

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクトは，現在までに日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業に採択されて研究を実施している。同じく大型プロジェクトである文部科学省平成14年科学技術試験研究RR2002に採択されており，産学連携を強力に推進し，得られた成果は次世代事業を担う新基盤技術として活用することが見込まれる。また，本プロジェクトで明らかになった超高密度垂直磁気記録の研究成果は，これまで，日立製作所中央研究所，東北大学電気通信研究所，秋田県高度技術研究所の三者による100ギガビット毎平方インチ以上の高密度記録デモをオランダで開催された国際応用磁気会議で報告し，東芝もヘッドとディスクを実機ドライブに組み込んだ検討を進め，実用性の高い成果を得つつあり，今後の発展が期待されている。

[4] 成果資料

1. H. Muraoka, Y. Sonobe, K. Miura, A. M. Goodman, Y. Nakamura: "Analysis on Magnetization Transition of CGC Perpendicular Media", IEEE Trans. Mag., Vol.38, No.4, pp.1632-1636, 2002.
2. A. M. Goodman, S. J. Greaves, Y. Sonobe, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Simulations of magnetic recording in coupled granular/continuous perpendicular media with random pinning sites", IEEE Trans. Mag., Vol.38, No.5, pp.2051-2053, 2002.
3. K. Miura, H. Muraoka, Y. Sonobe, Y. Nakamura: "Jitter Reduction by Using a Continuous Hard-Magnetic Layer for Perpendicular Recording Media" , IEEE Trans. Magn., Vol.38, No.5, pp.2054-2056, 2002.
4. Y. Kanai, R. Matsubara, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Modeling of single pole write head and double-layered medium for 3-D eddy current analysis", Int. J. Appl. Electrom., 14(1-4), 35-42, (2001/2002).
5. T. Shimatsu, H. Uwazumi, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Magnetization Reversal and Activation Volume of Perpendicular Recording Media", IEEE Trans. Magn., Vol. 38, No. 5, pp.1973-1975, 2002.
6. T. Oikawa, M. Nakamura, H. Uwazumi, T. Shimatsu, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Microstructure and Magnetic Properties of CoPtCr-SiO2 Perpendicular Recording Media", IEEE Trans. Mag., Vol.38, No.5, pp.1976-1978, 2002.
7. T. Shimatsu, M. Terakawa, I. Watanabe, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Thermal Agitation of Magnetization and Recording Performance of Co(B)-Pd Superlattice Perpendicular Recording Media", IEEE Trans. Mag.,Vol.38, No.5, pp.2048-2050, 2002.
8. H. Uwazumi, T. Shimatsu, Y. Sakai, K. Enomoto, S. Takenoiri, S. Watanabe, H. Muraoka, Y. Nakamura: "Recording Performance and Magnetization Switching of CoTb/CoCrPt Composite Perpendicular Media", J. Appl. Phys., 91, pp.8058-8060, 2002.
9. T. Shimatsu, H. Muraoka, Y. Nakamura, Y. Sonobe, Y. Satodate, K. Muramatsu, I. Watanabe: "High Thermal Stability in CoPrTb/CoCrTa Composite Perpendicular Media", J. Appl. Phys., 91, 8061-8063, 2002.
10. Osamu Kitakami, Takehito Shimatsu, Hiroaki Muraoka: "A Simple Analysis for Magnetic Behaviors of Exchange-Coupled Granular/ Continuous Perpendicular Magnetic Recording Media", Jpn. J. Appl. Phys., 41, L455-L457, 2002.

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/A09

脳型計算機の構築と人間機械対話環境の実現のための基礎研究

[1] 組織

代表者：矢内　浩文（茨城大学工学部）
責任者：中島　康治（東北大学電気通信研究所）
分担者：沢田　康次（東北工業大学）
矢野　雅文（東北大学電気通信研究所）
佐野　雅巳（東京大学大学院理学研究科）
星宮　　望（東北大学大学院工学研究科）
二見　亮弘（東北大学大学院工学研究科）
山本　光璋（東北大学大学院情報科学研究科）
中尾　光之（東北大学大学院情報科学研究科）
合原　一幸（東京大学大学院工学系研究科）
岡部　洋一（東京大学先端科学技術研究センター）
和久屋　寛（佐賀大学理工学部）
阿江　　忠（広島大学工学部）
八木　哲也（大阪大学大学院工学研究科）
島　　健（神奈川大学工学部）
近藤　由和（三菱電機先端技術総合研究所）
岩田　　穆（広島大学工学部）
森江　　隆（広島大学工学部）
平井　有三（筑波大学電子・情報工学系）
米津　宏雄（豊橋技術科学大学電気・電子系）
臼井　支朗（豊橋技術科学大学電気・電子系）
北嶋　龍雄（山形大学工学部）
田中　敦（山形大学総合情報処理センター）
田中　衛　（上智大学理工学部）
大森　隆司（北海道大学大学院工学研究科）
斎藤　利通（法政大学工学部）
浅井　秀樹（静岡大学工学部）

研究費：校費397,000円，旅費493,000円

[2] 研究経過

本プロジェクトは，以下のような目的のもと，第3年度を迎えた。生物神経系の実験的研究，脳の情報処理原理を活用したシステム（ニューラルネットワーク）の可能性の理論的検討を行ない，そこで得られる知見をハードウェア試作により実践的に検証することを最終的な目的としている。そして自然な人間機械相互作用方式（例：ヒューマンーインターフェイス）実現のための基礎研究を行なう。これまでの実験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さまざまな事実が蓄積されてきたが，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得られていない。それは，ひとつには超並列なデータを処理するアーキテクチャーが明確になっていないこと，その他にはそもそも膨大な並列データの取捨選択方式が未知であることが理由である。実験，理論，実践をとおして現状のコンピューターと脳の長所・短所を明確にし，人間と機械の自然な対話環境実現のための基礎を築くことを目的とする。

研究は，（A）脳機能の研究，（B）モデル研究，（C）超知的集積回路の試作，そして（D）人間機械環境の研究，に分類される。（A）には，脳の神経生理学的研究，脳の生体情報工学的研究が含まれる。（B）は脳の代表的要素であるニューロンとシナプスを抽象化して構成し，情報工学的に研究する。また，デジタルとアナログ，活性感受性と時間感受性，そしてそれらが複合したシステムのモデルを研究すると共に，その集積化実現のための研究を行なう。（C）は（B）の知見を活かして生体方式超知的集積回路の試作研究を行なう。そして（D）では（A）～（C）を人間と機械の共存する環境（例：ヒューマンインターフェイス）に適用するための基礎研究を行なう。（B）および（C）では「超高密度・高速知能システム実験施設」を利用する。

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はいるものの決定的な技術には成熟していない。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，超知的集積回路を開発し応用するための基礎概念や構成法の理解が進むと期待できる。その成果は，学術的あるいは技術的に大規模問題の情報処理に活用する方向と同時に，携帯性や人間との親和性が重視される環境でのヒューマンインターフェイスを開発する上での基礎となると予想される。

[3] 成果

（3－1）研究成果

今年のプロジェクト研究では，2002年12月17（火）と18（水）に，東北大学電気通信研究所にてプロジェクト研究会を実施した。そこでの発表テーマは以下の通りである(発表順)。

- 「IDモデルの負性抵抗効果に関する考察」早川吉弘（東北大）
- 「パルス型神経回路モデルにおける確率的状態遷移の性質」岩泉亜希子，二見亮弘，星宮望（東北大）
- 「ニューラルネットワークを用いた時系列予測の試み ～未来-過去情報統合に基づく双方向型計算方式～」和久屋寛（佐賀大）
- 「カオス発生系に基づくデジタル系について」鳥飼弘幸，斎藤利通（法政大）
- 「『確率的連想』によるベクトル量子化器の効率的学習法とナノ構造による実現手法の提案」森江隆（九州工業大）
- 「シリコン視覚野」八木哲也，亀田成司（大阪大）
- 「海馬スライス内神経回路における神経性相関の変化」片山統裕（東北大）
- 「生体の視覚機能に学んだ簡単な形状認識機能を有する動き検出機能のアナログ集積回路化」西尾公裕，古川雄三，米津宏雄（豊橋技術科学大）
- 「前・後シナプス活性によるシナプス可塑性のモデリング」北嶋龍雄（山形大）
- 「系列の学習モデルと人間機械対話方式」阿江忠（広島大）
- 「ヒューマンインターフェイス操作の指への負担と心的負担---使いやすさの定量化を目指して」矢内浩文，永井宏明（茨城大）

研究会での討論を通して，生物実験，数理的モデル，そしてハードウェアの3つの方法による成果を確認し，互いに有機的に結びつける意義と可能性を明確にした。

（3－2）波及効果と発展性など

通常は異なる学会や研究会で独立に討論される内容を，一堂に会して討論することができた。これにより，それぞれの分野では当然と思われていたことを再検討する必要性が明確になった。現在，それをいかにして具体的な共同研究へと発展させられるかを検討している。

[4] 成果資料

(1) 和久屋 寛, 信太克規:"双方向型計算様式に基づいた神経回路モデルによる時系列予測：獲得信号変換の解析とその評価", 電気学会論文誌C, Vol.122-C, No.10, pp.1794-1802, 2002.10

(2) H.Torikai, T.Saito & Y. Kawasaki, Analysis of a quantized chaotic system, Int'l J. of Bifurcation and Chaos, 12, 5, pp. 1207-1218 (2002)

(3) T. Morie, T. Matsuura, M. Nagata, and A. Iwata, "An Efficient Clustering Algorithm Using Stochastic Association Model and Its Implementation Using Nanostructures," Advances in Neural Information Processing Systems 14, Ed. T. G. Dietterich, S. Becker and Z. Ghahramani, pp. 1115-1122, MIT Press, Cambridge, MA, 2002.

(4) 片山統裕, 百武大介, 中尾光之, 山本光璋: 海馬スライス標本におけるCA3ニューロンの反響興奮活動, III-F-262, 第25回日本神経科学大会抄録集2002.

(5) N.Katayama, D.Hyakutake, M.Nakao, M.Yamamoto. Cross-correlation analysis of neuronal activities in hippocampal slice preparations. Program No.443.8. 2002 Abstract Viewer/Itinerary Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2002. CD-ROM.

(6) Tadashi Ae, Keiichi Sakai, Hiroyuki Araki : Brain Agent Modelusing Vector State Machine, International Journal of ComputingAnticipatory Systems, vol.12, pp.35-45 (2002).

(7) Eiji Kimura, Keiichi Sakai, Tadashi Ae : Sequence Generationusing Vector State Machine, Advances in Decision Technology andIntelligent Information Systems, Vol.3 (Ed. K.J.Engemann et al.),Institute for Adavanced Studies in Systems Research andCybernetics, pp.26-30 (2002).

(8) 永井宏明・春原健一・矢内浩文：携帯電話文字入力操作の身体的および精神的負担の評価の試み，映像情報メディア学会技術研究報告，CE2002-12/HIR2002-101（2002年6月）

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/A11

ネットワーク協調型３次元仮想ユーザビリティラボに関する研究

[1] 組織

代表者：今宮 淳美
（山梨大学工学部）
責任者：白鳥 則郎
（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）
木下哲男（東北大学電気通信研究所）
小澤賢司（山梨大学工学部）
寺田信幸（山梨医科大学情報処理センター）
安藤英俊（山梨大学総合情報処理センター）
菅沼拓夫（東北大学電気通信研究所）
郷健太郎（山梨大学工学部）

研究費：校費44万4千円，旅費51万5千円

[2] 研究経過

インターネットに代表される近年の情報通信技術の進展に伴い，以前は専門家だけが利用していたネットワークを，専門的知識を持たない一般ユーザが利用するようになってきている。このような一般ユーザに対して易しく使いやすい情報システムを設計するためには，既存のシステム，あるいは開発中のシステムのプロトタイプを，定量的・定性的に利用試験し，そのシステムのユーザビリティ（システムに対するユーザの，学習しやすさ，利用効率の良さ，思い出しやすさ，エラーの少なさ，主観的な好み）を評価することが必要である。ユーザビリティラボとは，このような対話型の情報システムのユーザビリティを試験・評価するために使われる実験設備であり，様々な評価実験ツール群から構成される。

本研究の目的は，ユーザビリティラボを，情報ネットワーク上に実現されたサイバースペース中に構築することにある。特に，人間の持つ多様なモダリティを評価材料とするため，視線・身振り・音声といったデータを，ネットワークを通して獲得できる環境を開発する。そして，ネットワークを介した協調作業における，システムの本質的な使いやすさに影響する主要因の解明を試みる。

本プロジェクトは，本年度が最終年度であった。初年度では，上記目的の達成へ向けて，プロジェクト全体の方向性の明確化と基本要素技術の確立を中心に，研究活動を展開し，第2年度は，初年度の成果を踏まえながら，各種要素技術の精緻化と，具体的アプリケーションの実現を目標に研究活動を推進した。

以下，本年度の研究活動状況の概要を記す。

[視線・身振り情報の伝達技術を利用したユーザビリティの評価支援]
（今宮，白鳥，木下，菅沼，郷）

ユーザビリティの観測・評価者の分析支援システムとして，視線・身振り情報を組み入れた３次元仮想空間を構築する。仮想空間内には，試験室の仮想モデルが構築されているため，実験の準備や実験後の分析作業が，あたかも試験室内に観測・評価者がいるかのように実行できる。また，この空間では，視線方向の変化のような評価者の無意識の行動データを使った，試験対象システムの評価が可能となる。さらに，仮想空間内では，観測・評価者が時間的・空間的に制約されることなく，計測データにアクセスできる。この機能の実現のため，大量の高画質ビデオ画像を対象とした観測データベースの構築を行う。

本分析支援システムの構築を継続して推進するために，以下の研究打ち合わせをおこなった。

(1) 仮想実験室の評価検討会議
日時（場所）：５月１日～５月２日（東北大学）
１．分析支援システムにおけるネットワーク基盤
白鳥則郎（東北大学）
２．複合ネットワーク環境におけるマルチモーダルデータ分析作業の支援法
今宮淳美（山梨大学）
３．３次元仮想空間の共有による実験空間の分散的構築
菅沼拓夫（東北大学）

本年度は，ギガビットネットワークを介してオンラインの定例研究打合せを実施した。

(2) 多解像度ディスプレイシステムの設計会議
１．日時（場所）：５月22日（オンライン）
２．日時（場所）：６月22日（オンライン）
３．日時（場所）：７月25日（オンライン）
４．日時（場所）：９月12日（オンライン）

オンラインによる定例研究打合せでは，東北大－山梨大間でTV会議を利用して，複数の解像度を利用したビデオ映像の表示手法とネットワーク利用に関する研究課題の討論を行った。

仮想実験室はネットワーク上の3次元仮想空間として実現される。仮想実験室の実現に関するネットワーク上の技術的問題点を解決するために，下記の2つの研究打ち合わせを実施した。

(3) 3次元仮想空間モデルの設計会議
日時（場所）：5月8日（東北大学）
1．遠隔ラボに関するネットワーク要素
白鳥則郎（東北大学）
2．マルチエージェント機構の導入について
菅沼拓夫（東北大学）
3．定性的ユーザビリティ評価手法の実現
郷健太郎（山梨大学）

(4) 3次元仮想空間モデルの設計会議
日時（場所）：6月9日～11日（東北大学）
1．3次元仮想空間の実装にかかわる諸問題
今宮淳美（山梨大学）
2．遠隔ラボに関するネットワークの要素
白鳥則郎（東北大学）

[音響情報の伝達技術を導入したユーザビリティの評価支援]
（鈴木，小澤，寺田，安藤）

ネットワークを利用した協調作業において音響情報は重要な役割を果たしているにもかかわらず，現状で一般的に利用されているステレオ録音－再生系では，音場の空間的特性が十分には伝送されていない。しかも，映像情報との組合せによる効果は明らかではない。そこで，本グループにおいては，音場の空間的特性までを伝送するシステムを提案し，そのユーザビリティを評価する。
本システム提案の準備として，次の研究討論会をおこなった。

(5) 音場の空間的特性とシステムのユーザビリティに関する検討会議
日程（場所）：7月9日（山梨大学）
1．仮想空間でのマルチモーダル情報の評価
今宮淳美（山梨大学）
2．音の再生方式と音声符号化が単語了解度に及ぼす影響
小澤賢司（山梨大学）
3．仮想実験室における定性的ユーザビリティデータの獲得法
郷健太郎（山梨大学）
4．ネットワーク利用状況とストレス要素の評価について
寺田信幸（山梨医科大学）
5．3次元CADオブジェクトのネットワーク共有について
安藤英俊（山梨大学）

また，プロジェクトの成果報告会として，次の研究会を実施した。

(6) 「ネットワーク協調型3次元仮想ユーザビリティラボに関する研究」研究会
日程（場所）：1月31日（東北大学）
[セッション1]
1．プロジェクト全体構想
今宮淳美（山梨大学）
2．複合現実環境における身体動作適応型インタフェース
小俣昌樹（山梨大学）
3．3次元モデルのプロパティ設定履歴管理手法
石原雅巳（山梨大学）
4．How Do Colors Influence the Haptic Perception of Textured Surfaces?
羅昭武（山梨大学）
[セッション2]
1．多解像度ディスプレイシステム
吉野紘之（山梨大学）
2．サムネイル画像の視覚探索時におけるグループ化の効果
増田尚則（山梨大学）
3．Data Entry Application Based on Gaze Added Input Method
張巧恵（山梨大学）
4．PRESPE: シナリオに基づく要求獲得手法
郷健太郎（山梨大学）
5．ビデオブレインストーミング作業支援システム
松井千里（山梨大学）
[セッション3]
1．動的ネットワーキングとその応用
菅沼拓夫（東北大学）
2．マルチエージェントに基づく3次元共有空間のQoS制御
大前良介（東北大学）
3．A Flexible Videoconference System Using Knowledge-based Multiagent Framework
今井信太郎（東北大学）

[3] 成果

（3－1）研究成果

本プロジェクトでは，技術的な専門的知識を持たない一般ユーザにとって易しく使いやすい情報システムを設計し，開発，提供することを目標に，情報通信ネットワークを介して，既存のシステムや開発中のシステムのプロトタイプを，定量的・定性的に利用試験し，そのシステムのユーザビリティを評価する作業環境の実現を目指して研究活動を実施した。

最終年度である本年度は，以下に示す研究成果

を得た。

第一に，仮想ユーザビリティ評価環境のプロトタイプに新機能を実現した。具体的には，身振りジェスチャを利用して，情報ネットワーク上での3次元仮想オブジェクトの操作を行い，実空間のオブジェクトと擬似的に融合させる仕組みを実現した。

第二に，ネットワーク上の仮想的な作業空間における作業者の記憶負荷を軽減するため，身体のひねり情報を利用した適応型の情報表示手法を提案し，システムとして実装した。さらに，本手法の有効性を定量的に示した。

第三に，音の空間情報と話者映像を組み合わせた伝送方式がテレビ会議において音声単語了解度に及ぼす影響を調査した。これらの2つのモーダルの組合せが，音声の聴き取りに有効であることを明らかにした。

（3－2）波及効果と発展性など

代表者の今宮は，本研究を実施して得られた知見をもとに，情報家電のIPv6化に関する総合的な研究開発として，山梨市をフィールドとする通信・放送機構からの受託研究(平成15年開始)に参加する。IPv6情報家電による高齢者支援として，シルバーネットソサエティ用アプリケーションソフトの研究開発と実証試験について，通研共同プロジェクト研究による効果として創出された新たな研究アイデアの実現を目指す予定である。また，本研究での培われた融合領域の重要性（情報ネットワーク基盤系の研究者とマルチモーダルシステム評価系の研究者との交流）を発展させて，　今後もネットワーク協調型3次元仮想ユーザビリティラボに関する研究を様々な形で継続・発展させる予定である。

[4] 成果資料

(1) Atsushi Takeda, Takahiro Uchiya, Gen Kitagata, Takuo Suganuma, Tetsuo Kinoshita, and Norio Shiratori. Effective QoS control mechanism for flexible videoconference system, Proc. of 1st International Forum on Information and Computer Technology (IFICT2003), pp.160-165, 2003.

(2) Shintaro Imai, Takuo Suganuma, Tetsuo Kinoshita, and Norio Shiratori. A flexible videoconference system using knowledge-based multiagent framework, Proc. of 1st International Forum on Information and Computer Technology (IFICT2003), pp.228-233, 2003.

(3) Ling Lu, Gen Kitagata, Takuo Suganuma, and Tetsuo Kinoshita. Adaptive User Interface for Multimedia Communication System Based on Multiagent, Proc. of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2003), pp.53-58, 2003.

(4) Shintaro Imai, Susumu Konno, Takuo Suganuma, and Tetsuo Kinoshita. Design and Implementation of Knowledge-based Videoconference System, Proc. of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2003), pp.105-110, 2003.

(5) Takuo Suganuma, Shintaro Imai, Tetsuo Kinoshita, and Norio Shiratori. A QoS Control Mechanism Using Knowledge-based Multiagent Framework, エージェント合同シンポジウム(JAWS2002)講演論文集, pp.38-48, 2003.

(6) 武田敦志, 北形元, 菅沼拓夫, 木下哲男, 白鳥則郎. やわらかいビデオ会議システムにおける効果的なQoS制御, エージェント合同シンポジウム(JAWS2002)講演論文集, pp.49-60, 2003.

(7) 今井信太郎，菅沼拓夫，木下哲男，白鳥則郎. 動的ネットワーキングにおけるビデオ会議システムの実装と評価, 情報処理学会シンポジウムシリーズ－マルチメディア，分散，協調とモバイルシンポジウム論文集，Vol.2002, No.9, pp.13-16, 2002.

(8) 大前良介, 菅沼拓夫, 白鳥則郎. マルチエージェントに基づく3次元共有空間のQoS制御, 信学会全国大会講演論文集, 2003.

(9) 中貝順一, 深澤賢至, 小澤賢司. 音の再生方式と話者映像が単語了解度に及ぼす影響, 日本音響学会講演論文集 2002年9月, pp. 609-610, 2002.

(10) Aiguo He, 加羅淳, 程子学, 郷健太郎, 小山明夫, 程同軍, 今宮淳美. RIDEE-SPS: リアルタイム双方向遠隔教育環境のプレゼンテーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 3, pp. 700-708, 2003.

(11) Kentaro Go, Yasuaki Takamoto, John M. Carroll, Atsumi Imamiya, Hisanori Masuda. PRESPE: Participatory Requirements Elicitation using Scenarios and Photo Essays. Extended Proceedings of the CHI 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems, 2003.

(12) Kentaro Go, Yasuaki Takamoto, John M. Carroll, Atsumi Imamiya, Hisanori Masuda. Envisioning Systems Using a Photo-Essay Technique and a Scenario-Based Inquiry, in Proceedings of HCI International 2003.

(13) Masaki Omata, Kentaro Go, and Atsumi Imamiya, Augmented Reality Clipboard with the twist-information presentation method, The International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2003).

(14) Masaki Omata, Kentaro Go, and Atsumi Imamiya, An Information Presentation Method in the Augmented Reality World Using a Twist between User's Head and Body, ACM International Workshop on Immersive Telepresence (ITP 2002), pp. 44-47, Juan Les Pins, France, 6, December, 2002.

(15) Qiaohui Zhang, Atsumi Imamiya, and Kentaro Go. Data Entry Application Based on Gaze Added Input Method, The 7th ERCIM Workshop User Interfaces for All, pp. 87-102, Paris, France, 23-25 October 2002.

(16) Masaki Omata, Kentaro Go, and Atsumi Imamiya, A gesture-based presentation system for distributed artifacts in mixed reality world, Proceedings of the 8th International Conference on Distributed Multimedia Systems DMS' 2002, pp. 167-175, San Francisco, CA, 26-28 September 2002.

(17) Hisanori Masuda, Kaori Ichikawa, Kentaro Go, Atsumi Imamiya. Measuring the eye movement and mouse pointing patterns on thumbnail images, Measuring Behavior 2002: 4th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research, pp. 166-168. Amsterdam, The Netherlands, 27-30 August 2002.

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/A01

磁気ランダムアクセスメモリ用
高性能強磁性トンネル接合膜の研究

[1] 組織

代表者：

高橋　研（東北大学大学院工学研究科）

通研対応教官：

荒井　賢一（東北大学電気通信研究所）

分担者：

角田　匡清（東北大学大学院工学研究科）

石山　和志（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費285千円，旅費 95千円

[2] 研究経過

強磁性トンネル接合の絶縁膜の形成方法として，ラジアルラインスロットアンテナ（RLSA）放射マイクロ波励起プラズマを用いた極薄金属膜のプラズマ酸化プロセスを検討してきた。$Kr+O_2$の混合ガスを用いた本プラズマ酸化プロセスと，超清浄雰囲気スパッタ法との組み合わせにより，Mn-Ir / Co-Fe / Al-O / Co-Fe構造のトンネル接合において，従来報告の最高値（約50%）を大きく上回る58.8%のTMR比（室温）をこれまでに得ている。本年度の研究において，RLSA放射マイクロ波励起プラズマのプラズマパラメータならびにプラズマ発光分光分析を行った結果，本プラズマ酸化プロセスに用いたプラズマは，高密度（10^{12} cm^{-3}）かつ低電子温度（< 1 eV）の特徴を有し，且つ，混合希ガスにKrもしくはHeを用いた場合に，長寿命の原子状酸素ラジカル（$O(^1D)$）が多く生成されることが明らかとなった。このことから，本手法で作製したトンネル接合で得られる高TMR比は，低ダメージ・高速酸化過程によって，均質な絶縁層が形成されるためと推察された。混合希ガス種が，プラズマ中に励起される反応活性種を変化させる現象は，希ガス＋窒素の混合ガスプラズマにおいても同様に観測され，Al-Nを絶縁層に用いたトンネル接合において認められるTMR特性の混合希ガス種による変化もAl酸化膜同様のメカニズムに依ると推察された。

また本酸化手法を用いることで，種々の絶縁層材料に関して，欠陥のない高品質障壁膜の形成が期待できるため，障壁高さを始めとする絶縁層の材料特性とTMR特性との相関検討を通じた最適絶縁層の材料開発を行うことを最終目的として，本年度は，各種金属材料のプラズマ酸化過程に関する検討を行った。その結果，各種金属酸化物の標準生成自由エネルギーと金属膜の酸化速度に関して，明瞭な相関があることが判明した。酸素親和性の高い（標準生成自由エネルギーの絶対値の大きな）Al, Mg等の材料では，金属膜表面に形成される酸化層が不動態として働くため，他の金属材料に比較して，酸化膜の形成速度が小さくなることが判った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

① RLSA放射マイクロ波励起プラズマのプローブ診断と発光分光分析

図1に，ラングミュアプローブ法で測定した酸化チャンバー内のプラズマ電子温度・密度を，石英窓からの距離zの関数として示す。チャンバー内のガスには，He, Ar, Krをそれぞれ用いた。石英窓直近はマイクロ波による電離空間であるため，電子温度は比較的高いが，石英窓から離れるに従って，電子温度は急速に低下し，基板が設置してあるz = 50 mmの位置では，Krガスを用いた場合に約1 eVの低電子温度が実現されていることがわかる。一方で，電子密度（＝イオン密度）は，10^{12} cm^{-3}台の高い値を維持している。ガス種を変えた場合には，

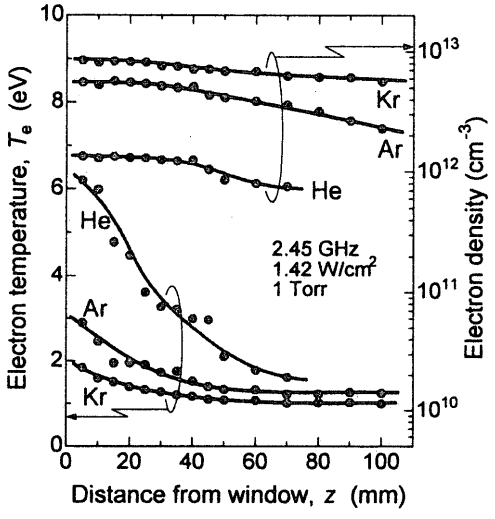


図1　プラズマ酸化チャンバー内の電子温度，電子密度の分布

He, Ar, Krの順に電子温度が低下し，電子密度が上昇することがわかる。これは，各希ガスの電離エネルギーならびに電離断面積の違いに因る。

図2は，He, Ar, Krの各希ガスにO_2ガスを3 vol%添加した混合ガスのプラズマ発光分光プロファイルの一部である。分光は，波長λ = 250 nm～850 nmの範囲で行い，観測された酸素原子，もしくは酸素分子の遷移に起因する発光すべてについて示してある。図より，希ガス種を変化させることで励起される酸素原子，分子のラジカルが変化していることが判る。

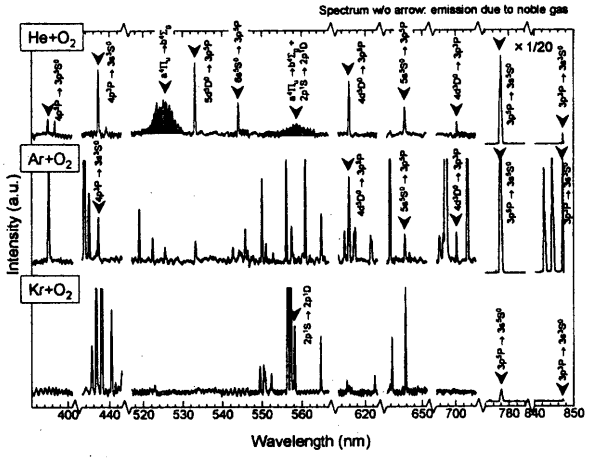


図2　希ガス+O_2(3%）混合ガスのプラズマ発光分光プロファイル

図3には，O_2ガスの混合量を変化させた場合の，λ = 558 nm, 777 nmの各プラズマ発光強度の変化を示す。λ = 777 nmの発光強度は，混合希ガス種Ar, He, Krの順に小さくなり，また，O_2ガス混合量に対しては，1 vol%付近で極大を取った後，混合量の増加に対して，単調に減少してゆくことがわかる。一方，λ = 558 nmの発光強度は，混合希ガス種He, Kr, Arの順に小さくなり，O_2ガス混合量に対しては，1 vol%付近までは増大し，その後ほぼ一定値を示すことがわかる。別途行った実験から，RLSAプラズマ酸化法で作製したAl-O絶縁層を有するトンネル接合膜の接合抵抗値のプラズマ酸化処理時間に対する増加割合（すなわち，酸化速度）は，希ガス種に関しては，He, Kr, Arの順に小さくなり，また，O_2ガス混合量に対しては，混合量20 vol%程度までは，単調に増大することが判っている。この実験結果を勘案すると，Al膜の酸化に寄与している酸素励起種は，λ = 777 nmの発光に関与したラジカルよりも，λ = 558 nmの発光に関与したラジカルであることが示唆される。他の波長の発光に関して，同様に発光強度をO_2ガス混合量に対してプロットした結果，λ = 558 nmの発光以外に，上記の実

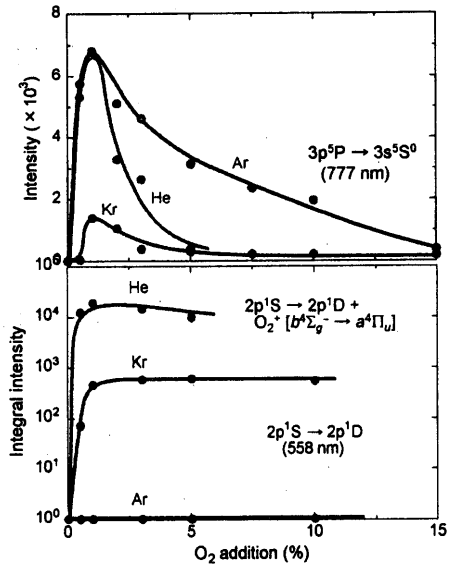


図3　希ガス+O_2混合ガスのプラズマ発光強度の酸素混合量依存性

験結果と符合するような発光強度の変化を示すものはなかった。λ = 558 nmの発光に関与する酸素原子ラジカルの内，O($2p^4$)^1Dは，その寿命が150～200 sと非常に長いことが知られている。このことから，RLSAプラズマ酸化処理において，酸化を支配している主たる励起種は，O($2p^4$)^1Dであると考えられる。

以上の実験結果を踏まえると，Kr+O_2混合ガスを用いたRLSAプラズマ酸化法で作製したトンネル接合素子で，約60%の高いTMR比が得られた物理的要因として，RLSA励起プラズマの低い電子温度による低ダメージ性と，Kr+O_2中で励起されるO($2p^4$)^1Dが挙げられる。

② RLSAプラズマ酸化法による種々の金属膜の酸化過程

基板/下地電極/Mn-Ir 100Å/Co-Fe 25 Å/M 15Å（P.O.）/Co-Fe 25Å/Ni-Fe 100Å/上部電極の構成を有する強磁性トンネル接合膜を形成し，その接合抵抗値のプラズマ酸化（P.O.）時間に対する変化について検討を行った。15Å厚の被酸化金属膜の材料を，Al, Ta, Si, Hf, Zr, Mgと変化させた。Taについては，金属膜厚を12Åとした。

図4は，各トンネル接合のR×A（接合抵抗値×接合面積）の酸化時間に対する変化である。被酸化金属材料によって，その変化の様子が大きく異なることがわかる。Alに比較して，Ta, Zr, Hf, Tiといった材料では，より短い酸化時間でより大きなR×A値が得られ，Si, Mgでは，より長い酸化時間でも，得られるR×A値が小さいことがわかる。各金属材料の酸化速度を定量化するために，図4で得られた，各材料を用いたトンネル接合ごとの最大

のR×A値を，長時間酸化時の飽和値とみなし，R×A値が一桁増大して飽和値に到る酸化時間を求めた。図5は，そのようにして求めた酸化時間を，各金属材料の酸素物の標準生成自由エネルギーに対してプロットした結果である。標準生成自由エネルギーは，金属元素と酸素原子との化学的結合力を反映し，その値が負値に大きく振れるほど，酸素との親和性が高いことを意味する。図5において，Siが傾向から外れている他は，金属材料の酸素親和性の向上に伴って，酸化に要する時間が長くなり，酸化速度が低下していることが理解される。このことは，金属Mg薄膜をプラズマ酸化する場合，酸化過程の初期段階に形成される金属膜表面の酸化層において，Mgの高い酸素親和性のために一旦金属元素と結合した酸素がなかなか解離しないために，金属膜内部へ拡散し難い，すなわち，いわゆる不動態として初期酸化層が働いているものと考えられる。

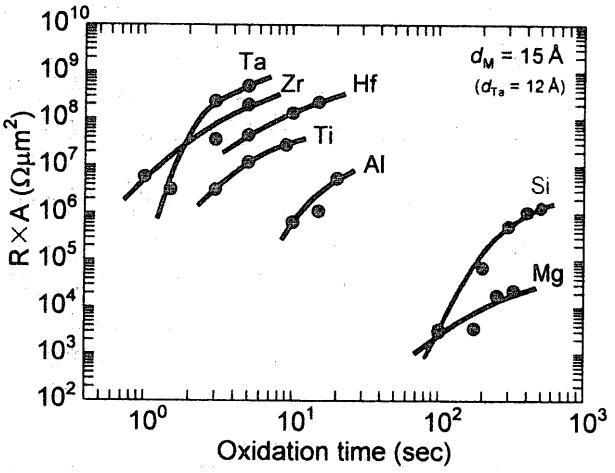


図4　各金属酸化膜をトンネル障壁とした接合の抵抗値のプラズマ酸化時間依存性

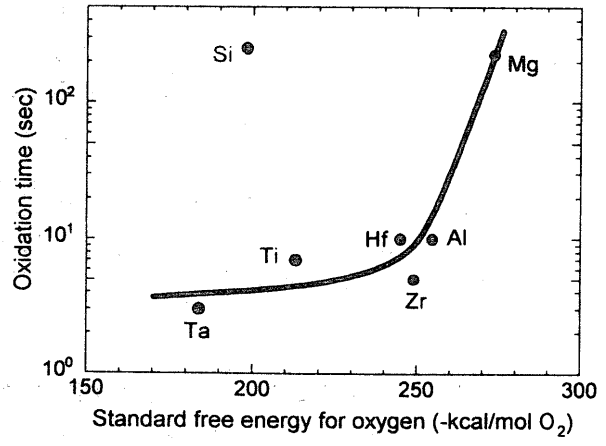


図5　各金属の酸化に要する時間と各金属酸化物の標準生成自由エネルギーとの相関

本結果を考慮すると，従来強磁性トンネル接合膜の障壁層として用いられてきたAlに，酸素親和性の高いMg等の材料を添加することで，酸素原子の下部磁性層への拡散による表面分極率の低下を防ぐことが可能となり，結果として高TMR比を有するトンネル接合を形成することが期待できる。

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究により，磁気ランダムアクセスメモリ用強磁性トンネル接合膜に不可欠な極薄絶縁膜の形成プロセスに関する重要な知見が得られた。本研究を継続して推進してゆくことによって，トンネル接合膜の更なる高性能化が図られることが期待される。

[4] 成果資料

1. M. Tsunoda, K. Nishikawa, S. Ogata, and M. Takahashi, "60% magnetoresistance at room temperature in Co-Fe / Al-O / Co-Fe tunneljunctions oxidized with Kr-O_2 plasma", Applied Physics Letters, 80, 3135 (2002).
2. K. Nishikawa, M. Tsunoda, S. Ogata, and M. Takahashi, "New Plasma Source with Low Electron Temperature for Fabrication of an Insulating Barrier in Ferromagnetic Tunnel Junctions", IEEE Trans. Magn., 38, 2718 (2002).
3. K. Nishikawa, S. Ogata, T. Shoyama, W.-S. Cho, T.-S. Yoon, M. Tsunoda, and M. Takahashi, "Magnetotransport Properties of Co-Fe/Al-O/Co-Fe Tunnel Junctions Oxidized with Microwave Excited Plasma", Journal of Magnetics, 7, 63 (2002).
4. 高橋研，角田匡清，"（総合報告）超高密度ストレージ用磁性薄膜成膜技術の動向と展望－ウルトラクリーンプロセス下での微細組織・界面制御－"，応用物理, 71, 1214 (2002).

課題番号　H13/A02

高分解能音響センサーに関する研究

1　組織

代表者：宇佐川毅（熊本大学大学院）
責任者：鈴木陽一（東北大学電気通信研究所）
分担者：
　苣木禎史（熊本大学工学部）
　江端正直（熊本電波高専）
　嶋田泰幸（熊本電波高専）
　宮園博光（熊本県立大学）

研究費：校費327,000円，旅費330,000円

2　研究経過

多チャネル音響信号の符号化手法や音声認識装置の普及に伴い，実環境下で特定の音源信号を分離抽出する技術に対する要求が拡大するなか，コンパクトで高い分解能を有するアレイセンサーが必要とされている。本研究では，このような背景から音源信号の特徴に関する先見情報，例えば音源が音声であることなどを積極的に利用し，特定の音響信号の分離抽出を実現する高分解能音響センサーを開発することを目的として研究を進めてきた。今年度は，2つの音源分離抽出方法の検討を報告する。まず，8素子を用いたマイクロホンアレーシステムの音源近傍での性能改善を検討した。これは，既に代表者らがグループで開発したノッチフィルタを用いた特定方向からの音源信号を抑圧する手法による複数音源の同時分離抽出を行い，コンピューターユーザーを対象としたシステムである。そして，本システムをクラスタ計算機に実装し，処理の高速化を図った。次に，頭部伝達関数から得られた両時間レベル差，位相差に基づく高速なバイノーラルモデルによる音源分離である。

3　成果

3.1　研究成果

本研究の成果は，コンパクトで高い分解能を有するアレイセンサーを実現するための基本的な要素技術として，以下のようなものを検討した。

3.1.1　ディスプレイ組込型マイクロホンアレー

昨年度の報告書に述べた複数音源の同時分離が可能なシステムの球面波モデルのさらなる性能評価を行った。そのシステムは，ブラインド信号処理アルゴリズムの一つであるAMUSE法を利用した信号の第一段階での分離と，その分離信号から得られた方向情報をもとに適応ノッチフィルタを構成した第二段階での分離抽出を行なう。AMUSEによる分離信号出力と適応ノッチフィルタによる分離信号出力を，平面波モデル，球面波モデルで比較検討した。第1，第2音源信号に第1音源: 音声「大きな交差点があります」θ_1= 240°，ϕ_1=60°，第2音源: 音声「会場はどちらですか」音声に対して-5 dBのパワ，θ_2=60°，ϕ_2=30°を用いた。L_1= 0.5 m，L_2 = 0.6 m，反復打ちきりレベルL_{th} = 20 dB，そしてサンプリング周波数は10 kHzである。また，ディスプレイと第1音源間の距離の設定値を0.5 m，第2音源との距離の設定値を0.6 mとした。図1に(a) 第1音源の原信号，(b) AMUSE法の推定信号をコヒーレンスによって評価した結果，(c) 提案手法の推定信号をコヒーレンスによって評価した結果を示す。平面波モデルにおける出力結果のSNRはAMUSE法では9 dB，提案手法では8 dBであった。球面波モデルによる出力結果のSNRはAMUSE法において12 dB，提案手法では14 dBであり，平面波モデルに対して，AMUSE法，提案手法の両者において改善が確認できた。しかしながら，AMUSE法の出力のコヒーレンスに対して，提案手法でのコヒーレンスが劣化する周波数帯域が確認された。スペクトログラムで比較検討した結果，低周波数域と2,500 Hz付近において減衰が生じており，これはAdaptive Notch Filterの周波数特性に影響された結果であり，コヒーレンスの劣化も同じ原因で生じていることが確認された。今後は，適応ノッチフィルタの性能改善が必要であることが示唆された。

3.1.2　クラスタ計算機を用いた並列分散によるアレー信号処理の高速化

先に述べた，マイクロホンアレーによる信号分離は，音源方向の探査などに多くの処理時間が必要とされる。そこで，処理時間短縮のための一つの方法としてアルゴリズムを，並列分散処理アルゴリズムに改良しクラスタ計算機に実装した。図3.1.2にブロック図を示す。クラスタ計算機では，

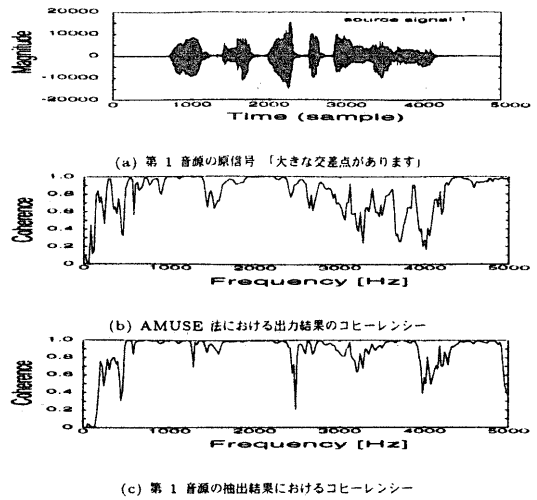


図1：球面波モデルによる第1音源に関する結果

受音信号の取り込み，DSA (Delay and Sum Array), AMUSE (Algorithm for Multiple Unknown Signals Extraction), permutation 処理， ANF (Adaptive Notch Filter) のブロックを複数のノードに分割した。図3.1.2 に処理時間の改善結果を示す。縦軸は，実時間を1 とした相対処理時間であり，横軸は，左から単一プロセッサで高級インタプリタ言語Octave，単一プロセッサでC 言語，クラスタで5 ノード，クラスタで9 ノード，最後にクラスタ9 ノードを用いて音源探査に前フレームの処理結果を考慮させた場合の結果である。この結果より，並列分散アルゴリズムにより明らかに改善されていることが確認された。しかし，実時間の20 倍程度処理に時間が必要であり，アルゴリズムのさらなる検討が必要であることが確認された。

3.1.3 バイノーラルモデルに基づく音源分離システム

2素子による音源の方向推定および分離手法の一つとして，バイノーラルモデルがある。これまでに時間領域でのバイノーラルモデルが，Bodden によって提案されているが，処理に膨大な時間を要したため，図4 の様な周波数領域バイノーラルモデル(FDBM :Frequency Domain Binaural Model) を考案した。まず，水平面での性能を評価し，さらには2素子で仰角方向の推定および分離を試みた。両耳に相当するマイクロホンで受音した信号を，高速フーリエ変換し，各周波数帯域ごとに，受音信号より得られた振幅および位相より，両受音点に関するレベル差，位相差を算出し，HRTF より得られたそれらと比較し，音源方向の候補を推定する。全周波数帯域において，上記で得られた各周波数

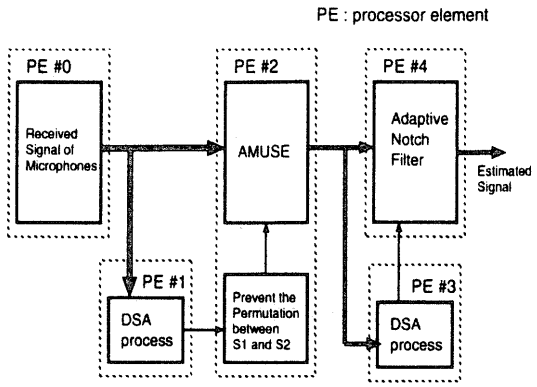


図2：アレーシステムの並列分散ブロックダイアグラム

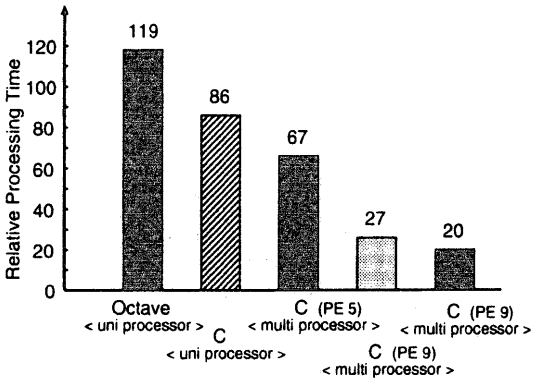


図3：処理時間の改善結果

帯域ごとの音源方向で出現頻度が高い順に，第1 音源から第N 音源までの方向とする。そして，推定した音源方向に属すると考えられる各周波数成分を選択し，それらを分離信号とする。このアルゴリズムを用いてシミュレーションを以下の条件で行った。サンプリングは，16 kHz，16 bits で，HRTF はMIT Media Lab. 提供のHRTF を用いた。入力信号s1 (男声) が方位角30°，仰角20°から，s2(女声) が方位角.30°，仰角.20°から到来すると仮定した。音源方向の推定結果を図5 に示す。上から(a) 入力信号s1 の波形，(b) 仰角の推定結果，(c) 方位角の推定結果である。図より仰角，方位角ともに良好な精度で音源方向を推定できていることがわかる。さらには波形およびスペクトログラムで比較検討した結果，多少劣化があるものの，基本的に音源分離が可能であることが確認でき，詳細をKYJCA2003 にて報告した。しかし，スペクトログラムで低周波数成分が抑制されていることも確認された。低域についてはIPD を用いてスペクトルの方向推定を行っている部分において，角度の誤検出が生じていることが原因と考えられる。今後

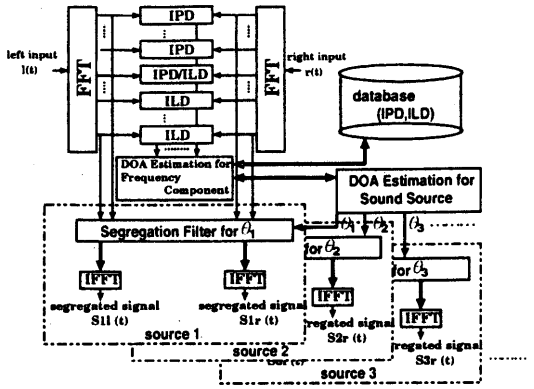


図4：FDBMのブロックダイヤグラム

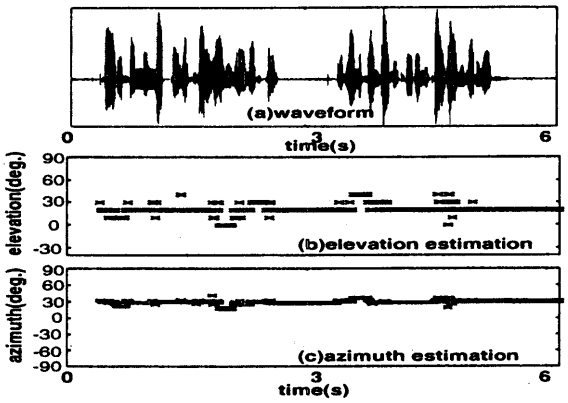


図5：音源方向推定

の課題として残響や環境雑音のある実環境での性能評価が挙げられる。

3.2 波及効果と発展性など

本研究で開発を目指しているアレーセンサーは，音源に関する先見情報を積極的に利用した信号分離手法と，ブラインド信号処理を含めた適応アルゴリズムとを融合することにより，これまでにないコンパクトで高い分解能をもつシステムが構成できるものと期待される。加えて，音響信号の回折情報を利用した信号分離法は，2 素子で3 次元方向まで分離推定が基本的に可能であることが確認された。現時点では，頭部伝達関数を利用しているが，マイクロホン素子を埋め込む物（オブジェクト）の形状に対応したデータベースを用いることにより，身近な物に少数素子を埋め込んだ高性能な音響信号の分離抽出技術が期待できる。本研究プロジェクトでは，個別技術をモジュールとして開発を行なっており，各モジュールの持つ特徴を選択的に組み合わせることにより，性能要因と演算負荷などの費用要因を柔軟に組み合わせることができるものと期待される。また，従来性能評価のために必要であった聴取実験を一部でも省略できる可能性が明らかとなれば，システムの開発に際して分離信号の聴感上の質を評価に含めることができ，より広い範囲での応用が可能になることが期待される。

4 成果資料

1. 宇佐川毅，中西崇，苣木禎史，中島栄俊，江端正直，“周波数領域両耳聴モデルを用いた複数音源分離”，日本音響学会2002 年秋季研究発表会講演論文集，2-5-9, I，pp.535-536 (2002.9)
2. 苣木禎史, 永座強, 橋本あゆみ, 宇佐川毅，“ブラインド処理を用いた近傍音場向け平面アレーシステムによる複数音源の分離抽出”，電子情報通信学会技術報告，EA2002-54, pp.17-22 (2002.9)
3. Yoshifumi Chisaki, Akira Nakagawa, Hidetoshi Nakashima, Tsuyoshi Usagawa, Masanao Ebata “New pitch detection system for concurrent speech on a parallel processing system,” Proc. 144th Meeting of the Acoustical Society of America, 2pSP2 (2002.12) (Invited)
4. Takashi NAKANISHI, Norifumi SATO, Hidetoshi NAKASHIMA, Yoshifumi CHISAKI, Tsuyoshi USAGAWA, Masanao EBATA “Sound source segregation under reverberant condition using frequency domain binaural model,” Proc. 2003’ Kyushu-Youngnam Joint Conference on Acoustics, 129-132 (2003.1)
5. 舩元麻祐子, 苣木禎史, 宇佐川毅，“近傍音場向け平面アレーシステムのクラスタ計算機への実装”，熊本県産学官技術交流会資料集, NO.106, pp.30-31 (2003.1)

他6 件

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/A03

分極反転構造ニオブ酸リチウム光導波路を用いた広波長域波長変換の研究

[1] 組織

代表者：栖原敏明
（大阪大学大学院工学研究科）
責任者：伊藤弘昌
（東北大学電気通信研究所）
分担者：藤村昌寿
（大阪大学大学院工学研究科）

研究費：校費 31万4千円（配分額）
旅費 10万8千円（配分額）

[2] 研究経過

テラヘルツ（THz）帯から遠赤外・中赤外・近赤外域の電磁波・光波は、次世代の超大容量情報通信、環境計測，プロセス計測，医療・生物などの分野で多くの重要な応用が期待されており，広い波長域でコヒーレントな電磁波・光波を発生できる小型・簡便で実用的なデバイスの開発が強く望まれる。本研究課題は，ニオブ酸リチウム($LiNbO_3$)結晶に周期的な強誘電分極反転構造と光導波路構造を形成し，赤外レーザで励起することにより，非線形光学波長変換によりTHz帯から中・近赤外域の電磁波・光波を発生するデバイスの基礎研究を行おうとするものである。東北大学と大阪大学のグループで理論解析・設計に関して研究討論を行うと共に，分担してデバイスを実際に作製して実験を行い，その可能性を実証することを目的として研究を遂行した。以下に本年度の研究活動状況の概要を記す。

本プロジェクトは，本年度が第2年目であった。東北大学と大阪大学の昨年度までの研究成果に基づき，電子メールと郵便により情報交換･意見交換し，本プロジェクトを具体的に遂行した。本年度は当初計画どおり，表面放射型導波路THz帯差周波発生デバイスを設計・作製・実験することとした。設計理論は昨年度末に完成し，本年度は欧文学術誌に出版した。デバイスは東北大学での結晶分極反転と大阪大学での光導波路形成により作製した。試作デバイスを電気通信研究所の高出力励起レーザ光源およびTHz帯～赤外域検出実験設備を用いて実験的に検討した。

この間，東北大学グループの水津光司，佐々木雄三の大阪大学出張（6月9日～15日）により，代表者栖原・分担者藤村と協力し光導波路を作製した。さらに代表者栖原の東北大学出張（2月4日～5日）により，責任者伊藤はじめ東北大学グループと予備実験結果に関する討論と検討を行った。また大阪大学で見出した新しい分極反転法に関して，特許出願について検討を行った。その後3月には㈱東北テクノアーチを通じて実際に特許出願を行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

① 表面放射型導波路THz帯差周波発生のための具体的なデバイス構造として，昨年度に新たに提案したチャンネル導波路を用いた上方放射型および横方向放射型デバイスについて，グリーン関数法に基づく理論解析行い，放射指向性と変換効率などの理論特性を明らかにするとともに設計手法を確立した。

② 光導波路を用いるデバイス実現の前段階として，バルク結晶内の傾斜分極反転構造を用いた横方向放射型デバイスを作製し，2波長パラメトリック光発振器からの近赤外光で励起し，波長約200 μ mのTHz帯差周波発生の実験に成功した。

③ $LiNbO_3$結晶における周期的分極反転構造形成法の改善を行い，広面積で一様性の良い構造を形成する技術を確立した。その有効性をまず導波型の近赤外域差周波発生デバイスで実証した。

④ THz波発生用$LiNbO_3$近赤外光導波路として，アニールプロトン交換法による作製法の検討を行い本研究の表面放射型導波路THz帯差周波発生デバイス作製に適した作製条件を見出した。

⑤ 最初のチャンネル導波路を用いた表面放射型THz波発生デバイスとして，傾斜していない分極反転構造を有するデバイスを東北大学と大阪大学で協同試作した。東北大学で実験装置を構築し，これまでに光パラメトリック発振器からの近赤外パルス光を入力結合することができ，導波路デバイス中の導波確認などの予備的結果が得られた。

⑥ 前項より高い変換効率を期待できる図1に示すような傾斜分極反転構造を有するチャンネル導

波路型表面放射型THz波発生デバイスを大阪大学で試作した。また同大学で簡便な実験装置を構成し，予備実験を開始した。これまでに半導体レーザとエルビウム添加ファイバ光増幅器からの近赤外光を入力結合することができ，導波路デバイス中の導波確認などの予備的結果が得られている。現在，THz波発生の実験を準備中である。

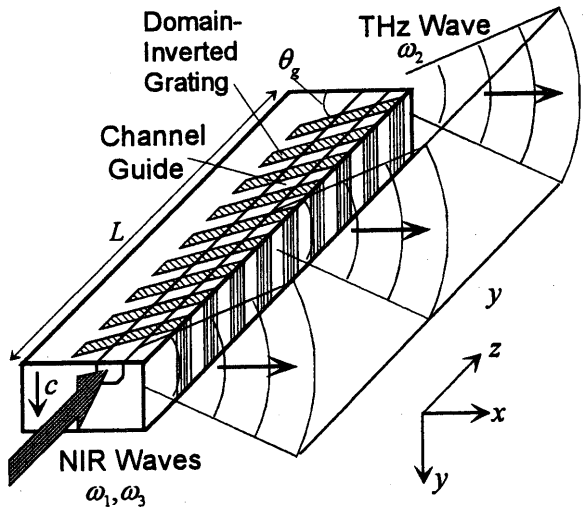


図1 傾斜分極反転構造表面放射型チャンネル導波路THz帯差周波発生デバイスの構造

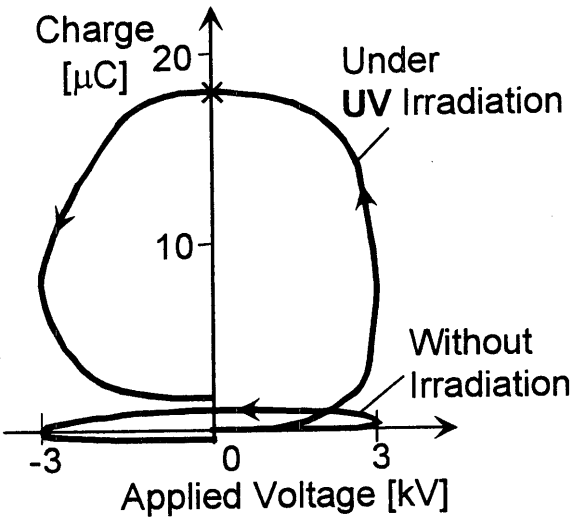


図2 MgO添加$LiNbO_3$結晶における強誘電分極反転特性

⑦THz波発生を含めた非線形光学波長変換デバイスで高出力を達成するために必要な光損傷耐性に優れた結晶であるMgO添加$LiNbO_3$結晶における分極反転構造作製の実験的検討を行った。その結果，図2に示すように，この結晶では紫外

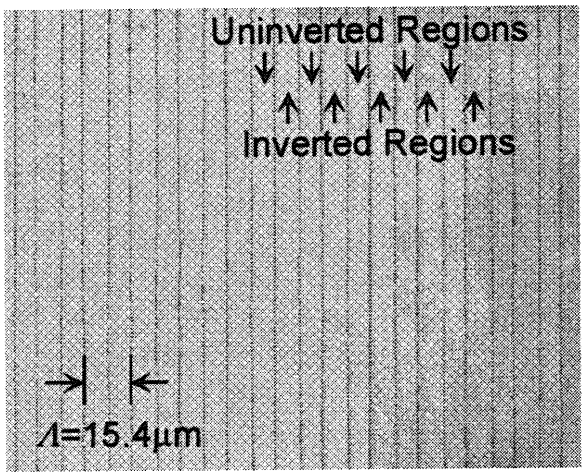


図3 MgO添加$LiNbO_3$結晶に紫外光照射と電界印加で形成した周期的分極反転構造

光照射により強誘電体分極反転抗電界の実効値が低減するという新たな知見を得た。この特性を利用することにより，周期分極反転構造の簡便な形成法を新たに見出し，実際に本研究のデバイス作製に有用な分極反転構造を形成できることを実験的に示すことができた。形成された分極反転構造の例を図3に示す。

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究は本年度が第2年目で，デバイスの作製と実験的検討はまだ中間段階であるので，現在も継続中（平成15年度継続申請採択済）である。今後，本年度研究で提案・理論解析した新規デバイスの実証を含めて，差周波発生型波長変換によるTHz発生の多くの実験結果が得られると期待される。また，中赤外領域発生など波長域拡大にも着手しており，新規デバイスへの発展も予想される。これらの成果により光通信を初めとする実用的技術だけでなく，基礎科学にも幅広い貢献ができると期待できる。

[4] 成果資料

1）栖原敏明: “導波型擬似位相整合非線形光学デバイス,” 日本学術振興会光エレクトロニクス第130委員会第228回研究会（第1第2部会）資料, pp.7-14, 2002.

