

第 1 章 緒 言

緒言

平成6年6月24日、東北大学電気通信研究所は設置目的を「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」に改め、「いつでも、誰とでも、どこからでも、いくらでも、どんな情報でも送受信出来る技術・システムの研究・開発」を具体的な目的とし、卓越した研究拠点（C O E）を目指した国立大学附置の共同利用研究所に改組しました。改組に当たっては、研究所が社会から要求されている任務を遂行し、その成果を社会に還元することでなければならないという基本的な考えに基づいて、①研究所は自ら新しい概念または技術を生み出すことが出来る高い創造的学問水準を培っていること、②創成された概念や技術を現実化する能力を保有していること、③研究所が外部に開かれていること、常に外部との交流を保ちその批判に耳を傾けること、などの条件を満たすことを努力目標としています。

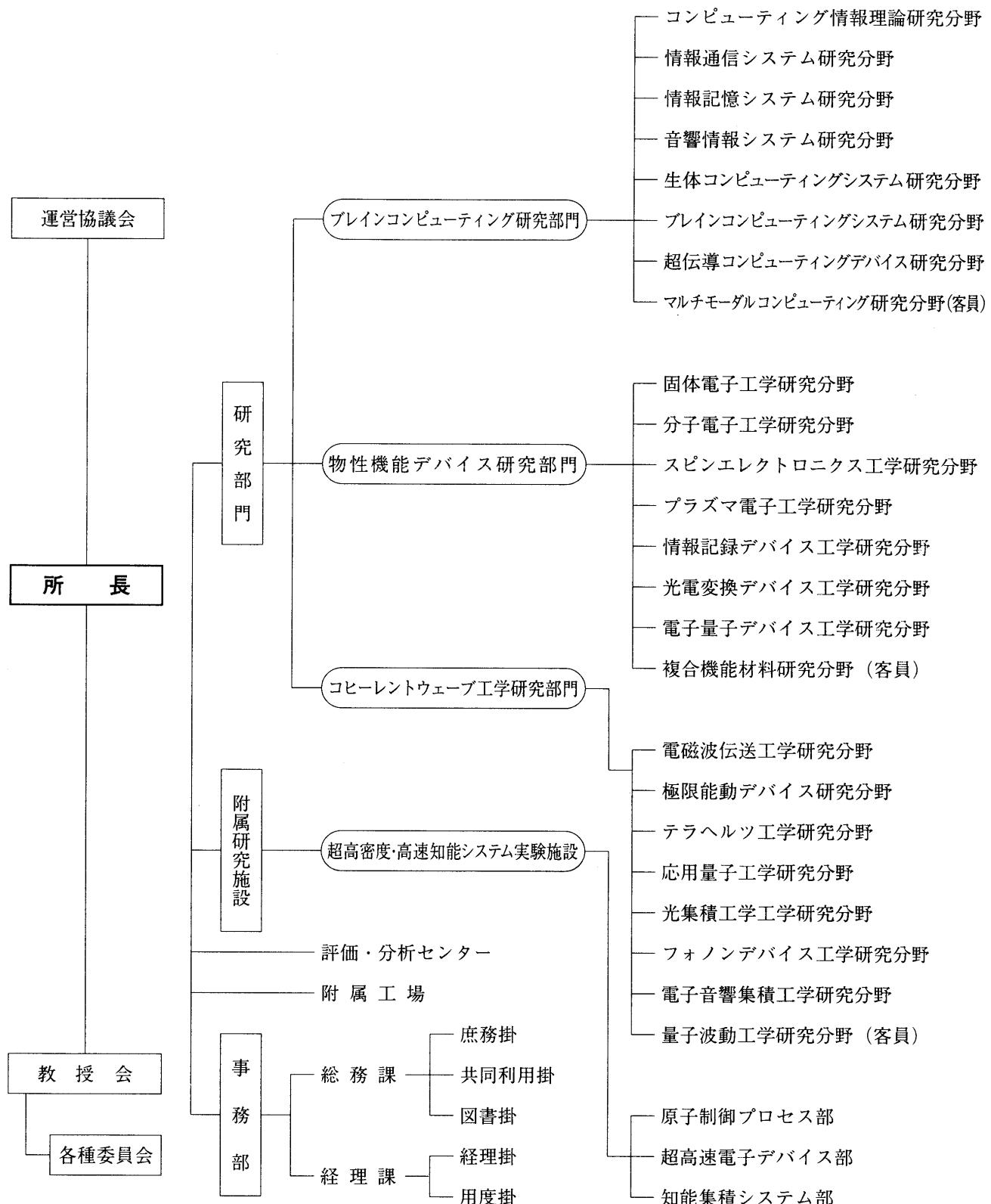
上記第三の目標を達成するため、昭和62年3月より自己評価のための委員会として、"研究評価委員会"が発足しましたが、平成7年2月に評価組織を強化し、本年度より研究活動報告を発行して研究所の現状を報告し、社会の批判に耳を傾けることとしました。これまで、研究所の現状は東北大学電気通信研究所要覧、東北大学電通談話会記録を通して毎年報告してきましたが現状を必ずしも反映してはいませんでした。この報告も始めから完全なものではありませんが、今後多くの方々の批判を受けとめながら改善し発行していく所存です。