2）T.Suhara: “Wavelength conversion in quasi-phase matched $LiNbO_3$ waveguide devices (Invited Paper),” Optoelectronics and Communication Conference (OECC '02), 12C4-1, pp.606-607, Yokohama, July 8-12, 2002.

3）栖原敏明: “導波路型非線形光学波長変換・スイッチングデバイス,” 精密工学会超精密加工専門委員会第47回研究会資料, pp.3-19, 2002.
4）M.Fujimura, Y.Tamura, T.Kodama and T.Suhara: “Fabrication and characterizaion of Er-diffused Ti:$LiNbO_3$ waveguides lasers,” Jpn. J. Appl. Phys., vol.41, Pt.1, No.7B, pp.4802-4805, 2002.
5）Y.Shigematsu, M.Fujimura and T.Suhara: “Fabrication of $LiNbO_3$ TE/TM waveguides for 1.5?m wavelength band by Zn/Ni Diffusion in Low-Pressure Atmosphere,” Jpn. J. Appl. Phys., vol.41, Pt.1, No.7B, pp.4825-4827, 2002.
6）Y.Sasaki, Y.Avetisyan, K.Kawase and H.Ito: Terahertz-wave surface-emitted difference frequency generation in slant-stripe-type periodically poled $LiNbO_3$ crystal,” Appl. Phys. Lett., vol.81, No.18, pp.3323-3325, 2002.
7）T.Suhara, Y.Avetisyan and H.Ito: “Theoretical analysis of laterally emitting THz-wave generation by difference frequency generation in channel waveguides,” IEEE J. Quantum Electron., vol.39, No.1, pp.166-171, 2003.
8）T.Suhara and M.Fujimura, “ Quasi-phase- matched $LiNbO_3$ waveguide nonlinear-optic devices for optical communication (Invited Paper),” The 1-st NIMS Conference: Material Solutions for Photonics, Tsukuba, II-2, pp.27-28, March 17-19, 2003.
9）藤村昌寿,荘村拓史,栖原敏明, “紫外光照射常温電圧印加による$MgO:LiNbO_3$分極反転グレーティングの作製,” 平15春第50回応用物理学関連連合講演会, 27p-W-7 (2003-03).
10）T.Suhara, “Quantum Photonic Devices: Waveguide NLO Devices and Semiconductor Lasers for Generation of Squeezed Light and Correlated Twin Photons (Invited Paper),” European Conf. Integrated Optics (ECIO ’03), Prague, Czech Republic, April 1-4, 2003.
11）藤村昌寿,栖原敏明:“$LiNbO_3$光導波路非線形光学波長変換デバイス(招待講演),” 電子情報通信学会技術報告, PS2003-2, pp.5-10, 2003.
12）D.Sato, T.Morita, T.Suhara and M.Fujimura: “Efficiency improvement by high-index cladding in $LiNbO_3$ waveguide quasi-phase-matched wavelength converter for optical communication,” IEEE Photon. Tech. Lett., vol.15, No.4, pp.569-571, 2003.
13）M.Fujimura, T.Sohmura and T.Suhara: “Fabrication of domain-inverted gratings in $MgO:LiNbO_3$ by applying voltage under ultraviolet irradiation through photomask at room temperature,” Electron. Lett., vol.39, No.9, pp.719-721, 2003.

課題番号　H13/A04

ミリ波通信・計測用アクティブ集積化アンテナの研究

[1]組織

代表者：川崎繁男（東海大学工学部）
責任者：水野皓司（東北大学通信研究所）
分担者：野木茂次（岡山大学工学部）
伊藤公一（千葉大学工学部）
三浦　龍（郵政省通信総合研究所）
大堂雅之（郵政省通信総合研究所）
鹿子嶋憲一（茨城大学工学部）
粟井郁雄（山口大学工学部）
真田篤志（山口大学工学部）
橋本弘藏（京都大学宙空電波科学研究センター）
相川正義（佐賀大学理工学部）
新井宏之（横浜国立大学工学部）
田口光雄（長崎大学工学部）
塩見英久（大阪大学大学院基礎工学研究科）
伊藤精彦（北海道大学大学院工学研究科）
大堂雅之（郵政省通信総合研究所）
堀　俊和（福井大学工学部）
佐薙　稔（岡山大学工学部）
本城和彦（電気通信大学電気通信学部）
堤　　誠（福井工業大学工学部）
山本幸男（大阪産業大学工学部）

研究費：校費514千円、旅費738千円
消耗品　　15万円

[2] 研究経過

昨今の半導体電子工学の発展により，移動体衛星通信機器や計測器・センサーが小型で軽量，かつ，多機能で実現されつつある。このような情勢の中，固体能動回路と放射器とが渾然一体化した，ミリ波独特の技術であるアクティブ集積化アンテナ技術が提唱され，上記システム応用への要求を満たす最有力技術として注目されてきている。このアクティブ集積化アンテナに対するハードウェアの具体的な検討項目として，平面アンテナと集積回路，および共振器の効率的融合とシミュレータによる設計法の確立，高効率・高出力化，変復調，センサー機能，光による制御等の技術があげられる。本研究会では，アクティブ集積化アンテナ技術に関して，その進歩に多角的な見地から寄与するため，ハードウェアの基礎技術とシステム応用の検討のための，討論の場を提供することを目的とする。

本プロジェクトでは，アクティブ集積化アンテナ技術の要素技術であるミリ波集積回路と共振器，平面アンテナと給電回路，これらの融合・制御・給電法に関する設計・解析法，シミュレーション技術の適用，空間電力合成，高効率・高出力化，多機能化，光制御技術，システム応用に関する討論を，発表等を通じて行うことを目的とした。

本プロジェクトは，本年度が3年目であった。上記研究項目に関して，日本を代表する研究者を集め，試作品を持ち寄り，実物を見ながら議論する形で研究発表会を開催した。発表会は10月25日，3月18日にわたって行われた。プログラムは以下のとおりである。

通研究所共同プロジェクト研究会プログラム
「ミリ波通信・計測用アクティブ集積化アンテナの研究」
共催：東北大学電気通信研究所テラヘルツ工学研究会

＜第1回研究会＞
日時：平成14年10月25日（金）
10：00～17：00
場所：（講演）東北大学電気通信研究所
・2号館4階・大会議室
（展示）　同　・中会議室

プログラム
10：00-10：10
研究プロジェクト代表者挨拶：川崎繁男
（東海大学電子情報学部）
電気通信研究所対応教官挨拶：水野皓司

◎一般講演　　座長：ペイ鐘石（東北大学）
10：10-10：30
衛星通信用移動体搭載型アクティブ集積アンテナの試作
岩崎和久，浦辺秀樹，川崎繁男*
（スタンレー電気株式会社，

*東海大学電子情報学部）

10：30-10：50
ミリ波パッシブ・イメージング・アレイの開発研究
鈴木陽一，金成健太郎，鄭ミン奎，田中輝和，鈴木悠祐，加賀屋俊一，我妻壽彦，水野皓司
（東北大学電気通信研究所）

10：50-11：10
ＳＰＳ用高効率増幅器の試作
寺田則幸，宮崎勇人，板野牧人，川崎繁男，田中孝治*，佐々木進*
（東海大学電子情報学部，*宇宙科学研究所）

11：10-11：30
ミリ波帯オーバーモード導波管型電力合成器の研究
菅野英之，ペイ鐘石，水野皓司
（東北大学電気通信研究所）

11：30-11：50
増幅器一体型アクティブアンテナの交差偏波特性について
道下尚文，新井宏之
（横浜国立大学工学部）

11：50-12：10
ガラス基板と透明導電膜を用いたアクティブ集積化アンテナアレー
大島清志，木寺信隆，庭野和彦，井川耕司，園田龍太*，川崎繁男*
（旭硝子株式会社，*東海大学電子情報学部）

◎招待講演　　座長：川崎繁男
（東海大学電子情報学部）

13：30-14：00
ｉ－Ｓｐａｃｅ利用実験計画の概要
- 通信放送測位の分野における衛星開発とその利用 -
繁田勉
（宇宙開発事業団衛星ミッション推進センター）

14：00-14：30
UWB実現のためのアンテナ･RF回路･信号処理技術
荒木純道（東京工業大学大学院理工学研究科）

14：30-15：00
全体討論

◎展示説明
15：15-17：00
・岡山大学工学部野木研究室
・東海大学電子情報学部川崎研究室
・旭硝子株式会社
・横浜国立大学工学部新井研究室
・宇宙開発事業団
・スタンレー電気株式会社
・東北大学電気通信研究所水野研究室

＜第2回研究会＞

日時：平成15年3月18日（火）
13：00～17：20
場所：東北大学電気通信研究所
2号館4階・大会議室

プログラム
13：00-13：10
研究プロジェクト代表者挨拶：　川崎繁男（東海大学）
電気通信研究所対応教官挨拶：　水野皓司

13：10-14：10
「アクティブアンテナ－SPSからユビキタスまで－」
伊藤　精彦
（苫小牧工業高等専門学校）

14：10-15：10
「アクティブアンテナを用いた出力合成とフェーズドアレー」
野木　茂次・佐薙 稔
（岡山大学工学部電気電子工学科）

15：10-15：20　休憩

15：20-16：20
「アクティブ平面アンテナの構成法の基礎検討」
西山　英輔・相川　正義
（佐賀大学理工学部電気電子工学科）

16：20-16：35　休憩

16：35-17：20　全体討論会
（ミリ波アクティブアンテナの技術課題と学生アクティブアンテナコンテストへの連携）

[3] 成果

（３－１）研究成果

アクティブ集積化アンテナ技術の要素技術であるミリ波集積回路と共振器，平面アンテナと給電回路，これらの融合・制御・給電法に関する設計・解析法，シミュレーション技術の適用，空間電力合成，高効率・高出力化，多機能化，光制御技術，システム応用に関する議論を，産官学の研究者が一同に会して行った。このアクティブ集積化アンテナ技術は，通信，放送，計測の多岐にわたって応用できることが確認され，今回の発表会の参加者間には，より密接な産官学連携による今後の発展に期待が高まった。

（3－2）波及効果と発展性

基礎技術の確立に関する討論によって，アクティブ集積化アンテナのシステム応用が明確になった。この具体的な例として，ITS・通信衛星・移動体通信・室内LAN等が挙げられる。このプロジェクトを通じて日本独自のアクティブ集積化アンテナ技術及びこの技術のシステム応用を提案することが期待できる。本プロジェクトの提案に基づいて，アクティブ集積化アンテナ技術に対する規範・基準作りを行うことにより，この技術の進展に大きく寄与できるばかりでなく，将来見込まれているこの技術に関連した市場をも獲得できると思われる。ミリ波帯イメージングは，環境計測，セキュリティーなど，社会の多くの分野への応用が考えられており，本システム実現への期待は極めて大きい。本研究の成果は，まず火山活動の観測，ITS(Intelligent Transport System)，ロボット用センサー等への貢献が期待される。

[4] 成果資料

本プロジェクト研究発表会において配布された資料を添付する。

共同プロジェクト研究

課題番号　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

[1] 組織

代表者：室田淳一（東北大学電気通信研究所）
分担者：潮田資勝（東北大学電気通信研究所）
横尾邦義（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）
末光眞希（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）
竹廣　忍（東北大学電気通信研究所）
坂本謙二（東北大学電気通信研究所）
鶴岡　徹（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）
小柳光正（東北大学大学院工学研究科）
栗野浩之（東北大学大学院工学研究科）
米永一郎（東北大学金属材料研究所）
宇佐美徳隆（東北大学金属材料研究所）
白木靖寛（東京大学先端科学技術研究センター）
安田幸夫（名古屋大学大学院工学研究科）
財満鎭明（名古屋大学先端技術共同研究センター）
酒井　朗（名古屋大学大学院工学研究科）
平木昭夫（高知工科大学電子・光システム工学科）
田部道晴（静岡大学電子工学研究所）
池田浩也（静岡大学電子工学研究所）
青木　彪（東京工芸大学工学部）
小林信一（東京工芸大学工学部）
松本　智（慶應義塾大学理工学部）
坂本統徳（産業技術総合研究所）
三木一司（産業技術総合研究所）
荒井英輔（名古屋工業大学工学部）
畑　朋延（金沢大学工学部）
佐々木公洋（金沢大学工学部）
土屋敏章（島根大学総合理工学部）
岩井　洋（東京工業大学大学院総合理工学研究科）
酒井徹志（東京工業大学大学院総合理工学研究科）
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）
大野隆央（物質・材料研究機構）
宮崎誠一（広島大学大学院先端物質科学研究科）
石谷明彦（ベルギー・ＩＭＥＣ）
中川清和（山梨大学工学部）
小野昭一（アルプス電気株式会社）
尾藤三津雄（アルプス電気株式会社）
阿部孝夫（信越半導体株式会社）
鷲尾勝由（日立製作所株式会社）
国井泰夫（日立国際電気株式会社）
森谷　敦（日立国際電気株式会社）
宮本光雄（森田化学工業株式会社）
池田拓也（日本酸素株式会社）
廣瀬泰夫（日本酸素株式会社）
佐藤政明（新日本無線株式会社）
杉山直治（株式会社東芝基礎研究所）
Bernd Tillack（ドイツ・ＩＨＰ）
Dieter Knoll（ドイツ・ＩＨＰ）
Erich Kasper（ドイツ・スツットガルト大学）
Carl Parry（ドイツ・スツットガルト大学）
Jacques Derrien（フランス・マルセイユ大学）

配分研究費　校費600千円，旅費1,150千円

[2] 研究経過

[目的] IV族半導体極限ヘテロ構造形成プロセスの開発はLSI上への新機能デバイス搭載等のために極めて重要である。本研究では，原子層制御CVD・エッチング・不純物ドーピング・MBE法等の極表面・界面での吸着・反応の制御プロセス技術を駆使して，原子オーダで制御されたIV族半導体極限ヘテロデバイスを実現することを目的とする。さらに，形成したヘテロ構造体から発現する新機能デバイスの探索を行う。扱う材料としては，Si-Ge-C系多層ヘテロエピタキシャル層やP・Bのドーパント原子を始め，Si窒化膜等のIV族半導体を基とする絶縁膜，さらにW等の金属膜とSiの多層膜まで幅広く行う。

[概要] 本年度はSi-Ge-Cの多層エピタキシャル膜，PやBの原子層ドーピングをMOSデバイスへ応用するための研究を行う。プロセスにはCVD法・MBE法・ECRプラズマ法を用いて行い，相互の方法の比較を行いながら各々の特徴を生かして最適化を行う。原子レベルでの平坦性及び表面構造の評価にはSTM/AFM，表面の吸着物資・原子結合の同定にはXPS・FTIR・ラマン分光を用いる。また，共鳴トンネルダイオード・量子箱・量子細線等の電気特性，発光，及び電子放出特性の計測・評価を行い，IV族半導体ヘテロ構造による新機能デバイスの創生のための指針を得る。

[3] 成果

（3－1）研究成果

本研究の成果により，表面マイグレーションや原子ミキシングを最小限まで抑制した表面・界面制御技術が実現されつつある。特に，SiやGe，C等Ⅳ族半導体やそれらへのP・Bの超高濃度ドーピング及びそれらを基とした絶縁膜並びに金属膜等を組み合わせたSi系ヘテロナノ構造形成実現に向けて重要な知見が得られている。具体的には，高清浄減圧CVDにより不純物（P，B，N，W等）原子層吸着Si(100)表面上において，Siの低温エピタキシャル成長条件を明らかにし，B，Nの原子層ドーピングの場合には1nm厚のSi極薄層内に閉じ込められる一方，Pの原子層ドーピングの場合にはSi成長温度を450℃まで下げることにより$1\times10^{14}cm^{-2}$のPが這い上がることなくSi結晶中に閉じ込められることを見いだし，$10^{21}cm^{-2}$を超える超高不純物濃度Si結晶の形成を可能した。また，このように形成したPドープSi結晶は従来の高温熱処理工程により形成した場合と比較してキャリア濃度が高く，半導体デバイスの金属/半導体界面における接触抵抗低減化のための要素技術として有効であることを示した。今後，さらに，作製した異種薄膜積層構造の物性評価とともにデバイス応用の研究を進める。本プロジェクトに寄与のある研究成果の一部は，後述の主な研究発表等をはじめとする学術雑誌や国際会議に発表している。

（3－2）波及効果と発展性

1999年より本プロジェクトが中心となり推進している科学研究補助金・特定領域研究B「人工Ⅳ族半導体極微細構造を用いた超高速光･電子デバイスの開発」において，Si系超微細MOSナノデバイス実現のためのⅣ族半導体原子制御プロセス技術の基礎研究および高性能プロセスの鍵となる低温高清浄減圧CVD技術の開発を現在進めている。また，本共同プロジェクト研究のメンバーから多数が参加し，世界各地の研究開発組織の連携により，本年度開催のSiGeテクノロジー＆デバイス国際会議の継続開催（2004年，ドイツ）を企画し，世界の英知を結集した討論を予定している。今後，この分野の共同プロジェクトを推進することにより，Ⅳ族半導体極限ヘテロ構造の学問分野が大きく展開すると同時に，次世代Si系ヘテロナノデバイス開発の道をも開拓できよう。

[4] 研究会活動

第2回目の新Ⅳ族Si-Ge-C系半導体国際ワークショップ（2002年6月2-4日，甲府）の開催に加えて，第1回SiGeテクノロジー＆デバイス国際会議（2003年1月15-17日，名古屋）を本共同プロジェクト研究が中心となり開催することができた。特に，国際会議においては，以下の基調講演及び招待講演の他，116件の一般講演を行うとともに，海外80名を含め204名の参加者を得，Ⅳ族半導体極限ヘテロ構造形成とデバイス応用に関して広範で深い討論が行われると同時に，今後の研究動向についても集約され，きわめて有意義な会議となった。その詳細は

http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/SiGe_C2/

http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/ISTDM2003/

に公開している。

[国際会議における基調講演と招待講演]

Plenary 1. Challenges of High Germanium Content SiGe Structures, E. Kasper (University of Stuttgart)

Plenary 2. The Revolution in SiGe: Impact on Device Electronics, D. Harame (IBM)

Invited 1. Circuit Applications of High-Performance SiGe:C HBTs Integrated in BiCMOS Technology, W. Winkler, J. Borngräber, B. Heinemann, H. Rücker, R. Barth, J. Bauer, D. Bolze, E. Bugiel, J. Drews, K.-E. Ehwald, T. Grabolla, U. Haak, W. Höppner, D. Knoll, D. Krüger, B. Kuck, R. Kurps, M. Marschmeyer, H. H. Richter, P. Schley, D. Schmidt, R. Scholz, B. Tillack, D. Wolansky, H.-E. Wulf, Y. Yamamoto and P. Zaumseil (IHP)

Invited 2. Advanced SiGe HBT Technologies and Applications, Katsuyoshi Washio (Hitachi, Ltd.)

Invited 3. Strained Si MOSFETs on Bulk and SiGe-on-Insulator (SGOI) Substrates, K. Rim, L. Shi, K. Chan, J. Chu, D. Boyd, K. Jenkins, J. Ott , D. Lacey, P. Mooney, M. Cobb, N. Klymko, F. Jamin, S. Koester, and T. Kanarsky (IBM)

Invited 4. Microwave Performances of Silicon Heterostructure-FETs, F. Aniel, M. Enciso, P. Crozat, R. Adde, T. Hackbarth, J.-H. Herzog, U. König*, (Paris-South University, *DaimlerChrysler Research Center)

Invited 5. High Performance RF Front End Circuits Using SiGe:C BiCMOS + Copper Technologies, G. Watanabe, J. Ortiz, R. Holbrook (Motorola)

Invited 6. Numerical Simulation of Strained Si/SiGe Devices: The Hierarchical Approach, B. Meinerzhagen, C. Jungemann, B. Neinhus, M. Bartels (Universitat Bremen)

Invited 7. Selective Epitaxial Growth of SiGe:C for High Speed HBTs, H. Schäfer, J. Böck, R. Stengl, H. Knapp, K. Aufinger, M. Wurzer, S. Boguth, M. Rest, R. Schreiter, and T.F. Meister (Infineon Technologies)

Invited 8. Interfacial Reaction and Electrical Properties

in Ni/Si and Ni/SiGe Contacts, S. Zaima, O. Nakatsuka, A. Sakai, J. Murota, and Y. Yasuda (Nagoya University, *Tohoku University)

Invited 9. Avoiding Loading Effects and Facet Growth: Key Parameters to Successful Implementation of Selective Epitaxial SiGe Deposition for HBT-BiCMOS and High Mobility Hetero-Channel pMOS Devices, R. Loo, and M. Caymax (IMEC)

Invited 10. Laterally Controlled Nucleation of Ge Nano Dots by In-Situ Focused Ion Beam Surface Modification, M. Kammler, R. Hull, and F.M. Ross* (University of Virginia, *IBM T.J. Watson Research Center)

Invited 11. Self Assembled SiGe Islands: 2 μ m Photoluminescence Emission and 3D Composition Profiles, U. Denker, M. Stoffel, H. Sigg*, O. G. Schmidt (Max-Planck-Institute, *Paul Scherrer Institut)

Invited 12. SiGe-MMIC Circuit Techniques for 3G Wireless Terminals, N. Suematsu (Mitsubishi Electric Corp.)

Invited 13. An Impedance Hopping Free 2GHz SiGe Step Gain Amplifier, Mitsuru Tanabe (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.)

Invited 14. DC- and RF-Performance of A Cost-Effective SiGe Technology, V. Dudek, J. Berntgen, P. Maier, M. Tortschanoff, W. Kraus (ATMEL)

Invited 15. Low-cost Circuit Solutions for Micro- and Millimeter Wave Systems using Commercially Available SiGe Technologies, H. Schumacher, P. Abele, E. Sönmez, K.-B. Schad, and A. Trasser (University of Ulm)

Invited 16. Optimization of SiGe HBTs for Industrial Applications, V. Palankovski and S. Selberherr (Institute for Microelectronics, TU Vienna)

Invited 17. Fabrication and Device Characteristics of Strained-Si-On-Insulataor (Strained-SOI) CMOS, S. Takagi, T. Mizuno, T. Tezuka, N. Sugiyama, T. Numata, K. Usuda, Y. Moriyama, S. Nakaharai, J. Koga, A. Tanabe and T. Maeda* (MIRAI-Project, ASET, *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

[5] 主な研究発表

1. Atomically Controlled Processing for Group Ⅳ Semiconductors, J. Murota, T. Matsuura, M. and Sakuraba, Surf. Interface Anal., Vol.34, pp.423-431, (2002).
2. Atomic-Layer Doping of N in Si Epitaxial Growth on Si(100) and Its Thermal Stability, Y. C. Jeong, M. Sakuraba, T. Matsuura and J. Murota, Proc. 19th Int. Symp. on Silicon Mat. Science and Technol., 201st Meeting of The Electrochem. Soc., May 12-17, 2002, PV2002-2, pp.287-296.
3. Double-Polysilicon Self-Aligned HBT with Non-Selective Epitaxial SiGe:C Base Layer, T. Yamazaki, S. Ohmi, M. Sakuraba, J. Murota and T. Sakai, 2nd Int. Workshop on New Group IV (Si-Ge-C) Semiconductors (SiGeC Workshop), Jun. 2-4, 2002, Abs.No.Ⅷ-06.
4. SiGe-Channel 0.1-μ m pMOSFETs with Super Self-Aligned Ultra-Shallow Junction Formed by Selective In-Situ B-Doped SiGe CVD, D. Lee, M. Sakuraba, T. Matsuura, J. Murota and T. Tsuchiya, 60th Annual Device Res. Conf. (DRC), Jun. 24-26, 2002, pp.83-84.
5. Atomic-Layer Doping of Boron in Si(100) by Ultraclean Low-Pressure CVD, M. Nomura, M. Sakuraba and J. Murota, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
6. W Delta Doping in Si(100) Using Ultraclean Low-Pressure CVD, T. Kanaya, M. Sakuraba and J. Murota, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
7. Contact Resistivity between Tungsten and Impurity (P and B)-Doped $Si_{1-x-y}Ge_xC_y$ Epitaxial Layer, J. Noh, M. Sakuraba, J. Murota, S. Zaima and Y. Yasuda, 11th Int. Conf. on Solid Films and Surfaces (ICSFS-11), Jul. 8-12, 2002.
8. SiGe Epitaxial CVD Technology for Si-Based Ultrasmall Devices (Invited Paper), J. Murota and M. Sakuraba, 2nd Int. ECS Semiconductor Technology Conf. (ISTC), The Electrochem. Soc., Sep. 11-14, 2002.
9. Evaluation of Interface Trap Density in a SiGe/Si Heterostructure Using a Charge Pumping Technique and Correlation between the Trap Density and Low Frequency Noise in SiGe-Channel pMOSFETs, T. Tsuchiya, Y. Imada and J. Murota, 32th Euro. Solid-State Device Res. Conf. (ESSDERC), Sep. 24-26, (2002).

課題番号　H14/A02

弾性表面波を用いた光周波数シフタの集積化に関する研究

[1] 組織

代表者：垣尾 省司
（山梨大学工学部）
責任者：伊藤 弘昌
（東北大学電気通信研究所）
分担者：伊藤 弘昌
（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費32万2千円，旅費13万3千円

[2] 研究経過

光周波数シフタ（Acoustooptic Frequency Shifter: AOFS）をレーザー共振器内に内蔵した周波数シフト帰還型（Frequency Shifted Feedback：FSF）レーザーという新しいタイプのレーザーが東北大学電気通信研究所の伊藤弘昌教授のグループにより精力的に研究されている。特に，超高速光通信ネットワークの光ファイバの分散測定など，最先端の光通信にもその適用が検討されている。このような計測デバイスへの応用のために，光周波数シフタの集積化が必要とされている。現状のシステムでは，光周波数シフタにバルク結晶を用い，バルク弾性波により回折光（周波数シフト光）を得ているため集積化が困難である。本プロジェクト研究では，プロトン交換法により作製された$LiNbO_3$光導波路中にファイバからの光を伝搬させ，弾性表面波（Surface Acoustic Wave：SAW）によって周波数シフト光を得る導波路型光周波数シフタを提案・作製し，これを用いて光周波数シフタの集積化を実現させることを目的として研究を遂行した。

以下，研究活動の概要を記す。本プロジェクトは，本年度が第１年度であり，(1) 導波路型AOFSの設計と作製，(2) 導波路型AOFSモジュールを用いたFSFファイバレーザー発振特性の測定を行った。本プロジェクトには，東北大学の鄒念育，原武文両氏，山梨大学の中川恭彦教授と北村通英氏，オプトクエストの飯塚孝，小林哲也，渡辺正行各氏が参画し，主として東北大学グループはデバイスの評価を，山梨大学グループはデバイスの提案・作製を，オプトクエストはデバイスのモジュール化をそれぞれ担当した。この間，平成14年12月10日（火）～12日（木）には研究打合せ，及び超高密度・高速知能システム実験施設におけるフォトマスク作製を含む共同実験を行った。平成15年3月13日（木）～14日（金）には，導波路型AOFSモジュールを用いたFSFファイバレーザー発振特性に関する共同実験を行うと共に，共著論文の内容について検討を行った。

[3] 研究成果

(3-1) 研究成果

(1) 導波路型AOFSの設計と作製

これまでに，光波長0.633μmにおいて，X形に交差させたTi拡散$LiNbO_3$三次元導波路を用いて，SAWにより回折光を得るAOFSが報告されているが，FSFファイバレーザーに用いられる1.55μm帯の光波長において集積化されたAOFSの報告例はない。これは，光波長に対してブラッグ回折に要するSAWパワーが単調に増加することによるものと考えられる。そこで本プロジェクトでは，回折SAWパワーは相互作用長に反比例することに着目し，SAWのビーム幅全域で回折を受けるような導波路形状を有する構造を提案した。

基板にはSAWの電気機械結合係数（K^2）が大きな128°回転Yカット$LiNbO_3$基板を用い，FSFレーザーで用いられる光波長1.55μm偏波保存型（PM）光ファイバとの光結合損失が小さくなるような三次元導波路の作製条件を検討した。安息香酸中（0.2 Li mole %）240℃で1h15minプロトン交換し，その後wet-O_2雰囲気中400℃で1h40minアニーリングしたところ，異常光屈折率変化が0.021，導波路深

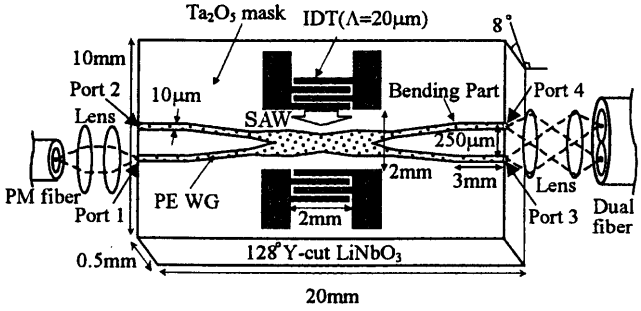


図１　導波路型AOFSの構成

さが4.1μmのガウス状屈折率分布が得られ，導波路深さ方向にシングルモードとなる作製条件を明らかにした。また，RFスパッタリングにより形成した三次元化のためのTa_2O_5マスク（膜厚800Å）の幅が10μmのとき，コリメート，集光レンズを介した光結合損失が最適値（2.0dB）を示すことがわかった。

決定した導波路作製条件により，図1に示すような導波路型AOFSを作製した。光回折部は，低駆動パワー化を図るために，Port 1より入射した光がSAWのビーム幅全域で回折を受けるような導波路形状を採用し，この回折光を長さ5mmのテーパ導波路で集光し，Port 3へ導波する構造とした。Interdigital Transducer（IDT）はシングル電極，波長は20μm，対数は30，交差幅は2mmであり，IDT対を基板上へ形成した後の挿入損失は7.8dB，中心周波数は193.2MHzである。また，図1に示すように，非回折光と回折光を二枚一組のレンズで二芯フェルール型ファイバに光結合させるため，導波路に曲げを設けて平行とし，Port 3とPort 4（Port 1とPort 2）の間隔を二芯フェルール型ファイバのコア間隔と同じ250μmとした。また，不要反射の影響を防ぐために，端面を8°の角度で斜め研磨した後，ARコーティングを施した。

作製した導波路型AOFSを，コリメート，集光レンズを介して入出力ファイバと光結合させた状態でモジュールへ組み込んだ。モジュールの写真を図2に示す。光入力（Port 1）と回折光（Port 3）はシングルモードPMファイバにより光結合し，また，非回折光（Port 4）はモニタ光として二芯フェルール型ファイバのマルチモードファイバへ光結合した。それぞれの光入出力はFCコネクタとした。本モジュール単体の諸特性を測定した結果を以下に示す。

まず，ヘテロダイン検波測定系により周波数シフト量の測定を行った。光波長1.55μmのレーザー光を分波させ，分波光（光周波数ν）を導波路型AOFS（SAW励振周波数 f_1=193.2MHz）とバルク型AOFS（弾性波励振周波数 f_2=117.4MHz）に入射し，それぞれの回折光を合波後，ビート周波数信号を観測した。両AOFSを駆動させると，ビート周波数は$f_1 + f_2$となり，導波路型AOFSの回折光は，SAWの励振周波数でドップラーシフトを受けていることがわかった。

次に，IDTへのRF入力電圧に対する一次回折光パワーと非回折光パワーの変化を測定したところ，入力電圧が$10V_{rms}$のとき35%の回折効率が得られることがわかった。このときPort 1からPort 3への

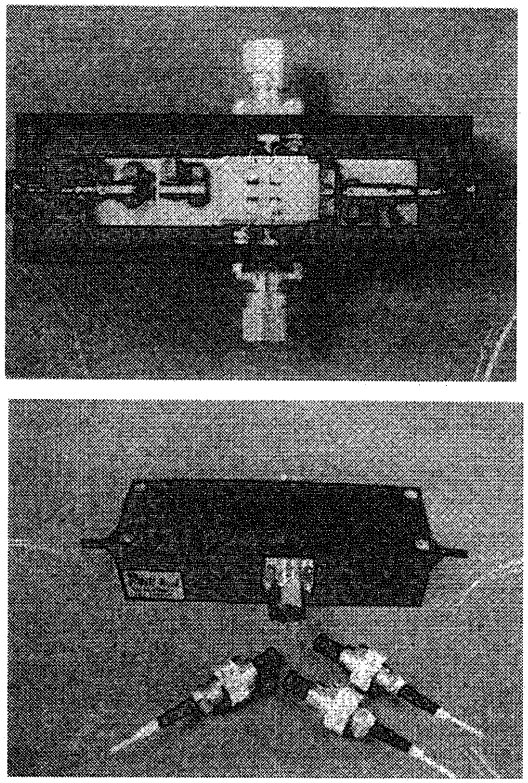


図２．導波路型AOFSモジュールの概観写真

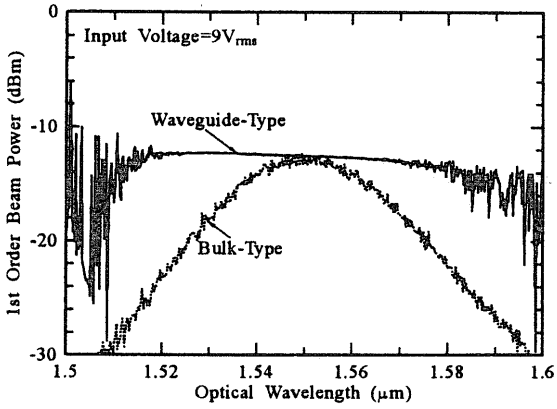


図３．一次回析光の透過波長特性（LED光源）

Fiber to fiberのスループットは10%であった。

さらに，導波路型AOFSへの入力光をLED光源とし，一次回折光の透過波長特性を測定した。　測定結果を図3に示す。同じ図中には，比較として一般的なバルク型AOFS（材質はTeO_2，励振周波数は80.0MHz）の特性を示す。1.55μmにおけるレベルを導波路型のものに一致させて示してある。導波路型では光波長1.55μmを中心として，±0.03μmの範囲でほぼ平坦な特性が得られるという特徴を明らかにした。

(2) 導波路型AOFSモジュールを用いたFSFファイバレーザー発振特性の測定

この導波路型AOFSモジュールをリング型ファイバ共振器内に挿入しFSFレーザー発振を試みた結果を以下に示す。

利得媒質にエルビウム添加ファイバ（Erbium-Doped Fiber: EDF，ファイバ長13m）を，EDF励起用光源には最大出力約100mWの1.48μm帯半導体レーザーを用いて共振器を構成した。共振器周回における偏波面の回転は偏波面コントローラー（Polarization Controller: PC）を用いて補償した。出力ファイバカプラの分岐比は1:1である。共振器内に導波路型AOFSモジュールを挿入し，その一次回折光をレーザー媒質に帰還させることにより，共振器内の光波は周回ごとに周波数シフトを受ける。

まず，FSFファイバレーザーの入出力特性を測定した。しきい値とスロープ効率はそれぞれ12mW，5.8%であり，従来のバルク型AOFSを用いた場合と同等の特性が得られることがわかった。

次に，光スペクトラムアナライザを用いて観測したFSFファイバレーザーの発振スペクトルを図4に示す。発振スペクトルの半値全幅FWHMは0.62nmであり，通常のEDFレーザーと比較して広い発振スペクトルを有することがわかったが，この値は，バルク型AOFSを用いた場合の値（約1nm）より小さい値であった。

さらに，FSF ファイバレーザーの出力光をPhoto Detectorで直接光検波し，Electric Spectral Analyzerにより共振器周波数に発生するビート周波数信号を観測したところ，共振器周波数は11.01MHz，半値全幅Δνは12kHzであった。FSFファイバレーザーを光距離計測に応用した際，ビート周波数のスペクトル広がりが小さいほど高い距離分解能を実現できるため，Δνを小さくする，すなわち広い発振スペクトルを得るための検討が必要である。

以上の結果より，導波路型AOFSは従来のバルク型AOFSと同等にFSFファイバレーザーへの応用が可能と考えられる。

(3-2) 波及効果と発展性

FSFレーザーは通常のレーザーとは異なるユニークなスペクトル特性を有していることから，長距離高分解能光距離計測や，圧力，温度などの環境計測ネットワーク構築など，光計測の分野で幅広い応用が期待されており，本プロジェクトの成果は今後のFSFレーザーシステムの応用・展開に大きく寄与すると期待できる。さらに，本プロジェクトで提案した導波路型AOFSは，光周波数シフタとしての機能だけでなく，光マトリックススイッチや光波長可変フィルタなどのフォトニックネットワークにおけるキーデバイスへの展開が期待できる。

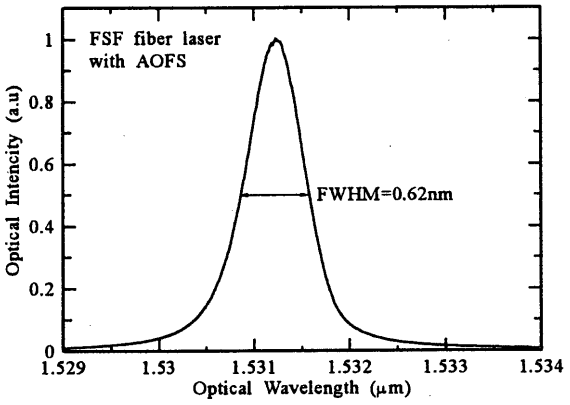


図4．FSFファイバレーザーの発振スペクトル

[4] 成果資料

(1) 垣尾省司, Nianyu Zou, 北村通英, 伊藤弘昌, 中川恭彦, "弾性表面波を用いた導波路型光周波数シフタの作製," 音響学会講演集 2002年9月, pp. 1117-1118 (2002).

(2) 垣尾省司, Nianyu Zou, 北村通英, 伊藤弘昌, 中川恭彦, "弾性表面波を用いた導波路型光周波数シフタ," 第23回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム予稿集, pp. 77-78 (2002).

(3) Shoji Kakio, Nianyu Zou, Michihide Kitamura , Hiromasa Ito and Yasuhiko Nakagawa, "An integrated acoustooptic frequency shifter driven by surface acoustic wave for 1.55 μm optical wavelength," to be published in Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42, No. 5B, pp.3063-3066 (2003).

(4) 垣尾省司, 北村通英, 中川恭彦, Nianyu Zou, 原武文, 伊藤弘昌, 飯塚孝, 小林哲也, 渡辺正行, "弾性表面波を用いた導波路型光周波数シフタと周波数シフト帰還型ファイバレーザーへの応用," 電子情報通信学会論文誌(2003，投稿中)

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A03

視聴覚間相互作用の起源

[1] 組織
代表者：杉田陽一
（独立行政法人産業技術総合研究所）
責任者：鈴木陽一
（東北大学電気通信研究所）
研究費：校費30万円，旅費８万円

[2] 研究経過

視覚系と聴覚系との間に強い相互作用があることは，マガーク効果や腹話術効果などの錯覚現象を通して良く知られている。しかし，相互作用の機序や脳内メカニズムについては，まったく理解されていないのが現状である。本プロジェクトでは，相互作用の時間経過を精密に測定し，相互作用の脳内メカニズムを推定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。
研究打ち合わせ：　２回（２泊３日）
共同実験：４回（２泊３日）

[3] 成果

（３－１）研究成果

近年の映画と昔の無声映画を比べれば明らかなように，映像と音の双方があって初めて現実感を伴った描写が可能になる。映像と音は，現実感や臨場感を増すだけでなく，相互に不明瞭な部分を補い合っている。現実世界において多くの場合，眼に見える動きによって音が発生するため，とりわけ物体の動きの映像と音との間には強い相互作用が認められる。たとえば，「バ」と発音する口の動きに合わせて，「ガ」という音声を聞かせると，ほとんどの人には「ダ」と発音しているように聞こえる。これは，音声をはっきりと聞き取れないときに，聴覚系の補完機能だけでなく視覚情報をも利用して意味ある言語を聞き取っていることを示している。このように，脳は聞こえた音と見えた映像を統合し，実世界の出来事を理解しているが，稲妻と雷鳴，打ち上げ花火の光と音あるいは空を飛ぶジェット機と爆音のような遠い距離での出来事では，視聴覚間の統合が不可能になることは経験上よく知られている。これは，光は発生と同時に眼に到達するが，音は1メートル進むのに約3ミリ秒（0.003秒）を要するため，距離が長くなるにつれて光と音を受容する時間差が増大するためである。このように映像と音が別々に感じられることは良く知られていたものの，今まで，どの位の距離まで視聴覚間の情報統合が可能であるかは正確には知られていなかった。

本プロジェクトは，7名の男性被験者に音と光に時間差をつけて呈示し，どちらが先に呈示されたか時間順序を判断させた。頭部伝達関数を畳み込んだ白色雑音（90 dBSPL，持続時間10ミリ秒，立ち上がり・立下がり時間はそれぞれ4ミリ秒）は，ヘッドホンを通して呈示した。光刺激は，超高輝度発光ダイオードを点灯（持続時間10ミリ秒）した。発光ダイオードと被験者との間の観察距離は，1，5，10，20，30，40，50メートルとした。光強度は，観察距離が1メートルの時に14.5 cd/m^2，それより長い距離の時には距離の2乗に比例して強度を上げた。

音と光の時間差が十分に大きい時には，被験者は正確な時間順序判断が可能である。ところが，時間差が小さくなるにつれて正確な判断が困難になり，「音が先」という判断と「光が先」という判断が半々になってくる。この「音が先」という判断と「光が先」という判断がそれぞれ50%になる点を，主観的に同時と感じる時間差（主観的等価点）とした。

観察距離が1メートルの時，音が3ミリ秒程度光より遅れて呈示されると，被験者は音と光が同時に呈示されたと感じた。ところが，観察距離を長くするにつれて，音がより遅れて呈示された時に同時と判断するようになった。興味深いことに，観察距離を1メートル長くするたびに音を3ミリ秒だけ遅らせて呈示すると，被験者は同時に呈示されたと判断した。これは，音が大気中で1メートル進むのに約3ミリ秒かかることと極めて良く対応している。少なくとも観察距離が20メートル以内であれば，この関係が成立していた。これらの結果は，視聴覚情報を統合する時に，脳が音の時間遅れを観察距離に応じて補正していることを示している。

（３－２）波及効果と発展性など

聴覚情報が最初に到達する大脳皮質の部位（第

一次聴覚野）の細胞活動を調べると，腹側部の細胞は音が鳴ってから応答するまでの時間（潜時）が極めて短いのに対して背側部になるほど潜時が長くなる。一方，第一次視覚野では，このような場所的な潜時の相違は確認されていない。おそらく，映像と音が近い距離で発生した時には，聴覚系は遅い回路を使って視覚系の処理時間と同期させ，逆に遠い所で発生したため音の到達が遅れた時には，速い回路を使って視覚系の処理時間に追いつくようにしていると考えられる。そして，高速な回路を使っても処理時間が視覚系に追いつかない時に，視聴覚間の統合が不可能になるのであろう。現在，この統合の回路の同定を試みているところである。

また，本プロジェクトの成果は，現在開発が進んでいる立体テレビや映画などにおいて，情景（画像・音）の奥行き情報を鮮明に再現するための高次臨場感視聴覚情報提示技術の開発を行う上で極めて大きく貢献できるだろうと期待される。

[4] 成果資料

(1) Y. Sugita & Y. Suzuki: Implicit estimation of sound arrival time. Nature **421**, 911 (2003)

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A04

ミリ波帯イメージング技術の開発と各種波動を用いたイメージング技術の研究

[1]組織

代表者：水野皓司（東北大学電気通信研究所）
分担者：永妻忠夫（NTT通信エネルギー研究所）
佐々木愛一郎（NTT通信エネルギー研究所）
猿倉信彦（分子科学研究所）
萩行正憲（大阪大学）
谷　正彦（大阪大学）
宮川道夫（新潟大学）
清水裕彦（理化学研究所）
川瀬晃道（理化学研究所）
大谷知行（理化学研究所）
ニ川佳央（国士舘大学）

研究費：旅費　　439千円
消耗品　　15万円

[2] 研究経過

近年，医療，セキュリティ，人・物体認識/認証、環境計測をはじめとする様々な分野で，イメージング技術が盛んに研究されている。そこでは，X線，赤外線などの光波，マイクロ波，ミリ・サブミリ波，THz波などの電波，さらには音波などといった様々な波動が用いられている。

その中で，ミリ・サブミリ波やTHz波は，最近になってようやく研究が本格化してきた周波数帯の電磁波であり，これまで可視化できなかった対象への応用が期待されている。また光波や音波などを用いたイメージング技術の多くはすでに広く実用化されているが，現在でも著しい進展を続けている。

本研究は，様々な波動に基づくイメージング技術について，各分野で活躍している第一線の研究者が一堂に会し，細分化された各種技術の現状を体系的に議論し，それをもとに東北大学電気通信研究所にて行われているミリ波帯イメージング技術の進展を図ることを目的に企画されたものである。12月末には各種波動を用いたイメージングに関する研究会（２日間）を開催し，活発な議論が行われた。また，ミリ波イメージングに関しては，イメージングアレイの開発，それを用いた生体組織の観察などが成功裏に行われ，今後の発展のために大きな進展が見られた。

次に12月18－19日に行われた「先端的イメージング技術の基礎とその応用」と題した研究会のプログラムを示す。なお，参加者は50名であった。

「先端的イメージング技術の基礎とその応用」
共催：東北大学電気通信研究所テラヘルツ工学研究会
協賛：IEEE MTT-S Japan Chapter
日時：平成14年12月18日（水）13：00～16：00
平成14年12月19日（木）9：30～16：00
場所：１日目　東北大学電気通信研究所
２号館４階　大会議室
２日目　同
１号館４階　講堂

プログラム
12月18日（水）
13:00-13:10　開会の挨拶
水野 皓司（東北大学）
永妻 忠夫（NTT）
13:10-13:50　X線CT
河野 秀樹（日立メディコ）
13:50-14:30　光波コヒーレンストモグラフィの原理とその応用
佐藤　学（山形大学）
14:45-15:35（特別招待講演）
フェムト秒レーザ励起によるテラヘルツ波の放射と応用
萩行正憲（大阪大学）
15:35-16:15　ミリ波イメージング
荏戸立夫（東北大学）
16:30-17:10　超音波イメージング
神田　浩（日立メディコ）
17:30-19:00　懇親会

12月19日（木）
9:30-10:10　MRイメージング －特に医療応用として－
西村 博（日立メディコ）
10:10-10:50　マイクロ波イメージング －CT計測の現状と展望－
宮川道夫（新潟大学）

11:05-11:45　フォトニクス技術を用いたミリ波イメージング
佐々木 愛一郎（NTT）
13:15-13:55　テラヘルツ波イメージングの技術動向
谷　正彦（大阪大学）
13:55-14:35　テラヘルツ波イメージングの応用可能性
川瀬 晃道（理化学研究所）
14:50-16:00　パネル討論「生体情報の可視化技術の展望と今後の課題」
16:00　閉会

[3] 成果

（3－1）研究成果

本研究で開催した12月末の研究会は，広いイメージングの領域をカバーしており，大変活発な議論が行われた。この研究会の議論をもとにミリ波イメージングの信号処理系などが考察され，ミリ波イメージングに関して，イメージングアレイの開発，それを用いた生体組織の観察などが成功裏に行われ，今後の発展のために大きな進展が見られた。

（3－2）波及効果と発展性

本研究で開発が進んだミリ波イメージングは，環境計測，セキュリティーなど，社会の多くの分野への応用が考えられており，本システム実現への期待は極めて大きい。本研究の成果は，まず火山活動の観測，ITS(Intelligent Transport System)，ロボット用センサー等への貢献が期待される。

また，この研究の成果の一部はリーディングプロジェクト「未踏光学」へと進展することになった。

[4] 成果資料

本プロジェクト研究発表会において配布された資料を添付する。

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A05

次世代津波計測ネットワークに関する研究

[1] 組織

代表者：伊藤弘昌
（東北大学電気通信研究所）
責任者：伊藤弘昌
（東北大学電気通信研究所）
分担者：伊藤弘昌
（東北大学電気通信研究所）
今村文彦
（東北大学大学院工学研究科付属災害制御研究センター）
日野亮太
（東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター）
松澤　暢
（東京大学地震研究所地震予知研究推進センター）
新妻弘明
（東北大学大学院工学研究科）
高嶋昭一
（東北大学大学院工学研究科）
新川秀一
（東北大学未来科学技術共同センター）
長尾康之
（株式会社KDDI研究所）
吉川　隆
（沖電気工業㈱）
土橋孝治
（沖電気工業㈱）
新藤雄吾
（沖電気工業㈱）
加藤　穀
（株式会社光電製作所）
片倉景義
（株式会社光電製作所）
村山　仁
（株式会社光電製作所）
伊藤秀文
（株式会社光電製作所）
原　武文
（株式会社光電製作所）

研究費：校費　38万6千円
旅費　30万3千円

[2] 研究経過

津波による人的被害を軽減するためには，津波警報などの迅速な情報提供が不可欠である。現行の津波警報システムは地震データに依存しており，津波地震（地震の揺れに比べて大きな津波を発生させる地震）や，海底地滑り・海底噴火などの地震以外の原因による津波の場合には効果が薄い。それに対して海底津波計は津波そのものを検知するため，津波をいち早く的確に計測することが可能であり，その期待は非常に高い。しかし，現在設置されている海底津波計は全国でわずか6ヶ所であり，わが国の沿岸域を十分カバーしているとは言えず，情報の信頼性においても問題がある。またシステム面からも，現行の水晶式海底津波計は，海底センサへの給電が必要なため，(1)延長距離，(2)コスト，(3)長期信頼性の面で問題がある。

これまで，上記の問題点をクリアでき，かつ，津波源に関する定量的なデータが提供できる新たなレーザ式津波計測・データ転送システムを開発する目的で研究を文部省科学研究費補助金基盤研究(A)(2)にて進めてきた。これは周波数シフト帰還型レーザ（FSFレーザ）を光源とした光学的距離計測を応用したもので，水圧センサはファイバ型干渉計で構成されパッシブな計測を可能としたものである。物理長約880mの分散シフトファイバをAl合金製円筒型ボビンに巻きつけ，エポキシ系接着剤で固定した水圧センサを用いた基礎実験において10^{-8}のオーダで光学長歪を計測した。この値は津波の波高値換算にして約46mmであり，津波警報システムに十分な計測精度が得られることが明らかになった。さらに海底津波計には，パッシブな水温センサや地震センサを追加することできるため，海底における環境モニタリング，地震と津波の総合的観測への道が開けた。

そこで本共同プロジェクトでは，これまでの成果を踏まえながら，本年度は遠隔リモート計測に関する諸問題について研究を展開した。以下，研究活動状況の概要を記す。

主として，東北大学電気通信研究所グループは水圧センサを，沖電気グループは地震センサを，東北大学大学院工学研究科グループは水温センサ

をそれぞれ担当した。東北大学の今村，日野，東京大学の松澤には地震・津波観測面で，東北大学の新川にはシステム化の面で，アドバイザを担当した。平成15年3月12日（水）には東北大学電気通信研究所にて研究会を開催し，各グループの研究成果報告と討論を行った。

[3] 研究成果

(3-1) 研究成果

水圧センサグループではこれまでに，FSFファイバレーザを用いて波高値換算で46mmの計測精度が得られているが，光源からセンサまでの伝送距離はたかだか物理長にして50m程度の光ファイバで構成されていた。津波計測ネットワークでは伝送路ファイバは100～数1,000kmを要求するため，光ファイバ伝送中の信号減衰を光増幅器で補償する必要がある。これは光通信システムの光中継と信号対雑音比(SNR)の問題と同等である。そこで本プロジェクトでは，光源自体のSNRを確認し，光増幅器による中継伝送実験を行なった。

実験には今回新たに製作した温度安定化FSFファイバレーザを用いた（図1，2)。これはレーザ共振器全体をアルミベース上に実装し，ペルチェ素子を用いて一定温度にPID制御したものである。光源のSNRは，レーザ発振光強度と自然放出光強度の比とし，図3に示すように42.8dBであった。

光増幅中継伝送実験の構成を図4に示す。伝送路は一般の通信網と同等に物理長で50kmの分散シフトファイバを用いた。伝送ロスは片道12.4dBであった。光増幅器は光中継局を想定してセンサと同位置に一基，雑音指数約6dBの前方励起エルビウム添加ファイバ増幅器を用いた。これより往路分の伝送ロスを補償し，復路は無補償とした。また，光源および光増幅器の信号帯域外の自然放出光を抑圧するため，その出力に通過帯域幅1nmの波長同調フィルタTF1，TF2を挿入した。

まず，光増幅器通過後のSNRは実測で36.1dBであった。これより，FSFレーザ光の光増幅も一般の光信号と同等に扱うことが可能であることがわかった。次に，フォトディテクタで水圧センサの2つのアームからの反射光を自己遅延ヘテロダイン検波し，そのスペクトルを観測した（図5)。ここで，水圧センサ直後に検波したものをSingle path，復路分の伝送ロスを受けたものをDouble pathとした。Single pathでのSNRは50dB以上であった。Double pathでのSNRは約25dBであった。これは復路の伝播ロスによって光電力は0.1mWに低下し，雑音電力はフォトディテクタのショット雑音や回路雑音が支配的になったためと考えられる。これ

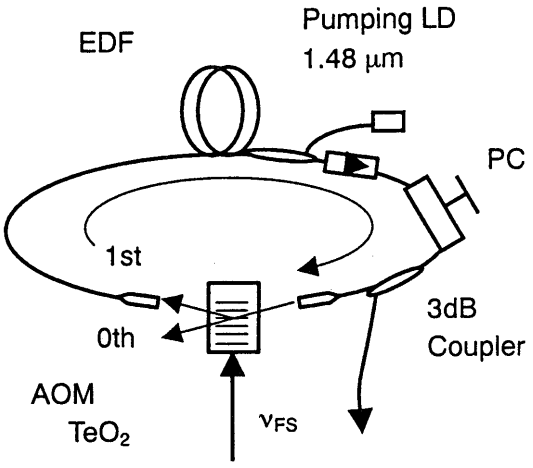


図1　FSFファイバレーザの構成

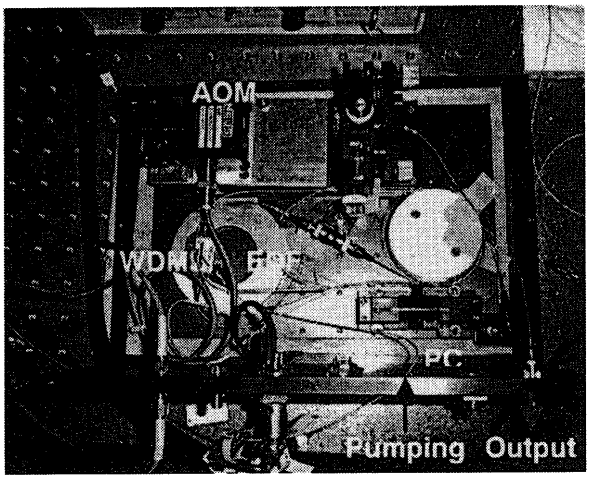


図2　温度安定化FSFファイバレーザ

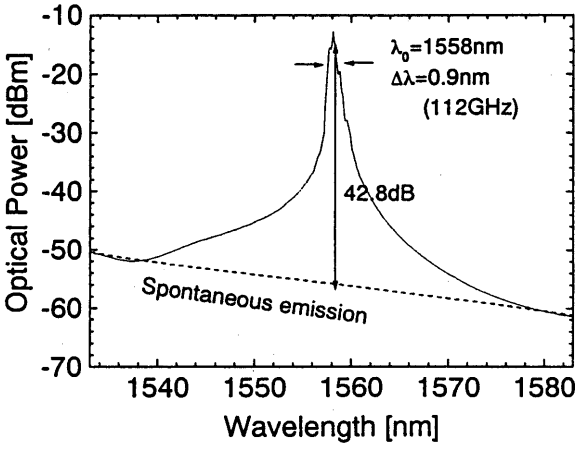


図3　FSFファイバレーザの発振スペクトル

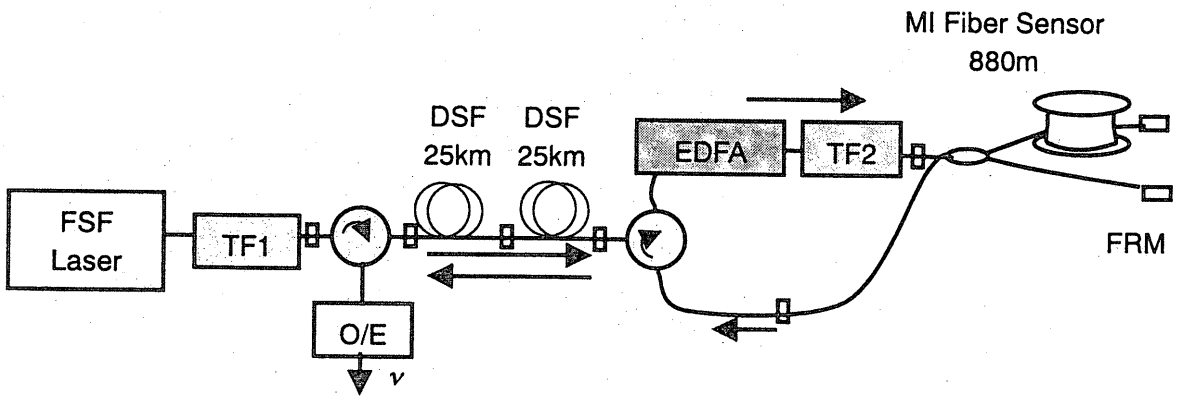


図4　仮想中継局伝送実験系

については，フォトディテクタ前段にさらに光増幅器をプリアンプとして挿入することで改善できることが知られている。

以上の結果より，現在のFSFファイバレーザに，雑音指数5dBのエルビウム添加ファイバ光増幅器を組み合わせることにより，8段程度の光中継が可能であることを明らかにした。これより，200km沖合をターゲットとした津波観測ネットワークシステムの実現可能であることが判った。さらなる長尺の津波観測ネットワークのシステム化においては，光源のSNR改善，光増幅器の雑音指数の検討が必要である。

水温センサグループでは0.01℃の計測精度を目標としている。これまでにファイバブラッググレーティングの反射波長を波長分解能10pmの光波長計で計測し，1℃の計測精度を得ている。本プロジェクトでは位相シフト干渉計によって波長分解能を0.1pmに改善し，目標の分解能が得られることが判った。干渉計の温度ドリフト補償については今後の検討が必要である。

地震センサグループでは，光中継用ラマン増幅器の研究を行なった。ラマンゲインは1450nm・600mW励起において最大で25km伝送時に24dBが得られた。今後はノイズ特性の検討が必要である。

(3-2) 波及効果と発展性

わが国沿岸ではたびたび津波によって人命が奪われ，甚大な物理的被害を被っている。津波による被害軽減には，確実な情報をいち早く提供することが不可欠であり，そのシステムが待ち望まれている。

FSFレーザを光源としたレーザ式水圧計は計測精度，延長距離，リアルタイム性，メンテナンスの面よりリアルタイム多点計測が可能であり，本研

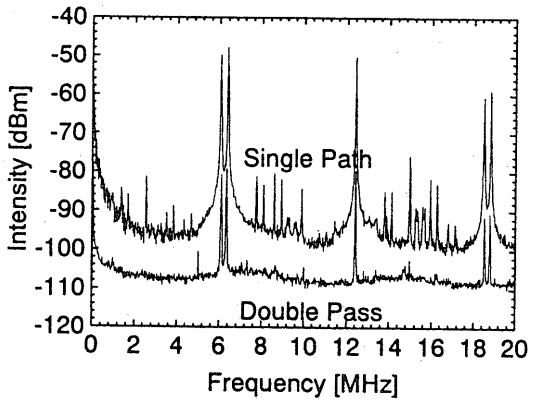


図5　伝送後のビート信号波形

究成果にもとづいた広範囲の計測ネットワークが実現されれば，津波の規模・到達予定時刻の把握，津波警報の発令が正確になる。これによって津波による被害を最小限にとどめることが可能になるものと期待される。

さらに，本プロジェクトで実現された，狭い占有波長帯域幅によるFSFレーザ計測は波長多重通信や他方式のセンシングシステムとの整合性も高く，水圧センサ以外の用途でも容易に実現化が期待できる。

[4] 成果資料

(1) T. Hara, F. Imamura, H. Ito, "Optical Hydraulic Pressure Sensor using Frequency Shifted-feedback Laser for Ocean-Bottom- Tsunami Sensing," The 3rd International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies, 25-27 June 2003, (Under contribution).

課題番号　H14/A06

音場情報に含まれる個人性の符号化手法に関する研究

[1]組織
代表者：高根昭一（秋田県立大学）
通研対応教官：鈴木陽一
（東北大学電気通信研究所）
分担者：森本政之（神戸大学）
宮島　徹（清水建設技術研究所）
金　海永（秋田県立大学）
岩谷幸雄（東北大学電気通信研究所）
西村竜一（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費35万5千円，旅費83万3千円

[2]研究経過

音を通じたコミュニケーションにおいて有効なアプローチの一つは，音源からヒトまでの音の伝達をシステムとして考え，そのシステムを合成することにより，ヒトが音を通じて知覚する環境，すなわち音環境を仮想的に生成するというものである。音の伝達系には，ヒトの頭部・胴体などの形状に起因する個人性の影響が存在する。また，ヒトが日常生活の中で知覚する音像定位や臨場感といった感覚の手掛りとして，このような伝達系がもつ物理的な特徴の影響が大きいことが知られている。これらのことから，音像定位や臨場感といった感覚も，伝達系がもつ個人性の影響を受けると考えられる。音場情報のコミュニケーションを考える上で，この個人差を適切にモデル化することが，あらゆるヒトに適用できる汎用性をもたせるために不可欠である。このような問題意識の下に，本プロジェクト研究は，ヒトが音から得る情報(特に空間的な情報)について，音が伝搬する空間をシステムとしてとらえたときの物理的側面と，そのようなシステムを通過した音をヒトが聴取するときの知覚的側面の両面から考察し，ヒトが音から知覚する情報を，その制御に適したかたちで符号化することを目的としている。

高根が研究代表者となった東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究(採択番号：H12/A10)をはじめとした研究により，ヒトが音場において知覚する情報は，ヒトの頭部や胴体などの形状を反映した，ヒトの全周を取り囲む音源それぞれに対する頭部伝達関数（Head-Related Transfer Function，以後HRTFと書く）と，音場の特性を反映した室内伝達関数（Room Transfer Function，以後RTFと書く）の従続接続で表現できることが明らかとなっている。本研究は，これらの中でHRTFに含まれる個人性を分析し，ヒトが知覚する音場情報を制御するのに適したかたちで符号化することを目指したものである。

平成14年度は，本プロジェクト研究の第一年度であった。本年度は，HRTFのもつ個人性の分析，ヒトの音場情報の知覚や，それらの関係をもとにした応用に関して幅広い知見を集めるため，平成14年6月17，18日の2日間にわたり，「HRTF徹底討論ワークショップ」を開催した。また，個人ごとのHRTFを測定で得るための測定系の製作と，数値解析により推定する手法を検討した。さらに，HRTFの音源方向による変化を効率的にモデル化する手法についても検討を行った。

[3]成果

(3-1) 研究成果

「HRTF徹底討論ワークショップ」の開催

本年度は本プロジェクト研究の第一年度であることから，本プロジェクト研究の研究対象であるHRTFに関して幅広い知見を集め，本プロジェクト研究の方向性を明らかとするため，平成14年6月17，18日の2日間にわたり，「HRTF徹底討論ワークショップ」(以後ワークショップと書く)を開催した。

ワークショップでは，電気音響・聴覚の分野を中心に，国内外の研究者から8件の講演，18件のポスター発表およびラウンドテーブルでの討論を行った。参加者は66名であった。このワークショップにおいて示された主な知見は以下のとおりである。

- 音源位置と聴取者の位置が固定された状態で計測されるHRTFだけではなく，両者の位置が時間的に変化するときのHRTFの変化を精度よく合成することが，より実際に即した伝達系の合成には重要である。
- ある聴取者に，異なる聴取者のHRTFを用いて合成した音を提示すると，音像定位に誤差が

生じるが，継続的な音の提示によって，音像定位の能力は向上する可能性がある。

- 境界要素法などを用いて，3次元計測された頭部形状をもとにHRTFを推定する方法は既に提案されている。しかし，HRTFの推定結果の評価については，物理的・主観的な面での検討が必要である。
- 有限な音源方向で計測されたHRTFをもとに，測定されていない方向のHRTFを補間する方法については，本プロジェクト研究において検討されている共通極・零モデルに基づいたものをはじめ，インパルス応答あるいは周波数スペクトルを補間する方法，スプライン関数を用いた方法などがあるが，精度の点ではほぼ同等である。

これらの知見のうち，第一の点については，本プロジェクト研究のメンバーが中心となって提案している仮想球に基づく聴覚ディスプレイ(Acoustic Display based on VIrtual SpherE model，以後ADVISEと書く。詳細については後述)の理論で考えれば，聴取者を取り囲む全周方向のHRTFを得ることができれば，聴取者の両耳音圧を精密に合成できることが示される。その点で，第3点が重要な技術となるといえるだろう。その一方で第2点は，ある個人に提示したHRTFがその個人のHRTFそのものではない場合にも，訓練などにより日常での方向定位能力と同程度となることを示唆している。このことは，HRTFに含まれる個人性の中で，訓練などにより変化する部分が存在することを意味している。この「部分」を明らかにし，HRTFのもつ物理的なパラメータと関連づけることができれば，効率的な個人性の符号化が可能となると期待されるが，その「部分」の個人による変化などを考慮すれば，定量的に関連づけることは極めて困難であろうと考えられる。ただし，HRTFの個人性の符号化を考える上で，物理的な側面だけではなく，主観的な側面を考慮することが必須であるとはいえるだろう。

ADVISEに基づく高精度聴覚ディスプレイのリアルタイムシステム

本プロジェクト研究の代表者・分担者のグループは，先行研究の成果として，「仮想球モデルに基づく聴覚ディスプレイ」を提案し，その有効性を示してきた。本年度は，これをさらに一般化し，音源や音場がどのようなものであっても，聴取者の両耳音圧を精密に合成できるものとして改善を図った。本プロジェクト研究では，これを上述のとおりADVISEと名付けた。

本年度は，ADVISEの理論に基づき，聴取者の頭部の動きにリアルタイムで追従できる基本的なシステムを開発した。現状のシステムでは，高速DSP(TI TMS320C6701) 5個を搭載したパーソナルコンピュータを用いており，2次元音場を～1 kHzの帯域で再生できる。聴取実験により主観的な精度について検討した結果，従来の聴覚ディスプレイと同等の精度を得ることができた。現在，DSPの数をさらに増やし，より実際の聴取状況に近い両耳音圧の合成が可能なシステムを構築中である。

全方向のHRTFの効率的符号化

本プロジェクト研究では，羽田らによって提案された共通極・零モデルによってHRTFをモデル化するだけではなく，それを測定されていない方向のHRTFの補間に用いたときの精度について考察を行った。また，共通極・留数モデルについても同様な検討を行った。共通極・留数モデルは，HRTFの物理的な性質をより直接的に表現できるものであり，HRTFの個人性をみる上で有効である。共通極・留数モデルにより，HRTFの音源方向による変化を十分な精度で補間できることが示された。

HRTF推定のための頭部形状の3次元計測

前述のワークショップにおいて，HRTFを数値的に推定するために，境界要素法などが用いられており，その計算例について発表がなされた。しかし，これまでの研究は，計算手法に重点が置かれており，推定されたHRTFの精度の評価は十分に行われていない。特に，HRTFの推定結果における個人性の影響を検討する上で，頭部形状の計測精度は重要である。このことから，本プロジェクト研究では，HRTF推定のための頭部形状3次元計測システムについて検討を行った。なお，HRTFの個人性の検討を目的の一つとしていることから，本プロジェクト研究では，3次元計測システムは可搬型のものとし，あらゆる場所で，様々な個人の頭部形状を測定できることを重視した。結果として，疑似頭(ダミーヘッド)のように静止している物体も，ヒトのように微妙に移動する測定対象も，大体2 mm程度の精度でその形状を測定できるシステムとなった。今後は，本システムを用いて様々なヒトの頭部形状を計測し，HRTFの推定結果との関係を考察する予定である。

(3-2) 波及効果と発展性

本年度は第一年度であり，現在のところ本プロジェクト研究の内容は，具体的な大型プロジェクトに発展はしていない。しかしながら，本年度に開催したワークショップでは，国内外の多くの研究者との交流を極めて活性化する場を形成し，HRTFおよびその個人性を対象とした研究分野における知見と問題点について，共通認識を洗い出すことができた。また，本プロジェクト研究の今後の方針に対して有益な方向性を得ることができた。

本プロジェクト研究の効果は，大きく3つに分けることができる。第一は，HRTFの推定あるいは測定手法である。現状では，ある個人に対して，あらゆる音源方向に対するHRTFを得ることは極めて困難である。HRTFを得ることは，個人性を検討するための前提となる。これに対して，本プロジェクト研究では，測定手法と数値的な推定手法の両面から検討を行っている。これらの研究の進展が，HRTFがより手軽に得られるものとして普及していく原動力となると期待できる。第二に，HRTFおよびそれに含まれる個人性の符号化手法が挙げられる。これに関しては，HRTFのもつ物理的な特性を直接考慮した共通極・零モデルに基づいた手法が極めて有効であり，今後の研究の進展により，HRTFがより効率的に符号化されると考えられる。第3は，伝達関数の合成に基づく音場情報の提示システムへの応用である。これについては，本プロジェクト研究においてADVISEの理論を提案しており，今後はこの理論をより実際に即したかたちでインプリメントする方針である。このようなシステムの開発により，高精度バーチャルリアリティシステムにおける聴覚ディスプレイとして発展する可能性が極めて高い。

[4]成果資料

1. Kanji Watanabe, Shouichi Takane and Y^oiti Suzuki, "Interpolation of Head-Related Transfer Function based on the Common-Acoustical-Pole and Residue model," Acoust. Sci. Tech., 投稿中.
2. Shouichi Takane, Yôiti Suzuki , Tohru Miyajima and Toshio Sone, "*ADVISE*: A new method for high definition virtual acoustic display," Proc. ICAD2002, 213-218(2002).
3. Yôiti Suzuki, Shouichi Takane, Shusuke Takahashi and Tohru Miyajima, "A preliminary development of high definition virtual acoustic display based on *ADVISE*," Proc. ICAD2002, 227-232(2002).
4. 高根昭一，高橋秀介，鈴木陽一，宮島徹，「仮想球モデル聴覚ディスプレイ(ADVISE)の基礎的実時間システムの開発」，日本音響学会電気音響/聴覚研究会資料，EA2002-50，25-30(2002).
5. Shouichi Takane, Yôiti Suzuki , Tohru Miyajima and Toshio Sone, "A new theory for high definition virtual acoustic display named ADVISE," Acoust. Sci. Tech., 投稿中。
6. Shouichi Takane, Shusuke Takahashi, Y^oiti Suzuki and Tohru Miyajima, "Elementary real-time implementation of a virtual acoustic display based on ADVISE," Acoust. Sci. Tech., 掲載決定(2003)。

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A07

学際的新領域プラズマの基礎と応用

[1]組織

代表者：畠山力三（東北大学大学院工学研究科）
責任者：庭野道夫（東北大学電気通信研究所）
分担者：
田路和幸（東北大学大学院工学研究科）
川添良幸（東北大学金属材料研究所）
寒川誠二（東北大学流体科学研究所）
平田孝道（東北大学大学院工学研究科）
金子俊郎（東北大学大学院工学研究科）
大原　渡（東北大学大学院工学研究科）
藤原民也（岩手大学工学部）
佐々木悉彦（宮城工業高等専門学校）
八井　浄（長岡技術科学大学工学部）
佐藤直幸（茨城大学工学部）
金山敏彦（産業技術総合研究所）
斉藤直昭（産業技術総合研究所）
小松正二郎（物質・材料研究機構）
阿知波洋次（東京都立大学理学研究科）
和田節子（電気通信大学量子・物質科学）
大谷俊介（電気通信大学レーザ新世代研）
佐伯紘一（静岡大学理学部）
三重野哲（静岡大学理学部）
永津雅章（静岡大学工学部）
石黒静児（核融合科学研究所）
田中基彦（核融合科学研究所）
田中雅慶（核融合科学研究所）
菅井秀郎（名古屋大学大学院工学研究科）
門田　清（名古屋大学大学院工学研究科）
篠原久典（名古屋大学大学院理学研究科）
大澤幸治（名古屋大学大学院理学研究科）
庄司多津男（名古屋大学大学院工学研究科）
堀　勝（名古屋大学大学院工学研究科）
斎藤弥八（三重大学工学部）
際本泰士（京都大学総合人間学部）
前川　孝（京都大学大学院理学研究科）
橘　邦英（京都大学大学院工学研究科）
林　康明（京都工芸繊維大学工芸学部）
三宅正司（大阪大学溶接工学研究所）
奥　健夫（大阪大学産業科学研究所）
西原功修（大阪大学レーザ研センター）
中山喜萬（大阪府立大学大学院工学研究科）
福政　修（山口大学工学部）
伊藤早苗（九州大学応用力学研究所）
河合良信（九州大学総合理工学研究科）
渡辺征夫（九州大学大学院システム情報科）
藤山　寛（長崎大学工学部）
藤田寛治（佐賀大学理工学部）

研究費：校費　477,000円，旅費　843,000円

[2]研究経過

プラズマ科学は，21世紀の重点的分野と注目されている環境・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与している。これはプラズマが非線形，非平衡，不安定，反応性等多様な特質を有する物質状態であることに起因する。ここで，プラズマ理工学の発展の歴史的経過を踏襲した上で，学際的新領域プラズマに関する開拓的研究を行い，その基礎を確立することを目的としている。

本プロジェクトは昨年度に準備調査研究を行い，その結果を踏まえて上記の目的を遂行するべく，非線形科学の最前線である不安定性の非線形発展・分岐現象からナノ科学技術であるナノサイズクラスター合成までの，基礎物理/工学的応用を包容する広範囲な分野を統合的に鳥瞰・理解するための研究会を開催した。また，プラズマを活用して，機能性ナノ構造創成に関する実験研究を展開した。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14年10月３日（木）
会場：東北大学大学院工学研究科
電気・情報館103会議室

"Linear and Nonlinear Mode Conversion in Helicon Plasmas" Konstantin P. Shamrai（Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences, Kiev, Ukrain）
"An Efficient Production of Weakly Magnetized Plasma using Rotating Electromagnetic Fields" G. Sato, W. Oohara, and R. Hatakeyama (Tohoku University)

日時：平成15年２月４日，５日
場所：東北大学大学院工学研究科

電気・情報館103会議室

第1部　プラズマの基礎科学の最前線

(1)「東北大通研共同プロジェクトと21世紀COE電気系拠点」
畠山力三（東北大学）

(2)「磁化円柱プラズマにおける電圧印加による速度シェアの形成と密度遷移現象」
篠原俊二郎（九州大学）

(3)「プラズマにおけるシアー流の安定化・不安定化効果」
龍野智哉，吉田善章，S.M.Mahajan（東京大学）

(4)「磁化プラズマ中のフローシアー駆動不安定性」
角山北斗，金子俊郎，畠山力三（東北大学）

(5)「プラズマ中の反E×B三極渦」
田中雅慶，岡本敦，吉村信次（核融合科学研究所）

(6)「非中性プラズマにおける渦の秩序構造形成」
三瓶明希夫，際本泰士（京都大学）

(7)「回転磁化プラズマの径方向イオン流，閉じ込め，不安定性」
佐伯紘一，安田哲，近藤益生，近藤真史（静岡大学）

(8)「沿磁力線電子流入射に伴うプラズマの分岐現象」
高土与明，大原渡，畠山力三（東北大学）

第2部　プラズマナノ科学技術の最前線

(9)「高気圧非平衡プラズマの構造解明とカーボンナノチューブ合成への応用」
野崎智洋，岡崎健（東京工業大学）

(10)「カーボンナノチューブのナノエンジニアリング」
中山喜萬，秋田成司（大阪府立大学）

(11)「反応性プラズマによるカーボンナノチューブ形成」
佐竹信彦，鄭求桓，平田孝道，畠山力三（東北大学）

(12)「オンウェハーモニタリングによるインテリジェント・プラズマナノプロセス」
寒川誠二，新村忠，曽田真之介（東北大学）

(13)「イオン性ソフトマター：電荷逆転と荷電高分子」
田中基彦（核融合科学研究所），A.Y.Grosberg（ミソネタ大学）

(14)「組成制御したSiクラスターの形成とSi表面への堆積」
内田紀行，L. Bolotov，宮崎剛英，金山敏彦（産業技術総合研究所）

(15)「プラズマ気相成長による結晶ナノ粒子創製と半導体バンドギャップ制御への応用」
白谷正治，甲斐幹英，古閑一憲，渡辺征夫（九州大学）

(16)「完全電離プラズマ利用の新機能性カーボンナノチューブ創製」
鄭求桓，平田孝道，畠山力三（東北大学）

(17)「液中アーク放電を用いたナノチューブおよびフラーレン状ナノ粒子の合成」
佐野紀彰（姫路工業大学）

(18)「プラズマパケットテクノロジーによるBN系機能性ナノ物質の合成」
小松正二郎（物質・材料研究機構）

本研究会では学内外を含め40名以上の参加者があり，講演が基礎から応用までの広範囲にわたっているため，専門分野をまたいで聴講者の興味を引き活発な議論がなされた。

[3]成果

（3－1）研究成果

新規採択された本研究プロジェクトにおいて，以下に示すプラズマを活用しての新機能性ナノ構造形成に関する研究成果を得た。

近年の物質科学上の大きなトピックスとして，カーボンナノチューブの発見と大量合成法の確立がある。現在，この物質の工学，医学等における応用を模索する研究が精力的に展開されている。特に，電子ドナーのアルカリ金属原子(K)列と電子アクセプターのハロゲン原子(Ⅰ)列の接合を包み込むことによって，一次元ナノ構造等の特異性からナノサイズの非線形電子素子と成り得るという結果が理論・計算機シミュレーション研究において報告されている。以上の研究背景を踏まえた上で，注入エネルギーと入射量の制御性に優れたプラズマ理工学の手法を駆使して，特定の原子及び分子，もしくはその列接合等を内包した新機能を有する超分子構造（新機能性進化）単層ナノチューブを創製することを本研究の目的とする。

実験は直径10 cm，長さ132 cm の真空容器から構成されているシングルエンドQマシン装置で行っている。2,000℃以上に加熱されたタングステン板上から熱電子が放出され，アルカリ原子の接触電離によってアルカリ正イオンが生成される。このようにして生成されたアルカリプラズマは均一磁場（B = 2 kG）に沿って管軸方向に流れ，オーブンを内蔵している再昇華用円筒を通過していく。アルカリプラズマ中に存在する電子が昇華したフラーレンに付着して，アルカリ正イオンとフラーレ

ン負イオンから成るアルカリ－フラーレンプラズマが生成する。このプラズマ中に，束状単層カーボンナノチューブ（SWNTs）の固形物を分散塗布した基板を挿入し，バイアス法により１時間程度のプラズマイオン照射実験を行った。

Ⅰ．アルカリ金属単体内包単層カーボンナノチューブの形成

最初に，アルカリ金属プラズマ中で負バイアスを印加して（ϕ_{ap}=－300 V）アルカリ正イオンを照射した。その結果，分散したSWNTs束が立ち上がり，しかも途中で大きく屈曲し構造変形を起こしていることが分かった。特に，アルカリ金属の中でも最もサイズの大きいCs^+(3.38 Å)を対象としてイオン照射実験を行った。Cs^+はSWNT表面の六員環間隙からは入ることができないので，SWNTsの切断された開口端から注入される可能性に期待することになる。図１に電界放出型透過型電子顕微鏡（FEG-TEM）詳細観察結果を示しているが，SWNTs内にジグザグ状物質が観察されている〔図１(左)〕。さらに，その右に示すように，直線状〔図１(右上)〕や結晶状〔図１(右下)〕）の物質の存在も明確に観察されている。このように，アルカリ金属をカーボンナノチューブに内包させることに世界的に先駆けて成功している。しかし，SWNTs内部のCs配列の形成過程や形態にはSWNTsの切断面状態と，Csの導入状態の微妙な違いが大きく影響することを示唆しており，Cs内包SWNTs（Cs@SWNTs）の形成の全容は単純ではないことが明らかになった。

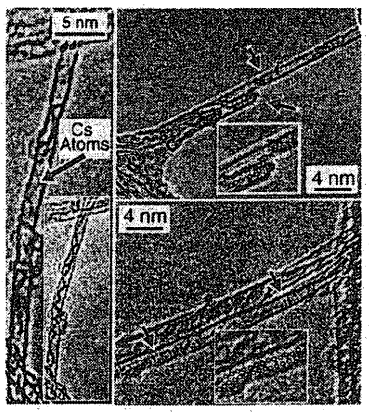


図１．Cs^+イオン照射後のFEG-TEM像の詳細。

Ⅱ．フラーレン（C_{60}）内包単層カーボンナノチューブの形成

図2は$Cs－C_{60}$プラズマを用いて基板へ正バイアス印加（ϕ_{ap}＝5～20 V）の場合のFEG-TEM観察結果を示している。複雑骨折のように切断されたSWNTが段違いに重なったり，孤立した開口端を有するSWNTが存在〔図2(b)〕しているのが見える。またこれらのSWNTs内部にC_{60}の列が観察されていると共に，一本全体にわたってC_{60}が直線的に配列しているSWNTsも存在する〔図2(ｄ)〕。従って，SWNTsの開口断面からC_{60}^-イオンが侵入してC_{60}@SWNTsが形成されたものと推察することができる。さらに形成されるC_{60}@SWNTsの形成率は，プラズマの密度と正比例することが明らかになった。このようなプラズマ中のアルカリ金属イオン照射によるSWNTsの構造変形度を定量化する目的で，ラマン分光分析を行った。その結果基板バイアスが負に深くなるにつれて，すなわち照射イオンエネルギーの増加に伴い，屈曲や端開口のSWNTsにおける構造変形度（I_D/I_Gの値）が上昇する傾向が見られLi^+，Na^+，K^+，Cs^+の順に質量の大きい場合の方が効果的であることが明らかになった。一方，アルカリ－フラーレンプラズマを用いて基板へ正バイアスを印加しC_{60}^-イオンを照射すると，構造変形に要するバイアス電圧値は数十Vであるのに対して，アルカリ正イオンの場合は絶対値が約一桁大きいマイナス数百Vであった。以上の結果から，構造変形を決定するのはSWNTへのイオン衝撃による運動量移転と考えることができる。

このようなプロセスには正・負イオン間のクーロン相互作用や加速された正・負イオンからの運動量移転によるナノ構造変形等が重要な役割を果たしているものと考えている。以上の成果はナノサイズの電子・磁気・光学デバイス開発等への応用として重要と考えられる。

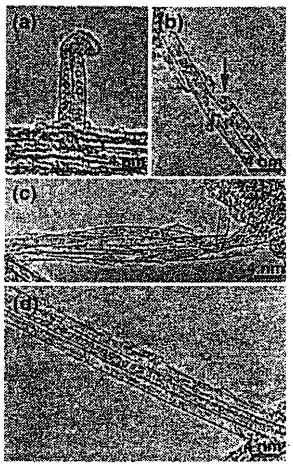


図２．$Cs－C_{60}$プラズマ中正バイアス印加によるC_{60}^-イオン照射後のFEG-TEM像の詳細。

（３－２）波及効果と発展性など

本プロジェクト研究会では，非線形科学の基礎物理分野からナノ科学技術であるナノサイズクラ

スター合成に関する工学的応用分野に渡る研究者が一同に会し，研究者同士の交流が飛躍的に活性化したばかりでなく，これら広範囲な分野の最前線を統合的に理解する第一歩を踏み出すことに成功した。また，プラズマ理工学的手法を用いてカーボンナノチューブの新規構造の創出を行っているが，これを基にした新機能性材料開発を展開すべく，ナノ科学の分野における今後の大きな発展が期待されている。

[4]成果資料

（4－1）主な研究発表

1．“C_{60} Encapsulation Inside Single-Walled Carbon Nanotubes using Alkali-Fullerene Plasma Method”, G.-H. Jeong, T. Hirata, R. Hatakeyama, K. Tohji, K. Motomiya, Carbon **40** (2002) 2247 - 2253.

2．“Fullerene-Based Nanomaterials and Novel Plasma Technology”, R. Hatakeyama, T. Hirata, and G.-H. Jeong, Bull. Cluster Sci. Tech. **5** (2002) 13 - 22.

3．“Experimental Study of Fullerene-Family Formation using Radio-Frequency-Discharge Reactive Plasmas”, H. Ishida, N. Satake, G.-H. Jeong, Y. Abe, T. Hirata, R. Hatakeyama, K. Tohji, K. Motomiya, Thin Solid Films **407** (2002) 26 - 31.

4．“Production and Control of La Plasma and Application to Fullerene-Related Material Process”, T. Hirata, Y. Otomo, and R. Hatakeyama, Thin Solid Films **407** (2002) 32 - 37.

5．“Atomic and Electronic Structures of Si-Included C_{74} Cluster Studied by HREM and Molecular Orbital Calculations”, T. Oku, I. Narita, R. Hatakeyama, T. Hirata, N.-Y. Sato, T. Mieno, and N. Sato, Diamond and Related Materials **11** (2002) 935 - 939.

6．“Dynamic Evolution of Plasma Structures due to Local Production of Massive Negative Ions”, W. Oohara, S. Ishiguro, R. Hatakeyama, and N. Sato, Journal of the Physical Society of Japan **71** (2002) 373 - 376.

7．“Generation of Negative Potential Pulses in a Massive Negative Ion Plasma”, W. Oohara, R. Hatakeyama, and S. Ishiguro, Plasma Physics and Controlled Fusion **44** (2002) 1299 - 1310.

8．“Formation and Atomic Structure of Carbon Mini-Nanotube”, T. Oku, R. Hatakeyama, T. Hirata, and N. Sato, Physica B **323** (2002) 284 - 286.

9．“Plasma Confining Potential Self-Consistently Formed by Local Electron Cyclotron Resonance in a Well-Shaped Magnetic Field”, T. Kaneko, R. Hatakeyama, N. Sato, and S. Ishiguro, Physics of Plasmas **9** (2002) 1271 - 1276.

10. “Interaction of Hydrogen-Terminated Si(100), (110), and (111) Surfaces with Hydrogen Plasma Investigated by in situ Real-Time Infrared Absorption Spectroscopy”, M. Shinohara, T. Kuwano, Y. Akama, Y. Kimura, M. Niwano, H. Ishida, and R. Hatakeyama, Journal of Vacuum Science and Technology A **21** (2002) 25 - 31.

11. “Mass Spectrometry in Weakly Ionized Plasmas using a Gifford-McMahon Cryocooled Superconducting Magnet”, T. Murakami, T. Kaneko, J. Terashima, R. Hatakeyama, S. Murase, and S. Shimamoto, Journal of Applied Physics **92** (2002) 6423 - 6427.

12. “Generation and Control of Field-Aligned Flow Velocity Shear in a Fully Ionized Collisionless Plasma”, T. Kaneko, Y. Odaka, E. Tada, and R. Hatakeyama, Review of Scientific Instruments **73** (2002) 4218 - 4222.

13. “Thermal Structure of Atmospheric Pressure Non-Equilibrium Plasmas”, T. Nozaki, Y. Unno, and K. Okazaki, Plasma Sources Science and Technology **11** (2002) 431 - 438.

14. “Carbon Nanotubes Deposition in Glow Barrier Discharge Enhanced Catalytic CVD”, T. Nozaki, Y. Kimura, and K. Okazaki, Journal of Physics D; Applied Physics **35** (2002) 2779- 2784.

15. “Observation of Bistable Density Transitions in Magnetized Plasma by Voltage-Biased Electrode”, S. Shinohara and S. Matsuyama, Physics of Plasmas **9** (2002) 4540.

16. “Kelvin-Helmholtz Instability in Beltrami Fields”, A. Ito, Z. Yoshida, T. Tatsuno, S. Ohsaki, and S. M. Mahajan, Physics of Plasmas **9** (2002) 4856 - 4862.

17. “Secular Behavior of Electrostatic Kelvin-Helmholtz (Diocotron) Modes Coupled with Plasma Oscillations”, M. Hirota, T. Tatsuno, S. Kondoh, and Z. Yoshida, Physics of Plasmas **9** (2002) 1177 - 1184.

18. “Electric Field Formation in Laboratory Plasmas”, R. Hatakayama, T. Kaneko, and N. Sato, Journal of Plasma and Fusion Research **78** (2002) 1007 - 1049.

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A08

$K_3Li_2Nb_5O_{15}$単結晶とリラクサーチタン酸鉛系単結晶の超音波マイクロスペクトロスコピー

[1] 組織

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

研究費：校費29万1千円，旅費48万1千円

[2] 研究経過

本代表研究者らは，物質・材料表面の音響特性を非接触的・非破壊的に定量計測できる直線集束ビーム（Line-Focus-Beam: LFB）超音波材料解析システムを基本とした「超音波マイクロスペクトロスコピー（Ultrasonic Micro-Spectroscopy: UMS）技術」に関する基礎研究および応用開発研究を進めている。本プロジェクトでは，オプトエレクトロニクスや弾性表面波（SAW）エレクトロニクス材料としての$K_3Li_2Nb_5O_{15}$単結晶や医用超音波診断装置の超音波プローブ用リラクサー系単結晶の開発研究に応用するもので，東北大学と富山県立大学の共同研究である。

本プロジェクトは，本年度が第１年度であった。以下，研究活動状況を記す。

本年度は以下の日程で，研究打合せ，実験及び討論を行い，研究会に発表した。

打合せ，実験及び討論：

(1) 平成14年12月16日～17日：
安達正利教授（富山県立大学）
(2) 平成15年1月21日～24日：
安達正利教授，唐木智明助教授（富山県立大学）
(3) 平成15年2月26日～29日：
安達正利教授（富山県立大学）
(4) 平成15年3月5日～7日：
唐木智明助教授（富山県立大学）
(5) 平成15年3月24日～26日：
安達正利教授（富山県立大学）

研究発表：

(1) 平成15年2月28日：圧電材料・デバイスシンポジウム2003（東北大学工学部青葉記念会館，仙台）
安達正利教授（富山県立大学）

[3] 成果

（３－１）研究成果

本年度は，以下に示す研究の成果を得た。

１．$K_3Li_{2-x}Nb_{5+x}O_{15-2x}$（KLN）単結晶の育成と評価

従来から連続充填チョクラルスキー法によりKLN単結晶の育成を行ってきた。二重坩堝の使用および充填原料の形態を考えることにより，連続充填引き上げ法を確立してきた。通常のチョクラルスキー（CZ）法と本連続充填法で得られた試料の相転移温度を熱分析法で調べた。連続充填法で得られた約２ｇの結晶の育成方向の相転移温度の変化は１℃である。組成に換算すると+0.01mol%のNb組成の変化であり，通常のCZ法よりはるかに組成変動が制御されている。化学量論比組成に近づくと結晶の異方性は増し圧電性は向上するが，結晶育成は非常に困難になる。来年度は実用化に向けて，大型かつ良質の結晶を育成することが課題である。

２．TSSG法によるインジウムニオブ酸鉛－マグネシウムニオブ酸鉛－チタン酸鉛3成分系圧電単結晶の育成

TSSG法によりPIMNT単結晶の育成を行った結果，次のことが明らかになった。

- フラックス$PbO\text{-}B_2O_3$を用いて，引き上げ速度：0～0.2 mm/hの育成条件のもと，PIMNT 結晶を得ることができる。
- 得られる結晶組成と仕込み組成に変動が生じる。
- 仕込み組成を調整することにより，$T_c > 200$℃，$T_m > 100$℃有するPIMNT単結晶を育成することができる。
- 来年度は，LFBまたは超音波顕微鏡を用いて結晶の組成変動を評価したい。

3．ランガサイト系$Ca_3NbGa_3Si_2O_{14}$単結晶の育成

RFチョクラルスキー法で$Ca_3NbGa_3Si_2O_{14}$(CNGS)単結晶育成が行われた。用いた白金製るつぼは直径および高さが50mmのものを使用した。単結晶の引き上げ軸は*X*, *Y*, *Z*軸に平行な方向に選ばれている。引き上げ速度および回転速度は，それぞれ，0.2 and 1.5mm/h，および10から20rpmであった。*Z*軸引き上げは，他の方向に比べて成長速度が極端に遅く，非常に結晶育成が困難であった。そのため，引き上げ軸は*X*または*Y*軸に平行となるように選ばれている。得られた結晶は(001)面がよく発達した平板状のもので，幅30mm，長さ50mm程度の無色透明な結晶である。その融点は1325℃である。格子定数 *a* と *c* は，XRD測定の結果0.811と0.4979nmであった。密度はアルキメデス法から4120kg/m^{3}と求まった。誘電率ε_{11}^Tとε_{33}^Tは17.6と29であった。弾性定数s_{11}^Eとs_{44}^Eは，9.09と22.8×10^{-12}m^{2}N^{-1}，c_{33}^Eおよびc_{44}^Eは22.6と4.05×10^{10}Nm^{-2}となった。電気機械結合係数k_{12}およびk_{25}は10.9と17.4%となった。

（3－2）波及効果と発展性など

本研究は，UMS技術を新世代の高品質強誘電体単結晶の育成開発に応用する初めての共同研究である。将来，エレクトロニクス研究分野においては，研究者が新しい理想的な単結晶基板を入手できるようになることを意味し，その効果は計り知れないものがある。また，本研究成果は材料研究の学術・産業分野において「材料解析・評価の基盤技術に対する新たな目標とスタンダード」を与えることができ，新しい材料評価技術としてのUMS技術と新高品質単結晶の実用化を促すことができるだろう。

[4] 成果資料

(1) Masatoshi Adachi, Mayumi Nakatsuji and Tomoaki Karaki, "Piezoelectric Properties of Potassium Lithium Niobate Single Crystals", Ferroelectrics, Vol. 262, pp. 257-262 (2001).

(2) Tomoaki Karaki, Masatoshi Adachi, Yasuhara Hosono and Yohachi Yamashita, "Distribution of Piezoelectric Properties in $Pb[(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_{0.7}Ti_{0.3}]O_3$", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 41, No. 4A, pp. L402-L404 (2002).

(3) Masatoshi Adachi, Yuzuru Sawada, Takeo Funakawa and Tomoaki Karaki, "Growth of Langasite Family Compounds for Bulk and SAW Applications", Ferroelectrics, Vol. 273, pp. 89-94 (2002).

(4) Tomoaki Karaki, Maki Nakamoto and Masatoshi Adachi, "Top-Seeded Solution Growth of $Pb[(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.93}Ti_{0.07}]O_3$ Single Crystals", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 41, No. 11B, pp. 6997-6999 (2002).

(5) 安達　正利，唐木　智明，櫛引　淳一，荒川元孝, "ランガサイト系$Ca_3NbGa_3Si_2O_{14}$単結晶の育成", 圧電材料・デバイスシンポジウム2003，東北大学，2003，pp.47-50.