改組後研究所の組織は三大部門24研究分野となり、又、既設の実験施設に代わって、「超高密度・高速知能実験施設」を新たに設置し、その組織は、情報の高速化、高知能化に対応する研究目的を掲げて発展的に三つの部に拡充されました。本報告書の内容は、これらの分野、各部の研究活動を中心に、新たに計画された共同プロジェクト研究、シンポジウム、工学研究会活動などから構成されています。又、本年度から発足した共同利用研究所としての運営に当たって、民・官・学の委員から構成されている運営協議会、専任・兼務の教官より構成されている共同利用委員会と研究教授会の活動状況などについても報告しています。上記の各会議体からの貴重なご意見は、単に共同利用研という視点からだけでなく、研究所の将来に向けた研究活動に多くの指針を与えるものとして評価されます。中でも、運営協議会においては、最近多くの科学の分野で問われているように、本研究所はこれまで西洋的科学の枠組みの中で研究を進めてきたが、これからは東洋科学の分野にも目を向けた考え方で研究を推進して欲しいなどという貴重なご意見を頂きました。

最後に、本年度改組して発足したばかりの研究所ではありますが、今後とも多くの有識者の意見も聞きながら、世界の最先端を行く研究所を目指したいと考えています。本年報のよりよい発行のために貴重なご意見を寄せて頂ければと考えております。

第 2 章 組織・運営

2.1 組織図



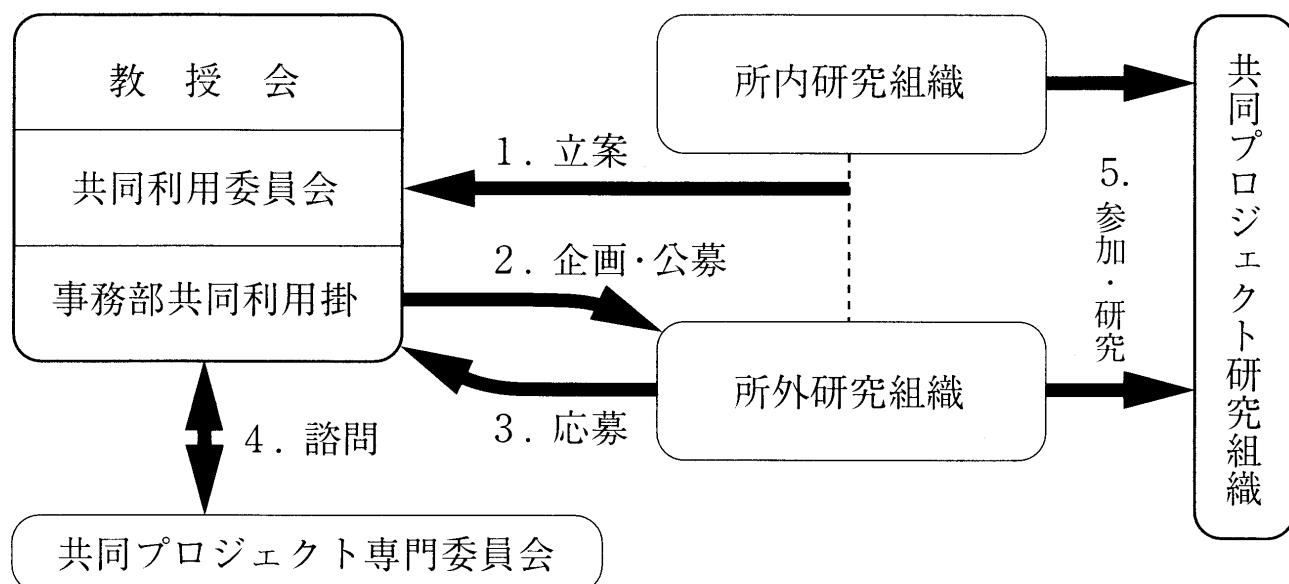
2.2 共同研究組織

本研究所は、平成6年6月24日をもって全国共同利用研究所に改組され、各研究分野における基礎研究に加えて共同プロジェクト研究を行うことになった。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、超音波応用、音響通信、非線形物理工学、コンピューター・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挙げてきた。また、同じく平成6年6月24日に発足した附属施設「超高密度・高速知能システム実験施設」は、前施設で達成し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等、国内外に例を見ない技術の蓄積があり、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。

これらの研究実績を有する本研究所を中心として、全国の情報通信の技術・システムの研究と関連する研究者と有機的連携を取りながら総合的な共同プロジェクト研究を全国規模で推進する。

共同プロジェクト研究は、毎年所内の研究組織が所外の研究組織の意見を参考にして立案し、「共同利用委員会」によって企画された課題が「事務部共同利用掛」より全国の国公私立大学及び公的研究機関に通知され、各プロジェクト研究課題への参加者を公募する。応募研究者を含めたプロジェクト研究組織が構成され、所外の委員を含む「共同プロジェクト専門委員会」に諮問し、その意見を参考にして「教授会」が最終的に共同プロジェクト研究実考案を承認する。