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/A09

偏波モード分散測定に関する研究

[1]組織

研究代表者：波平宜敬
（琉球大学工学部電気電子工学科）
東北大学通研対応教官：伊藤弘昌
（東北大学電気通信研究所）
研究分担者：鄒　念育
（東北大学大学院工学研究科）
桂　純也
（琉球大学大学院理工学研究科）
研究費：校費　30万円
旅費　30万円

[2]研究経過

現代社会では増大し続ける情報のために，そのバックボーンである光ファイバ通信技術のさらなる高速化とブロードバンド化が不可欠である。伝送速度が10Gbit/sから40Gbit/s以上になると，これまで問題視されなかった偏波モード分散(Polarization Mode Dispersion: PMD)や非線形性という新たな要因により，光ファイバ内の光パルス信号が劣化することが明らかになってきている。中でも偏波モード分散は，光ファイバに生じるわずかな複屈折に基づく群遅延時間差により伝送特性の劣化を生じさせるもので，敷設された光ファイバでの定量的なPMD測定と補償は今後ますます重要となって来ることが考えられる。これまで，東北大学電気通信研究所のグループで周波数シフト帰還型(FSF)レーザ光源を新たに開発した。FSFレーザは，共振器内に音響光学素子を挿入し周波数シフトを受けた1次回折光をレーザー媒質に帰還することにより発振するレーザであり，理想的な線形チャープ光源である。さらに周波数領域リフレクトメトリ計測による群遅延時間差測定法を提案し，試作したシステムによる偏波モード分散の実証測定を行うとするものであった。偏光モード結合がない場合は，他のPMD測定法の結果であるITU-T（国際電気通信連合：波平氏@琉大がコーディネータ）PMDラウンドロビン測定と一致するが，ランダム偏光モード結合がある場合には，一致しないことが確認されている。そこで，琉球大学が有するランダム偏光モード結合におけるPMD測定法に関する知見をベースに東北大学と琉球大学で共同研究を行うことにより，FSFレーザを用いたPMD測定法でも，ランダム偏光モード結合状態におけるPMD測定が可能となる測定アルゴリズムを探求することが目的である。本研究課題は東北大学電気通信研究所と琉球大学工学部電気電子工学科のグループで共同研究を遂行し，以下に本年度の研究活動内容を報告する。

本年度は，研究代表者波平の3回にわたる東北大学訪問（平成14年7月27日～7月29日），（平成14年12月4日～12月7日），（平成15年2月5日～2月7日，別用件兼務出張）により，打合せとPMD測定に関する理論モデルと測定アルゴリズムについて比較検討を行った。また，琉球大学が有するITU-T PMDラウンドロビン測定用サンプルを東北大学に郵送し，東北大学が開発したPMD測定システムを用いて実験を行った[1,2,3]。

[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[1,2,3]。

(1) ランダム偏光モード結合状態における光ファイバでも，周波数シフト帰還型レーザを用いた光周波数領域リフレクトメトリ法を用いて偏光主軸の群遅延時間差を直接測定が可能であることを理論的に示した。そこで，図1に偏光主軸というモデルで提案した方法の有効性を示した。

(2) 上述モデルに基づき試作した群遅延時間差自動測定システムを用いた各種光ファイバのPMD測定を行った。実験は，偏波モード結合の無い偏波面保存光ファイバと，偏波モード結合の有る通常のシングルモード光ファイバを測定した結果，理論値と比較的良い一致を示すことが分った。また，光ファイバのPMDの両端測定と，フレネル反射を利用した片端測定においても理論値と良く一致し，システムの構成上の柔軟性を高めた。得られたPMDの測定精度は，約±0.02psで，図2に測定例を示す。

(3) ITU-T PMDラウンドロビン測定用サンプルについて測定し，国際的な持ち回りで行った測定結果との比較も行い，図3に，測定の比較結果を示す[3]。

図3で，IF:Interferometric, FA: Fixed Analyzer JME: Jones Matrix Eigenanalysis, PS: Poincare Sphere, SOP: State of Polarization　を表す。

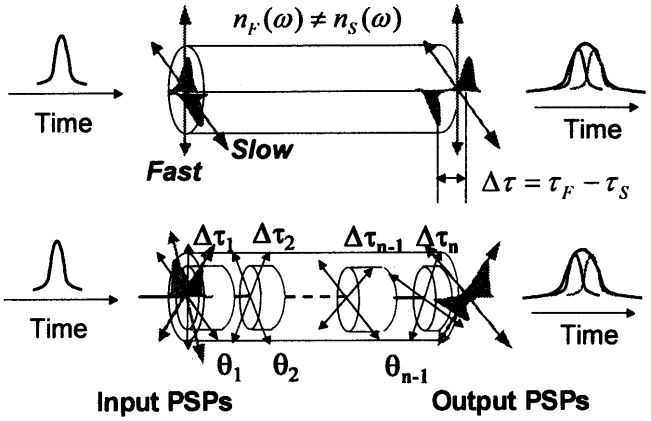


図1　偏波モード結合無し（上）と結合有り（下）光ファイバにおける群遅延時間差の定義及びモデル

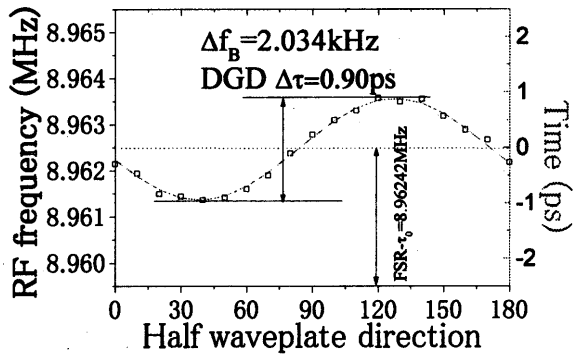


図2　周波数領域リフレクトメトリ計測による群遅延時間差測定例

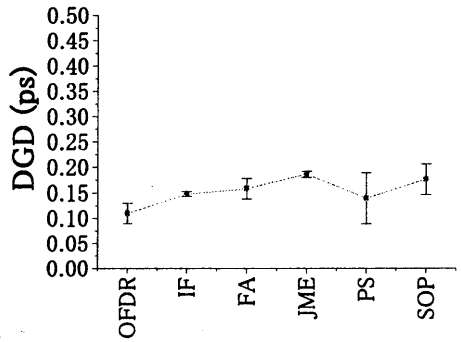


図3　ITU-T PMDラウンドロビン測定用サンプル(DSF)の比較

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究は偏波モード結合のない偏波面保存光ファイバと偏波モード結合の有る通常のシングルモード光ファイバ両方共に有効である周波数領域リフレクトメトリ計測による群遅延時間差測定法による偏波モード分散測定の理論と実証実験を行うものであった。本年度が第一年目であるので，周波数シフト帰還型レーザの波長同調を利用した群遅延時間差の波長依存性測定を提案しているが，実験的検討については次のステップである。さらに測定の安定化やコンパクト化への一つのアプローチとして，導波路型音響光学素子を用いた周波数シフト帰還型レーザも提案しており，今後の展開が期待される。

今後，東北大学で開発したＰＭＤ測定法[1,2,3]と琉球大学で開発したＰＭＤ測定法[4,5]の比較検討を行うことにより，ＰＭＤエミュレータ，ＰＭＤ補償及びＰＭＤ-OTDR等の新しい研究へと発展していく可能性がある。

[4]成果資料

[1] N. Zou, M. Yoshida, Y. Namihira and H. Ito, "PMD measurement based on delayed self-heterodyne OFDR and experimental comparison with ITU-T round robin measurements," Electron. Lett., Vo.38, No.3, p.115~116, 2002.

[2] N. Zou, T. Hara Y. Namihira* and H. Ito, "Polarization mode dispersion measurements of optical fibers based on optical frequency domain reflectometry technique," Annual Report of Ito. Lab, RIEC, Tohoku University

[3] N. Zou, T. Hara Y. Namihira* and H. Ito, "Polarizationmode dispersion measurements of optical fibers based on optical frequency domain reflectometry technique," to be submitted in IEEE, JLT 2003.

[4] 桂純也，波平宜敬："1x32 AWG の偏波モード分散(PMD)測定",電子情報通信学会　2002年ソサイエティ全国大会，B-13-4, p.461, 2002.

[5] 桂純也，波平宜敬: "1x32 AWG の伝送特性測定",電子情報通信学会　光ファイバ応用技術研究会，信学技報OFT2002-60, 2002.

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/B02

プラズマ加速現象の基礎と応用

[1] 組織

代表者：犬竹正明（東北大学工学研究科）
責任者：横尾邦義（東北大学電気通信研究所）
分担者：安藤　晃（東北大学工学研究科）
服部邦彦（東北大学工学研究科）
佐宗章弘（東北大学流体科学研究所）
高山正和（秋田県立大学システム科学）
渡部政行（岩手大学工学研究科）
西田　靖（宇都宮大学工学研究科）
斉藤和史（宇都宮大学工学研究科）
市村　真（筑波大学プラズマ研）
斉藤輝雄（筑波大学プラズマ研）
北條仁士（筑波大学プラズマ研）
池畑　隆（茨城大学理工学研究科）
荒川義博（東京大学工学研究科）
小野　靖（東京大学工学研究科）
吉田善章（東京大学新領域研究科）
都木恭一郎（宇宙科学研究所）
津島　晴（横浜国立大学工学部）
大澤幸治（名古屋大学理学研究科）
上村鉄雄（核融合科学研究所）
長山好夫（核融合科学研究所）
田中雅慶（核融合科学研究所）
田原弘一（大阪大学基礎工学研究科）
永田正義（姫路工業大学工学研究科）
草野完也（広島大学先端物質科学研）
佐藤浩之助（九州大学応用力学研究所）
間瀬　淳（九州大学先端科学技術共同研）
秋山秀典（熊本大学工学研究科）
研究費：校費5万円，旅費：49万円

[2] 研究経過とその成果

宇宙プラズマや核融合プラズマ研究では時間的に変化する場における動的な電磁流体的挙動が注目を集めている。なかでもプラズマ加速現象は，荷電粒子の加速と異なり，準中性条件を満たしたプラズマが電磁場との相互作用により超音速流域へ加速される現象で，多くの応用分野があるにも関わらず未だ十分な研究が行われていない。本研究は，様々な電磁場中で起こるプラズマ加速現象を統一的に理解し，これを応用する事を目的としている。宇宙プラズマにおけるプラズマジェットやバウショック等の基礎過程の解明だけでなく，電気推進機への応用や高密度プラズマ流を使った材料開発など幅広い応用につながる研究である。

本年度は，上記の目的を遂行すべく実験室プラズマにおける基礎的な物理分野に加え，物質創製や環境工学への応用についての研究会を行った。以下，研究活動状況の概要を記す。

（研究討論会開催状況）

第1回
日時：平成14年12月10日（火）10：00～12：00
会場：東北大学工学部電気情報館174ゼミ室
1)「DBDリアクターによるディーゼル排ガス処理」
高木浩一（岩手大工学研究科）
2)「水中アーク放電による水処理実験」
服部邦彦（東北大工学研究科）
3)「大気圧グロー放電の流れの影響」
百瀬好二(東北大工学研究科)

第2回
日時：平成14年12月10日（火）13：00～14：30
会場：東北大学工学部電気情報館451・453会議室
「Plasma　Water　Treatments」
Jen-Shih Chang（McMaster University）

上記の2回の研究会は，プラズマ中で加速されたイオンや電子が中性粒子と衝突することにより生じる活性分子ならびにプラズマ自身を利用して有害物質の除去などの環境改善に利用するものである。これらの発表から最近の研究動向や問題点などが指摘された。

第3回
日時：平成15年1月9日（木）13：00～15：00
会場：東北大学工学部電気情報館174ゼミ室
1)「MPDアークジェットの内部プラズマ診断」
杵淵紀世志（宇宙科学研究所）
2)「MPD出口近傍におけるプラズマの詳細計測」
戸張博之（東北大工学研究科）

上記の2件の発表は，宇宙電気推進機の性能向上を目的とて，詳細な物理計測を行った結果および検討についての報告があった。

第4回
日時：平成15年1月27日13：30～15：00
会場：東北大学工学部電気情報館174ゼミ室
「FDP法によるマッハ数の計測」
斉藤和史（宇都宮大工学研究科）

プラズマ加速の流速を測定するための新しい計測手法として，FDP(Faced-Double-Probe)法の概念および実験方法の紹介があった。

第5回
日時：平成15年2月27日（木）9：10～17：00
会場：東北大学工学部電気情報館　103会議室
1）「電流によるアルヴェン波励起」
津島　晴（横浜国立大学工学部）
2）「高速プラズマ流中のアルヴェン波励起と伝搬」
谷貝　剛（東北大学工学研究科）
3）「トロイダル・アルヴェン固有モード（TAE）の非線形シミュレーション」
藤堂　泰（核融合科学研究所）
4）「JT-60における最新成果」
武智　学（日本原子力研究所那珂研究所）
5）「非平衡プラズマの最近の研究とその応用」
神藤正士（静岡大学工学部）
6）「環状高エネルギー電子の形成と磁場揺動」
田中雅慶（核融合科学研究所）
7）「ミラー磁場中におけるRF加熱」
市村　真（筑波大学プラズマ研究センター）
8）「磁気浮上内部導体トーラス装置の建設と実験」
小川雄一（東京大学高温プラズマ研究センター）
9）「東北大学ヘリアック装置における電子注入による径方向電場の制御実験」
北島純男（東北大学工学研究科）
10）「MPDプラズマにおける加速電磁場の評価」
戸張博之（東北大学工学研究科）

講演内容としては，プラズマ電磁流体現象の計算機シミュレーションや実験結果および，プラズマ応用研究についての報告がされた。

津島氏により，プラズマ生成にMPDアークジェットを用いたTPH装置では，MPDの出口近くの領域でMHD揺動が観測され，その揺動がMPDから離れた領域で200ｋHzおよび100ｋHzの周波数を中心にそれぞれｍ＝+1とｍ＝0の方位角方向のモードで伝播している測定結果とMPDからプラズマへ流れ出た電流の影響を評価するために行われたMHD波動の解析および数値計算の結果について報告があった。

谷貝氏により，軸対称コンプレッショナルアルヴェン波（CAW）をループ型アンテナによって，また，軸対称シアアルヴェン波（SAW）をロゴスキー型アンテナによってそれぞれ励起し，これまで行われていない高密度，高電離，高速プラズマ条件のもとでの伝搬特性が調べられた。その結果，強磁場では伝搬特性は流れを考慮した分散関係と良く一致し，弱磁場では異常分散が観測され，電離度55％の理論曲線とよく一致した。磁気ビーチ配位中で軸対称SAWを励起したところ，イオンサイクロトロン共鳴点より下流でイオン加熱が確認されたとの報告があった。

藤堂氏により，トロイダル・アルヴェン固有モード（TAE）の時間発展を計算機シミュレーションで行い，TFTRにおいて観測されたTAEバーストと高速イオン損失を再現し，高速イオン損失の物理機構が「複数モードの共鳴の重なり」と「単一モードの非線形共鳴の重なりによる位相空間内のKAM面の消失」であることを解明したとの報告があった。さらにJT-60Uにおけるアルヴェン固有モードの速い周波数変調をシミュレーションで再現することに成功した。

武智氏により，JT-60UではITER物理R&Dへの貢献とITERやDEMOでの先進トカマク運転の進展を主な目的として研究を行っているとの報告があり，物理的には負磁気シアプラズマでの電流ホールの発見や，新型アルヴェン固有モードの提唱とその同定等が紹介された。

神藤氏により，諸外国における熱電子発電の研究開発動向を紹介され，太陽エネルギー利用熱電子発電“Solar TEC”の成果と課題の報告があった。また，大気圧非平衡プラズマとして沿面放電を取り上げ，バリアー放電との比較において，その特性と利用方法が述べられた。

田中氏により，電子サイクロトロン共鳴プラズマ中で，熱速度の10倍程度に加速された高エネルギー電子群が生成されることが確認された。この詳細な実験を行った結果，環状の空間構造を有すること，またプラズマのある点を境にして反対方向に噴出していることなどが明らかにされたとの報告があり，今後，磁気流体現象と加速機構との関係を調べる必要があるとの課題が指摘された。

市村氏により，比較的密度の低いミラープラズマの加熱は，プラズマとICRF波動の波長が同程度であるため，その励起は固有モードの形成に強く影響される。このため，従来より高い周波数の高次高調波(HHFW)を導入した実験を行ったとの報告があった。その結果，密度の上昇とともに径方向に異なる構造を持つ固有モードの励起と高調波共鳴加熱に起因する高エネルギーイオンの生成が観

測された。

小川氏により，高速プラズマ流を伴うプラズマの新たなる緩和配位の探求と，そこでの超高ベータプラズマ閉じ込め研究を目指して，磁気浮上内部導体トーラス装置Mini-RTを建設しているとの報告があった。この装置は，直径１ｍの真空容器内に直径30 cm，重さ20 kgの高温 超伝導コイルを磁気浮上させるものであり，トロイダル方向の高速プラズマ流は，径電場によるE×Bで駆動される。現在，ECHによるプラズマ実験が開始された。

北島氏により，東北大ヘリアック装置において，LaB_6製の熱陰極に負の電圧を印加し，電極電圧，電極電流，径方向電界との関係を評価したとの報告があった。その結果，径方向電界は，電極電流に比例し定電流電源を用いて外部から制御できることが確かめられた。また，ポロイダル回転の駆動力は理論式（Rozhansky model）と定性的に一致し，プラズマが負性抵抗を示す領域において，ポロイダル回転の駆動力は一定のまま保持されていることが分かった。

戸張氏により，電気推進機の１つであるMPDスラスタは，化学燃料ロケットに比べ燃料の噴出速度が大きく，惑星間航行などに利用する高効率推進機として期待されていて，MPDスラスタの推進性能向上のため，外部磁場印加する実験が行われてきたが，そのプラズマ加速機構は複雑であり未だ明らかになっていないとの紹介があり，MPD近傍に形成される電磁力加速場を実験的に評価した結果を用いて，外部磁場印加型MPDスラスタの加速機構の検討がなされた。

研究会の参加者は，学内外を含め５０名以上であった。各講演内容に対して参加者による活発な討論が行われ，実験室プラズマにおける理論的，実験的側面ならびに応用についての理解に大きく寄与した。

[3] 波及効果と発展性など

本プロジェクト研究会は，本年度で最終年となるが，さまざまな研究者や学生が一同に会し研究者同志の交流が飛躍的に活性化した。特に電磁流体現象およびプラズマ加速の広範な物理現象を多角的，統一的な描像をとらえ，その問題点を明らかにすることができた。その結果，宇宙から実験室プラズマまでの広範囲にわたる学問的波及効果が期待され，基礎分野ばかりでなく工学的応用としての核融合発電，宇宙電気推進機，環境応用工学への発展に寄与し，そしてさらに新しい研究の領域の拡大と発展が期待される。

[成果資料]

(1) Y.Amagishi, T.Hishida, et al., J.Phys. Soc. Jpn., Vol.17, No.9, 2164(2002).
(2) T. Muramatsu, A.Ogino, et.al., Trans. IEE of Japan, Vol.122-A, No.10,906(2002).
(3) M.R.Talukder, D.Korzec,and M.Kando, J.Appl. Phys., Vol.91, No.12, 9529(2002).
(4) O.Atsushi, H.Kazuhisa, et al., J. Plasma Fusion Res., Vol.78,No.11, 1143(2002).
(5) M. Ichimura et al., Trasncations of Fusion Science and Technologys, Vol.43, No.1T, 69(2003).
(6) Y.Todo, H.L.Berk, B.N.Breizman,Proc. of 19th IAEA Fusion Energy Conf.,(Lyon, 2002).
(7) S.Kitajima, S.Nakanishi, H.Hashizume, Int. J. of Applied Electromagnetics and Mechanics Vol.13,381(2001/2002).
(8) M. Takechi, A.Fukuyama, et al., Proc. of 19th IAEA Fusion Energy Conf., (Lyon, 2002), EX/W-6.
(9) T.Yagai, R. Kumagai, et al., Porc. of 11th Int. Congress on Plasma Physics (Sydney,2002).
(10) H.Tobari, K. Yoshino, et al., Proc. of 11th Int. Congress on Plasma Physics (Sydney, 2002).
(11) R.Hiwatari, T.Takizuka, et al., Plasma Phys.Control. Fusion Vol.44, A445(2002).
(12) K.Hattori, T.Saito, H.Makino, The Papers of Joint Technical Meeting on Plasma Science and Technology and Pulsed Power Technology, IEE Japan, PST-02-77 / PPT-02-34, 85(2002).
(13) M.Inutake, A.Ando, K.Hattori, et al., Transcations of Fusion Technology, Vol. 43, No.1T, 118(2003).
(14) A.Ando, A.Imasaki, H.Tobari, et al., Transcations of Fusion Technology, Vol.43, No.1T, 130(2003).
(15) M.Inutake, A.Ando, K.Hattori, et al., J. Plasma Fusion Res. 78, 1352(2002).

課題番号　H12/B03

ナノ構造磁性体の形成と機能に関する研究

[1] 組織

代表者：荒井 賢一
（東北大学電気通信研究所）

責任者：井上 光輝
（豊橋技術科学大学電気・電子工学系）

分担者：
山口正洋（東北大学電気通信研究所）
石山和志（東北大学電気通信研究所）
島田　寛（東北大学科学計測研究所）
北上　修（東北大学科学計測研究所）
岡本　聡（東北大学科学計測研究所）
武野幸雄（東北大学科学計測研究所）
高梨弘毅（東北大学金属材料研究所）
三谷誠司（東北大学金属材料研究所）
石井　清（宇都宮大学工学部）
山口一弘（茨城高専電子情報工学科）
田中雅明（東京大学大学院）
阿部正紀（東京工業大学工学部）
北本仁孝（東京工業大学工学部）
佐藤勝昭（東京農工大学工学部）
竹村泰司（横浜国立大学工学部）
岩田　聡（名古屋大学工学部）
藤井壽崇（愛知工科大学工学部）
鈴木孝雄（豊田工業大学大学院）
森迫昭光（信州大学工学部）
辻本浩章（大阪市立大学工学部）
本多茂男（島根大学工学部）
山崎二郎（九州工業大学工学部）
竹澤昌晃（九州工業大学工学部）
加島　篤（北九州高専電気工学科）
八木正明（崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究所）
福永博俊（長崎大学工学部）
中野正基（長崎大学工学部）
山城康正（琉球大学工学部）
伊崎昌伸（大阪市立工業研究所）
梅澤浩光（FDK㈱基礎研究部）

研究費：校費　5万円　　旅費 99万6千円

[2]　研究経過

グラニュラー磁性薄膜や磁性フォトニック結晶あるいは磁性ドットなどのように，ナノ構造を導入した磁性体は連続体構造磁性体では発現しない新たな磁気的性質を示すことから，新しい機能性磁気デバイスを実現する構成媒体として高い魅力を備えている。例えばグラニュラー磁性薄膜では，軟磁性・高抵抗・高磁気異方性の共存，大きなトンネル磁気抵抗効果，量子サイズ効果，磁気光学効果の増大，あるいは保磁力の増大現象などが報告されている。また磁性フォトニック結晶では極めて大きな磁気光学効果やフォトニックバンドギャップ形成に伴う新規の磁気光学効果などが報告されている。しかしこれらナノ構造磁性体のユニークな磁気特性発現機構の解明は未だ十分に行われておらず，高性能なナノ構造磁性体を得る条件は未だ混沌とした状態にある。またこのようなナノスケール磁性体を形成する手法として，従来の微細加工技術や自己組織化的形成技術が用いられているが，スループットが高くかつ精度のよい形成手法確立も重要な問題として残されている。

本プロジェクト研究会では，ナノ構造磁性体が示すユニークな磁気特性の起源解明を目的として，磁気デバイスキャリアとして重要なナノ構造磁性体の電気伝導特性や光伝搬特性，さらにはダイナミックな磁気現象を，電子スピンに立脚した磁性物理的立場から総合的に探求することを目的とする。また併せて，数nmから数百nmスケールの規則（不規則）構造を有するナノ構造磁性体を精度よく形成する手法の確立を目指す。

本年度は，日本学術振興会日韓共同研究ならびに電気学会マグネティックス技術委員会「ナノスケール磁性構造体」調査専門委員会との連携により当該プロジェクトを推進した。表1に，本プロジェクト研究会と日本学術振興会日韓共同研究との合同で開催した研究会（2003.1.14）の発表論文のリストを示す。また，電気学会マグネティックス研究会との共同して開催した研究会（2003.1.15-16）では，本プロジェクト研究会が調査研究対象とするナノ構造磁性体に関係するものとして，表2に示す発表があり，詳細な技術討議を行った。

また，これらの研究会での調査研究とは別に，東北大学電気通信研究所の施設を利用したナノスケール磁性体に関する研究と研究討議を行った。

これらをまとめて表３に示す。

表１　本プロジェクト研究・JSPS日韓共同研究合同研究会発表論文

題　目	著　者
STM study of atomic diffusion on Au(111) surface	J. Y. Kim, H. Uchida, K. Yoshida, H. J. Kim, K. Nishimura and M. Inoue (Toyohashi Univ. Tech.)
Magneto-optic spatial light modulators	J. H. Park*, J. K. Cho**, H. Uchida, K. Nishimura and M. Inoue*,*** (*Toyohashi Univ. Tech., **Gyeongsang Natil' Univ., ***JST- CREST)
On the fabrication of magnetostrictive composites	S. H. Lim (KIST)
Soft magnetic properties of Fe-X-N nanocrystalline thin films	J. Kim, I. Kim, H. J. Jeon, and S. K. Han (Hanyang Univ.)
Magnetic garnet films for themal pixellation	J. K. Cho (Gyeongsang Natl' Univ.)
Micro-magnetic sensors using amorphous materials	G. S. Gong* and K. H. Shin** (*Dong-A Univ., **Kyungsung Univ.)
Microwave absorber used for mobile tele-communication frequency band	S. S. Kim (Chungbuk Univ.)
Trial application of spin-sprayed ferrite films for RF nose suppressors over an on- wafer coplanar transmission line	K. H. Kim*, M. Yamaguchi*, K. I. Arai:*, N. Matsushita** and M. Abe** (*Tohoku Univ., **Tokyo Inst. Tech.)

表2　電気学会マグネティックス研究会と共同で開催した研究会での発表論文

題　目	著　者
磁界誘導電気分極する強磁性ナノ酸化物薄膜－新しいME材料の可能性について－	藤井壽崇（愛知工科大），加島　篤（北九州高専），井上光輝（豊橋技科大）
L10-FePt系合金薄膜の低温形成	高橋一磨，内田裕久，西村一寛，井上光輝（豊橋技科大）
C-axis oriented Ba-ferrite thin films with small grain	N. N. Shams, M. Matsumoto, and A. Morisako（信州大）
鉄添加酸化亜鉛膜の加熱相変態と磁気的性質の変化	伊崎昌伸，瀧野敦史（大阪市立工研），藤田直幸（大阪府立高専）田坂明政（同志社大），松村安行（地球環境産業技術研究機構）
3次元磁性フォトニック結晶の形成	阿武和男，内田裕久，西村一寛，井上光輝（豊橋技科大）
ナノスケール磁性構造体の非線型光学・磁気光学特性	吉田孝志（豊橋技科大）T. V. Dolgova, R. V. Kapra, T. V. Murzina, A. A. Fedyanin, O. A. Aktsipetrov（Moscow State Univ.）内田裕久，西村一寛，井上光輝（豊橋技科大）
GaAs：MnAsグラニュラー構造の磁気光学効果と光照射の影響	小川智之（JST-PRESTO），田中雅明（東大）
グラニュラートンネル型GMR薄膜におけるマトリックス酸化物の比誘電率および強磁性体の粒径の影響について	武野幸雄，島田　寛（東北大）
Fe系ナノ結晶薄帯に誘導したクリープ異方性の低温熱暴露による異方性の安定化	柳井武志，山崎成司，高橋賢一郎，中野正基，福永博俊（長崎大）
Fe-Zr-TM-B-C(TM=Nb or Mn)ナノ結晶合金における磁気特性	上野剛士，山本健一，山城康正（琉球大）
無方向電磁鋼板の磁気特性におよぼす形状と加工の影響	阿部憲人，新井　聡（新日鉄）
微細磁性体の磁区と磁化過程	竹澤昌晃，森　智礼，山崎二郎（九州工大）
ナノグラニュラー磁性薄膜の電磁波抑制効果	名倉秀明，大沼繁弘，増本　健（電磁研）
マグネティックトンネルトランジスタにおける出力電流の磁界依存性	廣瀬貴一，藤原裕司（三重大），神保睦子（大同工大），小林　正，増田守男（三重大）

表３　その他の共同研究

年月日	内　容	研究者
2002 5.24-26	FeRh系薄膜の磁気特性評価	杤修一郎（岐阜大）
2002 6.25	ナノ構造磁性体評価法に関する調査	井上光輝（豊橋技科大）
2002 6.25-26	室温フェライトめっき法を利用した磁気マイクロマシン技術に関する調査	西村一寛（豊橋技科大）

[3] 成果

(3−1) 研究成果

本年度は，昨年度から引き続き，ナノスケール磁性体の機能の観点から共同プロジェクト研究を実施した。具体的には，絶縁体マトリックス中に金属磁性超微粒子が分散したグラニュラー構造磁性体や，透光性磁性体を用いた磁性フォトニック結晶，あるいは金属多層膜や磁性半導体，磁性超微粒子である。本年度は特に，これらのナノ構造磁性体で，昨年度からチャレンジされていた非線形磁気光学特性が解明され，後述する学術論文として掲載された。また，JSPS日韓共同研究事業を通じて，本プロジェクト研究との連携でこの分野における日本・韓国双方の研究者による国際共同研究会が実施され，当該分野における更なる連携強化を図ることができた。

(3−2) 波及効果と発展性

ナノスケール磁性体に関する研究は，既に応用のステージに入っている研究領域もある。例えば，磁気記録におけるパターンドメディアや，磁性フォトニック結晶を用いた空間光変調デバイスなどがある。本年度はこれらの研究成果に関する報告もあり，今後の展開が楽しみな分野である。次年度は新たな研究会として，ナノ磁性体の応用の観点からも調査研究を推進する予定である。

[4] 成果資料

(1) Morisakoa, T. Naka, K. Ito, A. Takizawa, M. Matsumoto,Yang-Ki Hong, *Properties of Ba-ferrite/AlN doublelayered _lms for perpendicular magnetic recording media,* J. Magn. Magn. Mater., vol.242-245, pp.304-310, (2002).

(2) H. Shimizu and M. Tanaka, *Design of semiconductor-waveguide-type optical isolators using the non-reciprocal loss/gain in the magneto-optical waveguides having MnAs nanoclusters,* Appl. Phys. Lett. vol.81, pp.5246-5248 (2002).

(3) H. Shimizu and M. Tanaka, *Blueshift of magneto-optical spectra and ferromagnetic ordering in (GaMn)As/AlAs ultrathin (<5nm) heterostructures,* J. Appl. Phys. vol.91, pp.7487-7489 (2002).

(4) A. Kajima, R. Nakayama, T. Fujii, M. Inoue, *Variation of dielectric permeability by applying magnetic field in nano-composite Bi_2O_3-Fe_2O_3-$PbTiO_3$ sputtered films,* J. Magn. Magn. Mater., vol.258-259,pp.597-599 (2003).

(5) H. Fukunaga, H. Tanaka, T. Yanai, M. Nakano, K. Takahashi, Y. Yoshizawa,, *High performance nanostructured cores for chock coils prepared by using creep-induced anisotropy,* J. Magn. Magn. Mater., vol.242-245, pp.279-281 (2002).

(6) T. Yanai, H. Tanaka, K. Takahashi, M. Nakano, H. Fukunaga, Advancement in fabrication process of Fe-Cu-Nb-Si-B thin sheets with creep-induced anisotropy for choke cores, J. Magn. Magn. Mater., vol.242-245,pp.276-278 (2002).

(7) A. A. Fedyanin, T. Yoshida, K. Nishimura, G. Marowsky, M. Inoue and O. A. Aktsipetrov, Nonlinear magneto-optical Kerr effect in gyrotropic photonic band gap structures: magneto-photonic microcavities, J. Magn. Magn. Mater., vol.258-259,pp.96-98 (2003).

(8) H. Uchida, S. Watanabe, H. Kuramochi, J. Y. Kim, K. Nishimura, M. Inoue, and M. Aono, Adsorbed Si on the Si(111)-(7x7) surface studied by scanning tunneling microscopic and molecular-orbital approaches: Stationary and diffusing Si adsorbates, Phys. Rev. B, vol.66, pp.161316-1 - 161316-4 (2002).

(9) A.A. Fedyanin, T. Yoshida, K. Nishimura, G. Marowsky, M. Inoue, and O. A. Aktsipetrov, Magnetization-induced second-harmonic generation in magnetophotonic microcavities based on ferrite garnets, J. Experimental and Theoretical Phys. Lett., vol.76, pp.527-531 (2002).

(10) J.H.Park, D.H.Lee, JK Cho, K. Nishimura, and M. Inoue, Effects of groove depth and patterned permalloy film on magnetization switching of LPE-garnet pixels for use in magneto-optic spatial light modulators, J. Appl. Phys., vol.91, No. 10, pp.7014-7016 (2002).

(11) J. H. Park, J. K. Cho, K. Nishimura, and M. Inoue, New Drive Line Shape for Reflective Magneto-optic Spatial Light Modulator, Jpn. J. Appl. Phys., vol.41, Part 1, No.4B, pp.2548-2551 (2002).

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/B04

ナノ構造の形成と物性機能に関する研究

[1] 組織

代表者：宇理須恒雄（分子科学研究所）
責任者：庭野 道夫
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岩澤 康裕（東京大学理学研究科）
関 一彦（名古屋大学理学研究科）
岩崎 裕（大阪大学産業科学研究所）
芳賀 正明（中央大学理工学部）
田川 精一（大阪大学産業科学研究所）
吉信 淳（東京大学物性研究所）
吉村 雅満（豊田工業大学）
谷村 克巳（名古屋大学理学研究科）
小森 文夫（東京大学物性研究所）
松井 真二（姫路工業大高度産業科学技術研）
上野 信雄（千葉大学工学部）
斎藤 峯雄（ＮＥＣ基礎研究所）
荻野 俊郎（NTT物性科学基礎研）
松本 吉泰（総研大・先導科学研究科）
竹田 美和（名古屋大学大学院工学研究科）
堀 勝（名古屋大学院工学研究科）
原 正彦（理化学研究所局所時空間機能研究チーム）
玉田 薫（産業総合技術研究所光技術研究部）
小宮山正晴（山梨大学工学部）
田部 道晴（静岡大学電子工学研究所）
服部 正（姫路工業大学高度産業科学技術研究所）
黒澤 宏（分子科学研究所）

研究費：校費150千円、旅費　746,120円

[2] 研究経過

【概要】

半導体素子製造技術は，0.1μm以下の微細化が実現されるようになり，21世紀は，量子効果を利用した新しい動作原理のデバイス，回路の考案と，その実現のための従来にない新しいプロセスの開発が必須である。このような状況を考慮して，本研究では，ナノ構造デバイスの構築を目標に，新しいナノ構造製造プロセスの開発とナノ構造体の物性評価，また，ナノ構造を利用したデバイスの設計について，電子工学，物質工学，分子科学等の幅広い研究分野の研究者の英知を結集して，今後の戦略目標を討論することを目標とした。

ナノ構造デバイス構築のためには，新規な製造プロセスの開発，製造プロセスの反応制御，構築したナノ構造体の物性評価，また，ナノ構造をベースとした新しいデバイス設計等の研究が必要である。そこで本研究では，薄膜材料プロセスや反応制御に関わってきた，材料・電子工学の研究分野ばかりでなく，物理・化学分野の研究者の英知も結集して，新しいナノ構造体の構築法とその物性機能評価についての研究会を開催した。また，必要に応じ，ナノ構造の専門家を特別講師として招聘した。

【本年度の成果】

21世紀はバイオテクノロジーの時代と言われ，生命情報処理技術を高度化することが強く望まれている。そこで，本年度は，昨年度に引き続いて，バイオエレクトロニクスデバイスも含めたナノ構造デバイスの構築を目標に，固体表面をベースとした新しいナノ構造製造プロセスの開発と，ナノ構造体の物性評価などについて，電子工学，物質工学，分子科学，バイオテクノロジー等の幅広い研究分野の研究者の英知を結集して，今後のナノ構造研究の戦略目標について討論することを目的とし，『表面を利用したバイオエレクトロニクス』に関する研究会を開催した。

研究会では，下記のトピックスについて討論した。

1．半導体表面のナノ構造
2．半導体表面および吸着系
3．表面・界面ナノ構造の評価
4．バイオ関連技術
5．ナノバイオデバイスの表面・界面制御技術

シンポジウム参加者は，大学院生を含め約５０名で，二日間にわたって活発な討論が行われた。以下に，シンポジウムのプログラムを付記する。

【2月27日(木)】

Ⅰ　半導体表面のナノ構造

「スマートナノインターコネクション」

荻野　俊郎（横浜国立大学　工学研究院）
「アクティブ原子配線網に関するＰＪの最近の成果」
三木　一司（物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所）
「Si(111)表面上Bi超薄膜における金属・絶縁体転移」
斎藤　峯雄（NIMS・東大生研）
「AFM陽極酸化を用いたタンパク質の微細パターニング」
吉信達夫（大阪大学産業科学研究所）

Ⅱ　半導体表面および吸着系
「二酸化チタン表面の原子レベルおよびナノスケール微細構造と反応性」
手老　龍吾　（分子科学研究所）
「Si (111)表面で見られるXe及びKrの特異的な相互作用と吸着構造」　李　艶君（分子科学研究所）
「Si半導体の表面修飾」　庭野　道夫（東北大通研）
【2月28日(金)】
Ⅲ　表面・界面ナノ構造の評価
「表面構造を探る直接的な手法」
虻川　匡司（東北大　多元研）
「固-液界面の液体のナノ構造」
栗原　和枝（東北大　多元研）

特別講演（１）
「薬剤反応性遺伝子多型（SNP）の簡易迅速検出とその臨床応用」
水柿　道直　（東北薬科大）
薬剤の反応性に影響を及ぼす遺伝子の一塩基多型（single nucleotide polymorphism, SNP）が多数報告されるようになった。患者の遺伝子情報を基に，個人毎に薬の効き目や副作用発現を予測することが可能になれば，より安全でより効果的な個別医療（tailor-made medicine）を提供できる。また，臨床の現場で遺伝子診断を実施する際には迅速・簡便であることが求められる。現在，我々が実施している例を紹介したい。

Ⅳ　バイオ関連技術
「レドックス修飾ＤＮＡを固定化した金電極によるＤＮＡ一塩基変異の検出」
山名　一成（姫路工大院工）
「ニューロニクス－神経回路と電子回路の融合－」
川名　明夫（拓殖大学工）

特別講演（２）
「単一分子・バイオエレクトロニクスの展望」
和田　恭雄（早稲田大学ナノテクノロジー研究所）

Ⅴ　ナノバイオデバイスの表面・界面制御技術
「機能性金微粒子の合成とその応用」
玉田　薫（産総研，シンガポール国立大学）
「バイオインターフェースに向けた表面修飾技術」
大橋　勝文（物質・材料研究機構　ナノマテリアル研究所）
「シリコン基板の放射光ナノエッチングと生体機能物質の集積」　宇理須　恒雄（分子研）

[3] 成果

（３－１）研究成果

ナノ構造の形成とその物性機能の解明は現在焦眉の課題となっている。本研究は，化学反応制御をベースとして，固体表面上にナノ構造を構築し，それをエレクトロニクスや新しい機能を有する分子デバイス・バイオデバイスに応用することを目的としている。研究会において，このテーマに対するさまざまな観点から研究の成果が報告され，特に生体分子や有機分子によるナノ構造構築法や新規なデバイスについての興味深い発表があった。

（３－２）波及効果と発展性など

現在，無機材料のナノ構造ばかりでなく，超分子や生体高分子を利用したナノ構造の構築が注目されている。このようなナノ構造の構築には自己組織化機能などの化学反応制御法が極めて有効である。生物の細胞はまさに自然の自己組織化機能を利用してさまざまな機能を実現している。自己組織化を利用した高分子のナノ構造の構築や，それを新しい分子エレクトロニクスやバイオエレクトロニクスに活用することは，今大きな発展を向かえる時期にあり，この分野の今後の研究の進展が大いに期待される。

[4] 成果資料

参考資料として，本プロジェクト研究で行った研究会のシ報告書を添付する。

共同プロジェクト研究

課題番号　H12/B06

シリコン集積回路の高性能化に関する研究

[1] 組織

代表者：舛岡　富士雄
（東北大学電気通信研究所）
責任者：舛岡　富士雄
（東北大学電気通信研究所）
分担者：
岩井　洋（東京工業大学フロンティア創造共同研究センター）
遠藤　哲郎（東北大学電気通信研究所）
桜庭　弘（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費５万０千円、旅費３万９千円

[2] 研究経過

シリコン集積回路は，高度情報通信社会を支えるキーデバイスの一つであると共に，日本の基幹産業となっている。従って，シリコン集積回路は，次世代電子システムには必要不可欠であり，シリコン集積回路の高性能化は近年その重要性を増している。

例えば，インターネット通信，マルチメディア通信を初めとする基幹情報通信システムにおいては，さらなる高速動作性，高機能化が要求されている。一方，情報通信機器の小型化・携帯化が進んでおり，末端情報通信システムにおいては，さらなる低消費電力動作化，及び，低価格化が要求されている。この様に，シリコン集積回路は，高度情報通信システムにおけるキーデバイスとしてさらなる高速動作性，高機能化，低消費電力動作性，及び，微細構造化による低コスト化が求められている。

上記の状況を踏まえて，シリコン集積回路の高性能化に関する研究は，近年ますますその重要性を増しており，世界中で精力的に行われている。例えば，現在のシリコン集積回路に用いられている基本スイッチング素子である平面型ＭＯＳトランジスタは，最も重要な素子と考えられ，現在でも広く実用化のための研究が進められている。また，新しい回路技術，設計技術に関しても，多くの新規技術，実用化技術などが研究されている。

従来のシリコン集積回路の研究の多くは，その基本素子であるＭＯＳデバイスの寸法を微細化することにより，集積回路の高速化・低消費電力化・高集積化・低コスト化を実現してきた。しかし，従来のＭＯＳトランジスタは，ソース，ドレイン，ゲート，つまり，素子の入出力端子が，半導体基板上に平面的に配置されていたために，半導体基板上の素子面積を微細化するためには高度の微細加工技術を必要としていた。そのため，微細構造を有するＭＯＳトランジスタの製造コストは近年増加の一途をたどっている。また，各入出力端子が半導体基板上に形成されているために各端子の寄生容量，寄生抵抗が大きいため，応答速度が遅く，消費電力が大きかった。また，各素子を接続する配線構造の限界により，さらなる高機能化が困難になってきている。

以上の理由により，従来技術の延長による微細ＭＯＳトランジスタでは，その構造的原因により，将来の超高性能情報通信システムから要求される性能を達成できる集積回路を実現する事は，原理的に困難となってきている。従って，上記問題点を克服する新しいデバイス設計，回路設計，アーキテクチャー設計が求められるようになってきている。

このような状況の下，平成12年度に「シリコン集積回路の高性能化に関する研究」という研究課題で共同プロジェクトが採択された。

本プロジェクトでは，集積回路が抱える原理的な問題点を明らかにし，それを克服する新しいデバイス設計，回路設計，アーキテクチャー設計を提案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３年度であった。前年度までに，今後シリコン集積回路の高性能化を実現する上で研究を進めるべき課題として，①プロセス設計，②デバイス設計，③回路設計，④アーキテクチャー設計の各４項目が重要であることが明らかとなった。そこで，本年度は，前年度の成果を踏まえながら，シリコン集積回路の高性能化に関する研究を展開した。

以下，研究活動状況の概要を示す。

第3回高性能シリコン集積回路研究会
日時：2002年　12月20日
15：00～17：00
場所：東北大学電気通信研究所
1号館4階講義室

シリコン集積回路の高性能化に対する問題点を克服する技術的方向性，及び，具体的な設計手法に関して，前年度の研究成果を踏まえて活発な議論がなされた。

以下に上記研究会で得られた成果を述べる。

[3] 成果

（3－1）研究成果

シリコン集積回路の高性能化に関する最新の研究状況と研究方向を議論するために，第3回高性能シリコン集積回路研究会を開催し，3年目である本年は，以下に示す研究成果を得た。

まず，本共同プロジェクト研究会での前年度までの研究状況も踏まえて，現在までに提案され，実用化されてきたシリコン集積回路の高性能化に関する技術を系統的に整理した。そして，現在のシリコン集積回路の動作速度，消費電力，高密度化を律速している要因を解析した。

この知見を元に，前年度までに定めた，今後シリコン集積回路の高性能化を実現する上で研究を進めるべき課題である，①プロセス設計，②デバイス設計，③回路設計，④アーキテクチャー設計の各4項目に対してさらに深く議論した。そして今年度は特に，今後の素子の微細化の限界を克服するための設計手法と，材料技術に関して議論を行った。その結果，物理的限界に達しているとされるシリコン集積回路の性能を，今後も引き続き高性能化していくことができることを明らかにした。

（3－2）波及効果と発展性など

本共同プロジェクト研究会の目標とする成果は，高速動作デバイス，微細構造デバイス，及び，回路システムによる高性能集積回路システムの実現である。これは，超高速情報処理能力を必要とする基幹情報通信システム，及び，低消費電力処理能力を必要とするモバイル情報システムにおけるキーデバイスを実現させるものである。さらには，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急成長の維持を，今後も可能にするものである。従って，電子・情報通信技術分野に於ける本研究成果の波及効果は大きい。

また，本共同プロジェクト研究会により，学外研究者との交流がさらに活性化した。

今後，本年度までに得た知見を元に，次年度も本共同プロジェクト研究会を継続し，さらに継続的に研究を深めてゆく予定である。

[4] 成果資料

1．松岡史宜，日置雅和，桜庭弘，遠藤哲郎，舛岡富士雄，“Double Gate-SOI (DG-SOI) MOSFET のソフトエラーのα粒子入射軌道依存性”，電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2，C-11-4，p.61，宮崎，9月10日 - 13日，2002.

2．岩井信，太田人嗣，鈴木正彦，桜庭弘，遠藤哲郎，舛岡富士雄，“Si柱側壁表面の平滑化”，電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2，C-11-5，p.62，宮崎，9月10日 - 13日，2002.

3．鈴木正彦，岩井信，桜庭弘，遠藤哲郎，舛岡富士雄，“Stacked - SGT DRAMを用いた2.4F^{2}メモリセル技術”，電子情報通信学会2002年エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集2，C-11-6，p.63，宮崎，9月10日 - 13日，2002.

4．F. Masuoka, T. Endoh, H. Sakuraba, “NEW THREE DIMENSIONAL (3D) MEMORY ARRAY ARCHITECTURE FOR FUTURE ULTRA HIGH DENSITY DRAM”, pp. C015-1 - C015-6, 2002 Fourth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, Aruba, April 17 - 19, 2002. (Invited Speaker)

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/B01

大規模量子コンピュータの実現にむけて

[1] 組織

代表者：伊藤公平（慶應義塾大学理工学部）
責任者：大野英男（東北大学電気通信研究所）
分担者：
大野裕三（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）
佐藤茂雄（東北大学電気通信研究所）
高木　滋（東北大学大学院理学研究科）
江澤潤一（東北大学大学院理学研究科）
江藤幹雄（慶應義塾大学理工学部）
伊藤 正（大阪大学大学院基礎工学研究科）
枝松圭一（大阪大学大学院基礎工学研究科）
吉田　博（大阪大学産業科学研究所）
北川勝浩（大阪大学大学院基礎工学研究科）
武藤俊一（北海道大学工学研究科）
雨宮好仁（北海道大学工学部）
竹内　淳（早稲田大学 理工学部）
佐々木進（新潟大学工学部）
大塚洋一（筑波大学大学院理学研究科）
石橋幸治（理化学研究所）
樽茶清悟（東京大学理学系）
家 泰弘（東京大学物性研究所）
勝本信吾（東京大学物性研究所）
青柳克信（東京工業大学）
中村和夫（NEC基礎研究所）
中村泰信（NEC基礎研）
西野哲郎（電気通信大学電気通信学部）
高柳英明（NTT物性科学基礎研究所）
井元信之（総合研究大学院）
小芦雅斗（総合研究大学院）
佐々木雅英（通信総合研究所）

[2] 研究経過

2002年12月17日（火）午後1時～12月18日（水）午後5時半にかけて以下の主旨で研究会を開催した。場所は東北大学電気通信研究所・講堂であった。

主旨：これまでの量子計算に関する研究会とは趣向を変え，本研究会では量子コンピュータ研究に携わる工学者を増やすための啓蒙活動を行った。大規模量子計算の実現のためには工学者の参加が不可欠である。しかし，量子計算に対する工学者の敷居は高く，その原因として大学における講義等で量子計算に関する初歩的な講義が不足することがあげられる。本研究会では少数の講師が系統的な集中講義を用意することから，大学院生も含めた工学者に量子計算の基礎を会得できるように工夫した。また，コースをとおして大規模量子計算の実現にむけて必要な工学技術を紹介し，該当する技術を有する工学者が量子計算機開発に興味をもつよう先導した。具体的なプログラムは以下のとおりである。

プログラム：

東北大学通研研究会
「大規模量子コンピュータの実現に向けて」
2002年12月17日（火）午後1時～12月18日（水）
午後5時半

プログラム

12月17日（火）

午後1時～5時
「工学者のための量子計算基礎の基礎」
講師：阿部英介（慶大理工）
量子計算に関する基礎的な講義。グローバーのデータベース検索やショアのアルゴリズムの基本的構造が講義された。

12月18日（水）

午前9時半～11時半
「NMR量子計算のしくみ」
講師：阿部英介（慶大理工）
最も進んだ量子計算機「溶液NMR」の初期化・量子計算・読み取りの基礎を解説された。

午後1時～3時
「光を用いた量子計算」
講師：枝松圭一（阪大基礎工）
光を用いた量子計算のモデルやその実現にむけて必要な技術が解説された。

午後3時半～5時半
「超伝導を利用した量子計算」
蔡　兆申（NEC基礎研）
　超伝導で最も進んだ固体量子ビットが実現されている。その概念と現状が電荷箱と磁束を用いた2種類の方法を比較して解説された。

[3] 成果

（3－1）研究会成果

　上述のとおり，2002年12月17日（火）～12月18日（水）に「大規模量子コンピュータの実現に向けて」と題した研究会を開催した。講演者は3名と少数であるが，参加者は50名を超える盛況であった。大学院生も多数含まれ，最後には量子計算機の実現から大規模化に向けた課題が活発に議論された。特に最後の講演を行った蔡博士の研究成果は固体量子計算の世界トップレベルで，阿部先生，枝松先生から基礎を学んだ上で，研究のトップレベルが学べる今回のプログラムは好評であった。

（3－2）波及効果と発展性など

　大規模量子コンピュータの実現は困難であるが，科学者の夢であり，今後は，本研究会で明らかにされた様々な乗り越えるべき障害を多くの工学者の参入を通して克服することが望まれる。今回の研究会で啓蒙された若手工学者の多くが大規模量子計算の実現にむけた研究に従事することが望まれる。

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/B02

フィールドにおける広帯域脳波の計測及び解析と脳機能

[1]組織

代表者：武者　利光（株式会社脳機能研究所）
責任者：鈴木　陽一（東北大学電気通信研究所）
分担者：
堀　　忠雄（広島大学総合科学部）
杉田　義郎（大阪大学健康体育部健康医学第3部門）
白川修一郎（国立精神・神経センター）
山本　光璋（東北大学大学院情報科学研究科）
中尾　光之（東北大学大学院情報科学研究科）

研究費：校費5万円、旅費29万8000円

[2]研究経過

21世紀は脳の世紀といわれているが，地球上での人間の快適生存に向けた脳機能を解明することが最重要である。それは究極の脳機能といわれる意識の解明に迫るものでなければならない。本研究は，脳研究の原点に立ち返り，自然（ここでは意図的な刺激を与えない状態と定義）に於ける脳機能の解明を目的としている。そのために，フィールドにおける脳波の広帯域計測手法とその解析手法を完成させ，新しい現象の発見と目的とする脳機能の解明に迫る。これまで脳波といえば，たかだか数10ヘルツの帯域の現象に限られていたが，最近の認知神経科学の分野では，意識の発現過程としてのバインディング問題を，150Hz程度帯域までのガンマ活動を指標としてとらえることが必要となってきており，広帯域脳波の計測と解析は脳研究の必須の条件となりつつある。本研究はまたブレインコンピューティングシステム研究の基礎研究でもある。

まず，最近本研究チームのメンバーが主導的に開発してきた「インテリジェント型携帯型広帯域脳波計測システム」を用い，計測の方法論上の諸問題を解決する。

次いで，これまで計測されたことのない高周波帯域の脳波の現象論を，睡眠時や覚醒時において，健常者および各種疾患患者において明らかにするとともに，其のメカニズムを意識との関連において解明する。予備的な研究の結果，脳波に高周波成分が存在することは歴然としており，このことは，脳波学の新たな道を拓くものであると共に，ブレインコンピューティングシステムの設計指針を与えることが予想される。

本年度は第2年度であり，分担者の山本の指導の下にKKディジテックス研究所が開発した，「広帯域脳波計測システム」（ポリメートAP1000）及び「インテリジェント型広帯域脳波計測システム」（ポリメートAP1500TY）を用い，各分担者がフィールドにおける脳波の計測を開始した。目的に沿った研究が進展し，研究討論会を1回実施した。以下にその内容を記す。

[3]成果

（3－1）研究成果

○フィールド脳波計測におけるノイズと統計処理の問題について-----武者利光（脳機能研究所）

「感性スペクトル解析法」は頭皮上の電位を10個の電極で記録する。その利用は野外で，しかも歩行など移動しながら脳波を記録することが多い。その場合に問題になるのは「不要信号」である。不要信号とは計測機器が発生する電気的な雑音を初めとして，体動によって生じる筋電などである。筋電は発生位置が肩よりも下部にあるときには脳波に与える影響は少ないが，首の運動，瞬き，歯のかみ合わせによって生じる筋電は無視できない。このような不要信号を除去する方法として2つの方法を試みている。

1）平均操作：

不要信号は時間的な平均操作によって減少するのは常識ではあるが，不要信号のスペクトル構造により，必ずしもそうなるとは限らない。パワースペクトル密度が冪型の$1/f^n$の場合には，$n<1$であれば平均操作により雑音は減少する。「感性スペクトル解析」では，チャンネル間の脳波の相互相関係数を求めるので，筋電の影響を受けにくい。

2）独立成分分析法：

頭皮上の電位分布はいろいろな電流源からの寄与を受けている。電源が分離している場合には，独立成分分析法により，異なる電源によって作られている電位分布を分離することができる。脳波の場合には，心電，筋電，眼電位は脳波と分離し

た電源を持つので，この分析法によってこれらの電位を削除することができる。
独立成分分析法はいろいろなアルゴリズムが工夫されているので，状況に適した方法を選ぶことで，脳波に混入した不要信号をかなり有効に除去することが出来るので，積極的にこの方法を利用すると良い。

○フィールドでの香気成分の睡眠改善作用検証へのポリメートの応用-----白川修一郎，山本由華吏（国立精神・神経センター精神保健研究所老人精神保健部）

香気成分は日常的に使用される生活改善技術であり，睡眠との関連も知られているが，厳密に科学的に検討された報告は少ない。また，その効果も睡眠導入剤のように強烈なものではなく軽微なため，安全な反面，繰り返しなじんだ場所で使用することにより明瞭な効果が出現すると考えられる。

香気成分の効果を検討するために，香気成分の揮散濃度を制御しやすいカプセル型の温度制御可能なリラクゼーションルームを用い，樹木の香気を構成する成分の純化された単離香料であるセドロール，αピネン，シネオールの中枢神経作用について，健康な右利き男性15名（23.9±4.1歳）を対象として，厳密な実験条件の統制下でCNV（随伴陰性変動）を用い検討した。香りを感知できた者では，脱臭した空気を用いた対象群に比べ，セドロールで有意な鎮静作用が，αピネンで鎮静傾向が認められた。

次に，有意な中枢鎮静作用を示し交感神経活動を軽度抑制するセドロールの睡眠に対する影響を検討した。対象者は，若年女性11名（24.5±2.1歳）で，生活調整後に日常的な行動を統制し，実験を自宅寝室に類似したリースマンションで低体温期に行った。実験期間は，２夜を順応夜とし，続く４夜をセドロール２夜，プラセボ対照２夜とし，施行順序は参加者間でカウンターバランスをとりクロスオーバーで終夜睡眠を記録した。プラセボ条件に比してセドロール条件では，総睡眠量の有意な増加，入眠潜時の有意な短縮を認めた。また睡眠効率では，改善傾向が認められた。

これらの一連の研究は，携帯型で取り扱いが容易なポリメートを用いることで，施行が可能となったものである。本研究の結果，香気成分のなかには，軽度の中枢神経鎮静作用と交感神経活動亢進の抑制作用を通して入眠を促進し睡眠を質的に改善する作用を持つものが存在することが，科学的に明らかとなった。嗅覚系を通した香気成分の作用は，その効果が軽度で，血中への香気成分の移行もほとんど認められず，安全性が高いと考えられ，使用法の簡便さからも，中高年者，高齢者の入眠促進の補助的技術として有用である可能性が高い。

○Polymate AP1000を用いたフィールドにおける事象関連電位の測定-----堀忠雄（広島大学総合科学部人間行動研究講座）

これまで，KKディジテックス研究所製「多チャンネル携帯型デジタル脳波計」（ポリメートAP1000）をもちいた事象関連脳電位(ERP)のフィールド計測は行なわれていない。本研究では，65歳以上の高齢者14名を対象にし，フィールドにおけるERP測定が可能であることを示した。一般に，高齢者は慣れない実験室環境への適応が困難な事が多い。しかし，小型軽量のポリメートAP1000を用いることで，自宅での生体情報記録が可能となるため，慣れた環境下での記録を円滑に行なうことができる。今回は，ポリメートAP1000に装備されている外部入力端子から携帯型CDプレイヤによる音刺激トリガを記録してERP計測を行なった。ポリメートAP1000では，比較的長い時定数（3.0 s）で記録できるため，ERP後期成分を歪みなく測定することができる。本研究は，刺激開始後1000 ms区間のERP成分を歪みなく記録できることを示した。

○フィールドにおけるヒトのレム睡眠状態のリアルタイム自動検出システムの開発研究-----山本光璋（東北大学大学院情報科学研究科），大木昇（(有)のるぷろライトシステムズ）

これまでの睡眠研究は，睡眠状態を受動的にモニターすることがほとんどであった。しかしながら，今後は，レム睡眠をリアルタイム検出して，そのときの生体に積極的にはたらきかけるようなタイプの研究がレム睡眠研究を飛躍的に発展させるうえで重要になってくるものと考えられる。本研究は，そのような実験研究をフィールドにおいて実現可能にするシステムの開発を目的として行われた。

開発したシステムは，携帯型ディジタルポリグ

ラフ装置（ポリメート AP1000）の改良機，USBインタフェースを備えるノートＰＣ，及び，リアルタイム生体信号処理ソフトウェアから構成される。ディジタルポリグラフ装置は脳波，眼電図，筋電図等の生体信号をサンプリングし，USBインタフェース経由でノートＰＣに転送する。ノートＰＣはそのデータをリアルタイム処理し，エポック単位（１エポック10～30秒）で被験者がレム睡眠状態にあるかどうかを判定する。判定結果はディジタル信号として出力されるため，外部装置を制御することが可能である。判定アルゴリズムは，まずエポックごとに，眼球運動の回数，筋電図の活動レベル，脳波のδ波(1.2-5Hz)，θ波(5-8Hz)，α波(8.5-11Hz)，σ波(11-16Hz)，β波(15-24Hz)の各帯域のパワースペクトル，及びそのパワー比を計算する。これらのパラメータをもとにレム睡眠，ノンレム睡眠，及び覚醒状態にあるオッズを計算し，その値が最大値をとる状態を第一候補とする。次に最近３分間の睡眠状態の判定結果を勘案して最終的な状態判定を下す。

このシステムを用い，4名の健常な成人に対しレム睡眠段階のリアルタイム判定を実施し，実験後に研究者が行った状態判定結果と比較した。その結果，良好な一致率が得られることが確認された。

（３－２）波及効果と発展性など

本年，2003年はレム睡眠が発見されてから50周年目の記念すべき年であり，今年米国シカゴで開催されるThe Association Professional Sleep Societies (APSS) Meetingでは50周年記念イベントが催される予定である。このようなイベントを契機に，今後は，レム睡眠のメカニズムやその機能的意義への興味が，睡眠科学の領域を超えて広い分野に広まっていくものと期待される。

また，本年2月に起こったＪＲ新幹線居眠り事故が，睡眠時無呼吸症候群に起因することが明らかにされ，良質の睡眠を確保することが社会の安全確保のために必須であることが示された。さらには睡眠障害が特殊な病気ではないことをも世に知らしめることとなった。

以上のことがらは，フィールドにおける睡眠研究を標榜する本研究の重要性を強く示唆している。本研究の波及効果は，臨床医学にとどまらず，基礎医学，産業医学，心理学などの新たな展開を呼ぶと見られる。

[４]成果資料

[１] 水野康, 井上雄一, 田中秀樹, 駒田陽子, 白川修一郎: 短期ベッドレスト時における精神作業能力と自律神経活動 －水平位と６度ヘッドダウンベッドレストの比較. 自律神経 39: 445-451, 2002.

[２] Shirakawa S, Nagashima Y, Ohsu H, Tojo S, Suzuki M, Yamamoto Y, Yada Y, Suzuki T: The effects of cedrol on sleep. 16th Congress of the European Sleep Research Society, Reykjavik, 2002.6-3-7.

[４] 山本由華吏, 白川修一郎, 大須弘之, 東條聰, 鈴木めぐみ, 永嶋義直, 矢田幸博, 鈴木敏幸: セドロールの香気成分が睡眠に及ぼす影響 (1) －夜間睡眠ポリグラフを用いた検討. 日本睡眠学会第27回定期学術集会, 仙台, 2002.7.4-5.

[５] 永嶋義直, 白川修一郎, 大須弘之, 東條聰, 鈴木めぐみ, 山本由華吏, 矢田幸博, 鈴木敏幸: セドロールの香気成分が睡眠に及ぼす影響 (1) －アクチグラフを用いた検討. 日本睡眠学会第27回定期学術集会, 仙台, 2002.7.4-5.

[８] 東條聡, 白川修一郎, Dayawansa Samantha, 梅野克身, 西条寿夫, 大須弘之, 鈴木めぐみ, 山本由華吏, 永嶋義直, 矢田幸博, 鈴木敏幸: 香気成分セドロールの鎮静作用による睡眠改善効果. 第11回日本睡眠環境学会, 横浜市, 2002.10.9-11.

[11] 甲斐田幸佐,堀忠雄: 高齢者における自己覚醒を用いた短時間仮眠中の血圧変動，第15回 日本健康心理学会，2002年10月27日，早稲田大学総合学術情報センター国際会議場（東京）（大会発表論文集p.252- 253）

[12] 山本光璋，中尾光之，片山統裕，北原亮，上埜高志，竹内義雄，大木昇: ヒトのレム睡眠研究を志向したインテリジェント型広帯域脳波計測解析装置。日本睡眠学会第27回定期学術集会，仙台，2002. 7. 4-5.

[13] Yamamoto M, Katayama N, Nakao M, Kitahara R, Ueno T, Takeuchi I, Ohki N: A real-time rapid eye movement sleep analyzer equipped with a portable wide-band polygraphic recorder. Sleep and Biol. Rhythms, in press.

課題番号　H13/B03

半導体スピントロニクス

[1] 組織

代表者：田中 雅明（東京大学工学系研究科）
通研対応教官：
大野 英男（東北大学電気通信研究所）
分担者：
武藤　俊一（北海道大学工学研究科）
末岡　和久（北海道大学工学研究科）
岡　　泰夫（東北大学科学計測研究所）
猪俣浩一郎（東北大学工学研究科）
前川　禎道（東北大学金属材料研究所）
黒田　慎二（筑波大学物質工学系）
樽茶　清吾（東京大学理学系研究科）
藤森　　淳（東京大学新領域創成科学研究科）
家　　泰弘（東京大学物性研究所）
勝本　信吾（東京大学物性研究所）
吉野　淳二（東京工業大学理学部）
南　不二雄（東京工業大学理学部）
宗片比呂夫（東京工業大学工学部）
佐藤　勝昭（東京農工大学工学部）
嶽山正二郎（千葉大学理学部）
竹内　　淳（早稲田大学理工学部）
伊藤　公平（慶応大学理工学部）
山田　省二（北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科）
井上順一郎（名古屋大学工学研究科）
藤原　康文（名古屋大学工学研究科）
赤井　久純（大阪大学理学研究科）
白井　正文（東北大学電気通信研究所）
吉田　　博（大阪大学産業科学研究所）
田畑　　仁（大阪大学産業科学研究所）
藤村　紀文（大阪府立大学工学部）
新田　淳作（NTT物性科学基礎研究所）
安藤　功兒（電子技術総合研究所）
秋永　広幸（産業技術融合領域研究所）

[2] 研究会報告

電子はその本性としてスピンをもつが，これまで半導体ではあまり意識されなかったスピン自由度を積極的に利用しようという研究が，その応用可能性とともにここ数年急速に進展してきた。新しい磁性半導体や磁性体と半導体の複合構造など，従来の半導体物性に“スピン”自由度をもたらす様々な材料や構造が化合物半導体をベースに作製できるようになり，その興味深い物性が明らかにされつつ新デバイスの提案もなされ，将来のエレクトロニクスへの応用可能性も検討され始めている。こうした新分野は“スピントロニクス”と呼ばれるようになり，とりわけ半導体と関係の深い「半導体スピントロニクス」は21世紀のエレクトロニクスに新しい発展をもたらすものとして期待されている。

本申請グループの研究者たちは，このような新しい研究分野の潮流をつくる初期的段階からきわめて大きな貢献を為しているが，いまや世界的にみても新しい研究分野となった「半導体スピントロニクス」の我が国における一層の発展を実現し21世紀のエレクトロニクスとして実を結ばせるためには，研究コミュニティの形成とその活性化が不可欠である。本プロジェクト研究会は，このような新しい分野の研究成果の発表と討論の場を提供することにより，「半導体スピントロニクス」研究の方向性を探索するとともにその基盤技術を確立することを目指している。

本プロジェクト研究会は平成14年度が２年目であった。平成14年12月19日から20日にかけて仙台国際センターにおいて，「半導体スピントロニクス」通研共同プロジェクト研究会を開催した。本年度の研究会は「第８回半導体スピン工学の基礎と応用（PASPS-8）」研究会および文部科学省科学研究費特定領域研究「半導体ナノスピントロニクス」との共同開催となり，70件以上の発表論文と多数の参加者を得て活発な研究討論が交わされた。本研究会では，次の8セッションに分かれて発表と討論が行われた。

Session A: Quantum Information, Quantum Dots, and Nuclear Spin
Session B: Non-magnetic Semiconductors
Session C: II-VI Magnetic Semiconductors
Session D: III-V Magnetic Semiconductors
Session E: IV, IV-VI, Chalcopyrite, and Other Magnetic Semiconductors
Session F: Novel Materials and Hybrid Structures
Session G: III-V Magnetic Semiconductor

Heterostructures I
Session H: III-V Magnetic Semiconductor Heterostructures II

また，この分野で最近活躍している若手研究者による3件の招待講演が行われた。

H. Saito, V. Zayets, S. Yamagata, and K. Ando *(Nanoelectronics Research Institute, AIST, Tsukuba Central 2)*
"Room-temperature ferromagnetism in II-VI diluted magnetic semiconductor $Zn_{1-x}Cr_xTe$"

J. Okabayashi, T. Mizokawa*, and A. Fujimori* *(Department of Applied Chemistry, University of Tokyo, *Department of Complexity Science and Engineering and Department of Physics, University of Tokyo)*
"Interpretation of photoemission spectra in $Ga_{1-x}Mn_xAs$ and $In_{1-x}Mn_xAs$"

Ahsan M. Nazmul*,**, S. Kobayashi*, S. Sugahara*,**, and M. Tanaka*,** *(*Department of Electronic Engineering, University of Tokyo, **PRESTO, Japan Science & Technology Corporation)*
"Mn delta-doped-GaAs-based magnetic heterostructures: magneto-transport properties and the effect of light irradiation"

半導体スピントロニクス」研究は新たな段階に入りつつある。最近の研究の進展をまとめと，1）探索物質の多様性がますます広がったこと，2）高いキュリー温度を示す磁性半導体やそのヘテロ構造が実験的・理論的に見出されつつあること，3）強磁性トンネル接合やスピン注入デバイスなど，デバイス化を視野に入れた研究が本格的に始まったこと，4）スピンの量子的な性質を利用しようとする研究が進展したこと，などである。この動向はますます加速されることが予想される。本研究会は，この分野の第一線で活躍する研究者の討論の場を提供しただけでなく，様々な共同研究の契機を与え，またここで活躍する研究者たちが特定領域研究など大型科学研究プロジェクトの母体となって研究の益々の発展に寄与している。

課題番号　H13/B05

S式の書き換えに基づく計算体系の基礎研究

[1] 組織

代表者：外山　芳人
責任者：外山　芳人
（東北大学電気通信研究所）
分担者：佐藤　雅彦（京都大学情報学研究科）
大堀　　淳（北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科）
亀山　幸義（筑波大学電子情報工学系）
桜井　貴文（千葉大学理学部情報数理学科）
酒井　正彦（名古屋大学大学院工学研究科）
鈴木　大郎（会津大学コンピュータソフトウェア学科）

研究費：校費33,679円，旅費287,150円

[2] 研究経過

ソフトウェアの検証技術は，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，プログラミング言語Lispでプログラムおよびデータの表現形式としてもちいられるS式を対象に，S式に基づく計算体系の基礎理論を確立と，プログラムの検証・変換・合成等の新しい可能性を探求することを目的として研究を行なった。

本年度は，昨年度に引き続き研究集会を開催し，研究分担者がこれまでの研究成果について情報交換するとともに，共通の問題意識のもとで新しい計算体系の可能性について検討を進めた。その結果，書き換えシステムに基づくS式の操作的意味論，環境の形式的な取り扱い，型をもつ関数型言語のコンパイラや検証技術との比較，計算体系に対応する論理体系などについての研究を発展させることができた。

第１回目の研究集会は５月20日・21日に電気通信研究所で開催された。ここでは，プロジェクトの方向付けと今年度の計画について話し合われた後，亀山(筑波大)が関数型プログラミング言語におけるリフレクションの形式的取り扱いの問題点について説明した。さらに，プログラムの自動合成に関連して，古典的な定理証明からのプログラム自動抽出が困難である理由について論じた。

ついで，外山（東北大）がS式書き換えシステムの証明・計算系と評価システムの一体化の可能性について発表を行なった。また，佐藤（京大）はCALにおけるS式のタイプと論理の関係を中心に，概念，文脈，導出の形式化について論じた。

さらに，大堀 (北陸先端大)によるパターンマッチングおよびレジスタ割り付けの論理的アプローチについての説明，桜井（千葉大）による明示的環境と明示的代入の理論の研究発表，酒井(名大)による書き換えシステムの逆関数の構成法についての提案があった。また，プログラムにおいてタイプの概念が不可欠な部分の明確化，タイプが存在しない場合の同等な機能の実現可能性，プログラムと論理における変数の役割などについて研究討論が行なわれた。

第２回目の研究集会は３月19日・20日に作並温泉で開催された。ここでは，前回の研究集会のテーマをさらに発展させる方向で研究討論が２日間にわたって行なわれた。外山（東北大）は，S式，コンビネータ項，項の三つの表現形式の関係を，論理システムとの対応に基づいて検討することを提案した。佐藤（京大）は，Zukerの結果と関連した論理システムの証明図のリダクションの停止条件を考察した。また，「証拠にもとづく真」の考え方を証明理解の観点から紹介した。桜井（千葉大）はタイプ付きシステムの強正規性の拡張について報告した。さらに，草刈（東北大）は高階書き換えシステムの観点からプログラミング言語Schemeのタイプ付けの計算モデル，青戸（東北大）は単純型付き項書き換えシステムの停止条件について発表があった。また，プロジェクトのこれまでの研究成果のまとめと今後の方向について相談し，プロジェクトの研究成果をさらに発展させるために，次年度も継続申請することを決定した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

(1)　S式に代表される高階の書き換え系の一種であるML系の関数型言語における型システム，および，それら高階システムと低レベルコードとの関係の研究を行い，相互運用のための型システムの理論

および型理論に基づくバイトコード検証の理論を構築した。

(2) プログラム言語における文脈の概念を直接表現・操作できる計算体系の定式化について研究を行った。従来は，単純型付きラムダ計算や型なしラムダ計算の体系の拡張として定式化されていたが，2階のラムダ計算においても文脈を定式化できることを示し，合流性，強正規化可能性など主要な性質を証明した。

(3) プログラム言語のメタレベル概念を表現し，計算する機構について研究を行った。特に，shift/reset を呼ばれる，ある種のコントロールオペレータについて検討を行い，健全かつ完全な公理化を得た。この公理化を用いることによってshift/reset を持つプログラムに対する推論を行うことができるようになった。

(4) $\lambda\varepsilon$ に第一級文脈(first-class context)を加えた体系 $\lambda\kappa\varepsilon$ に関する研究であり，$\lambda\kappa\varepsilon$ は $\lambda\varepsilon$ と同じように好ましい性質を有していることを示している。また，$\lambda\kappa\varepsilon$ では束縛変数は名前を持つので代入操作は従来の名前の α 変換による方法を用いることができず，自由変数の名前を変更するという新しい方法を与えた。

(5) 超変数の概念を持った計算系に関する研究を行なった。この計算系は，対象言語，メタ言語，メタメタ言語，... という無限個の階層から成り，ある階層の言語はそれより下の階層の言語のメタ言語となっている。そして β 基がレベルに関するある条件を満たすときには変数の衝突を避けないで代入操作を行なうことにより，レベルの低い項は対象言語の文法的な対象として扱うことができ，この仕組を用いて文脈の概念も形式化できる。

(6) 非可換で様相を持った線型シークエント計算に項を付与し，それを明示的代入計算とみなしたときの計算系に関する研究を行なった。具体的には，その計算系と自然演繹で線型計算を表現したときの対応付けについて考察した。

(7) S式を用いたプログラミング言語の計算モデルの停止性を証明する手法を開発するために，項書換え系の手法の拡張を試みた。その結果，それほど強力ではないものの，高階関数を持つ計算モデルの停止性の証明に適用可能な手法が得られた。

(8) 移動体プロセス計算系の一種である π 計算系の書き換えモデルによる定式化を行った．定式化のための体系として，等式付き抽象高階項書き換え系を用いた。これは，van Oostrom により提案された抽象高階項書き換え系を，等式付き書き換え系に拡張したものである。この体系を用いると，π 計算系がもつ2種類の束縛（入力変数と局所的な名前）の両方を，ラムダ式を用いて統一的に表現することができる。

(9) "truth by evidence" の考えを導入し，命題の構成的意味論を与えた。この意味論の特徴は，命題の意味をその証明と，それが確かに証明であることを確認する方法の組として与えた。

(3-2) 波及効果と発展性など

これまでの研究成果に関する研究検討をとおして，本プロジェクトの対象であるS式に基づく計算体系の理論的枠組みに関して成果が蓄積されつつある。これらの成果は，現在プロトタイプ大規模システムの作成に広く利用されている実用言語 Lisp の理論的基礎となりうるものであり，ソフトウェア検証技術や開発支援技術の新しい可能性を開くものとして期待できる。また，本プロジェクトを通して複数の大学の研究グループの交流が飛躍的に活性化したことで，電気通信研究所を中心とした国際的な研究ネットワークの形成が今後期待できる。

[4] 成果資料

(1) T. Nagaya and Y. Toyama, Decidability for left-linear growing term rewriting systems, Information and Computation Vol. 178 (2002) 499-514.

(2) Atsushi Ohori and Kiyoshi Yamatodani An Interoperable Calculus for External Object Access. In Proc ACM International Conference on Functional Programming (ICFP), pages 60-71, 2002

(3) Tomoyuki Higuchi and Atsushi Ohori Java Bytecode as a Typed Term Calculus. In Proc. ACM International Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP), pages 201-211, 2002

(4) M. Sato, T. Sakurai, Y. Kameyama, A Simply Typed Context Calculus with First-Class Environments The Journal of Functional and Logic Programming, vol. 2002, no. 4, pp. 1 -- 41, 2002

(5) Azza A. Taha, Masahiko Sato, Yukiyoshi Kameyama, "A Second Order Context Calculus", Computer Software, Vol. 19, No. 3, pp. 2-19, 2002
(6) 堀江美保子，酒井正彦，坂部俊樹：オブジェクト指向計算モデルにおける例外処理機能の型付，コンピュータソフトウェア，Vol.20, No.2, pp.54--58(2003,3).
(7) Masahiko Sakai, Keiichirou Kusakari: On Proving Termination of Higher-Order Rewrite Systems by Dependency Pair technique, The First International Workshop on Higher-Order Rewriting (HOR' 02), Copenhagen, Denmark, July 21, p.25(2002,7).
(8) Hideto Kasuya, Masahiko Sakai, Kiyoshi Agusa: Descendants and Head Normalization of Higher-Order Rewrite Systems, 6th International Symposium on Functional and Logic Programming at Aizu Japan September 15-17 (FLOPS 2002), LNCS 2441, Springer, pp.198--211(2002,9).
(9) 西田直樹，酒井正彦，坂部俊樹：右辺のみに現われる変数を持つ項書換え系のナローイングに基づく実行的書き換えとその停止性，電子情報通信学会技術報告，Vol.COMP2002-68, pp.45--52(2003,1).

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/B07

サブサーフェス制御知能プラズマプロセスに関する研究

[1] 組織

代表者：藤山　寛（長崎大学工学部）
責任者：庭野道夫（東北大学電気通信研究所）
分担者：
後藤　俊夫（名古屋大学工学研究科）
室田　淳一（東北大学電気通信研究所教授）
浜口　智志（京都大学エネルギー科学研究科）
松田　良信（長崎大学工学部）
節原　裕一（京都大学工学研究科）
白谷　正治（九州大学ｼｽﾃﾑ情報科学研究院）
佐道　泰造（九州大学ｼｽﾃﾑ情報科学研究院）
古閑　一憲（九州大学ｼｽﾃﾑ情報科学研究院）
近藤　道雄（通産省電子技術総合研究所）
寒川　誠二（東北大学流体科学研究所）
南部　健一（東北大学流体科学研究所）
中野　俊樹（防衛大学校電気電子工学科）
堀　　勝（名古屋大学工学研究科）
西澤　典彦（名古屋大学工学研究科）
河野　明廣（名古屋大学先端技術共同研究センター）
山本　雅博（京都大学　工学研究科）
中村　敏浩（京都大学　工学研究科）
伊達　広行（北海道大学医療技術短期大学部）
佐藤　孝紀（室蘭工業大学　工学部）
赤澤　正道（北海道大学　工学研究科）
高桑　雄二（東北大学科学計測研究所）
山崎　　聡（JRCAT）
安田　哲二（JRCAT）
大森　達夫（三菱電機先端技術総合研究所）
真壁　利明（慶応義塾大学理工学部）
飯塚　　哲（東北大学工学研究科）
小松正二郎（科学技術庁無機材質研究所）
関根　　誠（超先端電子技術開発機構）

研究費：校費150千円、旅費　1,042,900円

[2] 研究経過

【概要】

21世紀における日本の発展は，独自先端技術を基盤とする新産業の創出にかかっている。このような先端技術として，ナノ技術立国をになう量子効果素子，ナノマシン等のための量産ナノ加工技術であるプラズマプロセスがある。プラズマプロセスは，これまでにLSI製造等の先端技術の基盤を支えてきた。しかし，最近，従来技術の延長では，これらの将来デバイス創製が高精度に実現出来ないことが明らかになってきた。それは，プロセス中に気相・固相界面と固相バルク及び気相バルクの間に存在する遷移相（サブサーフェスと呼ぶ）が膜質や加工結果に対して決定的な役割を果たしていることである。バルクと表面の科学は，20世紀に大きく発展したが，界面近傍の遷移領域であるサブサーフェス中の組成，構造，反応等を決定する科学は，ほとんど解明されていない。このため，このサブサーフェスの科学の理解と，その理解に基づくインテリジェントなプラズマ制御の実現が，ナノ技術立国への展望を拓く鍵を握っている。本研究の目的は，3次元ナノデザインシンセシス実現のために，プラズマプロセスで発生するサブサーフェスの科学を理解し，その理解をもとにインテリジェントなプラズマ制御によりサブナノ精度の量産ナノ加工技術として，プラズマプロセスを発展させることである。

本研究プロジェクトでは，薄膜材料プロセスや反応制御に係わってきた，材料・電子工学の研究分野ばかりでなく，物理・化学の研究分野の研究者の英知も結集して，プラズマプロセスを発展させるために研究会を開催する。また，必要に応じ，ナノテクノロジーやバイオテクノロジー研究の専門家を特別講師として招聘し，21世紀の量産ナノ加工技術の将来展望について議論する。

【本年度の成果】

シンポジウム「サブサーフェス制御知能プラズマプロセスに関する研究」を平成14年10月５日に開催した。シンポジウムの趣旨は，プラズマプロセスで発生するサブサーフェスの科学を理解し，その理解をもとにインテリジェントなプラズマ制御により，サブナノ精度の量産ナノ加工技術としてのプラズマプロセスを発展させることである。シンポジウム参加者は，民間研究機関からの参加者，大学院生を含め45名で，二日間にわたって活発な討論が行われた。以下に，シンポジウムのプログラムを付記する。

2002年10月5日（土）
開会　　藤山　寛
話題提供1　白谷正治（九大）
「薄膜成長における核形成の高精度制御を目指して」
話題提供2　藤山　寛，丸本　洋，松田良信，篠原正典　（長崎大）
「磁界下で成膜した薄膜の結晶性，配向性決定機構の解明に向けて」
話題提供3　小松正二郎，神田久生，倉嶋敬次，桑野弘行，守吉佑介，岡田勝行（物質研）
「サブサーフェスとしての萌芽核；ＢＮ系ナノ物質のレーザー・プラズマ合成を例に」
話題提供4　庭野道夫（東北大）
「ドライプロセスとウェットプロセスの違いは？－エッチングを例として－」
話題提供5　近藤道雄（産総研）
「太陽電池p/i界面におけるボロンの異常拡散と太陽電池性能への影響」
話題提供6　浜口智志（京都大）
「表面反応分子動力学シミュレーションと原子間ポテンシャル」
話題提供7　寒川誠二（東北大）
「オンウエハーモニタリングによるインテリジェント・ナノプロセス」
話題提供8　節原裕一，斧　高一　　（京都大）
「低温結晶化のための低ポテンシャル高密度プラズマおよびフォノン励起プロセスの開発」
話題提供9　堀　勝（名古屋大）
「マイクロ波励起非平衡大気圧プラズマが拓くナノテクノロジーの新パラダイム」

特別講演1　高木浩一（岩手大）
「LiNbO3基板を利用した温度計測およびＣＣＰから基板への熱流束」
表面反応の制御には基板表面温度，成長膜の表面温度の把握が重要になる。本講演では，LiNbO3基板の温度を，複屈折率を利用してモニターする方法について述べた。LiNbO3の屈折率は温度により変化する。本手法では，レーザ干渉を利用して，屈折率の変化分をモニターする。また，本手法を利用して求めた，ＣＣＰから基板へ入る熱流束の基板上分布についても述べた。

特別講演2　宮崎誠一（広島大）
「半導体ナノメートルドットの形成と機能メモリデバイス応用」
ナノメートル領域で寸法制御されたSiおよびGe極微小ドットを極薄トンネル酸化膜上に高密度で一括形成する技術を紹介した。核形成・成長メカニズムを明らかにし，サイズ分布・密度および位置制御技術開発のための指針を示す。さらに，Si極微小ドットを電荷保持ノードとして利用したフローティングゲートMOSデバイスの特性を示し，室温・低電圧・機能（多値）メモリ動作を明らかにした。

[3] 成果

（3－1）研究成果

21世紀の日本がナノ技術立国として発展するためには，世界に先駆けて量産ナノ加工技術としてのインテリジェントなプラズマプロセスを確立することが必要不可欠である。これまでに，量子効果素子，ナノマシン等が独自先端技術の基盤として新産業の創出につながる可能性は十分示されており，この分野で日本は特に大きな競争力を有するが，これを日本の中核産業に育てるためには，今，戦略的に将来デバイス創製量産技術としてプラズマプロセスを確立するための組織的研究を開始することは極めて大きな意義を有する。バイオ，情報通信等の21世紀に発展すると見なされる科学・産業の多くの部分にナノ技術が用いられつつあり，量産ナノ加工技術を確立することは極めて広範な科学・産業へ大きな波及効果を有する。

プラズマプロセス中に存在する気相・固相界面と固相バルク及び気相バルクの間の遷移相（サブサーフェスと呼ぶ）が膜質や加工結果を決定する重要な役割を果たしている。しかしながら，サブサーフェス中の組成，構造，反応等を決定するダイナミクスは，ほとんど解明されていない。成膜・加工過程とプロセス終了後の膜の物性や形状との関係を解明し，製膜中あるいは微細加工中の薄膜の組成・構造・物性の時空間的変化を意識的に制御することによって，高度な量産ナノ加工技術(3次元プラズマ造形法)を世界に先駆けて確立することが求められている。

シンポジウムの討論において，上記量産ナノ加工技術を確立することの重要性が再確認され，今後の研究の進め方について目標が設定できた。

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクト研究をベースとして，文部省特定領域研究（B）「サブサーフェス制御知能プラズマプロセス」を藤山寛教授（長崎大）を領域代表者として申請した。

[4] 成果資料

参考資料として，本プロジェクト研究で行ったシンポジウムの報告書を添付する。

共同プロジェクト研究

課題番号　H13/B09

生体内情報通信システム研究会

[1] 組　織

代表者：阿部健一
（東北大学 大学院工学研究科）
責任者：吉澤　誠
（東北大学 情報シナジーセンター）
分担者：
越地耕二（東京理科大学 理工学部）
斉藤制海（千葉大学 工学部）
三田村好矩（北海道大学 大学院工学研究科）
岡本英治（北海道東海大学 大学院理工学研究科）
吉澤　誠（東北大学 情報シナジーセンター）
山口正洋（東北大学 電気通信研究所）
荒井賢一（東北大学 電気通信研究所）
研究費：校費0円，旅費：294,910円

[2] 研究経過

近年のマイクロプロセッサ技術の発達により，生体内で働く人工的な機器であるペースメーカ，人工臓器，生体内マイクロマシン，外科手術用マニピュレータ等がますますインテリジェントになりつつある。これに伴い，生体内機器と外部との情報やエネルギーのやり取りを，いかに非侵襲的に，確実に，継続的に，高速・大容量に，簡単・安価に，効率良く行うかが，生体内機器の高性能化への鍵となっている。本研究会はこの問題に関する最新の研究成果の発表と情報交換を行うことを目的とした。

上記の趣旨に従って，昨年に引き続き，本年度は研究会を1回開催し，分担者相互の研究発表と情報交換を行った。

以下，本研究会の概要を記す。

第2回 生体内情報通信システム研究会

主　催：東北大学電気通信研究所共同利用プロジェクト研究会（課題番号H13/B09）
共　催：東北ME談話会，計測自動制御学会東北支部，電気通信研究所システム制御研究会
日　時：2002年11月27日(土)13：00～17：20
会　場：東北大学 大学院工学研究科 本部大会議室

1．生体表面の電磁波伝搬特性の検討
中村能亮，柴建次，越地耕二
東京理科大学

2．完全埋込型人工心臓用経皮光情報伝送システム（矩形波サブキャリアを用いたDPSK 方式の提案と評価）
黒木努[1)]，柴建次[1)]，越地耕二[1)]，土本勝也[2)]，塚原金二[2)]，角田幸秀[3)]，巽英介[3)]，妙中義之[3)]
1)東京理科大学，2）アイシンコスモス研究所，3)国立循環器病センター

3．経皮コイルを用いた体内埋込機器用非接触信号エネルギ伝送
角張泰之[1)]，佐藤文博[1)]，松木英敏[1)]，佐藤忠邦[2)]
1）東北大学，2）NECトーキン

4．超音波キャリアを用いた準リアルタイム体内観測システムの開発
五十嵐伸明[1)]，鈴木真ノ介[1)]，片根保[1)]，斎藤制海[1)]，小林和人[2)]
1）千葉大学，2）(株)本多電子

5．軸流型人工心臓におけるポンプ流量の予測と制御
小野木真哉[1)]，片山茂[1)]，矢野哲也[1)]，三田村好矩[1)]，岡本英治[2)]
1）北海道大学，2）北海道東海大

6．定常流型人工心臓における血圧・流量推定と制御
田中明[1)]，オレガリオ・ポール[1)]，吉澤誠[1)]，阿部健一[1)]，竹田宏[2)]，山家智之[1)]，仁田新一[1)]
1）東北大学，2）東北学院大学

[3] 成果

(3-1)研究成果

(3-1-1)磁気マイクロマシンの駆動と解析

磁気力を駆動源とする磁気マイクロマシンは，エネルギー供給や操作のためのケーブルを必要としないことから，生体内で仕事を行う医用マイクロロボットのアクチュエータとして有効である。本研究では，有限体積法を用いた流体力学的解析方法を用いて，マシンサイズを注射針内径以下にしたマイクロマシンの泳動特性解析を行った。その結果，マシンが発生する磁気トルクと負荷トルクの関係からマシンが回転し泳動できる周波数，およびマシン1回転あたりの泳動速度を見積ることができた。また，レイノルズ数が10^{-5}～0.2での泳動を確認した。さらに，複数のマシンの選択的駆

動や螺旋構造の泳動速度に及ぼす影響についても検討した。

(3-1-2)生体表面の電磁波伝播特性の検討

近年，超小型コンピュータや周辺機器を身体に装着するためのワイヤレス通信技術の開発が求められている。この技術の基礎として，生体を誘電体とみなし，腕表面に沿っての電磁波伝播特性と励振方法について検討した。腕部を円柱状としたモデルを考え，これに対しTLM法を適用した解析を行った。その結果，共振周波数や遮断周波数前後の伝播特性の変化が理解できた。すなわち，腕の半径が大きくなると伝播可能な周波数が低周波側へシフトする性質が明らかとなった。今後は，腕の半径によらない一定の周波数の励振・伝播が可能となるような工夫を行う計画である。

(3-1-3)完全埋込型人工心臓用経皮光情報伝送システム

人工心臓などの人工機器を体内に埋め込んだ場合，動作状態を監視・制御するために，体外から体内，体内から体外の双方向の経皮的な情報伝送システムが必要となる。これまで開発してきたDPSK変調を用いた赤外光による経皮光情報伝送システムには，復調回路の動作不安定性，消費電力の大きさ，回路の複雑さなどの問題があった。そこで今回は，矩形波サブキャリアを用いた方式などを提案し，その評価を行った。その結果，信頼性の向上，誤り率の低下，省電力化，小型化などが実現できた。今後は実際に体内に埋め込んだときの特性解析と評価を行うことを予定している。

(3-1-4)経皮コイルを用いた体内埋込機器用非接触信号エネルギ伝送

人工心臓や機能的電気刺激装置等の埋込み医療機器のためには，非接触の電力・信号伝送が必要である。磁気的結合を用いた電力伝送用平面渦巻型コイル対としては，アモルファス強磁性繊維とリッツ線を組み合わせた薄型コイルがある。また，信号伝送としては，電力伝送系と独立したコイル形状のシステムが提案されている。今回は，それぞれの伝送系の電磁気学的な特徴と応用事例について紹介するとともに，人工尿道バルブや人工括約筋システムへの適用可能性について報告した。

(3-1-5)超音波キャリアを用いた準リアルタイム体内観測システムの開発

超音波を利用した電力・情報伝送は生体や電子回路に影響が少ない利点がある。しかし，これまで提案したシステムは半二重通信方式を取っていたため，伝送中における受信側でのエラーを送信側へ伝えることができなかった。そこで本研究では，全二重通信方式に改善することでエラーの問題を克服すると同時に，伝送容量の大容量化のための種々の改善を図った。その結果，次のことが確認できた。1)双方向で最大容量が9.6Kbpsから38.4Kbpsに増加した。2)超音波振動子は従来の半分の大きさのもので伝送可能となった。3)準リアルタイム観測祖ステムを想定したコンピュータの遠隔操作が可能であった。

(3-1-6)軸流型人工心臓におけるポンプ流量の予測と制御

現在のところ長期間体内で使用できる流量計は存在しない。したがって，人工心臓用血液ポンプの実用化には，流量計を直接用いずに流量を推定できることが望ましい。今回，模擬循環系における軸流ポンプの諸特性を測定した結果，無次元化流量および無次元化圧力の線形性，回転数ごとの電流と無次元化流量の線形性が示された。この性質を利用することにより，流量センサーを用いずに，回転数とモータ電流から人工心臓の流量を予測することが可能であることが明らかとなった。

(3-1-7)定常流型人工心臓における血圧・流量推定と制御

本年度では，これまで開発してきた定常流人工心臓システムにおける差圧・流量推定アルゴリズム，および，心房壁吸着現象を最小限に抑えながら体循環量を調節するアルゴリズムの有効性を山羊を使った動物実験において検討した。その結果，差圧・流量推定アルゴリズムでは，血液粘性の変化があってもこれを補償する能力のあることが確認された。また，心房壁吸着現象回避アルゴリズムでは，末梢血管抵抗を急激に変化させた状態でもアルゴリズムが正常に機能することが確認された。

(3-2)波及効果と発展性

前回の研究会で明らかになったように，生体内エネルギー・情報伝送システムの基本方式は多様であり，皮膚を非侵襲的に貫通する媒体である電波，電磁誘導，光，超音波等が利用される。各媒体にはそれぞれ実用上の長所・欠点があり，用途によって媒体を使い分ける必要がある。

今回の研究会では，それぞれの方式に存在した欠点が，さまざまな工夫と装置の改善によりかなり克服されつつあることが報告された。また，生体内外におけるエネルギー・情報伝送通信技術の応用分野も多種類になりつつあることも報告され，将来のこの分野の発展が大いに期待される。

そのためには，生体内エネルギー・情報伝送システムのさらなる小型化・大容量化・高効率化が重要であり，将来にわたる横断的な情報交換が不可欠であると考えられる。

[4] 成果資料

(1) 黒木努，柴建次，越地耕二，土本勝也，塚原金二，角田幸秀，巽英介，妙中義之，高野久輝：完全埋込型人工心臓用経皮光情報伝送システム－矩形波サブキャリアを用いたDPSK方式の提案と評価－，第45回自動制御連合講演会，2P2-E3，535-538 (2002)

(2) 中村能亮，越地耕二：生体表面の電磁波伝搬特性の検討，第45回自動制御連合講演会，2P2-E2，533-534 (2002)

(3) Okamoto, E., Watanabe, K., Hashiba, K., Inoue, T., Iwazawa, E., Momoi, M., Hashimoto, T., Mitamura, Y.: Optimum selection of an implantable secondary battery for an artificial heart by examination of the cycle life test, Asaio Journal, 48(5), 495-502 (2002)

(4) 小野木真哉，片山茂，矢野哲也，三田村好矩，岡本英治: 軸流型人工心臓におけるポンプ流量の予測と制御, 第45回自動制御連合講演会, 545-546 (2002)

(5) Tomoyuki Yambe, Makoto Yoshizawa, Shunsuke Nanka, Akira Tanaka, Ken-ichi Abe, Kouichi Tabayashi, Hiroshi Takeda, Shin-ichi Nitta: Development of new diagnosis tool for evaluating autonomic function during virtual reality immersion, Jap. J. Appl. Physiology, 32(5), 255-258 (2002)

(6) M. Yoshizawa, T. Sato, A. Tanaka, K. Abe, H. Takeda, T. Yambe, S. Nitta, Y. Nose: Sensor-less estimation of pressure head and flow of a continuous-flow artificial heart based on input power and rotational speed, ASAIO Journal, 48(4), 443-448 (2002)

(7) Paul S. Olegario, Makoto Yoshizawa, Akira Tanaka, Ken-ichi Abe, Hiroshi Takeda, Tomoyuki Yambe, Shin-ichi Nitta: Outflow control for avoiding atrial suction in a continuous flow total artificial heart, Artificial Organs, 27(1), 92-98 (2003)

(8) A. Tanaka, M. Yoshizawa, K. Abe, H. Takeda, T. Yambe, S. Nitta: In vivo test of pressure head and flow rate estimation in a continuous-flow artificial heart, Artificial Organs, 27(1), 99-103 (2003)

(9) S. Suzuki, S. Kimura, T. Katane, H. Saotome, O. Saito and K. Kobayashi: Power and interactive information transmission to implanted medical devaice using ultrasonic, Jpn. J. Appl. Phys., 41, 3600-3603, Part 1, No.5B (2002)

(10) 山崎彩，仙道雅彦，石山和志，早瀬敏幸，荒井賢一：直径0.5mmの泳動型磁気マイクロマシンの泳動特性解析，日本応用磁気学会誌，26, 645-648 (2002)

(11) 仙道雅彦，石山和志，荒井賢一：ゲル中駆動用磁気マイクロマシンの試作と複数個駆動，日本応用磁気学会誌，26, 649-652 (2002)

(12) 井上雅弘, 佐藤文博, 松木英敏, 佐藤忠邦, 羅雲, 高木敏行, 山家智之, 仁田新一: SMA人工括約筋への非接触駆動に関する基礎的検討，日本応用磁気学会誌, 26(5), 756-759 (2002)

(13) Fumihiro Sato, Masayuki Jojo, Hidetoshi Matsuki, Tadakuni Sato, Masahiko Sendoh, Kazushi Ishiyama, Ken Ichi Arai: The operation of a magnetic micromachine for hyperthermia and its exothermic characteristic, IEEE Transactions on Magnetics, 38(5), 3362-3364 (2002)

課題番号　H14/B01

RF集積回路における磁性薄膜応用技術の研究

[1] 組織

代表者：山口正洋（東北大学電気通信研究所）
責任者：荒井賢一（東北大学電気通信研究所）
分担者：
阿部正紀（東京工業大学電子物理工学科）
長田　洋（岩手大学工学部）
川人祥二（静岡大学電子工学研究所）
早乙女英夫（千葉大学工学部）
佐藤敏郎（信州大学工学部）
島田　寛（東北大学科学計測研究所）
杉山　進（立命館大学理工学部）
丹　健二（秋田県高度技術研究所）
辻本浩章（大阪市立大学工学部）
中野正基（長崎大学工学部）
中谷亮一（大阪大学大学院工学研究科）
藤井達生（岡山大学工学部）
本田　崇（九州工業大学工学部）
宗像　誠（崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究所）
山本節夫（山口大学工学部）

研究費：公費５万円，旅費76万７千円

[2] 研究経過

IT技術の進展に伴い，高周波帯における軟磁性薄膜の応用の可能性が議論されはじめている。本研究は，800MHz～6GHz程度の周波数帯でRF集積化インダクタを小形化・高性能（高Q）化させること，高透磁率に基づく波長短縮効果により伝送線路を短縮させること，ならびに磁気共鳴損失によって電磁雑音エネルギーを吸収させることなどを開発課題とし，真に集積回路技術の進展に役立つ指針の確立と，定量的な技術限界の議論を行うとともに，萌芽的研究課題の探索を行うことも目的とした。以下に概要を記す。

(a) 研究活動

2003年3月には東工大益一哉教授が来訪しSi RF集積回路におけるインダクティブ素子全般に関する議論と情報交換を行った。長崎大中野正基助手らも同時期に来訪し，永久磁石薄膜の最新開発状況について意見交換を行った。

(b) 研究会活動

本年度は2002年7月29～30日にプロジェクト分担者間で閉じた研究会を行い，RF帯における磁性薄膜の開発と応用について，confidential baseで議論を行った。発表者と題目は以下の通りである。

01-1-1 アミューズメント用磁気マイクロマシン，本田　崇（九工大）
01-1-2 低温で製造したフェライトの高周波デバイスへの応用，松下伸弘（東工大）
01-1-3 プラズマを活用してのフェライト薄膜の低温製造技術，山本節夫，栗巣普揮，松浦　満（山口大学工学部）
01-1-4 直接通電による微細磁性薄膜の高周波透磁率計測，薮上　信（東北大）
01-1-5 錯体重合法によるY型六方晶フェライト薄膜の作製，藤井達生（岡山大）
01-1-6 GHz帯キャリアを用いた高周波キャリア型薄膜磁界センサ，丹　健二(秋田県高度技術研究所)
01-1-7 磁気抵抗効果膜を用いた磁性薄膜機能素子とその応用，辻本浩章（大阪市立大）
01-1-8 フェライト膜の低温形成と高周波透磁率，松下伸広（東工大）
01-1-9 感温磁性体薄膜の温度特性制御に関して，長田　洋（岩手大）
01-1-10 GHz帯における軟磁性薄膜応用（インダクタ，線路，ノイズ対策），山口正洋（東北大）
01-1-11 PLD法を用い作製したNdFeB系厚膜磁石の磁気特性，中野正基（長崎大）
01-1-12 (CoFeB)-(SiO2)系軟磁性薄膜の高異方性磁界と高周波透磁率特性，宗像　誠（宗城大）

また2003年１月14日には日本学術振興会日韓科学協力事業を推進する研究者らと合同でSendai Joint Research Symposium under The Japan-Korea Basic Scientific Cooperation Programを開催した。これはRF帯用磁性薄膜の開発と応用分野の開拓とは，韓国においても強い興味が持たれている状況に鑑み実施したものである。

1. Magneto-optic Spatial Light Modulators, Jaehyuk Park (Toyohashi University of Technology), Jaekyong Cho (Gyeongsang National University), Hironaga Uchida, Kazuhiro Nishimura (Toyohashi University of Technology), Mitsuteru Inoue (TUT and JST-CREST)

2. On the Fabrication of Magnetostrictive Composites, Sang-Ho Lim (KIST)
3. Soft magnetic properties of Fe-X-N nanocrystalline thin films, J. Kim, I. Kim, H. J. Jeon, S. K. Han (Hanyang University)
4. Magnetic garnet films for thermal pixellation, Jaekyong Cho (Gyeongsang National University)
5. Micro Magnetic Sensors Using Amorphous Materials, Geon Sa-Gong (Dong-A University), Kwang-Ho Shin (Kyungsung University)
6. Microwave Absorber Used for Mobile Telecommunication Frequency Band, Sungsoo Kim (Chungbuk University)
7. Trial application of spin-sprayed ferrite films for RF noise suppressors over an on-wafer coplanar transmission line, Ki Hyeon Kim, Masahiro Yamaguchi, Ken-Ichi Arai (Tohoku University), Nobuhiro Matsushita, Masanori Abe (Tokyo Institute of Technology)

[3]成　果

（3－1）研究成果

RF帯軟磁性薄膜の開発について以下の成果が得られた。まず，東工大の阿部・松下らはスピンスプレー法によるフェライト薄膜によって，(a) 0<f≤200MHzでμ'=40,μ"=0 (コア材料に適す)，(b) 0.5GHz<f≤3GHzでμ">20 (電波吸収体に適す)という応用上極めて有用なNiZnフェライト膜の作製に成功した。さらに膜堆積速度を70nm/min(従来の4倍)に高める条件をも見出した。これらのデータ測定は，高周波初透磁率を高精度で測定できる治具を開発したために得られたものである。これらの膜の保磁力は数10 Oeの高い値を示し，従来はこのような高保磁力材料では、初透磁率が50以上に高いことはほとんど無かった。この高い初透磁率の原因については、現在検討中である。

次に，山口大の山本らはスパッタ法，ECRスパッタ法によるフェライト薄膜，ならびに放電プラズマ焼結法によるバルクフェライト材料を作製している。とくにECRスパッタ法では200nm/minの高速レートが得られており，今後，フェライト膜高速製膜装置への展開が期待される。長崎大の中野ら，並びに岡山大の藤井らもフェライト薄膜の開発を進めている。

東北大の島田らはNiFeとB_2O_3の共蒸着によって，NiFeナノコラムを形成させ，強い形状磁気異方性によって強磁性共鳴周波数の高い軟磁性薄膜が開発できることを示した。周期的にNiFe層を膜厚方向に分断することによって，共鳴周波数を制御できることも大きな特徴である。

崇城大の宗像らは，独自のカルーセル型二元同時RFスパッタ装置によって，200 Oe以上の高異方性磁界を持つ軟磁性薄膜の開発に成功した。これは，円筒電極の回転方向に強い異方性が誘導されて実現されたものである。代表例として，ヘテロアモルファス構造の$(Co_{35.6}Fe_{50}B_{14.4})_{0.74}$ -$(SiO_{1.9})_{0.26}$膜では異方性磁界Hk=400 Oe, 飽和磁化10.6kG，抵抗率ρ=107,000$\mu\Omega$cmが得られ，その強磁性共鳴周波数はf_r=5.8GHzに及ぶ。

東北大の山口らは，以上のRF帯磁性薄膜の高周波複素透磁率を9GHzまで測定可能な新装置を開発し，2003年9月には実用化に成功した。これはRF磁界発生源として側面開放型TEMセルを用い，透磁率信号の検出にはインピーダンス整合を50Ω±1Ωまで改良した平面型シールディドループコイルを採用した結果実現できたものである。

また東北大の薮上らは，透磁率測定感度を1桁以上向上しうる新方法として導電性磁性薄膜中に直接RF電流を通電し，その表皮効果に基づくインピーダンス変化から複素透磁率を求めることを提案した。その結果は従来からの一様磁界中における透磁率測定の結果とほぼ一致し，今後有望な測定方法であることが明らかになった。

以上の薄膜開発状況を踏まえ，RF集積回路への応用は0.8-6GHz帯がターゲットとなっている。まず東北大の山口らは，RF集積化磁性薄膜インダクタの解析に不可欠な等価回路の構造を提案し，これに基づいて，Sパラメータの実測値をもとに空心ならびに磁性膜付きインダクタの等価回路パラメータ分離を行った。空心については，東工大の益らと比較検証を行い，両者が一致することが確かめられた。

一方，信州大の佐藤らは，伝送線路に磁性膜・誘電体をハイブリッド実装し，透磁率の寄与により最大12.5%まで波長短縮効果が得られることを実証した。ここでは低損失化が課題である。

そこで東北大の山口・島田ならびに東工大の阿部・松下らは逆に磁性膜の損失を利用し，伝送線路に磁性膜を装着することによっGHz帯の電磁ノイズ成分のみを除去させるような集積化電磁雑音対策素子を提案した。例えばマイクロストリップライン上に直接NiZnフェライト膜(厚さ3?m)を堆積して測定したところ、5GHzで65%の吸収を得ることができ、反射損失も無視できたので、有用性が明らかになった。

東北大の山口らは，RF回路に磁気デバイスが集積化された場合の電磁障害を計測するため，薄膜によるシールディドループ型磁界プローブを開発

した。その帯域は3GHzで，空間分解能は90mmに及び，デバイス評価上有用なセンサであることが明らかになった。

九工大の本田らは磁気マイクロマシンのアミューズメント分野への応用を提案した。これは，先行するペットロボットに比べて桁違いに安価で充電不要な構造とすることを目的としている。いくつかの試作のなかで，卵型の体型と遊泳肢として発達した太く短い後肢を持つ遊泳型磁気マイクロマシン（ゲンゴロウ型）はパドリング機構を考察する段階に至り，今後情報通信機能の集積化への展開に興味が持たれる。

（3－2）波及効果と発展性

RF帯域における軟磁性薄膜の応用は，従来のアイソレータ・サーキュレータへの応用と異なり，テンソル透磁率の対角項を利用する点が新しく，世界的な関心を呼んでいる。[2] (a)で述べたSendai Joint Research Symposium under The Japan-Korea Basic Scientific Cooperation Programに加えて，本共同プロジェクト研究会研究分担者らの活動を機軸に国際シンポジウムInternational Symposium on High Frequency Micromagnetic Devices and Materialsが創設された。第1回は2002年5月3日にデルフト工科大学（オランダ）において，6カ国から11件の発表があった。第2回は2003年4月4日にボストン大学（アメリカ合衆国）において開催され，7カ国から14件が発表された。いずれも本共同プロジェクト研究会代表者がGeneral Chairmanを務めた。詳細は下記を参照して頂きたい。

http://www.arai.riec.tohoku.ac.jp/yamaguti/delftworksho p/

http://www.arai.riec.tohoku.ac.jp/boston_symposium/

今後も2004年にはロサンゼルス（アメリカ合衆国），2005年には仙台で同シンポジウムが開催される見込みである。

以上の活動通して，学内外の研究者との連携が強まり，成果資料に記すような実質的共同研究の成果が出ている。今後は，半導体研究者との連携をいっそう強めることによって，真にIT産業に寄与しうる新規なデバイス創生が期待される。

[4] 成果資料

(1) "High-Rate Low-Temperature (90℃) Deposition of Ni-Zn Ferrite Films Highly Permeabile in Gigahertz Range," N. Matsushita, C. P. Chong, T. Mizutani and M. Abe, IEEE Trans. Magn., vol. 38, pp. 3156-3158, 2002.