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。



2.3 教育組織

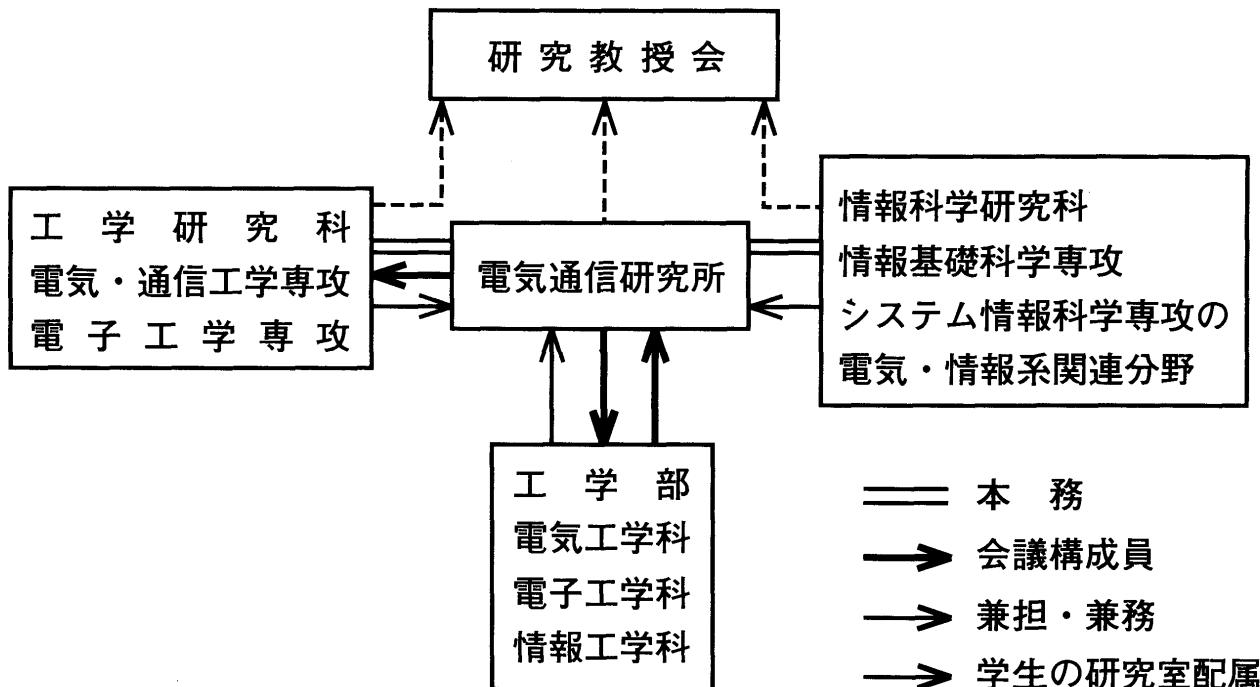
東北大学電気通信研究所（以下、通研と略称）は、発足時から設立母体である電気工学科と協力体制をとり、教育・研究の成果を挙げた。その後、通信工学科、電子工学科、情報工学専攻、情報工学科が順次設立されたが、「一体運営」の協力関係は維持された。

現在、通研と電気・情報系との間には下図に示す教育組織がある。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本務へ変わり、情報科学研究科が本務の教官は工学研究科を兼担することになった。その結果、昨年度は、通研の17研究分野のうち6研究分野が工学研究科電気・通信工学専攻に、7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基礎情報科学専攻に、2研究分野がシステム情報科学専攻に所属し、通研で研究指導を受けた大学院学生の総数は195名、一研究室当たり平均11名に達した。

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・情報系の教官が通研兼務であるので、学部学生が通研の各研究室に配属される。学生にとって選択の幅が広がり、余裕のある研究指導が受けられる。一方、通研にとっても若い行動力は魅力があり、後継者発掘の機会も多くなる。通研が電気通信の分野で多くの成果を挙げてきた背景には、このような教育面での協力関係があった。

通研と電気・情報系の中核に、両組織の教授で構成される研究教授会がある。制度上は非公式な会議であるが教育問題など相互に関連する重要事項はここで審議される。教育上の具体的な事項の実行、運用に関しては、大学院に主任会議、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分野と協力体制をとり、研究のみならず教育でもC.O.Eとしての責務をはたしている。



電気通信研究所の教育組織図

第 3 章 研究活動

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

生命システムの大きい特長は、外界をリアルタイムで認識し、それに対応して自らを制御するための情報を作り出すことにあるが、その源泉は脳にあると言ってよい。そこで情報処理を担っているのは神経細胞の電気的活動であり、一種の電気通信と看做すことができる。本部門の目的の一は、ブレインコンピューティングに関する研究である。すなわち、脳で行われる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、理論的に明らかにし、得られた成果を基に、脳の機能をもつ高次情報処理システムの実現を目指す。

目的の二は、ヒューマンインターフェイスに関する研究である。高度情報化社会においては、誰もが、何時でも、どこからでも、情報を簡単にやりとりできるシステムの実現が求められている。特に、老人やハンドicapをもった社会的弱者にも、容易に参加できるシステムの構築が必要である。そのためには、最終的な目的を与えるだけでシステムが作動するような、ヒューマンインターフェイスの進歩が必須条件であり、必要な情報をシステム自身が作り出すインターフェイスの実現を目指す。

第一の面からのアプローチを主とする研究分野は、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、情報記憶システム研究分野であり、第二の面からのアプローチを主とする研究分野は、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研究分野である。以下、具体的テーマごとに、研究の概要を述べる。

構成的プログラミングの研究 構成的プログラミングは、構成的論理体系における証明から関数型言語によるプログラムが合成できるという数学的性質を用いることにより、誤りのないプログラムを自動的に合成するというプログラム作成方法である。本研究では、構成的プログラミングの基礎理論を構築するための証明、検証、合成システムを試作する。そのため、プログラム言語 Λ の設計を完成させ、また、論理体系RPTの証明システムを計算機上に実現するための研究を行っている。RPTは、真概念を証明可能性概念としてとらえ直す独創的なアイディアに基づいて構成されている。本年度は、プログラム言語 Λ を拡張し、代入文を入れることと、その効率よい実装を実現した。 Λ の性質は、Church-Rosser性、参照透明性をもち、 λ 計算の保守的拡大性が成り立つことである。

Flexible Computingに基づく情報通信システムの研究 Flexible Computingの概念を新たに提唱し、それに基づく情報通信システム（やわらかいネットワーク）の構成論を確立することを目的とする。すなわち、ユーザの利用法が変化したり、誤ったりした場合や、故障などによりシステム内に変化が生じた場合に、システム自身が自律的に変化して、ユーザが必要とする環境を提供できるような柔軟なネットワークを構成することである。本年度は、この「やわらかいネットワーク」の概念を、①知性、②恒常性、③発展性からなるものとして定義し、この基本概念を実現するアーキテクチャを提案すると共に、その開発環境としてADIPSを設計した。また、「やわらかいヒューマンインターフェース環境」の構成を目的として、UI開発支援環境CUDEを提案し、さらに、「ソフトウェアのやわらかい開発方法論の確立」、「形式仕様のやわらかい自動合成法」、「再利用によるやわらかいソフトウェア開発」、「プロトコルのやわらかい合成法」などのソフトウェア開発環境について、提案と設計例によるそれらの有効性の実証を行った。

聴覚系における情報処理過程の解明 ラウドネス、ピッチ、音色に代表される聴覚感覚が、音の物理特性とどのように関係づけられているのかを、多角的に研究し、聴覚における情報処理過程を明らかにしようという研究である。音色知覚に関しては、末梢系における聴覚フィルタの特性を、ラウドネスに関してはその知覚特性の決定要因を、音像定位に関しては距離定位の決定要因をそれぞれ研究し、ある程度の成果を挙げた。

高度な音響通信システムの実現に関する研究 三次元音場情報の通信手法と、補聴システムのためのデジタル信号処理手法の研究を行っている。前者については、音場のインパルス応答を精密に算出するための境界条件の与え方と、複数の二次音源による音場の精密模擬手法に関して、新たな進展を見た。後者については、ラウドネス補償型補聴器のプロトタイプを試作し、そのパラメタの最適化の実現や、性能評価法の提案を行い、両耳補聴アルゴリズムの開発の研究を進めている。

快適な音環境の実現に関する研究 快適な音環境を実現するための騒音制御手法、特にアクティブ騒音制御手法の研究を行っており、複数騒音源の同時制御、消音用二次音源に接続する伝搬経路のモデリング誤差の影響について進展を見た。

情報の自己創出機能とその工学的応用の研究 生体に代表される多自由度で複雑な系における調和的、かつ柔軟な情報処理をリアルタイムで行う機構を明らかにし、それに基づく新しい工学システムを構築することを目指している。本年度に継続して行った研究の一つは、「歩行パターンの自律生成」の研究である。環境の変化に応じて情報を生成するルールをシステムに取入れることで、歩行の制御情報をリアルタイムで生成する方法はすでに提案しているが、本年度は、このシステムの普遍的な性質を研究し、時々刻々変化する環境に対応して情報を生成できる新しい自律分散型運動制御システムを構成して、さまざまな状況下で安定して歩行パターンが生成できることを示した。その二は、「*in vitro*における小脳の形態形成」である。小脳の構造的特長は、数種類の神経細胞が規則正しく配列したモジュール構造をもつことであり、この構造と機能との関係を明らかにしていくことが重要である。本年度は、出生後10日頃から神経細胞やグリア細胞が分化を繰り返しながら適切な位置まで移動して行くダイナミックな現象を、*in vitro*で再現することに初めて成功した。

構造と情報の自己生成機構の統一的理解 過去15年間にわたり、非線形非平衡系を用いた先駆的研究によって、現在フラクタルと呼ばれている分野および時空カオスと呼ばれている分野を切り開いた。

生命状態の研究 腔腸動物ヒドラを細胞解離し、細胞の無秩序集合体から個体が完全再生する機構を分析し、生体の秩序と生命状態の関係を追及している。

集積回路による大規模神経回路網の製作 構成論的アプローチとして、シリコン技術を用いて大規模神経回路網を作製し、その知的情報処理能力を研究している。集積化においては、ニューロン数の二乗程度の数を必要とする人工シナプス実現方法が鍵となるため、電荷の注入とその保存を可能にし、しかもその電荷量を高い精度で制御することができる新しい半導体メモリーの開発を行い、その集積化に成功した。このチップには、第一段として380個のシナプスが集積されている。

超伝導を利用した高速、低消費電力、超高感度電子デバイスとシステムの研究 脳機能の解明のための磁気計測デバイスや、大電力スイッチ素子をはじめとする超伝導単結晶エレクトロニクスの研究であり、その一は、「超伝導ニューロン集積回路」の実現である。これには、ジョセフソン素子の特長を利用した半導体回路を超える大規模ニューラル・ネットワークを目指して研究を進めている。その二は、「超高感度磁気検出素子（SQUID）」の開発である。すなわち、脳の神経活動によって生ずる微弱磁場を計測するための高温超伝導体を用いたジョセフソン素子とSQUIDの研究に取り組んでいる。その三は、「層状超伝導単結晶エレクトロニクス」に関する研究である。層状超伝導体の高品位単結晶の電子物性は、それがジョセフソン接合の積層構造からなるものと理解すれば説明でき、これを利用して、THz帯まで損失の少ないデバイスが実現できる可能性がある。THz帯大電力発振器・検波器の実現を目指した研究を行っている。