(2) "Permeability in PLD-made Mn-Zn ferrite thin films by low-temperature process", M. Nakano, M. Akase, H. Fukunaga, Y. Matsuo, S. Yabukami, M. Yamaguchi, I. K. Arai, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 242-245, pp. 157-159, 2002.

(3) "Very High Electrical Resistivity and Heteroamorphous Structure of Soft Magnetic ($Co_{35.6}Fe_{50}B_{14.4}$)-(SiO_2) Thin Films," M. Munakata, M. Motoyama, M. Yagi, A. Ito, Y. Shimada, M. Yamaguchi and K. I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol. 38, 3147-3149, 2002.

(4) "Cross measurements of thin-film permeability up to UHF range," M. Yamaguchi, O. Acher, Y. Miyazawa, K.I. Arai and M.Ledieu, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 242-245, pp. 970-972, 2002.

(5) "Highly sensitive permeability measurements obtained by electrical impedance," S. Yabukami, R. Ojima, M. Yamaguchi, K.I. Arai and S. Kikuchi, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 254-255, 2002, 111-114.

(6) "Equivalent circuit analysis of RF integrated inductors with/without ferromagnetic material," M. Yamaguchi, Y. Yokoyama, S. Ikeda, T. Kuribara, K. Masu and Ken-Ichi Arai, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 42, Part I, 2210-2213, 2003.

(7) "ゲンゴロウ型磁気マイクロマシンの派度リング機構", 中川照章, 本田崇, 山崎二郎, 日本応用磁気学会誌, vol. 27, pp. 504-508, 2003.

(8) "磁気酵素センサの構成と応答特性の論理回路的表現, 長田洋, 谷地善光, 伊藤清隆, 千葉茂樹, 佐々木圭一, 高橋政雄, 久保田恒夫, 関亨士郎, 日本応用磁気学会誌, vol. 26, pp. 5885-588, 2002.

(9) "Relation between Power Dissipation and Signal Transmission Characteristics in COZrNb/Polyimide Hybrid Microstrip Line," T. Sato, S. Ikeda, H. Nakayama, K. Takizawa and K. Yamasawa, Trans. Magn. Soc. Japan, vol. 2, pp. 377-383, 2002.

(10) "マイクロEMC対策用Ni-Fe微粒子軟磁性膜の作製", 伊藤哲夫, 加茂芳邦, 菊地新喜, 島田寛, 日本応用磁気学会誌, vol. 26, pp. 501-504, 2002.

(11) "Thin-Film RF Noise Suppressor Integrated onto a Transmission Line," M. Yamaguchi, K-H Kim, T. Kuribara, K.I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol. 38, pp. 3183-3185, 2002.

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/B02

圧電材料と弾性波デバイスに関する研究

[1] 組織

代表者：中村僖良（東北大学大学院工学研究科）
責任者：長　康雄（東北大学電気通信研究所）
分担者：
安達正利（富山県立大学工学部）
宇野武彦（神奈川工科大学）
櫛引淳一（東北大学大学院工学研究科）
関本　仁（東京都立大学大学院工学研究科）
竹中　正（東京理科大学理工学部）
長　康雄（東北大学電気通信研究所）
中川恭彦（山梨大学工学部）
橋本研也（千葉大学工学部）
広瀬精二（山形大学工学部）
深海龍夫（信州大学工学部）
山田　顕（東北大学大学院工学研究科）
若月　昇（石巻専修大学理工学部）
阿部　洋（NECトーキン（株））
岩田浩一（東洋通信機（株））
江口　治（キンセキ（株））
門田道雄（(株) 村田製作所）
斉藤久俊（TDK（株））
佐藤良夫（(株) 富士通研究所）
鹿田真一（住友電気工業（株））
芝　隆司（(株) 日立メディアエレクトロニクス）
菅沼俊樹（日本電波工業（株））
三須幸一郎（三菱電機（株））

研究費：校費５万円，旅費72万１千円

[2] 研究経過

高度情報化社会を迎え，圧電体中を伝搬する弾性波を利用した周波数制御・選択ならびに信号処理デバイスの重要性が益々高まっている。次世代の情報通信システムを構築するにあたっては弾性波デバイスの超高周波化と一層の高度集積化，高機能化が求められており，これには産学が密接に連携して研究・開発に取り組む必要がある。

本研究は，基礎となる圧電材料の開発から信号処理デバイスへの応用，さらには各種機能デバイスの研究・開発に従事する大学および産業界の研究・技術者が一堂に会して研究討論を行い，情報通信システムの根幹を担う弾性波デバイス分野の一層の発展を目指すことを目的に行われた。

本年度は平成15年2月27日，28日の両日，東北大学工学部青葉記念会館を会場に「圧電材料・デバイスシンポジウム2003」と題する公開シンポジウム形式の研究会を開催した。前記のプロジェクト研究メンバーの他，一般からも講演を募り，31件の研究発表が行われ，約110名の出席者を得て活発な討論がなされた。発表は，(A) 圧電・強誘電材料，(B) 薄膜共振子・フィルタ，(C) 弾性表面波デバイスⅠ，(D) 弾性表面波デバイスⅡ，(E) バルク波デバイスⅠ，(F) バルク波デバイスⅡ，の６つのセッションに分けて行われた。各セッションでの発表内容の概要は次のようである。

(A) 圧電・強誘電材料

非鉛系ビスマス層状構造強誘電体セラミックスの特性，LFB超音波解析システムによる$LiTaO_3$単結晶の評価，TSFZ法による$KNbO_3$結晶の育成と評価，$KNbO_3$の分極制御法，非線形誘電率顕微鏡を用いた超高密度誘電体記録，有機半導体薄膜材料が示す特異な分極についての発表があった。

(B) 薄膜共振子・フィルタ

ECR-PLD 法による$KNbO_3$薄膜の成長，SMR形圧電薄膜共振子の温度特性や横方向波動伝搬の解析，AlNや$PbTiO_3$薄膜による音響多層膜型あるいはダイヤフラム型圧電共振子・フィルタの製作とその特性等が報告された。

(C) 弾性表面波デバイスⅠ

新しいランガサイト系CNGS単結晶の育成，横結合型および方向性カプラを用いたSAWフィルタ，高周波ダイヤモンドSAW共振器の特性等について報告があった。

(D) 弾性表面波デバイスⅡ

基板接着による弾性境界波デバイスの作製，水晶SH波共振子フィルタの低ロス化，超高結合・零温度係数基板による広帯域低損失SAWフィルタの実験，水ガラスを用いた半導体と圧電体のボンディング技術の発表があった。

(E) バルク波デバイスⅠ

薄い$LiTaO_3$回転Y板におけるSH波の伝搬特性，人工水晶のQと直列抵抗温度特性との統計的検討，超高周波基本波ATカット水晶振動子の製作，ラム

波型高周波共振子の提案，光－弾性波複合センサ素子の検討について報告された。

(F)バルク波デバイスII

超音波材料解析システムによる人工水晶の評価，電極によるバイアス歪を考慮した水晶AT板の周波数温度係数の算出，水晶・三脚共振子を用いた横置きジャイロ・センサの特性，高次モード利用圧電トランスの積層化，$LiNbO_3$圧電アクチュエータを用いた電気接点ブリッジ現象の測定に関する発表があった。

[3]成果

（3－1）研究成果

材料面では，地球環境に配慮した非鉛系圧電セラミックスや，高結合圧電単結晶として注目される$KNbO_3$および$Ca_3NbGa_3Si_2O_{14}$の新たな育成法や分極制御法が開発され，レーザー・アブレーションによる$KNbO_3$圧電薄膜の新しい作製法が提案された。また，超音波による単結晶材料特性評価システムが導入され，その有用性が示された。さらに，非線形誘電率顕微鏡による$Tbit/inch^2$を超える記録密度の強誘電体記録技術が開発された。

超高周波用の圧電共振子・フィルタとしてダイヤフラム型およびSMR型の圧電薄膜デバイスが注目を集めており，いくつかの組織で関連の研究が活発に進められた。SMR型については温度特性の解析や厚み縦振動波の横方向伝搬の解析が行われ，いくつかの重要な知見が得られた。ダイヤフラム型については無線LAN用5GHz帯フィルタが開発され，3GHz以上ではSAWフィルタよりも優れた特性を持つこと等が明らかにされた。

SAWフィルタ関連では，一層の高周波化と広帯域化，低損失化と高安定化を図るための新しいフィルタ構成や，基板材料および電極材料の選択について，いくつかの研究成果が報告された。また，弾性境界波デバイスの作製や半導体と圧電体のボンディング技術など，将来の半導体素子との複合・集積化による新しいデバイスの開発につながる技術が紹介された。

バルク波デバイスのうち共振子関連では，ATカット水晶振動子の振動領域を極薄化した基本波動作の超高周波振動子の開発や，薄板部を伝わるLamb波を利用した共振器の提案がなされた。また，水晶の周波数温度係数や，Q値と直列抵抗温度特性についての新たな知見が報告された。さらに，零温度係数を持つ$LiTaO_3$薄板SH波共振子が考案された。

センサ・アクチュエータ関連では，光－弾性波複合集積化センサの試作や，水晶・三脚共振子を横置きにした薄型振動ジャイロセンサの開発が報告された。また，小形・高出力電力の積層型高次モード利用圧電トランスの検討や，電気接点ブリッジ現象の測定に分極反転$LiNbO_3$アクチュエータを用いる試みが示された。

（3－2）波及効果と発展性など

本共同プロジェクト研究会を通じて大学および産業界の研究・技術者間の密接な情報交換と研究協力の場が築かれた。特に本年度は試みとして公開シンポジウム形式で研究会を実施したが，メンバー以外の研究者の関心も極めて高く，多くの参加者を得て活発な討論が行われた。これにより，次世代の新しい弾性波デバイスの研究・開発が効果的に進展し，我が国が引き続きこの分野をリードするうえで少なからず貢献することが期待される。

本年度までに得た知見をもとに次年度も本研究プロジェクト研究会を継続し，研究の一層の進展を図るとともに，研究者ネットワークの拡大や若手研究者の育成にも努めたい。また，今後も公開シンポジウムの形式で開催し，いずれは国際シンポジウムとしての実施も検討したいと考えている。

[4]成果資料

(1) K. Nakamura, T. Tokiwa and Y. Kawamura, "Domain Structures in $KNbO_3$ Crystals and Their Piezoelectric Properties", J. Appl. Phys., Vol.91, No.11, pp.1972-1976 (2002).

(2) H. Kobayashi, Y. Ishida, K. Ishikawa, A. Doi, and K. Nakamura, "Fabrication of Piezoelectric Thin Film Resonators with Acoustic Quarter-Wave Multilayers", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.41, No.5B, pp.3455-3457 (2002).

(3) 中村僖良「新しい圧電結晶$KNbO_3$の魅力」，日本音響学会誌，58巻8号，pp.524-529 (2002).

(4) H. Nagata and T. Takenaka, "Piezoelectric Properties of Bismuth Layer-Structured Ferroelectric Ceramics with Sr-BI-Ti-Ta System", Ferroelectrics Vol.273, pp.359-364 (2002).

(5) J. Kushibiki, Y. Ohashi, and T. Ujiie, "Standardized Evaluation of Chemical Compositions of $LiTaO_3$ Single Crystals for SAW Devices Using the LFB Ultrasonic Material Characterization System", IEEE Trans. UFFC Vol.49, No.4, pp.454-465 (2002).

(6) 工藤賢一，垣内健児，深海龍夫「赤外線加熱FZ法によるニオブ酸カリウム結晶育成中の雰囲気ガスの影響」，日本結晶成長学会誌 Vol.29,

No.2, p.6 (2002).

(7) Y. Cho, K. Fujimoto, Y. Hiranaga, Y. Wagatsuma, A Onoe, K. Terabe, and K. Kitamura, "Tbit/inch^2 ferroelectric data storage based on scanning nonlinear dielectric microscopy", Appl. Phys. Lett.,Vol.81 No.23, pp.4401-4403 (2002).

(8) T. Nishihara, T. Yokoyama, T. Miyashita, and Y. Sato, "High Performance and Miniature Thin Film Bulk Acoustic Wave Filters for 5 GHz", Proc. 2002 IEEE Ultrason. Symp., pp.944-947 (2002).

(9) 三須幸一郎，井幡光詞，山田朗，野崎歩，前田智佐子，「チタン酸鉛を用いたGHz帯薄膜圧電素子」，日本真空協会誌 Vol.17, No.5, pp.23-30 (2002).

(10) M. Adachi, Y. Sawada, T. Funakawa, and T. Karaki, "Growth of Langasite Family Compounds for Bulk and SAW Applications", Ferroelectrics Vol.273, pp.89-94 (2002).

(11) T. Shiba, Y. Fujita, S. kondo, J. Hamasaki, M. Ide, S. Ogawa, and K. Oda, "Effect of Electrode Resistance for Acoustic Coupler Using Quadrature Electrode", Proc. 2002 IEEE Ultrason. Symp., pp.242-245 (2002).

(12) R. Nakagawa, T. Yamada, T. Omori, K. Hashimoto, and M. Yamaguchi, "Analysis of Excitation and Propagation Characteristics of Leaky Modes in Surface Acoustic Wave Waveguides", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.41, Part 1, No.5B, pp.3460-3464 (2002).

(13) M. Kadota, T. Yoneda, K. Fujimoto, T. Nakao, and E. Takata, "Small-Sized Resonator IF Filter Using Shear Horizontal Wave on Metal Film/Quartz Substrate", 2002 IEEE International Freq. Control Symp. and PDA Exhibition, pp.50-54 (2002).

(14) 岩田浩一「VHF/UHF基本波ATカット水晶振動子」，平成14年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集 pp.58-63 (2002).

(15) 中川恭彦，田中悟，垣尾省司，「極薄水晶基板上のラム波利用の高周波共振器」，第23回超音波エレクトロニクスシンポジウム講演論文集 pp.261-262 (2002).

(16) S. Noge and T. Uno, "Frequency measurement of Piezoelectric Resonator Using Laser Light", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.41, Part 1, No.5B, pp.3290-3294 (2002).

(17) 櫛引淳一，荒川元孝，山岸龍，西野秀郎，「LFB/PW超音波材料解析システムによる人工水晶の評価」，圧電材料・デバイスシンポジウム2003講演論文集 pp.89-90 (2003).

(18) X. Gong, H. Sekimoto, S. Goka, and Y. Watanabe, "Estimation of Frequency-Temperature Characteristics of AT-Cut Quartz Resonators with Large Mass-Loading", 2002 IEEE International Freq. Control Symp. and PDA Exhibition, pp.170-173 (2002).

(19) T. Endow, S. Hirose, and T. Takano, "Several Types of Piezoelectric Transformer for Small Coil-Less High-Efficiency Power Supplies", Proc. 8th International Conf. on New Actuators, pp.63-66 (2002).

(20) Y. Yonezawa, and N. Wakatsuki, "Measurement of Electric Contact Phenomenon Using $LiNbO_3$ Piezoelectric Actuator", Proc. 48th IEEE Holm Conf. on Electrical Contacts, pp.35-42 (2002).

課題番号　H14/B03

プログラム変換による科学的ソフトウェア作成法の研究

[1] 組織

代表者：高野　明彦（国立情報学研究所）
責任者：外山　芳人（東北大学電気通信研究所）
分担者：大堀　　淳（北陸先端大学院大学情報科学研究科）
亀山　幸義（筑波大学電子情報工学系）
胡　　振江（東京大学大学院情報理工学系研究科）
長谷川　立（東京大学大学院数理科学研究科）
小川　瑞史（科学技術振興事業団・さきがけ研究21研究員、東大大学院情報理工学）
細谷　晴夫（京都大学数理解析研究所）

研究費：校費　21万4千円
旅費　28万7千円

[2] 研究経過

科学的なソフトウェア作成法の確立には，正しさが数学的厳密さで保証された高信頼なプログラム部品の蓄積と，それらを組み合わせて所望の機能と性能を備えるソフトウェアを構築する方法の開発が必須である。この観点から，多相型理論や論理学的基礎づけを持つ高信頼なプログラミング言語が提案され，データ構造の代数的性質を利用してプログラム部品を融合するプログラム変換法が研究されている。本プロジェクトでは，応用上ますます重要となったXMLを操作対象とするソフトウェアへの適用を視野に入れながら，プログラム変換やデータ変換を用いた科学的ソフトウェア作成法の探求を目指して研究を行った。

本プロジェクトは，本年度が初年度であった。参加研究者の主要研究分野である，高信頼プログラミング言語，プログラム検証，プログラム変換，データ変換等の最新の研究成果を踏まえて，新しい科学的ソフトウェア作成法の必要要件について議論することから研究を開始した。

以下，研究活動状況の概要を記す。

本年度は，年度前半に，国際会議等で参加研究者の多くが顔を合わせる機会が数回あったため，実質的な議論はそれらの場を借りて先行して行った。そこでの議論を踏まえて，本プロジェクトとして第1回目の研究集会を11月6～7日に電気通信研究所で開催した。ここでは，参加者全員が各自の最新の研究成果について発表を行い，それらに基づく新しいソフトウェア作成法の可能性，XMLを操作対象とするソフトウェアへの適用可能性について研究討論を行った。

具体的な研究発表と討論の内容は次の通り。

外山(東北大)は，項書き換え系の完備化とプログラムの融合変換との興味深い関係について，最新の実験結果を含めて発表した。主に理論的な興味から深く研究されてきた完備化が，実行効率の改善を目的とするプログラム変換と同等の効率化を実現することの意味について議論した。

胡(東大)は，プログラムの仕様から並列プログラムを系統的に導出するプログラム運算法を紹介した。そこで重要な役割を果たす高階パターンマッチは一般には非決定的だが，何らかの制限を加えることによって決定的にできないかとの問題提起を行った。実際のプログラム仕様が満足する適当な制約条件が見つかれば実用上の価値は大きい。

亀山(筑波大)は，delimited continuationの議論で使われている shift・reset操作に健全で完全な公理化を与える方法について発表した。究極の制御構造ともいえるcontinuationはCPS-translationを通じてプログラム解析やコンパイラでの等価変換の基礎づけとなっており，実プログラムの意味に近いdelimited continuationの公理化の意義は大きい。

長谷川(東大)は「Linear Logicは一般人に使えるか？」と題して発表した。高階ラムダ算法(System F)に再帰コンビネータを加えると矛盾するが，高階線形論理に再帰コンビネータを加えても無矛盾である。このことから，「高階線形論理＋再帰コンビネータ」に基礎をおくプログラミング言語を設計すべきとの議論になった。

大堀(北陸先端大)は，コンパイラのレジスタ割付処理が，ある種の証明変換として定式化ができることを示し，それに基づいて実装したプロトタイプ処理系を紹介した。中間言語からレジスタ数に制限のある機械語へ変換するレジスタ割付は，もっとも実マシンに近いプログラム変換と考えられるが，現在アドホックな手法が主流のこの分野で，

証明変換という高信頼な解決法は新たな定番となる可能性がある。

小川(JST／東大)は，bounded tree-widthグラフの代数的構成法を手がかりに，フローチャート言語のdead code検出等のプログラム解析が線形で行えることを示した。コントロールフローグラフの代数的構造を陽に表すSP項を導入し，プログラム解析の仕様をSP項上のcatamorphismとして記述することにより，maximum weightsum問題の最適化定理が適用可能となり，効率のよい線形アルゴリズムを得ている。組合せ理論の深い結果を実用的アルゴリズムの導出に結びつけている。

細谷(京大)は，XMLデータの静的な型チェックを行うプログラミング言語XDuceについて発表した。XDuceは，正規表現を用いてXMLデータの型定義が可能で，XMLデータに対する操作をより直截に記述できる。現在，C, Java, Haskellなどの既存言語のデータ構造にXMLデータを読み込んで処理する方法が主流だが，読み込み時のデータ構造変換が原因で，XMLデータの構造とは異なる構造を持つプログラムを書かねばならない場合も多く，信頼性や運用性の低下を招いている。

高野(情報学研)は，大規模なテキストデータについて，類似性評価などの連想計算を高速に行う汎用連想計算エンジンGETAについて発表した。GETAは16ノード規模のPCクラスタを用いて，1000万件規模のテキストDBを対象とする連想計算を高速処理できる。GETAの応用例として，国立情報学研が提供する図書情報検索サービス Webcat Plusがデモをまじえて紹介された。GETAで高速処理可能な計算について代数的モデルを構築し，プログラム運算によってインデックス分割を行う可能性について議論した。

以上８件の研究発表と討論を通じて，理論研究に裏付けられた新しいプログラミングへの模索が，見通しのよい成果を上げつつあることが確認できた。これらの進展を適切に取り入れて，新しい科学的なソフトウェア作成法の実現に向けて，引き続き研究を進める方向で討論を行った。

［３］成果

（３－１）研究成果

研究集会で次のような知見が得られた。

(1) プログラム融合変換は，データの受け渡しに使われる中間データ構造を系統的に削除する手法として研究されてきた。変換手法は，ローカルな書き換えを繰り返す形で定式化されているが，その書き換えの戦略についてはほとんど研究されていない。外山の考察より，完備化の手続きなどが，より適切な戦略を与えている可能性があることが分かった。

(2) プログラム運算により，多様なプログラムの並列化を系統的に行えるが，その過程では人手による適切なガイドが必須となっている。胡の考察によれば，そのほとんどは人間の深い洞察を使用しておらず，自動化可能で，必要なことはどのような変換の可能性だけを対象とすべきか明らかにすることである。

(3) 通常のcontinuationが，ある時点以降のすべての計算を表しているのに対し，delimited continuationは，ある時点以降の部分的な計算を表す。これは実際のプログラムの意味に近いと考えられ，この公理化により，従来よりも強力なプログラム変換法が定式化できる可能性が生まれた。

(4) 高階線形論理と再帰機構は相性がよく，これをベースに，新しいプログラミング言語を設計すべきである。その際，線形論理のプリミティブに対応する言語の機構をどのように設計するかがカギとなる。それらは，通常のプログラマが直感的に使いこなせるものでなければならない。

(5) レジスタ割付処理という，コンパイラの最もハードウェアに近い処理までが，証明変換という見通しのよい方法で解決できた意義は大きい。これで，対象言語の仕様とマシン語の仕様を与えて，コンパイラ全体を証明変換として系統的に構築する可能性が見えてきた。

(6) 組合せ理論はグラフの探索などについて深い理論的結果を得ているが，それらはこれまで実プログラミングとは結びついていなかった。これは，線形アルゴリズムの存在が理論的に保証されても，実際，理論から導出されるアルゴリズムは巨大な定数項を持ち，実用上は無価値であることがほとんどだからである。小川らの研究により，実プログラムの解析対象となるグラフについては，この定数項を系統的に小さくできる方法が与えられ，理論と実践のギャップを埋める手がかりが得られた。

(7) XMLデータの処理は，今後のプログラミングでますます重要になると考えられるが，現在のプログラミング言語が提供する解法は理想からほど遠い。XMLデータを仕様通りに取り扱えて，プログラムの静的型チェックや各種プログラム解析が可能となる枠組みが求められている。XDuceでの取り扱いは合理的であり，XMLの実アプリケーションで使用可能な処理系のリリースが待たれる。

(8) GETAの実用性はWebcat Plus等で実証されたが，現在の利用環境はCとPerlに限られており，普及を妨げとなっている。HaskellやJavaからも利用可能となることが期待される。また，GETAで高速処理可能な計算のクラスを明らかにして，それに対する代数モデルを構築すれば，GETAの連想計算にプログラム算法が適用可能となる。プログラム運算による実用的なソフトウェア開発の実例となる可能性が高い。

（3－2）波及効果と発展性など

本プロジェクトは本年度から始まったものであり，本プロジェクトから生まれた研究成果と呼べるものは，まだ形になっていない。しかし，普段，学会等で出会っても議論を深める機会の少ない関連分野の研究者が，一堂に会してじっくり議論できたことで，参加者は大きな刺激を受けた。いずれ近い将来，本プロジェクトが契機となり，本プロジェクトの目標である科学的なソフトウェア作成法の確立に向けて，新しい研究が進展すると期待できる。

[4] 成果資料

(1) Atsushi Ohori, Register Allocation by Proof Transformation, ESOP 2003, LNCS 2618, pp.399-413, 2003.

(2) Zhenjiang Hu, Hideya Iwasaki, Masato Takeichi, An Accumulative Parallel Skeleton for All , ESOP 2002, LNCS 2305, pp.83-97, 2002.

(3) Mizuhito Ogawa, Zhenjiang Hu, Isao Sasano, Masato Takeichi, Algebraic construction of graphs with bounded tree width and its applications - Catamorphic Approach to Program Analyses, APLAS 2002, pp.58-73, 2002.

(4) Haruo Hosoya and Makoto Murata. Validation and boolean operations for attribute-element constraints. In Programming Languages Technologies for XML (PLAN-X), pages 1-10, 2002.

(5) Akihiko Takano, Shingo Nishioka, Osamu Imaichi, Yoshiki Niwa, Association Computation for Information Access, APLAS 2002, pp.334-336, 2002.

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/B04

知的行動を創発するための基礎原理の解明とその応用に関する研究

[1] 組織

代表者：土屋　和雄（京都大学工学研究科）
責任者：矢野　雅文（東北大学電気通信研究所）
分担者：
伊藤　宏司（東京工業大学総合理工学研究科）
津田　一郎（北海道大学理学研究科）
石黒　章夫（名古屋大学工学研究科）
浅間　　一（理化学研究所工学基盤研究部）
藤井　輝夫（東京大学生産技術研究所）
湯浅　秀男（東京大学 工学系研究科）
高草木　薫（旭川医科大学）
太田　　順（東京大学 工学系研究科）
細田　　耕（大阪大学大学院工学研究科）
倉林　大輔（東京工業大学総合理工学研究科）
木村　真一（通信総合研究所）
近藤　敏之（東京工業大学総合理工学研究科）
辻田　勝吉（京都大学工学研究科）

研究費：校費20万円，旅費

[2] 研究経過

現在のロボットの運動機能は、すべて設計者が計算しあらかじめ作り込んだものであり，ロボット自らが獲得した機能ではない。人工物が実世界のような無限定環境下においても自律的かつ実時間的に対処可能なシステムを構築することは，人工物の効果的な利用を拡大するための重要な課題となっている。一方，生物は，移動を通して環境との多様な相互作用を行い，無限に変化する環境（無限定環境）に対して運動を実時間で自己組織化し，かつ新たな環境にも適応的に対処する機能（移動知）を獲得してきた。

本プロジェクト研究では，生物における移動知獲得の数理的・生物的原理を考察するとともに，工学的実現に向けての計算手法を開発することを目的として研究を行っている。本年度の研活動状況は次のとおりである。

（研究会）
第１回：平成14年６月30日～７月１日
　　於作波温泉岩松旅館　参加者13名
第２回：平成14年８月15日～16日
　　於富山県大山町インテック研修センター
　　参加者15名
第３回：平成14年10月29日
　　於京都大学工学研究科　参加者14名

（講演会）
平成15年２月28日於東北大学電気通信研究所
講師：コーエン教授
　　（米国メリーランド大学生物学科）
参加者20名

[3] 成果

（３－１）研究成果

移動知解明のため以下の三つの課題を設定した。

１）身体の可塑性に基づく運動パターンの実時間形成：多様な運動パターンを，環境とのインタラクションを通して実時間で選択・実現するメカニズムの解明。
２）能動的相互作用による環境の身体化：能動的行動による外部環境自由度の拡大・拘束，群ロボットにおけるコミュニケーションや共進化を通しての機能獲得方法の解明
３）みなし情報に基づく運動情報の内的生成・統合：環境からの部分情報から世界モデルの獲得と，学習による拘束条件導出に基づく運動情報の内的生成の実現。

本年度はこれらの課題に関する研究サーベイ及び検討を行い研究会で発表討論を行った。

（３－２）国際会議の開催

本研究会メンバーが中心となって下記の国際会議を開催した。
第２回動物と機械の適応運動に関する国際会議
2003年３月４日～８日於京都市キャンパスプラザ京都
参加者89名（海外24名）

[4] 成果資料

上記国際学会における発表論文

１）M. Yano, “Purposive Locomotion of Insect in Indefinite Environment”, Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003

2) S. Ito, Y. Aoyama and H. Kawasaki, "Static balance control and external force estimation using ground reaction forces", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
3) K. Tsuchiya, S. Aoi and K. Tsujita, "A Turning Strategy of a Multi-Legged Locomotion Robot", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
4) H. Kimura, Y. Fukuoka and T. Mimura, "Dynamics Based Integration of Motion Adaptation for a Quadruped Robot", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
5) A. Ishiguro, K. Ishimaru, K. Hayakawa and T. Kawakatsu, "Toward "well-balanced" design: a robotic-case study - How should control and body dynamics be coupled? -", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
6) H. Hayashi, T. Kondo and K. Ito, " Development of a Hexapod Robot focusing on Leg Compliance", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
7) M. Ogino, K. Hosoda and M. Asada, "Learning Energy Efficient Walking with Ballistic Walking", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
8) Y. Nagai, K. Hosoda, A. Morita and M. Asada, "Emergence of Joint Attention based on Visual Attention and Self Learning", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003
9) Y. Yoshikawa, K. Hosoda and M. Asada, "Does the invariance in multi-modalities represent the body scheme? - a case study with vision and proprioception -", Proc. of AMAM2003, Kyoto, March.4-8, 2003

共同プロジェクト研究

課題番号　H14/B05

半導体表面におけるナノプロセスと新機能の創成

[1] 組織

代表者：一宮彪彦（名古屋大学大学院工学研究科）
責任者：大野英男（東北大学電気通信研究所）
分担者：
西永　頌（名城大学理工学部）
押山　淳（筑波大学物理学系）
纐纈　明伯（東京農工大）
名西　憲之（立命館大学理工学部）
中山　弘（大阪市立大学工学部）
伊藤　智徳（三重大学工学部）
白石　賢二（筑波大学物理学系）
長谷川修司（東京大学大学院理学系研究科）
田中　雅明（東京大学大学院工学系研究科）
中山　隆史（千葉大学理学部）
金子　忠昭（関西学院大学理学部）
大野　隆央（物質材料研究機構）

研究費：校費　5万円，旅費　55万円

[2] 研究経過

固体表面に作製されるナノスケールの構造・機能の制御を予測し実現するためには，少なくとも表面再構成構造や界面の構造とそれに伴う電子構造などの量子科学的特性に関する知見を得ることは必要不可欠である。また，ナノ材料プロセスを実現するには，その過程における物理的，化学的現象を理解し,さらにその制御の理論的予測をしなければならない。そのためには表面反応やエピタキシャル成長，またエッチング過程などに伴う表面の歪場の発生，相転移，またこれらのプロセスに伴う構造ダイナミクスについて原子構造や電子状態などの量子科学的特性を考慮した取り扱いが必要となる。

本研究はナノメートル領域における表面素過程と構造ダイナミクス，すなわちエピタキシャル成長やエッチング，昇華におけるステップの運動，成長およびエッチング･昇華の核生成のメカニズム，表面における原子の移動のメカニズムと表面電子状態との相関を表面の原子構造やステップなどのナノ構造と関連させて明かにすることを目的に研究会を開催した。

半導体デバイスの微細化に伴って，ナノメートルサイズにおける種々の技術の確立が求められている。しかしながら，半導体微細加工の主たる技術である，エピタキシャル成長技術においても，まだ解決すべき問題点が数多く残されており，それらを克服するためには表面における種々のプロセスについて，その電子状態も含めた構造ダイナミクスの理解が必要となる。本研究は半導体のナノプロセスについて，種々の観点から検討，討論し，表面における構造ダイナミクスを明らかにする事を目的として研究会を開催した。

本プロジェクトは本年度のみの単年度プロジェクトである。以下に平成14年10月18日，19日に松島で開催された研究会について報告する。

[3] 成果

（3－1）研究成果

研究会は主に分担者および企業からの招待者により，平成14年10月18日(金)，19日(土)の2日間に渡って松島町，ホテル「一の坊」において開催され，19名の限定されたメンバーによる非常に活発な討論が行われた。

本研究会では（1）窒化物，III-V族半導体，IV-IV族半導体等の成長過程，（2）ナノ構造における新しい機能，および（3）表面におけるステップダイナミクスの3点のテーマに絞って，講演と討論を行い，非常に活発で熱のこもった討論が展開された。以下に本研究会で討論が展開された講演のタイトルを列挙する。

纐纈　明伯（東京農工大）
GaN表面極性と表面反応 -その場測定を用いて-

名西やすし，荒木努，齋藤義樹，山口智広（立命館大学理工学部）
RF-MBE法によるInNおよびInGaNの成長と評価

中山　弘（大阪市立大学大学院工学研究科電子情報系専攻）
「触媒CVDによるCおよびSi-C系材料の薄膜成長」

平岡佳子（東芝）
「ＳｉＣ表面と原子状水素の反応」

白井正文（東北大通研）
第一原理計算による新しい磁性体の設計

大野英男（東北大通研）
スピントロニクス材料としての(Ga,Mn)As

押山　淳（筑波大物理）
シリコン表面Dangling Bond ネットワークによる物質設計

大野隆央（物質材料研究機構）
量子論による表面界面の研究

中山隆史（千葉大理）
量子ドット列におけるフラットバンド励起子

五明明子（ＮＥＣ）
III-V族秩序構造形成に及ぼす成長表面の影響

山口　浩司・平山　祥郎（ＮＴＴ物性科学基礎研究所）
結晶成長におけるステップバンチングを用いたInAs ナノメカニカル構造の作製と局所弾性の評価

白石賢二（筑波大学物理学系）
GaAs超薄膜の弾性的性質

秋本晃一（名古屋大学大学院工学研究科）
極端に非対称なＸ線回折法を用いた半導体表面界面の格子緩和の研究

金子忠明（関西学院大理学部）
無機レジスト（自然酸化膜/半導体多層膜）を用いたマスクレス・ナノリソグラフィー

長谷川修司（東大理学系研究科物理）
表面擬１次元金属系の電子輸送特性

本間芳和（NTT物性科学基礎研究所）
シリコンパターン基板上におけるナノチューブネットワークの自己組織化成長

阿久津典子（大阪電通大）
反発的化学吸着子のある微斜面の統計力学

一宮彪彦（名古屋大学大学院工学研究科）
「シリコン表面上の孤立シリコンピラミッドのシリコン蒸着による形状変化」

具体的な研究内容は以下の通りである。（１）窒化物半導体薄膜の低温成長過程の解明，（２）半導体表面のナノ構造形成による磁性発現を含む物性と機能の予測および実験との比較。（３）半導体表面プロセスにおける界面反応の制御における界面構造(歪場や電子構造を含む)形成の役割の解明。（４）半導体表面における原子の吸着・移動とナノ構造形成の素過程の解明。以上を中心として，表面物理，結晶成長，電子デバイス，第一原理計算，結晶成長シミュレーション，統計力学などの広い角度から討論する。

予想される成果としては，種々の表面プロセスによる表面ナノ構造の形成，緩和過程などの動的過程の定量的な実験結果と第一原理を基礎としたシミュレーションとの比較から原子レベルでの表面素過程を明らかにする。また，ナノメートル領域における物性の測定結果と理論との比較からナノ構造の機能に関する知見を得る。またそれらの結果を総合し，半導体ナノプロセスへの応用の足がかりを得る。

本研究会では，注目すべき発表が多く，非常に活発な討論が繰り広げられた。半導体表面における成長過程では，特にサファイア基板上の窒化物半導体の気相成長において，成長相の極性が，成長温度や，窒化条件と密接な関係にあり，またキャリアガス水素の反応とも関連があることが明かになった。またInNの低温成長について，サファイア基板の窒化，二段階成長法などを行うことにより高品質のInNエピタキシャル成長に成功が発表された。
また最近注目を集めているSiC系材料の低温成長について，触媒を用いた新しい試みが注目を集めた。また，これらのプロセスにおいて水素吸着の効果が重要であり，その効果についての第一原理計算による提案があった。
ナノ構造における新機能についてはバルクでは磁性を示さない物質における磁性の発現について興味が集まり，活発な討論が行われた。特にシリコン表面におけるダングリングボンド･ネットワークの構築による強磁性の発現など，興味深い物性

の発現や，量子ドットの配列を制御するとフラットバンドが現れ，その磁場による制御などに興味が集中した。またスピントロニクス材料としての（Ga,Mn）Asなどの強磁性転移温度について活発な討論があった。

半導体表面の電子状態はバルクの状態と異なることは知られているが，表面電気抵抗について，信頼できるデータは得られていなかった。独立に制御できる4つのSTM探針を用いたシリコン表面の電気抵抗の測定では，表面電気抵抗の信頼できるデータのみならず，表面の一次元配列による電気抵抗の異方性に関する知見を得るとともに，低温におけるパイエルス転移を明確に捕らえることに成功し，熱い討論が繰り広げられた。

エピタキシャル成長において重要な基板表面のステップの挙動に関しても理論と実験の双方から検討され，被覆率１以下の吸着子のある微傾斜面の熱力学的振舞いについて統計力学計算により，表面エネルギーとステップ間相互作用係数を求め，モンテカルロシミュレーションによりテラス幅を求めた結果は，実験を良く説明し，注目を集めた。またこれに関連して，Si(111)表面におけるシリコンのステップフロー成長の不安定化について，上下テラスのサイズ比を制御することによって，不安定化の要因について，明かにした。また7×7と１×１相転移温度の近傍でステップ上端を７×７構造で覆うと，電場の存在により非対称性が増大し不安定化が顕著になる事を示し，それについて，活発な議論が行われた。またシリコン表面にSTM探針により作製した，孤立したシリコンピラミッドにシリコンを蒸着することにより，成長過程におけるナノピラミッドの形状の変化が，崩壊過程における形状変化とは根本的に異なり，崩壊過程におけるステップの挙動と成長におけるステップの挙動の関連性について活発な議論が行われた。
また，イオンビームリソグラフィーや放射光リソグラフィーにより表面にナノ構造ネットワークを構成する試みについても，新しい提案がなされた。特に，カーボンナノチューブのネットワーク構成については興味が集中し，活発な議論が展開された。

（３－２）波及効果と発展性など

本研究会では，理論と実験の密接な協力の結果がより鮮明になり，また理論計算の結果と実験結果の比較がより明確になった。特にナノプロセスにおいて，それを制御する因子が明らかになり，複雑な成長過程などについての攻略法にある程度の道筋が付けられたと思われる。これらの結果はエピタキシャル成長を中心とするナノ構造制御の手法を飛躍的に発展させると思われる。また新しい機能についての実験的・理論的結果はナノ構造の新しい可能性について，多くの発展性を秘めている。またナノメートルサイズにおける種々の現象とマクロな現象との関連性についても明らかになりつつあり，これらを中心に，本研究をさらに特定領域研究等に発展させたいと考えている。

[４] 成果資料

研究会に関連して得られた成果の論文等は特に無し

課題番号　H14/B06

コミュニケーションの成立条件の認知科学

[1] 組織
代表者：沢田康次（東北工業大学）
責任者：白鳥則郎（東北大学通研）
分担者：
稲垣康善氏（名古屋大学工学研究科教授）
河原達也氏（京大情報学研究科）
東倉洋一氏（NTTコミュニケーション科学基礎研究所長）
野家啓一氏（東北大文学研究科）
石田文彦氏（電気通信大学情報システム学研究科助手）

研究費：校費　　0円、
旅費　385,280円

[2] 研究経過

目的

二者または複数者の間でコミュニケーションが成立するとは，一般にお互いが自分の主張を述べ，かつ他者の主張を理解することであるが，自分の主張と他者の主張が有機的に統合されたものになっていない場合は真の意味でのコミュニケーションとはいえない。また，たとえ一人の中でその両者が統合されたとしても，その統合が他者と共有していることが必要である。このためには情報の一方的な流れや時間をおいたやり取りよりは同時的実時間的な情報のやり取りが必要である。本研究は，コミュニケーションが成立する条件を数理的に表現し，コミュニケーションが困難な場合の改善方法を明らかにするとともに，工学的に創造的コミュニケーションが行われやすい情報ネットワークの設計に資することを目的とする。

概要

この目的を実現するために，コミュニケーションの成立条件の基礎的研究として，実時間情報処理は生物が生存するのに必要な機能であることに着目し，実時間処理の数理的本質をとらえるために，被験者を8人に増加して前年度に引き続き，ヒトと単純運動を行うターゲットとのコミュニケーションの研究を行った。被験者にスクリーン上を周期的に運動するターゲットをカーソルで追随するタスクを与え両者の位相差と位置誤差を詳細に測定した。その結果，人が日常遭遇する運動周波数領域において，手の運動がターゲットを無意識的に先行することが被験者全員に共通していることを確認した。更に，この先行位相量は個人によって変化するが，与えられた同波数における各個人の先行位相量は，その個人がターゲット運動の予期しない変化時におけるトランジェント誤差を最小にする位相量と強い相関があることを8人の被験者で確認した。

人の感覚運動系は個人差があるが，それにもかかわらず，それぞれの個人にとって突然の環境変化に最適対応できるように脳内のパラメータが設定されている（Proactive Controlと呼ぶことにした）驚くべき結果を明らかにした。

○研究打ち合わせ
日時　平成14年3月5日－6日
場所　東北大学電気通信研究所中会議室

蔵本由紀氏（京都大学理学研究科）は日本における非線形理論の第一人者であり特に位相方程式に関する業績が顕著である。

同氏とともにわれわれの発見したプロアクティブ制御の実験結果について議論し，これまで用いてきたDFFモデルから位相方程式を導出することに成功した。この方程式の数値計算はプロアクティブ制御における，ターゲット運動が0.6Hzに観測されるposition-matching modeとrhythm-matching modeの遷移を的確に捉えるが判明した。

[3] 成果

本年度は，コミュニケーションの成立条件の基礎研究として，人と運動するターゲットの関係を測定し，実時間制御のひとつの戦略として環境変化のある周波数帯域において，ひとはプロアクティブ制御方式とわれわれが命名した先行制御をおこなっていることを実証し，その数理モデルとしてDFF方程式及び非線形効果を取り入れた位相方程式を導出し，これらが実測された実験結果をほぼ完全に再現することを示すことができた。

このことにより脳内の感覚器—運動系の信号の

流れに対して積極的な提案が可能になり，その機能解明に貢献できる。

また来年度はプロアクティブ制御がコミュニケーションに果たす役割について研究を進める予定であり，その基礎的な数理的知識を本年度の研究によって獲得することができた。

1) 石田文彦，沢田康次
人の感覚運動システムにおける先行位相の定量的研究
計測自動制御学会論文集 Vol.39（2003）No.1 pp.59-66

2) Muquit, M.A.; Sawada, Y.;
"Modeling and verification of the "cause &effect" relation comprehension by neural networks using learning algorithms Neural Networks, 2002. IJCNN '02. Proceedings of the 2002 International Joint Conference on , Volume: 1 , 2002 , Page(s): 939 -943

3) F. Ishida, Y. Kuramoto, Y. Sawada,
"Phase model for the mode transition at a critical frequency in hand tracking task", CD-ROM Proc. of 2002 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications,N2-7-1, 2002.

4) 石田文彦，蔵本由紀，沢田康次，
"目標追従運動課題時の追従戦略の遷移に対する位相モデル"，
第12回日本神経回路学会全国大会論文集，pp.355-358，2002.

課題番号　H14/B07

先端ＥＭＣ計測技術に関する研究

[1] 組織

代表者：澤谷　邦男（東北大学大学院工学研究科）
責任者：杉浦　行（東北大学電気通信研究所）
分担者：
荒井賢一（東北大学電気通信研究所）
岩崎　俊（電気通信大学電気通信学部）
越後　宏（東北学院大学工学部）
上　芳夫（電気通信大学電気通信学部）
桑原伸夫（九州工業大学工学部）
曽根秀昭（東北大学情報シナジーセンター）
多気昌生（東京都立大学大学院工学研究科）
遠矢弘和（ＮＥＣラボラトリーズ生産技術研究所）
徳田正満（武蔵工業大学工学部）
西方敦博（東京工業大学教育工学開発センター）
根元義章（東北大学大学院情報科学研究科）
野島俊雄（NTT DoCoMo）
橋本　修（青山学院大学理工学部）
藤原　修（名古屋工業大学工学部）
山中幸雄（独立行政法人通信総合研究所）
山根　宏（ＮＴＴ生活環境研究所）
和田修己（岡山大学工学部）

研究費：校費3万5千円，旅費29万4千円

[2] 研究経過

ＩＴ社会の高度化に伴って，近い将来，各種の有・無線通信システムや多種多様な電子機器が極めて高密度に利用されるようになってくる。このような環境では，電子機器や自動車等の電磁雑音による通信システムの受信障害や，通信システムの電磁波による電子機器等の誤動作など，様々な障害の多発が懸念される。従って，ＩＴ社会の発展にとって，機器システム相互の電磁的適合性（ＥＭＣ）の確保が不可欠であり，その基盤となる計測技術の開発が極めて重要である。このため，大学，国立研究機関，民間企業の研究者が集まって，多様なＥＭＣ計測技術の高精度・高確度化に関する研究を行う。

本共同プロジェクトは，以下のような研究課題について，３年計画で行う。今年度は2年目である。

(1) 電子機器等における電磁雑音の発生・伝搬機構に関する計測
(2) 電子機器等のエミッション及びイミュニティ特性に関する計測
(3) ＥＭＣ対策用部品・材料の特性に関する計測
(4) 通信システムの受信障害に関する計測
(5) 電波防護指針に関わる計測

上記課題の種々の問題について，情報交換と検討をおこなう研究会を以下のように開催した。

日時：12月25日(水) 13:30-17:30
　　12月26日(木) 09:30-12:00
場所：五橋会館

12月25日
(1) 高速通信用ポートの妨害波対策法の検討
　桑原伸夫（九州工業大学工学部）
(2) キットモジュールEMI規格の検討
　遠矢弘和（ＮＥＣラボ・生産技術研）
(3) 1GHz以上の妨害波測定法の諸課題について
　山中幸雄（通信総研）
(4) 4テプセムTEMセルの提案
　上　芳夫（電気通信大学電気通信学部）
(5) 雷測定システムと雷害対策シミュレーション技術について
　山根　宏（ＮＴＴ生活環境研究所）
(6) 静電気試験器のFDTDシミュレーション
　藤原　修（名工大・工）
(7) ファントム液剤の複素誘電率の絶対測定法の検討
　西方敦博（東京工業大学教育工学開発センター）

12月26日
(8) マトリックスペンシル法を用いた不要反射波の影響の低減
　浜田リラ（電気通信大学電気通信学部）
(9) EMIアンテナの新しい校正法
　杉浦　行（東北大・通研）
(10) 電波波源の位置推定
　澤谷邦男（東北大学大学院工学研究科）
(11) IC/LSIのEMC特性評価法とモデル化
　和田修己（岡山大学工学部）
(12) 新スーパーコンピュータの利用法
　曽根秀昭（東北大学情報シナジーセンター）

[3] 成果

(3-1) 研究成果

研究会では，様々な角度からEMC計測の先端技術についての話題が取り上げられた。

具体的には，EMIアンテナの校正法，ノイズ測定法等，最新の研究成果の報告がなされ，活発な意見交換が行われた。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同プロジェクトによって，多様なＥＭＣ計測技術の高精度・高確度化が図られるため，ＩＴ社会の発展に不可欠な電子機器等のＥＭＣ対策が大いに促進されることが期待される。

また，研究成果を国内・国際標準化組織に提案することにより，産業界に大いに貢献できる。

研究会には，学外からの多数の研究者が出席され，交流が活発化した。次年度も本研究プロジェクト研究会を継続し，さらに研究者間の交流を深め，研究を深めていく予定である。

[4] 成果資料

(1) Y. ISHIDA, K. YAMASHITA, and M. TOKUDA, "Finding Method of Radiated Emission Sources with Arbitrary Directional Current Components Utilizing CISPR Measurement System," IEICE Trans. on Commun., VOL. E85-B NO. 4, pp. 723-731, Apr. 2002

(2) J. WANG, K. SASABE, and O. Fujiwara, "A Simple Method for Predicting Common-Mode Radiation from a Cable Attached to a Conducting Enclosure," IEICE Trans. on Commun., VOL. E85-B NO. 7, pp. 1360-1367, Jul. 2002

(3) J. WANG, O. FUJIWARA, and T. ONO, "Dosimetry Evaluation of a Whole Body Exposure Setup for Small Animal at 2.45 GHz," IEICE Trans. on Commun., VOL. E85-B, NO. 12, pp. 2963-2965, Dec. 2002

(4) 井山，垂澤，上林，野島，藤原，"個体ファントムを用いた電界プローブ固定型局所SAR測定装置，" 信学論(B) Vol. J85-B, No. 5, pp. 631-639, May 2002

(5) 望月，渡辺，多氣，山中，白井，"携帯電話の頭部SAR測定法で用いる頭部ファントムのサイズに関する検討," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 5, pp. 640-648, May 2002

(6) 王，藤原，野島，"2GHz帯携帯電話機による頭部内局所電磁吸収量の使用位置依存性," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 5, pp. 649-655, May 2002

(7) 大島，王，藤原，"携帯端末で心臓ペースメーカに生ずる電磁干渉の胴体モデリング依存性," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 5, pp. 726-728, May 2002

(8) 花澤，橋本，"抵抗皮膜を用いたボード型ETC用電波吸収体に関する研究，" 信学論(B) Vol. J85-B, No. 5, pp. 867-870, May 2002

(9) 牧，濱田，オッチューラ，下塩，徳田，桑原，"大地帰路を考慮した平行伝送ケーブルの広帯域伝送特性," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 6, pp. 890-899, Jun. 2002

(10) 石居，岩崎，"波形再生によるパルス状電磁界の2次元到来方向推定の分解能," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 6, pp. 962-970, Jun. 2002

(11) 斎藤，西方，"磁性損失材で被覆したマイクロストリップ線路の伝送測定及び解析," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 7, pp. 1095-1103, Jul. 2002

(12) 土屋，森下，宗，橋本，"FDTD法による金網を使用した電磁波シールド材のシールド効果解析," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 7, pp. 1143-1146, Jul. 2002

(13) 安藤，栗原，滝沢，橋本，稲垣，大平，"ＦＤＴＤ法を用いた電波暗箱内部の電磁界分布の評価," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 8, pp. 1466-1468, Aug. 2002

(14) 藤原，世古，山中，"静電気放電の火花抵抗則に基づく発生電磁界のFDTD計算," 信学論(B) Vol. J85-B, No. 9, pp. 1644-1651, Sep. 2002

(15) 田中，曾根，井上，"フェライトコア装着線路の周波数依存形FDTDモデル," 信学論(B) Vol. J86-B, No. 1, pp. 85-92, Jan. 2003

(16) 高山，木下，松石，松永，王，豊田，和田，古賀，福本，柴田，"LSIの電源端子電流モデルのEMIシミュレーションへの適用," 信学論(B) Vol. J86-B, No. 2, pp. 226-235, Feb. 2003

(17) M. TANAKA, H. TAKITA, and H. INOUE, "Effect of Conductive Sheet Placed over PCB on Electromagnetic Noise Shielding," IEICE Trans. on Commun., VOL. E86-B, NO. 3, pp. 1125-1131, Mar. 2003

5.1 通研国際シンポジウム

ニューパラダイムVLSIコンピューティング国際シンポジウム

International Symposium on New Paradigm VLSI Computing

主催 東北大学電気通信研究所

共催 日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究（C）（2）（企画調査）「多値技術に基づく高速データ転送とそのマルチメディアVLSIプロセッサへの応用」

後援 IEEE仙台支部, 平成14年度「21世紀COEプログラム」新世代情報エレクトロニクスシステムの構築

開催期間と会場 平成14年12月12日～12月14日（3日間）
東北大学工学部青葉記念会館

主たる講演者

Kenneth C. Smith（Univ. of Toronto, Canada）
Dan A. Simovici (Univ. of Massachusetts Boston. USA)
Jon T. Butler (Naval Postgraduate School, USA)
Marek Perkowski (Korean Advanced Institute of Science and Technology, Korea)
Georgi Stoyanov (Technical Univ. of Sophia, Bulgaria)

シンポジウムの概要

本国際シンポジウムは，従来の延長上にはないシステムレベルを中心とした革新的要素技術についての発表・討論を目的として，以下のような趣旨で創設されたものである。

人にやさしい情報社会を実現する重要分野の一つとして，高度な自律的知能処理を行うリアルワールド応用知能集積システムがある。応用例として，人間生活支援ロボットなどを実現するためのロボットエレクトロニクスシスム，安全性やセキュリティを確保する高安全知能システム，環境の自律的認識により人間を支援するマルチメディア知能システムなどがある。これらの知能アルゴリズムを高速かつ低電力で実行するシステムオンチップとそれらを用いたシステムインテグレーション技術に関する発表と討論を行う。

今回は特に，以下のトピックに対する従来の延長上にはない新パラダイムに関する研究発表・討論が行われた。

(1) VLSIの配線に起因する問題の解決
(2) 低電力かつエネルギー効率のよいアーキテクチャ
(3) 新概念デバイス・回路アーキテクチャ
(4) システムインテグレーションとリアルワールド応用，
(5) 知的信号処理とアルゴリズム．

本シンポジウムの参加者の間でも，本分野の重要性が再認識され，第二回以降の

開催継続にも強い要望があり，関係者一同東北大学を拠点に本分野の世界情報発信にさらに貢献したいという意を強くした次第である。

シンポジウムの構成
講演27件（海外招待講演10件，国内招待講演17件）

参加国および参加人数
・国内研究者：招待講演　17名，一般参加　46名
・外国研究者（米国，カナダ，ブルガリア等）：　招待講演10名，一般参加　8名
・参加者総数　81名

5.2　国際会議等の開催状況

高周波マイクロ磁気デバイス・材料国際ワークショップ

International Workshop on High Frequency Micromagnetic Devices and Materials

開 催 日：2002年5月3日（金）
開催場所：デルフト工科大学（オランダ）

ワークショップ概要：近年小型化および高周波化が著しいマイクロ磁気デバイスおよびマイクロ磁気デバイス用磁性薄膜の開発に関する国際ワークショップをオランダのデルフト工科大学で本分野の山口正洋助教授がチェアマンとなって開催した。

本ワークショップの参加者は約40名であり日本，オランダ，アメリカをはじめ世界7カ国から研究者が集まった。講演件数は全体で12件であり，講演後引き続きGeneral Discussionが行われ，主にRF集積化磁気素子とその材料について最新の研究状況を議論した。またGeneral Discussionではこの分野でのキラーアプリケーションが必要とのコメントがあった。

第9回　フェムト秒テクノロジーに関する国際ワークショップ

The 9th International Workshop on Femtosecond Technology (FST 2002)

開 催 日：2002年6月27日（木）～28日（金）
開催場所：AIST Tsukuba Center, Tsukuba, Japan
主たる講演者
H. G. Weber (Heinrich-Hertz-Institute), J. R. Taylor (Imperial College)
S. Kawata (Osaka Univ.), G. S. Solomon (Stanford Univ.)