マルチモーダル情報処理システムの研究 人間の脳で行われている高度な情報処理過程の解明とその人工的実現のためには、人間と外界との情報処理インターフェイスを構成する知覚過程の理解が不可欠である。そのクロスモーダル性に着目した研究の基礎として、当面、聴覚における音情報処理過程と時間情報処理過程のクロスモダリティに着目した研究の準備を進めている。

コンピューティング情報理論研究分野

構成的プログラミングの研究

本研究の大目的は、ソフトウェアの生産が手作業で行なわれるため社会的に必要なソフトウェアの品質と量を確保することができないといわゆるソフトウェアの危機を解決するために、誤りのないプログラムを自動的に生産するシステムを実現するための基礎理論を構築することである。本研究代表者が提唱した構成的プログラミングの方法に基づくプログラム合成システムは、この問題の有力な解決策である。

本研究の目的は、構成的プログラミングの基礎理論に関する理論的研究を深化させるとともに、構成的プログラミングを実現するための証明、検証、合成システムの試作システムを作成することである。

構成的プログラミングとは、構成的論理体系における証明から関数型言語によるプログラムが合成できるという数学的性質を用いることにより誤りのないプログラムを自動的に合成する、というプログラム作成方法である。構成的プログラミングは、プログラムの合成過程を定理の証明過程に置き換えた、新しいプログラミング・スタイルである。

数年内の目標は、構成的プログラミングの理論の構築のため、プログラミング言語 Λ の設計を完成させ、また、論理体系 RPT の研究を深め、これを完成する。また、プログラミング言語 Λ の処理系および論理体系 RPT の証明システムを計算機上に実現する。RPT の証明システムを用いて、 Λ のプログラムの検証、合成システムを計算機上に実現する。

論理体系 RPT の特徴は、自己反映の概念を持ち、また、証明概念を直接扱うことができる。RPT は、真概念を証明可能性概念としてとらえ直す独創的なアイデアに基づいて構成されており、このような論理体系は他にはない。近年、証明をプログラムと同一視する原理の有用性がさかんに研究されているが、RPT の特徴は、この原理に基づくプログラムの新しい形式化を与える。RPT の特徴は、フレーム構造の拡張を示しているので、純粹数学の見地からも RPT の研究の成果が期待される。

本研究の極めて独創的な点は、証明、検証、合

成システムが、検証対象であるプログラム言語 Λ を用いて記述されていることである。このためシステム自身の正当性を、本システムにおいて厳密に証明することにより、証明、検証、合成システムの正しさを保証することができる。検証システム自体の正しさを検証する例は他にはない。これを可能にするために、論理体系 RPT およびプログラム言語 Λ は強力な表現力をもち、かつプログラムの性質を理論的に検証し易いという相反する 2 つの条件を満足することができるよう、数学的に洗練することにより設計される。

本年度は次の成果を得た。第一に、プログラム言語 Λ を拡張し、代入文を取り入れることができた。第二に、プログラム言語 Λ の効率よい実装を実現することができる。

RPT の推論対象および RPT に基づく構成的プログラミングシステムの実装言語となるプログラム言語として、 Λ を設計した。以前の RPT システムが対象としていたバージョンの Λ は代入などを含まない関数型プログラム言語であったが、RPT プロトタイプシステムの実装経験などから、代入文を導入する必要が生じたため、理論的な良さを壊さないよう注意深く代入文等を導入した。この新しい Λ について処理系の実装を行った。

純粹な関数型言語や論理型言語は、簡潔な意味論を持ち、高い並列性を内在していたが、代入文等を含まないものであったし、逆に代入文を持つ言語(C言語や Scheme など)は簡潔な意味論を持たず、その性質を論理的に扱うことが難しかった。本研究では、この一見相反する要求を満たすプログラム言語を設計した。 Λ は、代入文や繰返し文に相当する構文を持ちながら、純粹な関数型プログラム言語として必要な性質(参照透明性や Church-Rosser の性質)を満たしているという意味でユニークな言語である。また、 Λ における計算は高い並列性を内在している。

Λ は、Lisp 風の構文を持つ言語である。 Λ における代入文は必ず let または lambda のスコープ内になければならない。すなわち (set! x nil) のように、むき出しの代入文は許されず、必ず、(let((x true)) (set! x false)) のように代入される変数が束縛されている必要がある。これを『代入文の

カプセル化』と呼ぶ。カプセル化は、 Λ の参照透明性が成立する鍵となる考え方である。

Λ では次のようなよい性質が成り立つ。第一に、 Λ は Church-Rosser の性質を満たす。第二に、 Λ は参照透明性 (referential transparency)を持つ。ここでは、参照透明性を、『項 a, b, c, d に対して $a=b$ かつ $c=d$ ならば、読み出し専用変数 x に対して $a_x[c]=b_x[d]$ である』という性質と定義する。ここで読み出し専用変数とは、その変数に対する代入がないもののことであり、 $a_x[c]$ が項となるための当然の矛盾がある。参照透明性は、等しい項は、任意の文脈において同じ意味を持つことを意味している。第三に、等式理論として、 Λ は λ 計算に対して、保存的拡張(conservative extention)である。

今後は、まず、 Λ における言語の制限を弱めて、関数の本体から関数の外側の代入が行なえるようにする研究を行なう。この拡張は、上の 3 つのよい性質、Church-Rosser 性、参照透明性、 λ 計算の保守的拡大が成り立つようになされる必要がある。このように拡張された Λ に対して、数学的に厳密な意味論を与える。プログラミング言語 Λ の拡張に合わせて言語処理系も拡張し、拡張された言語を効率よく処理できる処理系の設計の研究も行なう。

職員

教授 佐藤 雅彦

助教授 龍田 真

助手 亀山 幸義

研究テーマ

1. 構成的数学に基づくプログラム理論
2. プログラミング言語の設計
3. 定理証明、プログラム検証系の計算機上への実現
4. 人工知能の基礎理論

主な研究発表

1. A Purely Functional Language with Encapsulated Assignment, M. Sato, Proceedings of International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Software '94, LNCS 789, 179--202 (1994).

2. 自己反映的証明体系 RPT の理論と実現, 亀山幸義, 佐藤 雅彦, 「コンピュータソフトウェア」12(2), 32--51 (1995).

3. Assignment を持つ純関数型言語 Λ の実現について, 山中淳彦, 亀山幸義, 佐藤雅彦, 関数プログラミングII JSSST'94 会議論文集, レクチャー[ノー

ト]ソフトウェア学 10 (近代科学社), 201-216 (1994).

4. Two realizability interpretations of monotone inductive definitions, M. Tatsuta, International Journal of Foundations of Computer Science 5 (1), 1--21 (1994).

5. Realizability interpretation of generalized inductive definitions, S. Kobayashi and M. Tatsuta, Theoretical Computer Science 131 (1), 121--138 (1994).

6. 構成的プログラミングにおける抽出プログラムの効率化, 亀山幸義, 日本ソフトウェア科学会第11回全国大会論文集, 177-180 (1994).

情報通信システム研究分野

「Flexible Computing」に基づいた 情報通信システムの研究

飛行機は時間と空間の制約を克服し人間に多くの利便性をもたらした。電気通信も同様に時間と空間を乗り越え、人間は利便性を享受している。今をときめくマルチメディアも確実に我々に利便性をもたらしつつある。これらは光の部分である。

一方、富と豊かさの獲得の代償として失うものはないだろうか。つまり、光に対して、影の部分が確実に存在するような気がしてならない。飛行機のおかげで遠くへ手軽に行けるし、電気通信のおかげで湾岸戦争、天安門事件、ケニアの野生動物を茶の間に居ながらにして、世界中の人が同時に同じ舞台を見ることができる。マルチメディアによってデパートに行かずに行ったと同じような環境で買物ができる、蔵王に行かなくても蔵王の散策を楽しむことが可能となる。これらのことが人類の歴史においてどのような意味を持っているか、我々はまだ見極めてはいない。ただ、確かなことは、電気通信を基盤とした社会の新しいパラダイムが求められていることである。

このような背景を基に本研究では、3年前から、次世代の情報処理の基本となる概念として「Flexible Computing」という概念を創成し提唱している。電気通信を含めこれまでの情報処理は、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）を評価基準として発達してきた。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。これをモダンと呼ぶことにする。しかば、21世紀へ向けた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、失ったものを取り戻し、人類と自然が調和しながら発展するための考え方であり、モダンに加えて「共生」の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、「Flexible Computing」に基づいた情報通信システム（やわらかいネットワーク）の構成論を確立することである。現在のコンピュータや情報ネットワークは、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「堅い」システムである。このようなシステムでは、ユーザが操作法を少しでも誤ると正しく動作しない。また、使用法を熟知した専門家を対象とし、利用者層が限定されている。国内外で話題となっている情報ハイウェイやインターネットも堅いシステムである。本研究の目的は、上述のような現在の堅いシステムの限界に対してブレークスルーをもたらす、これまでの概念とは全く異なる新しい考え方として、Flexible Computingに基づいたやわらかいネットワークの基本概念を創成し、さらにこれに基づくモデルを構築し、その系統的な構成論を確立することである。このようなシステムでは、ユーザの利用法が変化あるいは誤った場合、また故障などによりシステム内に変化が生じた場合でも、システム自身が自律的に変化しユーザが必要とする環境を提供することができる。このような人間指向のやわらかいネットワークの構成問題は次の3つの副問題に分割できる。
 ①ネットワークアーキテクチャ、②ヒューマンインターフェース、③ソフトウェア開発環境。
 ①は、やわらかいネットワークを構成する上でシステムの内部のしくみに関する課題であり、②はシステムの外部（人間）への対応に関する課題である。③は、①と②を実現するためのソフトウェアのやわらかい開発法である。

(1)ネットワークアーキテクチャ

今年度における第一の成果として、Flexible Computingに基づいたネットワーク、つまりやわらかいネットワークの基本概念を創成した。この基本概念は①知性、②恒常性、③発展性から構成されている。ここで知性とは多様な形式で表現されたユーザ要求の意図やシステム内部の変化を正しく理解し、後述の発展性と協調しユーザ要求を満足しながらシステムを安定に動作させる能力（機構）である。また、恒常性とはシステムの内部あるいは外部の一時的な変化に対しシステムが安定に動作するための能力である。発展性とはシステムの内外の定常的な変化に対し、この変化を吸収しシステムが安定に動作するための能力である。このような基本概念をもとに柔らかさの定量化に向けた研究を行い、いくつかの重要な結果が