シンポジウム概要：
本シンポジウムは、日本、アメリカ、ドイツ、イギリス等の国々から315名の研究者が出席し、開催された。フェムト秒光技術を駆使した超高速光エレクトロニクス、超短パルス発生・伝搬、超高速光測定、光材料工学およびナノ構造デバイスに関する講演があり、参加研究者による活発な意見交換および情報交換がなされた。発表論文数は145件であり、その内容は以下のとおりである。
(1)　プレナリー講演（発表：4件）
(2)　パルスレーザ（発表：8件）
(3)　光エレクトロニクス（発表：8件）
(4)　光学材料（発表：8件）
(5)　ナノ構造デバイス（発表：8件）
(6)　ポスター（発表：109件）

国際会議等

第２回ナノスケール分光法とナノテクノロジーへの応用国際ワークショップ

The Second International Workshop on Nano-scale Spectroscopy and Nanotechnology

開 催 日：2002年11月25日（月）～28日（木）
開催場所：国際文化会館（東京）

会議の概要：

2002年11月25日から28日までの間，標記の国際ワークショップが国際文化会館 (東京)で開催された。第1回ワークショップは2000年12月トリエステ(イタリア)で開催している。本ワークショップでは「分光型ナノスケール顕微鏡」を中心議題に据えて100 nm以下の空間分解能を有する各種の分光型ナノスケール顕微技術に携わる研究者を一同に会して，ナノテクノロジー材料という新物質相としての特異性の解明とナノサイエンス分野に於ける相互協力関係の強化を目指して開催された。電子ビーム，トンネル電子，光近接場，高輝度単色放射光をプローブにした四つのナノメーター計測技術を主な議題に取り上げ，４日間に渡って開催された。参加者数はイタリア，ドイツ，スイスなど欧州，米国，アジアからの参加も含め総勢81名，ポスターを含めた発表論文数は43件であった。イタリアから多くの招待講演者が来日した関係で，最終日にはイタリア大使館の科学技術担当者の挨拶もあり，大いに盛り上がった。次回は2年後，メリーランド(米国)で開催される予定である。

なお，本研究所からは潮田資勝教授，上原洋一助教授，坂本謙二助手がそれぞれが組織委員長，幹事，会計を務め，会議運営の中心的役割を果たした。

北米垂直磁気記録／垂直磁気記録　合同国際会議2003

Joint NAPMRC/PMRC 2003

開 催 日：2003年1月6日（月）～8日（水）
開催場所：米国カリフォルニア州モンタレー市

シンポジウムの概要：

垂直磁気記録国際会議（PMRC）が北米垂直磁気記録国際会議と合同で開催した垂直磁気記録を中心とする高密度磁気記録技術を討議する国際会議である。参加者数は米・日・英・韓・台・伊・スイスの7カ国から150名ほどであった。発表論文数は65件で，うち23件は日本，33件が米国であった。実行委員長を岩崎東北工業大学学長が務め，プログラム委員長を，日本から村岡教授と青井教授（本学通研），米国からLitvinov氏，Khizroev氏（Seagate Research）が務めた。

発表の概要は，磁気ヘッドや磁気ディスクのデバイス・材料に関連する内容からハードディスクシステムとしての内容まで多岐にわたった。垂直ディスクの低ノイズ化や単磁極型磁気ヘッドの高分解能化など，垂直磁気記録の実用的な高密度化検討が多く発表され，間もなく出番を迎えることが期待される垂直磁気記録に対する

日米を中心とする活発な研究開発状況が示された。

また，記録点に熱を加えて反転磁界を低下させる熱アシスト型垂直磁気記録や磁化容易軸に対して斜めに記録磁界を印加するTilted media方式，記録トラックの端部をエッチングで取り除くディスクリート媒体など，今後の1 Tbits/inch^{2}を越える超高密度記録への様様な検討結果も報告された。

第1回SiGeテクノロジー＆デバイス国際会議

First International SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM 2003): From Materials and Process Technology to Device and Circuit Technology

開 催 日：2003年1月15日（水）～17日（金）
開催場所：名古屋大学シンポジオン
主　　催：名古屋大学先端技術共同研究センター，東北大学電気通信研究所附属超高密度・高速知能システム実験施設
後　　援：技術研究組合超先端電子技術開発機構(ASET)，日本学術振興会第154委員会，（社）電気学会電子材料技術委員会，名古屋大学学術振興基金

第1回SiGeテクノロジー＆デバイス国際会議は，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や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した国際会議であり，本研究所附属超高密度・高速知能システム実験施設からは，プログラム委員長として室田淳一教授が，実行委員として櫻庭政夫助教授と竹廣忍助手が参加し，基調講演2件及び招待講演17件の他，116件の一般講演を行われ，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。全講演数135件のうち90件が海外15ヶ国からの投稿であるとともに，全参加者204名のうち80名が海外17ヶ国からの参加者であるなど，SiGe系Ⅳ族半導体技術に対する海外の関心の高さを示唆する結果となった。また，上記講演のうち86件は学術論文としてまとめられ、その論文集は2003年に学術論文誌Applied Surface Scienceの特集号として出版される予定である。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，すでに来年度の継続開催（2004年，ドイツ）も決定され，世界の英知を結集した討論の場が準備されている。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と同時に，次世代Si系ヘテロナノデバイス開発の道も開拓されるであろう。本会議の詳細は

http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/ISTDM2003/

において公開されている。

5.3　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，技術者が相互に連絡・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会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	安達教授	工藤助教授
2	音響工学研究会	鈴木教授	坂本助手 鈴木（基）助手
3	仙台〝プラズマフォーラム〟	犬竹教授	畠山教授
4	ＥＭＣ仙台ゼミナール	杉浦教授	曽根教授
5	コンピュータサイエンス研究会	外山教授	周助教授
6	システム制御研究会	阿部教授	田中助手
7	電子ビーム工学研究会	横尾教授	佐藤（信）助手
8	分子デバイス工学研究会	庭野教授	石井助教授
9	テラヘルツ工学研究会	水野教授	荏戸助教授
10	スピニクス研究会	中村教授	角田助教授
11	表面・界面工学研究会	潮田教授	上原助教授
12	超伝導工学研究会	山下教授	陳（健）助教授 中島（健）助教授
13	超高密度・高速知能システム工学研究会	潮田教授	
14	ニューパラダイムコンピューティング研究会	川又教授	張山助手
15	超音波エレクトロニクス研究会	櫛引教授	荒川助手
16	情報・数物研究会	海老澤教授	林講師
17	ブレイン機能集積工学研究会	中島教授	佐藤（茂）助教授
18	生体・生命工学研究会	山本教授	中尾助教授

伝送工学研究会

主査　安達文幸，　幹事　工藤栄亮

伝送工学研究会は，最も長い歴史をもつ研究会であり，平成15年3月の時点で460回を数えている。本研究会は，電波から光波にわたる電磁波を用いた有線・無線伝送に関する基礎・応用研究の発表と討論を目的としており，放射・伝搬・伝送およびこれらに用いるデバイスや方式などの研究報告と招待講演を行ってきた。

本年度は10回の定期研究会を１回の特別講演会が行われ，８件の特別講演と37件の一般講演（学内33件，学外４件）が行われた。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。

音響工学研究会

主査　鈴木陽一，　幹事　坂本修一，鈴木基之

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。

2002年度は，主査鈴木陽一教授，幹事坂本修一助手，鈴木基之助手のもとで，研究会6回(第318回～第323回)と通研講演会1回が開催された。会場は，第321回が東北大学工学部電気・情報系103会議室，第323回が東北大学工学部電気・情報系451・453会議室，その他は全て東北大学電気通信研究所大会議室で行われた。なお，第321回は超音波エレクトロニクス研究会と合同で開催され，第322回は電子情報通信学会HIP研究会との共催で開催された。

第318回は，2002年5月24日(金)に開催され，研究発表2件，参加者は40名であった。第319回は，2002年7月23日(火)に開催され，研究発表3件，参加者は37名であった。第320回は，2002年10月29日(火)に開催され，研究発表2件，参加者は31名であった。第321回は，2002年12月12日(木)に開催され，研究発表5件，参加者は43名であった。第322回は，2002年12月19日(木)，20日(金)に開催され，研究発表18件，参加者は延べ91名であった。第323回は，2003年2月13日(木)に開催され，研究発表2件，参加者は28名であった。通研講演会は，2002年5月10日(金)に開催され，Aleksander Sęk教授(Adam Mickiewicz University)による，“Nonlinearity of the auditory system”という題の講演が行われた。参加者は24名であった。

工学研究会

仙台〝プラズマフォーラム〟

主査　犬竹正明，幹事　畠山力三

本研究会は,プラズマ・放電、核融合などの基礎とプラズマ応用の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14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。大学院生によるプラズマ加速現象,波動励起,カーボンナノチューブや新規フラーレンの創製,イオン源の開発,プラズマ計測などの研究発表会を3回開催。国内,国外研究者による大気圧プラズマ生成と応用,プラズマ流中の電位構造,プラズマ波動現象に関する「特別講演会」を3回開催。その他,国内研究者による新領域プラズマ,プラズマ・ナノテクノロジー,プラズマ閉じ込め・制御,加速に関する「研究発表」を2回開催。また、外国人講師（R.W.Schrittwieser教授, University of Innsbruck,　Austria）によるプラズマ物理のショートレクチャーを3回行った。以上において,参加者は常時50名前後であった。

ＥＭＣ仙台ゼミナール

主査　杉浦　行，　幹事　曽根秀昭

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る。今日では，電気工学分野の研究者と技術者は，なんらかの形でEMC問題に関わらざるを得ない。この問題がわが国で知られるようになって間もなく，1977年2月に，EMCにいかに取り組むべきであるかを調査し，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ると言え，世界にEMC研究の方向を示し実践してきた。また，ここで討論された先進的な研究の成果はわが国や世界のEMC研究の牽引力の役目を果たしている。たとえば，電磁界環境の定量的測定，ノイズ源のモデル化と耐ノイズ性試験法，耐ノイズ性信号伝送システムなどについて，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のEMC Societyで仙台Chapterが設立され，連携して活動している。

平成14年度には，第167回（10月16日)と第168回（12月4日)の2回の研究会を開催し，2件の特別講演「ディジタル回路の電磁波工学」（遠矢 弘和，電気通信研究所非常勤講師，日本電気ＥＭＣ技術センター）と「プリント基板からの不要電磁放射のシミュレーション」（井上浩，秋田大学教授）があった。その他，12月26日に通研共同プロジェクト研究の先端ＥＭＣ計測技術に関する研究発表会が開催され，5件の研究発表が行われた。

コンピュータサイエンス研究会

主査　外山　芳人，　幹事　周　　暁

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。2002年度は，7月18日の第97回講演会から3月3日の第102回講演会まで5回の講演会を開催した。

まず，Narsingh Deo 教授は,バイオマクロ - 分子（例えば，蛋白質）の三次元の構造を決定するアルゴリズムについて講演した。n - 原子分子をモデル化するために，3 次元スペースに埋め込まれるn点を持つ辺重み付き完全グラフと三角形不等式を用いて，距離限度を計算する並列アルゴリズムを紹介した。

Oscar H. Ibarra 教授は，有限 - 状態のシステムのために自動化された検証技術について講演した。モデル - チェックする技術は，有限 - 状態のシステムの状態のスペースを探査し，そして，所望の一時的プロパティが満足しているかどうかチェックする。ここでは，証明され得るプロパティ，または，システムを制限することによる様々な無限 - 状態のシステムの立証照会を証明するためにオートマトン - ベースの技術の開発を紹介し，最近の結果について述べた。

さらに，青戸 等人助手は，単純型付き項書換え系の停止性について講演を行い，限定された高階システムの停止条件が1階と同様な枠組みで解析できることを示した。また，Zhenjiang Hu助教授は，関数型プログラムの自動変換に関する問題点ついて紹介し，竹内 泉 助教授は，実効的極限作用素と計算可能性数学に関する最近の研究成果について講演した。

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　阿部健一、　幹事　田中　明

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。本年度の活動は下記の通りである。

1）東京工業大学工学部電気電子工学科　赤木　泰文教授（演題：最新のパワー半導体デバイスと大容量自励式BTBシステム，主催：東北大学大学院工学研究科先端電力工学（東北電力）寄附講座，共催：電気学会東北支部），2）（通研講演会）新潟大学大学院自然科学研究科情報理工学専攻　木竜　徹教授（演題：自転車エルゴメータ運動時の疲労度推定による個人適合型負荷制御法，共催：計測自動制御学会東北支部），3）会生体内情報通信システム研究会（テーマ：「医療機器の計測・制御・通信・監視」，東京理科大学　中村能亮氏による「生体表面の電磁波伝搬特性の検討」のほか6件の研究発表，主催：東北大学電気通信研究所共同利用プロジェクト研究会生体内情報通信システム研究会，計測自動制御学会ほか6学会）。

また，共催で，研究集会（計測自動制御学会東北支部第206回研究集会）を行った。この研究集会では，15件の研究発表と1件の特別講演があった。

電子ビーム工学研究会

主査　横尾邦義，　幹事　佐藤信之

本研究会は，近年における核融合プラズマの加熱及び計測，セラミック材料のマイクロ波を用いた焼結など，基礎科学分野から工業分野にわたる広い方面でのミリ波～サブミリ波領域の大出力電磁波源の開発要求をうけて，大出力マイクロ波・ミリ波源を中心とした基礎的，技術的諸問題を採り上げ，議論を重ねることを目的として1987年に「大電力マイクロ波・ミリ波研究会」として設立された。その後多方面での電子ビームの生成，制御及び応用技術の研究の必要性をうけて，電子ビーム源及び大出力電磁波源を中心とした基礎的，技術的諸問題を研究するために，1995年に名称を「電子ビーム工学研究会」と改め，活動を続けてきた。そしてさらに，最近の極微細冷陰極の研究開発の進展や，これに伴う真空マイクロエレクトロニクスといった新たな研究分野も視野に入れて研究会の活動を行ってきた。平成14年においては，大出力電磁波源の開発とプラズマ加熱及び計測への応用，電界電子放射ビーム源の基礎物性等に関して，核融合科学研究所共同研究「ミリ波プラズマ応用技術」と共催で研究会を開催した。以下に平成14年度に開催された研究会で発表，討議されたテーマを記す。

○170GHz ECHシステムとプラズマ生成
○任意グループ形状偏波器の開発
○位相測定に基づく準光学ミリ波部品の開発
○高効率ペニオトロンの開発
○原子レベルの仕事関数

分子デバイス工学研究会

主査　庭野　道夫，　幹事　石井　久夫

本研究会は，分子ナノ構造製造プロセスの開発，ナノ構造を利用したエレクトロニクス素子・バイオエレクトロニクス素子の開発を課題として，物理・化学・生物の幅広い分野の研究者の英知を結集して討論することを目標とする。本年度は研究会を4回開催し，工藤一浩氏の通研講演会を開催した。講演会の題目は以下の通りである。

[第6回]【研究発表】「陽極電圧振動現象中におけるSi電極表面の化学状態」木村康男（東北大・通研）【特別講演】「金属酸化物薄膜の構造・機能とその制御」藤本慎司(阪大院工)【特別講演】「ポーラスアルミナの形成」小野幸子(工学院大工)**[第7回]**【特別講演（通研講演会)】「有機半導体デバイスとその材料評価技術」工藤　一浩（千葉大）**[第8回]** 電気通信研究所共同プロジェクト研究B-04「ナノ構造の形成と物性機能に関する研究」研究会と共催【特別講演】「薬剤反応性遺伝子多型（SNP）の簡易迅速検出とその臨床応用」水柿　道直　（東北薬科大）【特別講演】「単一分子・バイオエレクトロニクスの展望」和田　恭雄（早稲田大学ナノテクノロジー研究所)，その他研究報告10件。**[第9回]**【研究発表】「有機電界効果トランジスターの内部多重反射赤外分光と変位電流測定」小川賢（東北大・通研）【研究発表】「ダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜の作製と膜特性評価」中澤日出樹（弘前大理工）【研究発表】「アゾベンゼンの光異性化反応を用いたポリイミド膜の分子配向制御：液晶分子の光配向法」坂本謙二（東北大・通研）【特別講演】「スパッタリング過程の基礎と応用　－イオンビームスパッタ素過程から反応性電離スパッタ成膜過程まで－」松田良信　（長崎大工）

テラヘルツ工学研究会

主査　水野皓司，　幹事　荏戸立夫

本研究会は，テラヘルツ領域の技術開発を目的として設置されたもので，実用的な技術開発のガイドを得るための講演会及び研究をさらに押し進めるための議論の場としての研究会の二種類を開催しており，これまで通算64回の研究会を行った。以下に全体のまとめを記す。

テラヘルツ（サブミリ波）領域の技術は，長年その開発の必要性が言われてきている。しかし，今までこの領域の技術は，あまりにもその未開拓であることが強調され過ぎ，その為この領域の技術開発に甘えがあったように思う。むしろ，光と電波（マイクロ波）の両領域の中間に位置するこのスペクトルには，それら両領域からの延長として様々な多くの技術が存在しており，各種技術は1970年代に核融合プラズマの研究に刺激されて大きく進歩した。新材料の評価・分析，分光学，超高密度プラズマの測定等，従来からの応用分野に対しては，既存の技術でほぼその要求を満足し得るように思われる。

通信分野への応用を考えると，その技術への要求は格段に厳しいものとなる。先ずテラヘルツ波をキャリア波として用いることは，大気伝搬特性等により困難であろう。次いで，光通信技術との融合 - テラヘルツ・フォトニクスとでもいうべき分野 - を考えると，現在のWDM 方式でテラビット伝送が可能であること，また現在はテラヘルツ帯で動作する実用的な電子デバイスが存在しないことなどより，この分野への応用は，今後の社会的要請，技術開発にかかっている。ただ，ミリ波領域の技術は今後社会的に大きな要請があると考えられるが，実用的なミリ波帯デバイスを開発するためには，テラヘルツ帯の技術は極めて重要である。それは，デバイスの効率を十分に高める為には，その遮断周波数はテラヘルツ帯に入っている必要があるためで，この点でテラヘルツ帯技術の開発は大きな意義がある。

また，短ミリ波帯からテラヘルツ波帯にかけては，各種イメージング技術（セキュリティー，材料・生体計測を含む）の分野に於いて重要な応用が存在し，現在，技術開発が活発に行われているところである。

なお，我々が行っているテラヘルツ帯技術（検出器，光源）開発の指針は次のキーワードに要約される：常温・高速動作，コヒーレント光，cw，そしてtunableであること。

スピニクス研究会

主査　中村慶久，　幹事　角田匡清，山田　洋

スピニクス研究会は，微細磁気物性に基づいてさらなる磁性工学の発展を創生するために，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。本研究会は，最新の話題に関する招待講演（1回で3件程度）による一般研究会のほか萌芽的研究に関する討論を目的とした一般公募による特別研究会を行っている。本年度最初の研究会は，6月14日に「高密度メモリ・ストレージの新たな展開」をテーマに開催され，東北大通研の村岡裕明教授からテラビット垂直磁気記録に関する研究が報告された。引き続いて大阪大学大学院工学研究科の中谷亮一助教授から不揮発メモリ用アニュラー磁性ドット，東北大学通研IT21センターの徳光永輔助教授から1トランジスタ型強誘電体メモリの動作原理と開発現状に関わる研究成果が紹介された後，豊橋技術科学大学電気電子工学系の井上光輝教授からテラバイト光ディスク記録装置に関わる最新の研究成果が紹介された。特別研究会は，7月24～25日に本研究会の活動中心である通研を会場に行われ，電力用磁気，プロービング，RF帯応用，薄膜物性，磁気記録等，広い分野のカテゴリーに及ぶ合計27件の講演が2日間にわたって討議された。3月14日に開催した研究会は，通研講演会に協賛し，弘前大学医学部保健学科の宮越順二教授による「電磁場の生体影響～細胞・分子レベルの磁場応答を中心として～」と題した講演を皮切りに，東京都立大学大学院工学研究科の鈴木敬久助教授から電磁機器周辺における中間周波電磁界の測定と曝露評価に関する研究成果が，また通研の仙道雅彦氏からは，らせん機構を有する磁気アクチュエータの医療応用に関する最新の研究成果が紹介された。

表面・界面工学研究会

主査　潮田資勝，　幹事　上原洋一

ここ30年の表面科学の長足の進歩により表面界面に特有な物性現象が数多く発見されている。また，分子線エピタクシー技術を代表とする薄膜成長技術の進歩は原子層オーダーで制御された超格子のような人工物質の作製を可能にし，そこでも新しい表面界面物性の発現が観測され，その工学的な応用が活発になされている。表面界面工学研究会は表面界面でみられる興味深い物性やその応用について議論し，表面界面物性の工学的応用について研究することを目的として，毎年幾人かの研究者をお呼びし研究会を開催している。

以上のような主旨に沿って本年度は2名の講師をお招きし，以下の研究会を開催した。

12月12日　「金属微粒子の局在プラズマ共鳴：実験と計算」
（宮野　健次郎・東京大学先端科学技術研究センター・教授）

12月18日　「磁性薄膜の磁化反転制御」
（岩崎　洋・ソニー株式会社　レコーディングメディアカンパニー・主任技師）

超伝導工学研究会

主査　山下　努，　幹事　中島　健介，陳　健

本研究会は，超伝導の工学応用に関して材料，デバイス，プロセス技術など幅広い分野にわたる最新の研究に関する討論と研究開発動向の調査を通して超伝導応用の推進に資することを目的にしている。平成14年度は計4回の研究会を開催した。開催日時，場所，講演件数及び講演者は下記のとおりである。

第47回　平成14年5月29日（水）
東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室　2件
Claus Ascheron (Dr., Physics editor of Springer-Verlag)
横山彰一（客員助教授，東北大学未来科学技術共同研究センター
三菱電機・先端研）

第48回　平成14年9月20日（金）
東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室　2件
横山彰一（客員助教授，東北大学未来科学技術共同研究センター
三菱電機・先端研）
服部　勉（名誉教授，東北大学）

第49回　平成14年11月14日（木）
東北大学電気通信研究所2号館4階中会議室　1件
高柳英明（客員教授，東北大学未来科学技術共同研究センター
NTT物性科学基礎研・機能物質科学研究部）

第50回　平成14年12月11日（水）
東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室　1件
高柳英明（客員教授，東北大学未来科学技術共同研究センター
NTT物性科学基礎研・機能物質科学研究部）

超高密度・高速知能システム工学研究会

主査　潮田資勝

本研究所では，極微細構造電子回路加工技術を発展させると共に，極微新機能電子デバイスの開発と，それらの性能を十分に活用して高度な知的処理を行い得る超高密度・高速知能システムを構築することを目的として，超高密度・高速知能システム実験施設を平成6年度に新設した。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，広く超高密度・高速知能システムに関連した科学技術に関して十分論議することを目的としている。

平成14年度は以下の講演会を実施した。なお回数は本研究会発足よりの通し番号である。

第34回　平成14年6月6日
「Growth and Optical Properties of Ge/Si(100)Self-Assembled Quantum Dots」
Dr. Vinh Le Thanh
(Institut d'Electronique Fondamentale, Universite Paris-Sud, France)

第35回　平成14年6月7日
「SiGe BiCMOS Technology : From Material to Device」
Dr. Bernd Tillack (IHP, Germany)

第36回　平成14年11月9日
「対拡散モデルに基づくシリコン中のリン拡散の研究」
吉田　正幸　博士（吉田半導体研究所，九州芸術工科大学名誉教授）
「Applicability of P and B Diffusion Parameters Extracted from Predeposition to Drive-in Diffusion for Bulk Silicon and SOI」
荒井　英輔　教授（名古屋大学 工学部 電子工学科）
「高濃度P拡散下におけるSi自己拡散」
松本　　智　教授（慶応大学 理工学部 電子工学科）

第37回　平成15年2月13日
「量子通信中継器のための光子ー電子スピン変換素子」
小坂　英男　氏（NEC　基礎研究所　量子情報テクノロジーグループ）

第38回　平成15年2月13日
「量子暗号　現状とその将来展望」
「量子計算　概要紹介とNECでの最近のトピックス」
中村　和夫　先生（NEC基礎研究所　量子情報テクノロジーグループ）

第39回　平成15年3月13日
「Bipolar Spintronics」
Dr. Igor Zutic (Department of Physics, University of Maryland at College Park)

第40回　平成15年3月14日
「Andreev Reflection Spin Spectroscopy in Dilute Magnetic Semiconductors」
Dr. Boris E. Nadgorny (Wayne State University)

工学研究会

ニューパラダイムコンピューティング研究会

主査　川又政征，　幹事　張山昌論

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14年度は以下の4回を開催した。

第32回　平成14年9月19日（木）東北大学工学部電気情報館
平成14年度情報処理工学セミナーと共催. ポスターセッション 35件

第33回　平成14年11月5日（火）群馬大学サテライトベンチャービジネスラボラトリ
研究発表 4件

第34回　平成15年1月9日（火）琉球大学工学部
科研費・基盤研究（C）(企画調査)「多値技術に基づく高速データ転送とそのマルチメディアVLSIプロセッサへの応用」と共催 研究発表4件

第35回　平成15年3月6日（木）東北大学電気情報館　通研講演会
演題：「スペクトル拡散情報処理および群馬アナログ立国構想」
講演者：弓仲 康史（群馬大学工学部）

超音波エレクトロニクス研究会

主査　櫛引淳一，　幹事　荒川元孝

第34回

日　時：平成14年6月6日（木）　13:00～15:00
会　場：東北大学工学部電気・情報系451・453会議室
演　題：

1．「走査型非線形誘電率顕微鏡を用いたPZT薄膜の強誘電ドメイン壁計測」
松浦かおり，長 康雄（東北大学電気通信研究所），R. Ramesh (University of Maryland)

2．「走査型非線形誘電率顕微鏡を用いたTbit/inch^{2}の記録密度を持つ強誘電体記録」
平永良臣，藤本健二郎，我妻康夫，長 康雄（東北大学電気通信研究所），
尾上 篤（パイオニア総研），寺部一弥，北村建二（物質材料研究機構，ナノマテ研）

3．「走査型非線形誘電率顕微鏡を用いたPZT薄膜におけるナノサイズ分極反転ドットの生成」
藤本健二郎，長 康雄（東北大学電気通信研究所）

第35回

日　時：平成14年7月18日（木）　13:00～17:15
会　場：東北大学工学部電気・情報系451・453会議室
演　題：

1．「非破壊検査への応用をめざした空中超音波による板波の励振」
中鉢憲賢，斎藤達也，三野宮利男　（東北学院大学工学部）

2．“Investigation of sound diffraction effects in measurement of the nonlinearity parameter for liquid specimens at high frequencies －Numerical calculations by using the superposition technique of Gaussian beams－”
Zhang Dong, Hideo Nishino, and Jun-ichi Kushibiki (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

3．「精密音速測定を目指したバルク超音波トランスデューサの円形ピストン音源としての実効径の評価」
荒川元孝，青木直哉，櫛引淳一　（東北大学大学院工学研究科）

4．「LFB超音波材料解析システムによる$LiTaO_3$単結晶に対するキュリー温度の校正」
櫛引淳一，大橋雄二（東北大学大学院工学研究科），三島直之（富士通メディアデバイス(株)）

5．「LFB/PW超音波材料解析システムによるClass32結晶の音響関連物理定数の一決定法」
太田川真則，高長和泉，櫛引淳一　（東北大学大学院工学研究科）

6．「$KNbO_3$結晶におけるBGS波の伝搬特性の測定」
川村佳子，山崎大輔，中村僖良　（東北大学大学院工学研究科）

第36回

日　時：平成14年12月12日（木）　13:00～16:30
会　場：東北大学工学部電気・情報系103会議室
演　題：

1．「耳内マイクを用いた補聴器のフィードバック伝達関数の予測手法」
中尾勝也（リオン株式会社/東北大学大学院・情報科学研究科)、
西村竜一、鈴木陽一（東北大学電気通信研究所/大学院情報科学研究科）

2．「視聴覚刺激における音源の視認性がラウドネス評価に及ぼす影響」
安倍幸治（秋田県立大学システム科学技術学部電子情報システム学科),
小澤賢司（山梨大学工学部コンピュータ・メディア学科),
鈴木陽一（東北大学電気通信研究所/大学院情報科学研究科),
曽根敏夫（秋田県立大学システム科学技術学部電子情報システム学科）

3．「ECR-PLDアシストPLD法による$KNbO_3$薄膜のエピタキシャル成長」
新井　孝，石川一夫，中村僖良，伊藤重夫　（東北大学大学院工学研究科）

4．「生体粘弾性センサー用硬さ試験片の試作とその特性」
青柳良二，長尾　淳（仙台電波工業高等専門学校)，吉田哲男（アクシム（株))

5．「非侵襲的な粘弾性特性の計測を目指した音響放射圧による低周波加振および変位の超音波計測」
道下和昭，長谷川英之，金井　浩　（東北大学大学院工学研究科）

情報・数物研究会

主査　海老澤丕道，　幹事　林　正彦

情報・数物研究会は，情報科学の問題やスピン系の統計物理学的研究と超伝導やメソスコピック系の問題の物性理論的研究に関して，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，工学部管理棟316および301号室において計11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：片山克己（通研）“系列想起と視覚の選択的注意に対する神経回路網の数理モデル”，Milan Zukovic（九大）“Critical behavior of frustrated 3D plane rotator with bilinear-biquadratic Hamiltonian”，尾関之康（東工）“非平衡緩和法の最近の進展”，多々良 源（阪大）“スピンカイラリティによる異常ホール効果”，井上 純一（北大）“非加法的統計力学によるEMアルゴリズムの一般化と巡回セールスマン問題への応用”，池田思朗（九大）“情報幾何学を用いた確率伝搬法へのアプローチ”，本村 陽一（産総研）“知的情報処理におけるベイジアンネット・確率推論の応用”，田村 了（東大）“金属ナノチューブ-半導体ナノチューブ接合系による整流とスピンフィルター”，Silvia Lackova (情報科学研究科) “Exact Investigation of Effect of Multispin Interactions and Transverse Field on Ising Models”，樺島 祥介（東工大）“信頼性関数の評価に関するレプリカ法の正当性について”。2月27日には，大塚 洋一氏（筑波大）を招き，“強磁性単電子トランジスタのトンネル磁気抵抗の増大”の題目で通研講演会を開催した。

ブレイン機能集積工学研究会

主査　中島　康治，　幹事　佐藤　茂雄，小野美　武

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立修正，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11月13日に大阪大学大学院工学研究科助教授・土居伸二氏を招いて「単一神経細胞の非線形ダイナミクス」と題して通研講演会を行った。その概要を以下に示す。神経細胞が発生する活動電位は，いわゆるHodgkin-Huxley(HH)型方程式で記述される。HH型方程式は現象論的モデルではあるが，生命現象を定量的に記述することのできる唯一のモデルである。HH型方程式は，（様々な）神経細胞だけでなく，心臓の細胞や膵臓の細胞など多くの細胞の電気的活動を記述することのできる，極めて適用範囲の広いモデルでもある。講演では，まずHH型方程式の非線形ダイナミクスを概説して頂き，続けて神経興奮のメカニズムや神経興奮の多様性，単一神経細胞の情報変換特性，心臓や膵臓での電気的興奮現象について紹介がなされた。また，非線形振動としての生体内振動（神経リズム）についても紹介があり，生物の振動は通常の（非生物の）非線形振動と，いったいどこが異なるのか？リズムの周期を決める要因は何か？などについて活発な討論がなされた。

生体・生命工学研究会

主査　山本光璋,　幹事　中尾光之

第6回は平成14年9月26日(木)(14:00-18:00) 電気・情報系103号室で開催され，情報科学研究科の片山統裕先生に「ニューロン樹状突起の能動的ダイナミクスとその機能的意義」について，理研の青西亨先生に「デンドライトを逆伝搬する活動電位による双安定状態」についてそれぞれ特別講演をして頂いた。引き続いて3件の一般発表があった。参加者は24名であった。第7回は平成14年12月12日(木)(15:00-18:00) 東北大学電気・情報系207号室で行われた。東北大学工学研究科の樋口秀男先生に「ゆらぎを巧みに利用する生体分子モーターの運動」について特別講演をして頂いた。引き続き，4件の一般発表があった。参加者は29名であった。第8回は平成15年3月14日(金)(13:30-19:00)東北大学電気通信研究所W214号室で行われた。藤田保健衛生大学の田中正彦先生に「小脳の層構造及び神経回路の形成機構：スライス培養系を用いた解析」について(通研講演会)，情報科学研究科の内田克哉先生に「脳の神経細胞の新生を促進する物質と抑制する物質」についてそれぞれ特別講演をして頂いた。引き続き4件の一般発表があった。参加者は22名であった。それぞれ，特別講演者の多彩な顔触れと共に，広範な分野からの参加者があり，活発な討論がなされた。

5.4　通研講演会

Nonlinearity of the auditory system

ポーランドアダムミチェビッチ大学物理学部教授　Aleksander Sęk

我々の聴覚系は非線形システムであることが様々な研究により示されており，これには外有毛細胞の能動的な伸縮作用が大きく関与していることが知られている。この機能は特に入力音圧が低い場合に顕著にみられ，我々の聴覚系が非常に広いダイナミックレンジを有することに寄与している。

本講演では，耳音響放射や基底膜上での同調曲線など，聴覚系が非線形システムであることを示す現象を紹介するとともに，外有毛細胞の特性の変化が聴覚系の非線形性にどのような影響を与えるかについて計算機シミュレーションにより明らかにした。更に，電気刺激による外有毛細胞の挙動についても映像を用いて示し，外有毛細胞の実際の伸縮機能についても紹介した。

有機半導体デバイスとその材料評価技術

千葉大学工学部　教授　工藤　一浩

日時：平成14年７月25日
場所：電気通信研究所　１号館　S棟３階　306号室

最近注目されているフレキシブルディスプレイや情報タグなどの要素素子である有機トランジスタや発光素子などの有機半導体デバイスの技術課題，および，その場電界効果測定や熱刺激電流法による材料評価技術ついて報告した。また，国内外におけるこの分野の研究動向と今後の課題について紹介した。

通研講演会

自転車エルゴメータ運動時の疲労度推定による個人適合型負荷制御法

新潟大学大学院自然科学研究科情報理工学専攻教授　木竜　徹

現在，市販されている自転車エルゴメータでは年齢，身長，体重を入力し，一般的には心拍数を参照とする運動メニューが設計されている。ところが，心拍数だけでは，筋肉や関節に負担のかかる運動になってしまっていることがある。また，加齢につれて客観的生理指標だけでなく主観的な疲労感の表現にも個人差が大きくなっている。本講演では，現在開発を進めている，インターネット越しのサポートを可能とするウエルネスバイクについて紹介があった。ウエルネスバイクの負荷制御では心拍数と筋電図（筋活動を示す生体信号）とから運動機能をファジイ推論によって推定し，さらに主観的な訴えを客観的データからニューラルネットワークで推定することで，適度な負荷を算出している。

原子レベルの仕事関数

筑波大学物理工学系　教授　山本恵彦

Pt(111)表面をCs，OH，Oにて被覆することにより電子構造的に修飾し，このように修飾されたPt表面でのCH_4分子の化学反応（解離反応）を超音速分子線技術によって解析した。最も電気陰性度の低い，Csで装飾すると，特定サイトの局所仕事関数が小さくなり，電子が表面から染み出すため，そのサイトでの炭化水素の解離反応が阻害されることがわかった。一方，Csとは対照的に電気陰性度の最も大きいOH基にて表面を修飾すると，特定サイトの局所仕事関数が大きくなり，そのサイトでの炭化水素の解離反応を促進させることが期待される。しかしながら，OHを形成するために必要な水分子のPt(111)表面への吸着確率は著しく低く実験的には実現できなかった。OH基の次に電気陰性度の大きい酸素原子OをPt(111)表面に吸着させると，（２ｘ２）安定超構造が形成される。この表面にメタン分子を照射すると，酸素がメタン分子の炭素と直接反応してCOと水素分子を生成する。即ち，メタン分子は分解するが表面に炭素原子を析出させないことが分かった。

単一神経細胞の非線形ダイナミクス

大阪大学大学院工学研究科　助教授　土居伸二

日時　平成14年11月13日
場所　東北大学電気通信研究所　2号館4階

神経細胞が発生する活動電位は，いわゆるHodgkin-Huxley(HH)型方程式で記述される。HH型方程式は現象論的モデルではあるが，生命現象を定量的に記述することのできる唯一のモデルである。HH型方程式は，（様々な）神経細胞だけでなく，心臓の細胞や膵臓の細胞など多くの細胞の電気的活動を記述することのできる，極めて適用範囲の広いモデルでもある。講演では，HH型方程式の非線形ダイナミクス，神経興奮のメカニズムや神経興奮の多様性，単一神経細胞の情報変換特性，心臓や膵臓での電気的興奮現象，非線形振動としての生体内振動（神経リズム）などについて幅広い解説があり，活発な討論がなされた。

Automata-Based Techniques for Verification of Infinite-State Systems

Professor Oscar H. Ibarra　University of California Santa Barbara, USA

日　時：平成14年11月13日(水)　　15：30～17：00
会　場：東北大学工学部　電気情報系新棟2号館　4階中央ゼミ室

有限 - 状態のシステムのために自動化された立証技術に有意の進歩があった。モデル - チェックするそのような1つの技術は，有限 - 状態のシステムの状態のスペースを探査し，そして，所望の一時的プロパティが満足しているかどうかチェックする。しかしながら，現存するモデルチェック技術は，大きなシステムにあまり進まない。そして，それらは，有限のドメインに制限される。有限 - 状態のシステムの立証がよく知られている困難な問題である。無限 - 状態のシステムのために，更に重要な問題である。例えば，2整変数を持つ算術のプログラムが停止するであろうかどうかを自動的に確認することが可能ではないことは，有名である。著者は，証明され得るプロパティ，または，システムを制限することによる様々な無限 - 状態のシステムのために立証照会を証明するためにオートマトン - ベースの技術を開発した。この講演においていくらかの最近の結果について述べる。

通研講演会

プリント基板からの不要電磁放射のシミュレーション

秋田大学工学資源学部　電気電子工学科授　井上　浩

平成14年12月4日に，秋田大学の井上浩先生を講師に招いて，標記講演会が行われた。近年プリント基板は高密度化が進み，電磁波の相互干渉やノイズに基づく誤動作の問題が重要な課題になっている。

井上先生のこの日の講演では，プリント基板からの電磁波放射の問題について，基板上のスイッチングデバイスの動作に伴う広帯域電磁ノイズ放射のメカニズムの解説と，これをFDTD法でシミュレーションする方法に関する最新の研究成果を解説していただいた。特に，回路の動作や配線の条件により放射の様子が大きく変化することなどを示された。出席者と熱心な討論が行われ，不要電磁波放射に関するEMC研究への取組みを学ぶ貴重な機会であった。

磁性薄膜の磁化反転制御

ソニー株式会社　レコーディングメディアカンパニー・主任技師　岩崎　洋

磁性材料の磁化反転制御はMRAMなどの磁気メモリー装置の開発において重要な技術要素である。高密度化に向けたデバイスの微細化により，磁気モーメントを反転させて保持するために必要な磁場を配線に流す電流で作り出すことが困難になりつつある。このような背景から近年，磁場を用いない磁化反転の新しい制御法が注目されている。講演者は応力歪みを用いた磁化反転方式を提案し，圧電基板上に積層した磁性多層膜による磁化測定の実験結果を示した。また，磁性薄膜に磁気異方性を導入することによって10ナノ秒程度の磁化反転を起こす可能性について理論的に予測した。講演ではさらに，金属膜と以内絶縁体の界面に誘起される磁気異方性を用いた制御法についても紹介がなされた。

フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ波の放射と応用

大阪大学超伝導フォトニクス研究センター教授　萩行正憲

近年，フェムト秒レーザーの使い勝手が大幅に改善され，これを半導体や超伝導体などに照射してテラヘルツ波パルスを放射し，分光やイメージングに応用する技術が格段の進歩を遂げている。講演では，半導体表面からのテラヘルツ波放射の特徴と放射機構について述べ，表面電場による過渡的ドリフト電流，拡散電流，非線形光学効果などが複雑に絡み合っていることを明らかにした。応用では，まず，透過型テラヘルツ時間領域分光法について紹介し，ドープされた半導体のキャリヤ密度と移動度が非接触で測定できることを示した。また，GaN薄膜，高温超伝導体YBCO薄膜，フォトニック結晶，アミノ酸を含む生体関連分子などの評価にも使えることを示した。イメージングへの応用については，走査型のシステムに加えて，EOサンプリングとCCDを用いる準リアルタイム型のシステムを紹介し，磁気カードや半導体表面の光励起キャリヤ分布などの測定例を示した。

半導体量子ドットを用いた物質設計

—強磁性と超伝導性の発現—

東北大学未来科学技術共同研究センター客員教授
NTT物性科学基礎研究所機能物質科学研究部
NTT R&D フェロー　高柳　英明

半導体量子ドットは人工原子として振舞うことが近年確認されている。この人工原子を規則的に並べた構造，例えばカゴメ格子では，磁性物質を全く含まないにもかかわらず，その平坦バンド性に起因して強磁性の発現することを我々は提案し，キューリー温度やその実現性などについて議論する。更に別の格子構造では超伝導性の出現する可能性があり，理論的な超伝導転移温度などについても議論する。最近，我々はこれらの理論を基に実験も開始したが，試料構造や単一ドットの特性にも触れる。

量子通信中継器のための光子ー電子スピン変換素子

日本電気㈱基礎研究所・量子情報テクノロジーグループ主任　小坂　英男

量子暗号通信では量子情報を単一光子に乗せて光ファイバで伝送するが，ファイバ内損失のために伝送距離は100km程度が限度である。そのため，光子の量子情報を破壊せず中継するための量子中継器の開発が不可欠とされている。本講演では，光子の偏光を電子のスピンに変換し，電子間の強いスピンースピン相互作用を利用して量子中継を行うアイデアとそのデバイス化に向けての研究が紹介された。

特に，この方式の量子中継器の実現に向けて，単一光子によって生成された光電子を捕獲・保持しこれを検出する量子光電変換素子を光通信波長帯で実現した最先端の研究が紹介され，活発な質疑応答がなされた。

通研講演会

非平衡プラズマの最近の研究とその応用

静岡大学教授　神藤正士

日時　平成15年２月27日
場所　東北大学工学部　電気情報館103会議室

熱平衡状態とは異なった非平衡プラズマ中での応用研究が最近注目を集めている。これに関連したトピックスとして熱電子発電と沿面放電を取り上げ，その原理や状況についての講演を行われた。

本講演では，まず日本ではこれまで余り関心を持たれていなかった熱電子発電について、諸外国における熱電子発電の研究開発動向が紹介され，次いで講演者が研究している太陽エネルギー利用熱電併給型熱電子発電“Solar TEC”の成果と課題が，紹介された。Solar TECは太陽エネルギーの新しい利用方法である。次に，大気圧非平衡プラズマとして沿面放電を取り上げ，バリアー放電との比較において，その特性と利用方法が述べられ，不織布をプラズマ処理することにより，その表面への金属薄膜の接着力が強まることが判明した。

電磁場の生体影響

ー細胞・分子レベルの磁場応答を中心としてー

弘前大学医学部　教授　宮越 順二

日時　平成15年3月14日
場所　東北大学電気通信研究所　2号館4階大会議室

近年，電磁波（電磁場）曝露の人体への影響，とくに発がんに対する影響の有無について活発に議論されている。われわれの生活環境には，医療現場におけるMRIや電磁波加熱装置，また，変電所や送電線下の交流磁場，家電製品の発生する電磁波，さらに近い将来に実現性が高いリニアモーターカーや超電導電磁推進船など，地球上の自然界に存在する以上の電磁波に曝される機会が増している。これまで細胞レベルからヒト個体まで，さまざまな電磁波生体影響を調査した疫学研究がなされてきているが，肯定的および否定的な報告が共にあり，一致した結論は得られていないのが現状である。このことは電磁波の生体影響を解明する上での生物学的実験結果も同様で，必ずしも一致した結果が得られているわけではない。講演では主として，超低周波（ELF）電磁波の生体影響に関して，著者らの研究を含めて，とくに細胞や遺伝子を標的とした観点から電磁波応答としての現状分析を行う。

移動体通信端末用ＭＭＩＣの回路技術

三菱電機株式会社情報技術総合研究所　末松憲治

携帯電話をはじめとする移動体通信端末においては，低価格化，小形化，高性能化が求められている。ここでは，W-CDMA端末に用いられているMMIC回路技術を紹介する。高出力増幅器(Power Amplifier：PA)に関しては，InGaP HBTの採用とモジュール化が進められているが，高出力時の高効率化と，低出力時の低アイドル電流化が課題となっている。Constant Voltage (CV)モードとConstant Current (CC)モードの異なるベースバイアス回路を持つHBTを並列に接続したCV/CC並列動作PAは，入力電力に応じてバイアス条件を自動的に調整することで，高効率と低アイドル電流の両立を可能とした。PA以外の高周波部に関しては，SiGeHBTを用いたシステムMMIC化およびモジュール化が進められている。受信系の更なる小形化のために，ダイレクトコンバージョン受信方式の採用も進められている。

スペクトル拡散情報処理および群馬アナログ立国構想

群馬大学工学部　弓仲康史

VLSIの極限微細化に伴い，内部配線の激増，配線間クロストーク雑音など配線に起因する問題が深刻となっている。一方，移動体通信の分野においては，擬似ランダム系列(M系列)の性質を用いることにより，周波数帯域の有効利用及び，低品質な伝送路における多元接続を可能とするCDMA（符号分割多重方式）に基づくスペクトル拡散通信技術が実用化されている。本講演では，スペクトル拡散技術がVLSIシステムの配線削減，高信頼化に適用可能である点に着目した「スペクトル拡散情報処理」を紹介する。さらに，群馬大学において推進しているアナログ集積回路に関する産学連携コンソーシアムの概要を紹介する。

ＦＳＳを用いた高機能電波吸収体の検討

青山学院大学理工学部電気電子工学科教授　橋本　修

本講演は，λ/4型電波吸収体において周波数選択透過性並びにより薄型化の実現を目的とし，周波数選択透過性を有する電波シールド材Frequency Selective Surfaces（以下，FSSと称す）に着目して，このFSSを応用した高機能電波吸収体について(1)周波数選択型電波吸収体，(2)薄型電波吸収体，(3)周波数選択型薄型電波吸収体の実現性について検討したものである。　(1)においては，世界で初めて周波数選択透過性を有する電波吸収体の製作に成功し，実験的検討によりその有効性を確認している。また，(2)においては，FDTD法によってFSSを複素インピーダンスとして表現することにより薄型電波吸収体の設計を可能とし，理論的及び実験的検討よりその有効性を確認している。(3)においては，(1)，(2)の検討を元に，薄型で，かつ周波数選択透過性を有する電波吸収体の有効性を実験的に確認しており，これらについて発表が行われた。

小脳の層構造及び神経回路の形成機構：スライス培養系を用いた解析

藤田保健衛生大学　総合医科学研究所　田中正彦

日時：平成15年3月14日
場所：東北大学電気通信研究所 2号館2階 W214

脊椎動物において運動の実行に重要な脳の部位である小脳の層構造及び神経回路がどのように形成されるのかについて講演して頂いた。小脳形成過程はスライス培養系によってin vitro （生体外）で再現することができ，講演者はこの系を用いて小脳形成過程の機構解析を行っている。講演ではスライス培養系の説明に続いて，最近の仕事である「受容体型チロシンホスファターゼPTPζによるプルキンエ細胞樹状突起の形態形成制御機構」と「Notch の生後小脳放射状グリア細胞における役割」について紹介して頂いた。小脳の構造や神経回路が自律的に形成されるメカニズムを解説頂いたことは生物の運動制御の情報処理や生物の自律性を考える上で得るところが大きく，活発な質疑応答がなされた。

強磁性単電子トランジスタのトンネル磁気抵抗の増大

筑波大学大学院教授　大塚 洋一

平成15年2月27日に，筑波大学大学院教授 大塚 洋一先生を講師としてお迎えし，標記講演会を開催した。内容は先生の研究室において精力的に実験を行っておられる，強磁性体－金属－強磁性体を接合した系におけるトンネル磁気抵抗(TMR)に関して，お話し頂いた。この系はハードディスクの磁気ヘッドへの応用等観点から大変注目されている。ご講演では，始めにトンネル磁気抵抗の発生するメカニズム，および単電子トランジスタにおいて重要となるクーロン閉塞効果に関して分かりやすい解説を行って頂いた。さらに，最近先生のグループにおいて発見された，クーロン閉塞領域における磁気抵抗の増大に関して，最新の実験結果を交えながら解説頂いた。この現象についてはまだ理論的に解明されておらず，講演後の質疑応答においても，可能なメカニズムについて活発な議論がなされた。当日は学内各所からご来聴頂いた。