得られている。具体的には、システム内部の変化（輻輳や故障など）や外部の変化（ユーザ要求、サービスなど）に対し、指定された性能を満足し安定に動作すると言う視点からやわらかさの定量化のための方法を構成した。また、この基本概念を実現するネットワークアーキテクチャとしてマルチエージェントに基づいた自己組織的なアーキテクチャを提案している。さらに、このようなエージェントに基づいたアーキテクチャの開発環境としてADIPSを設計した。これらの有効性を実証するため、TV会議システムを応用例として取り上げ実験システムの設計を行った。本実験では、東北大学と千葉工業大学の間でTV会議を行う。現在、詳細設計を進めており次年度に実証実験を行う予定である。

(2)ヒューマンインターフェース

エンドユーザがUIを容易に開発し、変更や拡張も自由にできる「やわらかいヒューマンインターフェース環境」の構成を目的としている。具体的には、UI設計に関する専門的知識をあまり持っていないエンドユーザでも容易にUIを設計、修正かつ拡張することを可能にするUI開発支援環境CUDE(Case-based UI Development Environment)を提案している。CUDEではエンドユーザによるUI構築過程を支援するために、主に次の3つの支援を行う。
①ユーザフレンドリなユーザ要求の具体化作業への支援、②視覚化されたラピッドプロトタイピング、③積極的なUI設計知識の再利用

現在、ワークステーション上に実装中であり、次年度に実験を行いシステムの評価を総合的に行う。また、1995年4月より東北大学電気情報系4年生の学生実験のテーマとしてCUDEを適用する予定である。

(3)ソフトウェア開発環境

1)ソフトウェアのやわらかい開発方法論の確立

ソフトウェア開発の生産性を飛躍的に向上させることを目的とし、やわらかい開発方法論の確立を目指している。具体的には、ユーザからの要求やシステムが提供するサービスに変化が生じた場合、これらの変化を開発支援システムが自動的に吸収し、新しいユーザ要求やシステムの新しいサービスを効率的に実現するための基盤技術の研究を推進している。今年度は、開発法の基礎研究に加えて次の2), 3), 4)を重点的に研究し新しい知見を得ている。

2)形式仕様のやわらかい自動合成法

命題論理に基づいたシステムの機能要求の記述法を考案し、また、この方法を実際のCATVシステムの設計に適用し、その有効性を実証した。

3)再利用によるやわらかいソフトウェア開発

類似性を基準とした部品の再利用に基づく事例ベース推論を用いたやわらかい支援法を提案した。また、この方法に基づいて、実際に支援システムを設計試作し、電話システムやCATVなどの具体的な例に適用することで本手法の有効性を実証した。

4)プロトコルのやわらかい合成法

ISO標準のLOTOSによって記述された送(受)信プログラムから相手のプログラムを誤りなく自動的に合成するための方法論と実際のアルゴリズムを与える、また本アルゴリズムをOSIのトランスポート層のプロトコルハンドラーに実際に適用し、本合成法の有効性を実証した。

職員

教授 白鳥 則郎 助教授 富樫 敦
助手 小野 良司

研究テーマ

1. Flexible Computing : 理論と応用
2. 情報ネットワークとその応用
3. マルチメディア・ヒューマンインターフェース
4. ソフトウェア開発環境

主な研究発表

1. Flexible Networks: Basic Concepts and Architecture, N. Shiratori, K. Sugawara, T. Kinoshita and G. Chakraborty, IEICE TRANS. COMM. E77-B, 11 (1994).
2. Multidimensional Analysis Method for NOAA AVHRR Images, J. Kudoh, G. Chakraborty, Y. Nemoto, N. Shiratori, H. Kawamura, S. Obata and S. Noguchi, IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, 32, 5 (1994).
3. Design and Implementation of User-centered Application Software Systems in a Distributed Computing Environment, T. Kinoshita, K. Sugawara, M. Ukiage, N. Shiratori and N. Miyazaki, Trans. of IPSJ, 35, 5, 677-690 (1994).
4. A New Approach for Protocol Synthesis Based on LOTOS, B. B. Bista, Z. Cheng, A. Togashi and N. Shiratori, IEICE Trans. Inf. and Syst. E77-A, 10, 1646-1655 (1994).
5. An Effective Application of NetTheory to Communication Protocol Development, N. Shiratori, E. Lee and K. Teruya, IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Comm and Computer Science(A). E77-A, 10, 1588-1593(1994).