通信と周辺分野における最近の無線技術

電気通信大学教授　中嶋信生

月日　平成15年3月18日（火）
場所　東北大学電気・情報系103会議室

これまで身近な無線システムといえば携帯電話だけであったが，これからは無線LAN, GPS, RF-ID, UWB, 準天頂衛星などさまざまな応用が目白押しである。これらの技術的特徴と利用形態等について紹介され，活発な議論が行われた。

6.1　運営協議会報告

第16回東北大学電気通信研究所運営協議会

日　時：2002年7月29日（月）午後3時00分～6時10分
場　所：東北大学電気通信研究所大会議室

出席者：浅井彰二郎（委員長）（株）日立製作所上席常務
石井健一郎（委　員）NTTコミュニケーション科学基礎研究所長
岡部洋一　（　〃　）東京大学教授（大学院工学系研究科）
後藤俊夫　（　〃　）名古屋大学大学院工学研究科長
塩見　正　（　〃　）独立行政法人通信総合研究所理事
下澤楯夫　（　〃　）北海道大学電子科学研究所長
谷口健一　（　〃　）大阪大学教授（大学院情報科学研究科）
三宅　誠　（　〃　）NHK放送技術研究所長
横山直樹　（　〃　）（株）富士通研究所フェロー兼ナノテクノロジー研究センター長
渡辺久恒　（　〃　）日本電気（株）執行役員
中塚勝人　（　〃　）東北大学大学院工学研究科長
猪岡　光　（　〃　）東北大学大学院情報科学研究科長
早稲田嘉夫（　〃　）東北大学多元物質科学研究所長
宮城光信　（　〃　）東北大学教授（大学院工学研究科）

通研出席者：中村慶久（教　授）所長
水野皓司（　〃　）評議員，法人化検討委員会委員長
潮田資勝（　〃　）超高密度・高速知能システム実験施設長，
将来計画委員会委員長
坪内和夫（　〃　）21世紀情報通信研究開発センター長
村岡裕明（　〃　）総務委員会委員長
荒井賢一（　〃　）研究企画調整委員会委員長
室田淳一（　〃　）物性機能デバイス研究部門主任
杉浦　行（　〃　）コヒーレントウェーブ工学研究部門主任

矢野雅文，白鳥則郎，横尾邦義，中島康治，庭野道夫，長　康雄，白井正文，
青井　基　の各教授

第５期の委員長に浅井委員を選出した。

議事審議
１．研究所運営について
配付資料により，電気通信研究所の組織及び運営体制，電気・情報系学科及び専攻との一体運営について，教官の充足率及び流動状況，学生及び研究員等の受け入れ状況，教育体制，研究費の推移，外部資金の受け入れ状況，広報活動及び

情報公開等，外部評価の結果，共同プロジェクト研究について，また，研究所の現状として各部門，実験施設，センターの現状について説明があり，次のような意見・質問等が出された。

・ＩＴ－21センターの国有特許システムについてどう考えているか。
・いろいろなことを活発に行っているが，もう少し組織を簡略化して軸足を持つようにしてほしい。助教授が余り良く見えないという感じがするが，若手の研究者層から新しい次の種を作るというサイクルがあっても良い。
・法人化を乗り切るためには，研究以外の業務機能を持った教授も必要である。
・教官の流動性は組織を活性化するのに非常に重要であり，かなり努力しているようであるが，今後の方針はいかがか。
・教育問題についての報告がないが，大学の研究所はもともと教育より研究主体なのか。
・電気通信研究所と工学研究科及び情報科学研究科の電気情報系が一体運営をしていることは非常に重要なことで，歴史的意味が大きい。
・最近，企業に入ってくるドクターの学力はマスター程度に下がっている。普段の研究活動を通じて，テーマの設定の仕方や方法論の探し方を，ぜひ研究所でもやってほしい。
・大学の教授選考は基本的に研究成果のみの一元評価であったが，法人化に向けて多次元評価を取り入れなければならない時期になっている。法人化は大学人が意識を変える絶好のタイミングと考える。

２．国立大学の法人化について

３．通研の将来計画について

法人化に向けた東北大学での取り組み，附置研究所をめぐる動き，通研法人化検討委員会での検討状況，通研将来計画委員会での超高密度・高速知能システム実験施設の時限による改組を含んだ将来計画の検討内容，東北大学学際科学国際高等研究センター，21世紀ＣＯＥプログラムについて，それぞれ説明があり，次のような意見・質問等が出された。

・東北大学は材料とデバイスが強いというイメージを持っており，ナノとブレインというキーワードで攻めている将来計画は魅力的である。
・法人化に向けて，研究ができる人もマネジメントをやる，研究だけやっていられる人もマネジメントをやってくれている人のお陰で研究ができるという意識をもたなければならない。
・新しい部門への研究体制や人材をどのように確保するのか。
・共同プロジェクト研究に加えていろいろな人が組織に出入りできる体制をもっと取り入れて，共同利用研究所の存在意義を深めていくようにすれば良い。
・大学全体の中で研究科とどうすみ分けるか，研究科と連携すればするほど附置研究所の役割が問われる。
・組織論とはその時に必要とされているテーマを本当にやれているかどうかである。5年先，10年先，15年先というのは，逃げ水のようになってしまい，いつまでも成果が出ないことになりかねない。社会還元に対する表現をもう少し工夫してほしい。
・異分野，特に医療を目指した分野が大事だと思う。

・通研が時代の要請に積極的に応えるには，システムやソフトウェアの新しい分野への展開が要求されるのではないか。
・法人化を前に大学の在り方を考えるときの基本は，法人としていかなる事業を展開していくかにある。単にやりたいからではなく，社会が求めていることをやるという考えが主流にならざるを得ない。国家の経済活動は，大学を含めた社会の知的インフラを支え，逆に，大学の教育･研究活動は企業の活動力の源泉となっている。通研はこの単純なメカニズムに対する理解，実践的行動により社会の付託に応えて来たが，今後ますます期待される。

研究所内視察
・21世紀情報通信研究開発センター

第17回東北大学電気通信研究所運営協議会

日　時：2003年3月6日（木）午後2時00分～7時10分
場　所：東北大学電気通信研究所大会議室

出席者：浅井彰二郎（委員長）（株）日立製作所上席常務
飯島澄男　（委　員）名城大学教授（理工学部）
石井健一郎（　〃　）NTTコミュニケーション科学基礎研究所長
塩見　正　（　〃　）独立行政法人通信総合研究所理事
谷口健一　（　〃　）大阪大学教授（大学院情報科学研究科）
三宅　誠　（　〃　）NHK放送技術研究所長
横山直樹　（　〃　）（株）富士通研究所フェロー兼ナノテクノロジー研究センター長
渡辺久恒　（　〃　）日本電気（株）執行役員
宮城光信　（　〃　）東北大学大学院工学研究科長
猪岡　光　（　〃　）東北大学大学院情報科学研究科長
根元義章　（　〃　）東北大学情報シナジーセンター長
犬竹正明　（　〃　）東北大学教授（大学院工学研究科）

通研出席者：中村慶久（教　授）所長
水野皓司（　〃　）評議員，法人化検討委員会委員長
坪内和夫（　〃　）21世紀情報通信研究開発センター長
村岡裕明（　〃　）総務委員会委員長
荒井賢一（　〃　）研究企画調整委員会委員長
外山芳人（　〃　）予算・環境委員会委員長
矢野雅文（　〃　）将来計画委員会委員長
鈴木陽一（　〃　）ブレインコンピューティング研究部門主任
室田淳一（　〃　）物性機能デバイス研究部門主任
杉浦　行（　〃　）コヒーレントウェーブ工学研究部門主任

中島康治，大野英男，舛岡富士雄，庭野道夫，中沢正隆，長　康雄，羽生貴弘，白井正文，礒田陽次，青井　基，松岡　浩，枝松圭一　の各教授

議事審議

1．研究所運営について

教官の充足率，流動状況，研究員・学生の受入状況，リサーチフェロー制度の設置，研究費の推移，外部資金受入状況，共同プロジェクト研究活動状況，ナノ・スピン総合研究棟について等，運営全般について説明の後，次のような意見・質問等が出された。

・日本人の大学院学生の教育はかなり重要だと思うが，大学院学生のうち，外国人は何人ぐらいか。博士後期課程学生の充足率はどの程度なのか。
・共同プロジェクト研究は多くの大学，民間も参加して非常にすばらしいが，予算的に少ないのではないか。
・大学の本来の使命は長期的な研究をすることだと思う。近視的で3年で終わるプロジェクト研究と5年，10年と長い研究とのバランスが必要だと思う。
・民間と比較して，教官数及び学生数に対してスタッフ系職員が多いと感じるが，

大学というのはこのぐらいの人数が要るものなのか。アウトソーシングはしていないのか。

・教官の定員に対する充足状況，年齢構成，出身大学等大変充実したデータの出し方をしている。多角的な人員構成の見方は大事で，データをとるという態度が通研がどうなっていくのかを見ていく態度につながるだろうと思う。ぜひ続けていただきたい。

2．研究活動報告について

研究活動一般について，国際会議等開催状況，特許の出願・取得状況等，論文掲載数，知的特区事業への申請，知的クラスター構想への申請，産学官フォーラム，片平まつりについて，超高密度・高速知能システム実験施設のスーパークリーンルームの利用・保守状況，研究開発状況，ＩＴ－21センターに係る知的財産権，３プロジェクトの進捗状況について等の説明の後，次のような意見・質問等が出された。

・特許の中には先行の研究アイデアがいろいろあり，特許を申請するにあたり引用する自分の特許や研究論文等は必ず記述しておかないと，アンフェアということで落とされるケースが出てきているので，今後配慮した方が良い。
・今日拝見した研究テーマの中に，特許の種がたくさんありそうな気がする。大学あるいは研究所として，プロアクティブに動かれるということはないのか。
・特許・権利化できるものを社会全体あるいは地域全体として受けとめていけるような，そして大学自身，研究所自身も潤っていくようなことを考えた方が良いと思う。
・文部科学省，総務省，経済産業省とか省庁の枠にとらわれることなく，日本を元気にして産業振興するのにソフトとかシステムも大事だが，デバイスとか材料をきちんとやらなければならない。是非電気通信研究所の先生方にリーダーシップをとっていただきたい。
・他大学や他研究機関との連携をうまくとりながら，さらには東北大学内部での学部，研究科との連携を深めながら，もっと大きな意味で見た社会的な課題に対処してほしい。安全問題(情報安全)，セキュリティ，医療関係，都市問題，都市の活性化，エネルギーなどに関することにも高度情報処理が必要であり，通信との関係が非常に大事である。こうしたマクロな社会的課題と結びつけて通信のあり方を考えていくと，総務省関係や経済産業省関係のテーマとの結びつきもずっと迫力を増し，通研の社会的使命がより具体的になるのではないか。

3．国立大学の法人化について

・国立大学法人法案について，学部・研究科・附置研究所・附属学校は省令に規定されないことになったが，今後の日本の学術体制に問題になりかねない。東北大学制度検討委員会では法人化の細部について議論が始まった。
・中期目標，中期計画の考え方として，「個性輝く情報通信―心の通う安心でしなやかな次世代情報通信技術の開発―」を行うための研究体制を構築するという大きな目標を掲げて計画している。
・今後の情報通信システムをどう構築するかを考えると，どうしてもこういう研究体制にしたいという方向で将来計画を作り直し，４研究部門，２実験施設，１センターを計画している。

上記の説明があり，各委員から次のような意見・質問等が出された。

・所内・所外の双方向性という共同研究も進めていかなければならないし，逆に所外の人間が予算あるいは研究内容の議論に参加できるような共同利用研究所でなくてはいけない。電気通信研究所であるからこそ，全国の関連分野の研究者を巻き込んだ共同利用研究ということを考えていかなければ活性化につながらない。
・セキュアとかライツマネジメントプロテクションだけではなく，サーバーガード放送とかデジタル放送等と，電気通信研究所で今やっている研究が有機的に結びつくと，他の研究機関は追いつけないだろうという感じがする。
・社会の中で要求されているものを本当に理解するのは容易ではなく，一方的にこちら側ではこういうのが必要だろうというのは押しつけになって，全く話題がかみ合わないということもある。
・企業人から見ると大学の先生の最も大きな魅力に研究の自由度があるが，法人化した場合に研究内容を評価する機能が内部に存在するのか。電気通信研究所の組織図には評価する機関が載っていない。
・通信や情報処理というのは大変大事な領域であるにもかかわらず，日本の学界も産業界もソフト，システム面が強いとは言えない状況にある。運営協議会として，電気通信研究所はこの分野で日本が勢いを増していくために主体的な働きをしていただきたいという期待感が非常に強くある。
・将来計画はソフト，システム面が大分強化されたが，もっと実際的でインパクトのある研究テーマをもっとわかりやすい確実な研究フットプリントで提示してほしい。形容詞は全部排除して，これからの情報通信研究ということだけを掲げて世界と競っていただきたい。そのためには産学の交流が非常に大事であると考える。
・電気通信研究所のような研究のフットプリントを持っているところがソフト，システムの方にもっと拡大していっていただきたい。
・運営協議会の委員のメンバーとして，企業，大学，独立行政法人と非常に適正な比率で構成されている。公平に社会全体の意見を反映して研究所運営をしていこうという幹部の考えの表れであり，電気通信研究所をますます発展させていただきたい。

研究所内視察
・超伝導コンピューティングデバイス研究分野
・分子電子工学研究分野
・フォノンデバイス工学研究分野
・21世紀情報通信研究開発センター

6.2　過去の運営協議会委員名簿（外部者のみ）

委員名	任期（年度）
相磯秀夫	1998～1999
浅井彰二郎	2000～現在
甘利俊一	1996～2001
飯田尚志	2000
池上徹彦	1996～1999
池上英雄	1996～1999
池田克夫	2000
伊藤龍男	2000～2001
今井秀幸	2001
植之原道行	1994～1999
宇理須恆雄	1994～1995
大須賀節雄	1996～1999
大槻幹雄	1994～1995
大星公二	2000
笠見昭信	2000～2001
梶村皓二	1998～1999
児玉皓雄	2000
古濱洋治	1995～1999
坂内正夫	2000～2001
塩見正	2001～現在
進藤秀一	2000～2001
田中英彦	1994～1995
谷口健一	2001～現在
田村浩一郎	1995～1997
東海林恵二郎	1994～1997
長尾眞	1994～1997
中村道治	1996～1999
平石次郎	1994
廣田榮治	1996～1999
山崎攻	2000～2001
山田敏之	1998～1999
山田宰	2000～2001
吉村和幸	1994
渡辺久恒	2000～現在

6.3　外部評価結果要約

外部評価は1995年より始まり，第1回は委員会を開催せず，評価結果をまとめて冊子を作成。1998年12月17日（木）・18日（金）には第2回委員会を開催している。2002年度に第3回を開催，結果要約は次のとおりである。

第３回外部評価委員会
日時：2002年5月16日（木）・17日（金）
場所：電気通信研究所大会議室

Ⅰ　研究所の運営全般
１．大学附置研究所としての運営
(1)　研究所全般
1－1) 附置研究所としてのこれまでの在り方について
・国際的トップレベルの研究所として十分な成果をあげており，さらに人的交流を含めた発展を期待するとの意見が多くあった。
・学生等を含む若い力のメリットを活かした発展性を期待したい。
・一体的方向性や戦略性を活用し，随所にセンター等を作って運営している点は良い。
(2)　研究組織と将来計画
2－1) 研究組織について
・柔軟性のある組織が必要であること。特に助教授の充足率が低いので，若手助教授で充足してはどうか。
・助教授はチームワークとして必要であるが，研究創造の担い手として役割りを果している場合は学会等で売り出しを図ってはどうか。
・機能性と戦略性としてＩＴ－21センター等の設置を試みているので期待がもてる。
・研究分野間の研究交流，学際間の研究交流を進めて欲しい。
2－2) 将来計画について
・第４世代をめざしての具体的理念やビジョンが欲しい。
・現在の研究とのギャップをいかに埋めていくかを明確にする必要がある。
・一般市民も理解できる素朴なキャッチフレーズが欲しい。
・「電気通信」を看板としているわけだから，快適な通信環境の方向性を考え，国益の大切さを意識した将来計画のビジョンを進めて欲しい。
・通信に関するキーポイントや芽を集中して研究して欲しい。
2－3) 将来の実験施設について
・施設の運営については，共同研究を行っており発展的充実を期待するが，経費も人員もかかることからフレキシブルな運営が必要である。
・外部からの委託を受けて製品を作る等，他大学に期待感をもたれる施設であって欲しい。
・磁気のデバイス，化合物のデバイス，ＭＥＭＳもやれるような施設もあってよいのではないか。

(3) 人事

3−1) 教官の充足率・年齢構成・流動性について

・助教授の充足率・流動性を高める必要があるが流動性のデータがわかりにくい点がある。

・教授の半数は外部から受け入れているとのことだが，経歴等の資料が不足で，流動性をどのようにするのかがわからない。

3−2) 任期制について

・部門ごとに1分野の任期制の試みを行なっていることは評価に値する。

(4) 研究予算

4−1) 競争的資金の獲得状況について

・誰がどういうふうに予算を獲得したかを示すもう少し分かり易い資料が必要である。

・競争的資金の区分けがわかりづらい。校費，科研費，他省庁経費，特別設備費等と人件費等が混在していたので，競争資金としての切り分けしたデータが必要である。

・校費の額がわからなかったので，わかるデータを準備するべきである。

4−2) 研究費の配分について

・校費の配分については年々減ってくることが懸念されるので，どのようにするのかを検討して欲しい。

(5) 教育

5−1) 大学附置研究所としての教育

・ここの卒業生の評判はすこぶる高いし，信頼性の高い仕事をしており，活躍度も大きい。

・大きな施設を維持するための労力は学生諸君に負うところが多くなるが、勉強する時間が足りなくなることを全教官は認識して学生諸君の負担が多くならないように配慮して欲しい。

5−2) 学生数・大学院生数について

・仕組もあるが学部学生の1/3を受け入れているのは大変に良い。

・大学院生の充足率や出身大学修士課程のデータが不足していた。

5−3) 論文指導について

・論文指導については詳細に説明を受けていないので判断しにくい。

・研究所と学部との距離があるので教育という面での連携がより密接に進められるべきであろう。

(6) 研究環境

6−1) 研究施設

・附置研究所としての研究環境は恵まれている。

2．全国共同利用施設としての運営

(1) 共同プロジェクト研究

1−1) 共同プロジェクト研究の採択方法について

・制度上の問題もあり，共同利用研究所の利点をどう活用するかという点もあるが，実際は一つ一つのテーマが形骸化しないような運営が必要である。

1−2) 共同プロジェクト研究の予算について

・コメントなし

(2) ＣＯＥ関連

2－1) ＣＯＥ人員と研究費について

・評価できないし，ＣＯＥの将来の方向についてもわからないので個人の評価にまかせることにする。

3．社会貢献

(1) 地域社会との連携

1－1) 地域社会との連携について

・説明を聞けなかったので，資料から判断すると良くやっておられると思う。

(2) 産業界との連携

2－1) 産業界との連携

・企業から見るとアクセスしやすい伝統があり，敷居が高くないのが良い。

・ＩＴ－21センターは素晴らしい試みで，コンソーシアムも大学側主導で責任をもってやられることは意義があるので，ぜひ進めて欲しい。

4．広報活動と情報公開

(1) 広報活動

1－1) 広報活動について

・やや地味であるのでウェブ等との連携で広報活動を一段と進められたい。

・展示物は，最近のインパクトのあるものを含めて展示し，学生へのＰＲを図り，学生諸君を引きつけるべきである。

・便覧は大変良いので広く配布すべきである。便覧の英語版を活用し国際的にもアピールする必要があるのではないか。

(2) 情報公開について

2－1) 情報公開について

・国際シンポジウム（通研シンポジウム）は今後とも続けて欲しい。

Ⅱ 研究部門・実験施設・ＩＴ－21センター等の活動

各委員が評価はするが，ここでのコメントはしない。

Ⅲ これまでの外部評価結果に対する対応

・資料は運営協議会での指摘事項であり判断できない。

・前回の評価委員会指摘事項に対する達成度（0～100％のうち○○％）の結果資料の提出が欲しかった。

Ⅳ その他

・評価に対してどういう対応をするかのレスポンスを出して欲しい。

・次回評価のためのフォローアップをいただきたい。(0～100％の○○％達成等)

・全般的に非常に活発に研究されているので，大学附置研究所の意義を活かすこれからの運営に期待する。

6.4　今後の課題

本学は，平成16年度から国立大学法人東北大学に替わります。現在，国立大学法人関連法案の国会審議が進んでおり，6月中には議決されると聞いております。しかし法人化に向けての準備は，文部科学省段階でも，当初よりも遅れているように見えます。本学では，法人化推進本部の設置が5月の評議会で承認され，漸く，これまでに抽出してきた課題を具体化する作業に入ります。

本研究所では，緒言でも述べましたように，改組予定と法人化とがタイミング的に一致したこともあって，すでに改組後の新しい研究組織体制を定め，平成16年度からの法人化後6年間の中期目標・中期計画に，この体制で望むことを記載することにしております。また審議・執行の迅速化と効率化のため，研究所の最高議決機関である教授会は人事と基本問題だけを扱うこととし，運営に関しては所長，評議員，4部門長，2施設長，1センター長，及び企画広報，総務，予算環境の3委員長，さらに事務部長と総務，経理各課長とからなる運営会議で，審議・決定・執行する新たな体制を導入することにし，今年度から試行しております。学外有識者を含む運営協議会は今まで通り開催するほか，所長のリーダシップを高めるために所長補佐会議，研究企画戦略室などを置き，法人化後の本研究所の諸課題に迅速に対応することに致しました。このチェック機構として，教授，助教授，講師からなる部門等会議を，各部門，施設，センターで毎月開催し，さらに全体会議を4，9，1月の年3回開催致します。今後は，所長の選出方法や任期制などについても検討する予定ですが，本学全体の動きと歩調を合わせる必要もあり，本格的な検討は，法案成立以降になる見込みです。

本研究所は，昨年4月「二十一世紀情報通信研究開発センター（IT21センター）」を設置し，ここを社会貢献の窓口とすることに致しました。この設置と同時に，文部科学省の「e-Japan重点計画」を推進する「ITプログラム」の実施機関になり，IT21センターと「高密度高速知能システム実験施設」で三つのプロジェクトを産学連携で進めることになりましたが，二年目を迎え，いよいよこれから，どのような成果を上げているか，を問われる段階に来ております。研究設備はまだこれからのところもありますが，文部科学省及びプロジェクトに参加して頂いている関係企業，学内外の研究者の絶大なご協力を頂いて，各プロジェクトとも研究体制がほぼ整い，着々と成果を上げつつあります。そろそろ，次に続くプロジェクトをどうするかを，議論する必要がありそうです。

IT21センターは真の産学連携を目指しておりますので，知的財産への取り組みも極めて重要な課題です。法人化後，大学で生まれた知的財産は大学帰属が原則になり，本学にも知財本部が設置されることになっております。IT21センターでは，すでに関係企業と知的財産に関する協定を結んで，一足先に知財に取り組む環境ができました。しかし具体的な問題になると，大学と企業，あるいは企業間の考え方の違い，さらに経費などで，難しい問題も出てきそうです。

去る6月7日と8日に京都で開かれた第2回産学官連携推進会議で，日本学術会議の吉川会長は，「学」を代表した挨拶の中で，『1999年にブタペストで開催された世界科学会議では，「科学のための科学」から「社会のための科学」へと基本的立場を変えた「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択された』ことを報告され

ました。世界では「社会に開かれた学術」,「基礎研究の応用」が新たな流れになっており，日本ではその実践の仕組みをどうするかが課題，とのことです。

大学附置の研究所としては，もちろん，個々の研究者の創意に基づく学術研究活動を活発にすることが基本です。本研究所はこれまで，実学主義の下，ハードウェアに強いという伝統的な特徴を維持して，その基礎技術・基盤技術の研究と応用に成果を上げて参りました。しかし，今日の情報通信技術の急速な進歩の中で，それぞれの研究をただ趣味的に掘り下げているだけでは，論文は書けても社会に貢献することが難しく，それでは許されない状況になっております。国民の税金を使って研究している以上，それに対する説明責任が今まで以上に求められております。

本研究所の成果の中には，世の中に知られていない地道なもので，世の中の役に立っているものが沢山あるはずですが，実績ほどの評価を得ていないことに歯痒さも感じます。このようなハードウェアの基礎・基盤技術の研究をこれからも進めることは，本研究所の特徴を維持する意味でも重要です。しかし，さらに実用価値の高いソフトウェアも開発して，これらを組み合わせた次世代情報通信技術や新しい用途を惹起させるハードウェアやシステムの創製を目指す統合的な研究を積極的に推進することもさらに重要です。このことは，情報通信分野唯一の大学附置の研究所として，今後，全所を上げて目指すべきテーマであると考えております。幸い各部門・分野での研究は活発で，次のプロジェクトの候補となるべき研究の核は次々と生み出されております。今年度は科学研究費補助金の採択件数も採択率も増え，大型の各種外部資金を受けているか，受ける予定のものもたくさんあります。これらの研究成果がさらに生かせるよう，所内はもとより，学内外の研究者との相互理解を深める機会を多く持ち，この中から横断的融合的な研究プロジェクトを組織して，社会貢献に大きく資するものに成長させられれば，と夢見ております。

本研究所は，設立以来，研究だけでなく教育の面でも，工学部電気情報系学科と一体で行い，成果を上げてきました。しかしここ数年，大学院重点化や独立研究科の設置などで学内組織の改編が進み，本研究所を含む本学の電気情報系の教官が，工学研究科と情報科学研究科，電気通信研究所，情報シナジーセンターなどの別々の部局に所属するなどにより，一体運営の維持に難しい面も出てきております。法人化されますと，それぞれの部局が独自の戦略で，それぞれの個性を活かす研究教育を行うことになり，旧来のような一体運営は益々難しくなります。しかし，本学電気情報系の教育は，ノーベル化学賞を受賞した田中耕一氏のような卒業生を毎年排出しており，これまで高く評価されています。これを本学の特徴として持続発展させることは極めて重要で，より実質的な一体運営体制を模索することが望まれます。教育を担う研究科と研究を担う研究所とが，それぞれの役割を効果的に発揮させるため，相互の人事交流や教育面での評価などについても，より踏み込んだ議論を早急かつ前向きに行うべきであると考えます。

法人化後は，各国立大学法人の研究教育活動はそれぞれの大学の自主性，自律性に任せられます。「総長のリーダシップの下で・・」とは云え，自主性，自律性は各部局にも適用されますので，運営費交付金や人員配置については各部局間の取り合いになる可能性もあります。優れたプランをもち，実績を上げたところが，組織的にも財政的にも強くなるのが，法人化の狙いです。本研究所が情報通信分野での世界のCOEとして，これまで以上の社会貢献を果たすには，今まで以上に，個々の教官の緊張と努力，そして研究所と電気情報系全体の結束が求められます。

所　長

第１章　予算の概要

本研究所の予算の概要

単位：千円

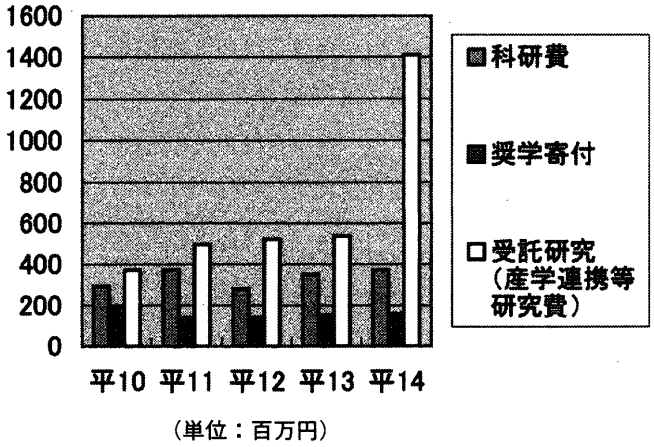
項目＼年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度	平成14年度
人件費	1,217,790	1,175,263	1,050,873	949,095	1,102,276
物件費	841,560	787,982	767,669	1,246,649	7,731,675
奨学交付金	187,473	138,281	138,265	150,383	158,446
共同利用研究施設運営費	48,975	46,017	43,592	44,502	37,826
施設整備費	5,588	1,400	0	64,000	6,986,679
その他物件費	599,524	602,284	585,812	987,764	548,724
産学連携等研究費	317,814	496,175	521,095	537,587	1,412,202
計	2,377,164	2,459,420	2,339,637	2,733,331	10,246,153
科学研究費補助金	292,000	371,825	279,200	351,805	371,385
合計	(797,287) 2,669,164	(1,006,281) 2,831,245	(938,560) 2,618,837	(1,039,775) 3,085,136	(1,942,033) 10,617,538

※共同利用研究施設運営費：研究所（校費）　14,041千円
〃　（研究員等旅費）　23,785千円

※その他物件費は，経常的な物件費及び各種旅費を計上。

※合計欄の上段（　）書きは競争的研究資金の合計で内数。

本研究所の過去5年間の予算は上の表に示すとおりである。この内容を平成14年度について大まかに分析すると，その他物件費約5.5億円の中の1.6億円が実験施設の維持費，1.8億円が光熱水道料及び事務経費を含む共通経費，0.9億円が営繕費，設備整備費，その他の経費であり，各研究分野で校費として使用した経費は全体で約1.2億円であった。研究部門に配分された校費（1.2億円）に，科学研究費3.7億円，奨学交付金1.6億円，及び産学連携等研究費14.1億円を加えた総額20.6億円が直接の研究経費として研究部門で使用された。直接研究経費に占める校費の割合は昨年度と今年度ではそれぞれ8.0％と5.8％である。平成13年度の直接研究費総額は11.3億円であり，本年度は約82.3％と大幅に増加している。この増分は産学連携等研究費の増加によるもので，平成14年度より実施された科学技術振興費主要５分野の研究開発「ＩＴプログラム」のうち文科省との３つのプロジェクト研究の受け入れによるものである。また，本プロジェクト研究のさらなる発展を目的とし，平成14年度補正予算により約70億円の施設整備費が措置されている。これら受託研究費及び科学研究費，奨学寄附金による外部資金の導入は本研究所の研究活動を一層発展させるために不可欠であるとともに，その一方で研究所の活性度を反映する指標であると考えられる。右に示した過去5年間のグラフに見るように，これら3種目の予算は奨学寄付金を除き継続的に増加の傾向にある。特に平成10～14年度の受託研究の伸びは提案公募型受託研究及び前述のプロジェクト型研究の増加によるところが大であり，本研究所の全国共同利用研究所としての活性度，またその役割の重要性が増していることの証であると考えられる。



1.1 競争的資金の獲得状況

1．科学研究費補助金及び助成金

(1) 科学研究費補助金

・文部科学省（日本学術振興会含む）

研究代表者

単位：千円

研究種目	氏名	2002年度交付金額	補助金総額	研究課題	採択年度
学術創成研究	伊藤 弘昌	107,100	380,000	フォノン工学	2001
特定領域研究(1)	白井 正文	2,000	15,500	スピントロニクスデバイス・デザインに関する研究連絡調整	2002
特定領域研究(2)	山口 正洋	14,000	42,100	極微小・高Q集積化RF強磁性薄膜インダクタ	2001
	外山 芳人	2,600	7,700	完備化に基づくプログラム自動変換の研究	2001
	徳光 永輔	2,300	4,500	強誘電体・高誘電率材料・誘電性酸化物を用いた新しい集積機能デバイスの研究	2002
	室田 淳一	30,600	190,800	人工Ⅳ族半導体極微細構造を用いた超高速光・電子デバイスの開発	1999
	長 康雄	9,900	39,600	超高分解能走査型非線形誘電率顕微鏡法を用いた強誘電体中のドメイン構造の解析	2000
	三村 秀典	8,800	45,900	電子源の高機能化と低エネルギー分散化	2000
	白井 正文	10,000	42,900	光－スピントロニクスデバイス及びナノスピンプローブのデザイン	2002
	大野 裕三	6,100	19,600	全光核磁気共鳴法の量子コンピューティングへの応用	2002
基盤研究A(2)一般	大野 英男	9,400	37,000	半導体超構造における電子のスピンコヒーレンスとその制御	2000
	山口 正洋	3,800	40,800	集積回路用GHz駆動磁性薄膜インダクタの開発	2000
	潮田 資勝	6,400	20,800	個別に識別した半導体ナノ構造の物性研究	2001
	伊藤 弘昌	13,700	41,800	高度光ファイバー通信システムにおける偏波モード分散の全自動計測・制御の研究	2001
	庭野 道夫	21,600	42,000	半導体表面を利用した分子認識機構の解明とバイオエレクトロニクスへの応用	2002
	谷内 哲夫	26,200	42,600	光ミキシングを用いたテラヘルツ波リアルタイムイメージングシステムの開発	2002
	坪内 和夫	9,800	41,600	ソフトウェア無線端末用超低消費電力GHz帯RF DSPの開発	2002
	大野 裕三	14,000	32,600	磁性/非磁性半導体量子構造におけるスピン注入とスピン制御	2002
基盤研究A(2)展開	室田 淳一	4,500	33,300	超高キャリア濃度半導体構造を用いた超低抵抗金属／半導体接合の形成	2001
基盤研究B(2)一般	櫻庭 政夫	2,400	12,800	Si－Ge－C－N系原子層積層による共鳴トンネルダイオードの製作	2000
	坂本 謙二	1,400	7,400	ポリイミド膜上の液晶分子の光配向機構の解明	2001
	三村 秀典	4,300	13,200	GaAsガン効果電子源を用いたマイクロ波・ミリ波帯デバイス	2001
	菅沼 拓夫	3,600	14,800	生体の機構に基づくポスト・エージェント技術の基礎的研究	2001
	上原 洋一	10,600	15,600	個々の固体表面吸着種の同定	2002
	中島 康治	7,400	14,900	アクティブ人工ブレインの試作による情報処理システムの構成的研究	2002
	中島 健介	11,000	15,100	固有ジョセフソン接合とそのテラヘルツ機能性	2002
	鈴木 陽一	4,400	13,900	マルチモーダル環境に適合した高精度3次元音空間創成システムの構築	2002
	荒井 賢一	9,300	14,300	位相検出による高周波キャリア型薄膜磁界センサの高感度化	2002
	徳光 永輔	4,600	15,900	次世代MOSFETゲート用高誘電率材料の系統的探索と物性制御	2000

研究種目	氏　名	2002年度交付金額	補助金総額	研究課題	採択年度
基盤研究Ｂ（２）一般	枝松　圭一	2,000	13,200	超高速実空間イメージング分光法による半導体ナノ構造の光励起ダイナミクスの研究	2001
基盤研究Ｂ（２）展開	長　康雄	6,300	13,400	非線形誘電率顕微鏡法を用いた電気双極子モーメントメモリー	2001
	羽生　貴弘	2,000	5,400	転送ボトルネックフリー多値ロジックインメモリＶＬＳＩの開発と応用	2002
基盤研究Ｃ（２）一般	杉浦　行	600	3,400	EMC対策部品の高周波特性に関する研究	2001
	莅戸　立夫	1,700	3,500	ミリ波・サブミリ波帯近接場顕微鏡に関する研究	2001
	白井　正文	900	3,500	スピン・エレクトロニクス創製を目指した量子超構造の第一原理設計	2000
	外山　芳人	500	2,800	リダクションの近似に基づくプログラム検証手法の研究	2002
	石井　久夫	1,200	3,200	超高感度紫外光電子分光による絶縁性有機材料およびその界面の電子構造の研究	2001
	羽生　貴弘	500	3,700	低電力性・高信頼性を有する高性能電流モード多値ＶＬＳＩシステムの実現	2000
基盤研究Ｃ（２）企画	羽生　貴弘	3,400	3,400	多値技術に基づく高速データ転送とそのマルチメディアＶＬＳＩプロセッサへの応用	2002
萌芽研究	庭野　道夫	600	1,800	量子コンピューティング系としてのフラーレン分子	2001
	伊藤　弘昌	600	2,200	導波路型周期分極反転ニオブ酸リチウム結晶を用いた波長可変テラヘルツ波発生の研究	2001
	佐藤　茂雄	700	2,100	核スピン検出用単電子トランジスタの試作	2001
	大谷　啓太	2,400	2,400	希薄磁性半導体量子構造スピン読み出し素子	2002
	襲　鍾石	2,100	3,400	半導体中の光励起プラズマを利用した周波数アップコンバータの研究	2002
	中島　健介	2,200	3,100	高温超伝導体における光ミキシング効果とジョセフソンプラズマ励起	2002
	徳光　永輔	1,900	3,500	強誘電体を用いた金属・導電帯中の電荷制御とスイッチング素子への応用	2002
若手研究（Ｂ）	薮上　信	600	2,900	直接通信による磁性薄膜の高周波透磁率計測装置の開発	2001
	木村　康男	2,200	3,900	固液界面反応場制御規則配列シリコン・ナノ構造形成	2002
	藤井　克巳	1,600	3,200	高速無線ＬＡＮ装置に対する通信環境の改善に関する研究	2002
	小野美　武	1,200	3,500	超伝導ループ中の磁束量子を用いた量子コンピュータの基礎的研究	2002
	石川　亮	2,000	3,200	レーザ光による電子ビームの量子論的エネルギー変調の実験的検証	2002
	西村　竜一	2,300	3,700	広範囲音声情報の圧縮記録・再生方式に関する研究	2002
	青戸　等人	85	985	宣言型プログラミング言語のためのAC記号のあるナローイングの計算理論	2002
特別研究員奨励費	大泉　善嗣	1,000	3,000	半導体単一量子構造の発光分光	2000
	安達　太郎	1,000	2,000	半導体量子構造におけるスピンの輸送と干渉に関する研究	2001
	片山　克己	1,100	3,300	意識発現機構の神経回路網による数理モデル化に関する研究	2002
	仙道　雅彦	1,000	2,000	磁気マイクロマシンに関する研究	2002
	千葉　大地	800	2,600	強磁性半導体構造のデバイス応用に関する研究	2002
	襲　碩	1,100	2,100	強磁性薄膜による携帯機器用高周波集積化インダクタの研究	2002
	Sajjad HAIDAR	1,000	2,200	非線形光学を用いた波長変換中赤外光源の開発とその分光応用	2002
未来開拓学術研究推進費補助金	白鳥　則郎	99,000	397,263	動的ネットワーキング	1999
	中村　慶久	36,000	392,957	超大容量高速垂直ストレージシステムの研究	1999

研究分担者

単位：千円

研究種目	氏名	2002年度交付金額	補助金総額	研究課題	採択年度
学術創成研究	石井　久夫	10,000	40,000	有機デバイス関連界面の解明と制御	2002
特定領域研究（1）	末光　眞希	2,500	12,500	人工IV族半導体の物性制御と超高速・電子デバイスへの応用	1999
特定領域研究（2）	坪内　和夫	30,000	90,000	超高速瞬時処理回路・アルゴリズム	2000
特定領域研究（2）	坪内　和夫	14,000	42,000	超機能化ヒューマン・インターフェイス画像処理・ワイヤレス情報端末チップ創製	2001
基盤研究A（1）一般	中瀬　博之	2,500	10,000	Siナノ構造を用いた消化器系診断in-vivo粒状チップの創製	2002
未来開拓学術研究推進費補助金	坪内　和夫	2,500	12,500	CDMAデータバスとそれを用いた高度情報処理システムの研究開発	1999

・他省庁

研究分担者

単位：千円

研究種目	氏名	2002年度交付金額	補助金総額	研究課題	採択年度
がん克服戦略研究事業（厚生労働省）	荒井　賢一	2,500	10,000	医療用マイクロ・マシーン開発に関する研究	2000
高度先端医療研究事業（厚生労働省）	荒井　賢一	2,500	5,000	磁気応用診断・治療装置の開発及び肺癌治療への適用	2001

(2)　助成金

・文部科学省

研究代表者

単位：千円

事業名	氏名	研究課題	2002年度交付金額
独創的革新技術開発研究提案公募制度	鈴木　陽一	ディジタル音信号用高性能電子透かしの開発	15,000
独創的革新技術開発研究提案公募制度	三村　秀典	マルチナノプローブ加工による高性能単電子デバイスに関する研究	3,000

研究分担者

単位：千円

事業名	氏名	研究課題	2002年度交付金額
独創的革新技術開発研究提案公募制度	山口　正洋	常温作製・高絶縁性フェライトを用いたマイクロ磁気技術の開発	8,200

・他省庁

研究代表者

単位：千円

事業名	氏名	研究課題	2002年度交付金額
NEDO国際共同研究助成研究費	鈴木　陽一	2次元等ラウドネス曲線の全聴野精密決定	19,900
NEDO産業技術研究助成事業	木村　康男	半導体ウェーハ表面インライン・モニタリング・システムの開発研究	7,241

2．受託研究費

研究代表者

単位：千円

機関名	氏名	研究課題	2002年度交付金額
秋田県高度技術研究所	中村　慶久	電子計算機を利用した高密度磁気記録機構の解明及びその解析手法の応用	3,000
科学技術振興事業団	大野　裕三	核スピン初期化法の確立	1,430
科学技術振興事業団	佐藤　茂雄	量子ビットを用いた知能デバイス	910
科学技術振興事業団	庭野　道夫	新規ナノデバイスの構築	1,300
科学技術振興調整費	庭野　道夫	ブロードバンド光シンセサイザの研究	6,500
㈱インテリジェント・コスモス研究機構	島津　武仁	省エネルギー型マイクロ電源の開発「②高性能マイクロインダクタの開発（②－３高飽和磁化薄膜技術を応用した薄膜磁心の作製に関する検討）（②－４薄膜磁心の連続成膜技術の開発）」	40,421
㈱ＮＴＴドコモ	白鳥　則郎	やわらかいモバイルアドホックネットワーク構成方式	3,000
技術研究組合超先端電子技術開発機構	山口　正洋	超高速・高分解能マイクロ磁界プローブに関する研究開発	2,800
技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構	伊藤　弘昌	２次非線形カスケード・デバイスの研究	1,575
技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構	中沢　正隆	超高速光通信技術の研究及び技術動向調査	2,625
京都大学	矢野　雅文	脳－機械融合型学習体の作製と神経行動システム科学の創出	3,000
㈶あきた産業振興機構	村岡　裕明	高速大容量医療画像情報記憶システムの開発	900
新エネルギー・産業技術総合開発機構	中沢　正隆	計量器校正情報システムの研究開発－１	11,049
総務省	枝松　圭一	半導体量子ドットを用いた単一光子対状態の生成と量子画像伝送技術の開発	11,000
総務省	莅戸　立夫	スリット型プローブを用いたミリ波・サブミリ波帯近接場顕微鏡システムに関する研究	3,349
総務省	三村　秀典	半導体微小電子源からの変調電子ビームを用いたミリ波・サブミリ波発生に関する研究	7,735
通信・放送機構	大谷　啓太	量子カスケード型半導体長波長発光素子に関する研究	5,650
通信・放送機構	舛岡富士雄	３次元デバイスを用いた高機能通信用集積回路の研究開発	39,826
通信・放送機構	室田　淳一	超高速無線通信用Siベース IV族半導体極微細デバイスに関する研究	28,800
東北日本電気㈱	中島　康治	ニューロシステムの画像処理への応用	945
（独）通信総合研究所	白鳥　則郎	サービスアウェア・フレームワークの研究開発	12,000
文部科学省	大野　英男	高機能・超低消費電力メモリの開発	378,605
文部科学省	坪内　和夫	次世代モバイルインターネット端末の開発	303,445
文部科学省	中村　慶久	超小型大容量ハードディスクの開発	388,175

研究分担者

単位：千円

機関名	氏名	研究課題	2002年度交付金額
知的クラスター創成事業	中沢　正隆	次世代フォトニクス（波長1.5μm帯高周波数高精度制御技術）に関する研究	67,909
通信・放送機構	山口　正洋	ナノ構造制御による高性能電波吸収薄膜材料の開発	4,522

1.2 非常勤研究員経費

単位：千円

事　　項	実　績　額	備　　考
非常勤研究員経費	19,541	受入人数　7名

1.3 奨学寄付金の受け入れ

アオイ電子（株）
ＮＥＣトーキン（株）
オリンパス光学工業（株）
情報ストレージ研究推進機構ＳＲＣ
スタンレー電気（株）
ソニー（株）　厚木テクノロジーセンターＳＮＣ・テクノロジー開発本部
タカノ（株）
ＴＤＫ（株）
ＴＤＫ（株）　基礎材料研究所
電源開発（株）
東北日本電気（株）
日本電気（株）
東日本電信電話（株）
日立金属（株）　先端エレクトロニクス研究所
日立電線（株）　オプトロシステム研究所
日立マクセル（株）　開発本部
富士通東日本デジタル・テクノロジ（株）
三菱化学（株）　科学技術研究センター
三菱重工業（株）　技術本部先進技術研究センター
三菱電機（株）　情報技術総合研究所
三菱電線工業（株）　情報通信・フォトニクス研究所
リオン（株）
(株) ＮＴＴドコモ
(株) 玉川製作所
(株) 東芝　研究開発センター
(株) 東芝　セミコンダクター社
(株) 東芝　デジタルメディアネットワーク社　コアテクノロジーセンター
(株) ハイ・テクノロジー
(株) 日立製作所　システム開発研究所
(株) 富士通研究所
(株) 富士電機総合研究所
(株) 本田技術研究所　和光基礎技術研究センター
(株) 村田製作所
(財) 青葉工学振興会
(財) 旭硝子財団
(財) 石田記念財団
(財) 新生資源協会
(財) 高橋産業経済研究財団
(財) 中部電力基礎技術研究所
(財) テレコム先端技術研究支援センター
(財) 電気通信工学振興会
(財) 電気通信普及財団
(財) みやぎ産業科学振興基金

計　　９４件　１５８,４４６,１８０円

第2章　研究・学会活動状況

2.1　国際活動

区　　分		1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	合　計
海外派遣状況（人数）		100	87	94	90	131	502
国際的研究集会・学会等での招待講演者数（人数）		44	59	64	54	57	278
国際共同研究の実施状況（件数）		17	30	19	15	11	92
外国人研究者の来訪状況（人数）	1か月以上滞在	11	7	11	6	5	40
	1週間以上1か月未満	8	19	11	4	9	51
外国人研究員の受入状況（人数）		4	8	8	6	9	35

2.2　発表論文数

区　　分	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	合　計
掲載された論文数						
学会誌	175	197	184	231	203	990
国際会議議事録等	140	202	288	201	234	1065

2.3 学会役員一覧（1997～2002年度）

国内学会

学会名	役職名	任期	氏名
日本物理学会	副会長	2002.9～2003.9	潮田 資勝
日本音響学会	副会長	2001.5～2003.4	鈴木 陽一
日本真空協会	常務理事	2000.4～2003.3	潮田 資勝
日本物理学会	経理担当理事	1998.4～2001.3	潮田 資勝
日本物理学会	理事	2002.4～2002.9	潮田 資勝
電気学会	理事	1999～2000	荒井 賢一
日本応用磁気学会	理事	1997～2001	荒井 賢一
人工知能学会	理事	1998.4～2000.5	白鳥 則郎
エレクトロニクス実装学会	理事	1998～現在	坪内 和夫
日本表面科学会	理事	1999～2001	庭野 道夫
日本制御工学会	理事	2000.5～現在	鈴木 陽一
応用物理学会	評議員	1997～2002	水野 皓司
日本応用磁気学会	評議員	1999.5～2003.5	青井 基
応用物理学会	評議員	1998～2002	伊藤 弘昌
電子情報通信学会	評議員	2000.5～2002.4	白鳥 則郎
人工知能学会	評議員	2002.4～2004.3	白鳥 則郎
日本表面科学会	評議員	2001～現在	庭野 道夫
映像情報メディア学会	評議員	2000.4～2003.3	村岡 裕明
日本応用磁気学会	評議員	2001.4～現在	村岡 裕明
日本音響学会	評議員	2002.4～2003.3	長 康雄
映像情報メディア学会	監事	1997.4～2003.3	中村 慶久
日本制御工学会	研究部会長	2002.5～現在	鈴木 陽一

国際学会

学会名	役職名	任期	氏名
IEEE MTT-S Japan Chapter	Chair	2001～2002	水野 皓司
IEEE EMC-S Japan Chapter	Chair	1999～2001	杉浦 行
IEEE Electron Device Society Tokyo Chapter	Chair	2000	坪内 和夫
IEEE Electron Device Society Tokyo Chapter	Vice Chair	1998～1999	坪内 和夫
IEEE Computer Society	Vice Chair, Technical Committee on Multiple-Valued Logic	1999.6～現在	羽生 貴弘

2.4 外国の大学等との学術交流部局間協定締結一覧

代表者	協定校		協定締結年月日	研究課題	協定の主な内容
	国名	研究機関名			
教授 津屋 昇 (荒井賢一)	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	教官等の交流 共同研究の実施 研究指導 刊行物の交換
教授 沢田康次	アメリカ 合衆国	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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換
教授 曽根敏夫 (鈴木陽一)	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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換
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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換
教授 水野皓司	イギリス (文部省と英国科学工学研究会議との学術交流企画に参加)	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	教官等の交流 共同研究の実施 学術資料の交換
教授 曽根敏夫 (鈴木陽一)	中国	深圳大学 科研処	1993.2.8	音響通信に関する騒音の研究	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換
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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換
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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換 学部学生及び大学院学生等の交流
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	超伝導電子通信デバイスの研究	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換 学部学生及び大学院学生等の交流
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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換 学部学生及び大学院学生等の交流
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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換 学部学生及び大学院学生等の交流
教授 室田淳一	ドイツ	半導体物理学研究所	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	教官等の交流 共同研究の実施 刊行物の交換

2.5 学振特別研究員及び研究所研究員

日本学術振興会特別研究員

氏名	任用期間	研究内容
大泉善嗣	H.12.4.1～H.15.3.31	半導体単一量子構造の発光分光
安達太郎	H.13.4.1～H.15.3.31	半導体量子構造におけるスピンの輸送と干渉に関する研究
片山克己	H.14.4.1～H.17.3.31	意識発現機構の神経回路網による数理モデル化に関する研究
仙道雅彦	H.14.4.1～H.16.3.31	磁気マイクロマシンに関する研究
千葉大地	H.14.4.1～H.17.3.31	強磁性半導体構造のデバイス応用に関する研究
裴碩	H.14.4.1～H.15.3.31	強磁性薄膜による携帯機器用高周波集積化インダクタの研究
Sajjad HAIDAR	H.14.4.1～H.16.3.31	非線形光学を用いた波長変換中赤外光源の開発とその分光応用

非常勤研究員

氏名	任用期間	研究内容
佐伯豊	H.13.4.1～H.15.3.31	再利用可能な拡張機構を持つプログラミング言語に関する研究
李載廣	H.13.4.1～H.14.10.12	ミリ波帯走査型近接場顕微鏡に関する研究
松尾行雄	H.13.8.1～H.15.3.31	エコー定位による三次元間認識に関する研究
赵建华	H.14.4.1～H.14.12.31	閃亜鉛鉱型室温強磁性体に関する研究
Karuppanan SENTHIL	H.14.5.13～H.15.3.31	炭化珪素低温エピタキシとデバイス応用に関する研究
李斗煥	H.14.11.1～H.15.3.31	ＳｉＧｅ系ヘテロデバイス制作に関する研究
蔡然植	H.15.1.1～H.15.3.31	ミリ波ＭＥＭＳに関する研究

外国人研究員

氏名	任用期間	研究内容
Aleksander SĘK	H.14.4.6～H.15.3.31	動的変化音の知覚情報処理過程の解明

2.6 特別研究員・大学院生の受入状況

区分	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	合計
特別研究員	14	14	14	12	8	62
大学院生	200	198	199	188	212	997

2.7 広報活動と情報公開

開催行事

1．電気通信研究所国際シンポジウム「ニューパラダイムVLSIコンピューティング」	2002年12月12日(木)～14日(土)
2．電気通信研究所工学研究会	随時
3．電気通信研究所産学官フォーラム2003	2003年2月7日(金)
4．電気通信研究所附属21世紀情報通信研究開発センター開所式	2002年10月11日(金)
5．電気通信研究所一般公開（片平まつり2002）	2002年10月12日(土)・13日(日)

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	年1回発行
3．東北大学電通談話会記録	年3回発行
4．附属超高密度・高速知能システム実験施設研究報告書	年1回発行

その他

1．電気通信研究所ホームページ	公開
2．電気通信研究所研究者総覧Web	2003年6月公開
3．電気通信研究所教授会議事録Web	2003年4月公開