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

通信システムを考えたとき、情報の発信と受容の担い手として、人間の役割には大きいものがある。したがって、誰もがどんな環境でも快適に通信できるシステムを作り上げるために、人間の情報処理の仕組みを明らかにすることが不可欠である。人間の情報処理を考えいくうえで、聴覚系は重要な情報処理過程の一つと考えられる。通信路の両端に人間がいる場合には、聴覚系はとりわけ大きな役割を果たしている。

音響情報システム研究分野は、この聴覚系の情報処理過程を明らかにするための基礎研究と、その研究の知見を用いて高度な音響通信システムや快適な音環境を実現するための研究に取り組んでいる。

聴覚系情報処理過程の解明 人が音を聞いたときには、音の大きさ（ラウドネス）、音の高さ（ピッチ）、そして音色が知覚される。また、両耳に入る情報をを利用して、音源の位置を聞き当てたり、雑音のなかから必要な音だけを聞き分けることも可能である。聴覚系における情報処理過程の研究とは、これらの聴覚による知覚が、音のどのような物理特性をどのように利用して行われているのかを明らかにしようとするものである。本年度は、音色と、音の大きさ、音像定位について重点的に研究を行った。

音色知覚過程の研究では、本年度は、音色知覚過程のフロントエンドと考えられる聴覚末梢系における帯域フィルタ特性の推定方法の検討と、音の高さ（ピッチ）の異なる高調波構造複合音による多次元音色知覚空間の構造について重点的に研究を行った。その結果、類似の高調波包絡を持ち、音の高さが異なる複合音の多次元音色知覚空間について、音名と音高の2つの要因が擬似らせんを構成するという極めて興味深い知見を得た。

音の大きさ（ラウドネス）の研究では、聴覚の標準特性として重要で、国際標準(ISO 226)ともなっている、最小可聴値と等ラウドネスレベル知覚特性の特性決定要因を明らかにするための研究と、実際にこれらの特性の精密計測を行うための研究を行い、国際標準化機構に実験データを提供了した。

音像定位の研究では、音源から外耳までの伝達

関数（音源－頭部伝達関数）で音像定位知覚を統一的に説明する立場の研究を進めている。音像定位の中でも、距離定位は反射音や音圧レベルなどの要因の影響を受ける。そこで、本年度は、音源から外耳に至る伝達関数で説明できる限界について検討を行い、1m以内の近距離では音源－頭部伝達関数が距離定位の決定要因として重要な役割を果たしていることを確認した。

高度な音響通信システムの実現を目指して 現在、音響通信システムに関しては、3次元音場情報の通信手法の研究と、補聴システムのためのデジタル信号処理手法の研究を行っている。

3次元音場情報の通信手法の研究の目的は、音楽ホール内の音場のような高次の音情報を、臨場感ごと精密に伝送することである。このためには、音場の解析と制御手法の研究が極めて重要である。本年度は、音場のインパルス応答を数値的に精密に算出するための境界条件付与手法の研究と、複数制御音源によって音場の精密な模擬を行うための手法の研究を行った。特に後者の音場精密模擬手法の研究では、制御音源数をこれまでのほぼ半数としても、ディリクレ型の制御が全ての周波数で可能な新しい制御法を見出した。

高性能で快適な補聴システムの実現は、高齢化社会の進展による老人性難聴者の急増を見越したとき、極めて重要な課題である。また、難聴者にとって快適な音響通信系は、健聴者にとっても快適な通信系であることが期待できる（逆は期待しくない）。

我々が、現在実用化を目指しているデジタル補聴システムは、本学の耳鼻咽喉科との共同研究によるものである。この補聴システムでは、入力信号の周波数スペクトルを実時間で分析し、ある時点ある周波数における出力が健聴者と同じ大きさ（ラウドネス）になるように利得を決定することによって、出力音を常に最適なスペクトルとレベルに保つというものである。このような考えに基づく補聴アルゴリズムは、ラウドネス補償型と呼ばれ、本研究グループが研究開始以来、一貫して、この考え方の重要性を訴えてきたものである。平成5年度までの間、3次の試作をくり返し、良好な実験結果を得てきた。本年度は、市販を見越

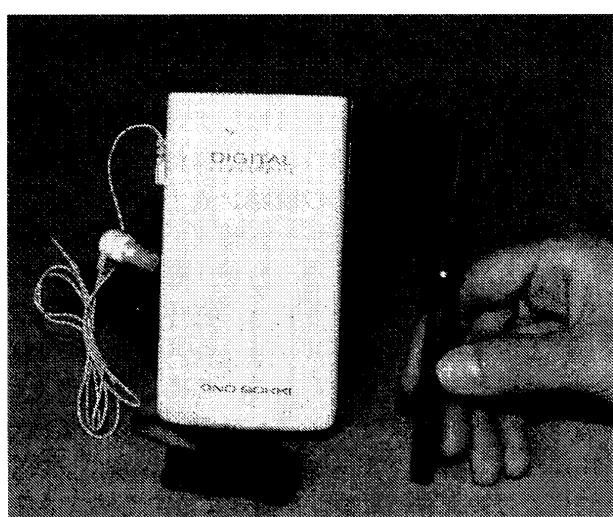
した最終プロトタイプとして4次試作を行うとともに、年度末にはこの補聴器の臨床試験を開始した。併せて、ラウドネス補償型補聴器の特性パラメータの最適化や、性能評価法などについても一連の研究を行っている。

また将来、更に高度な補聴システムを実現することを目指して、そのための基礎的なデジタル信号処理手法の研究を行っている。具体的には、ウェーブレット変換や、複数センサ入力を用いて、不要な音を効果的に抑圧するための信号処理手法の研究と、適応フィルタによるハウリング抑圧手法の研究、両耳相互作用を利用する補聴アルゴリズムの開発の研究を進めている。

快適な音環境の実現を目指して 高度な音響通信システムを開発しても、それを用いる音環境が劣悪では意味がない。そこで本研究分野においては、快適な音環境を実現するための騒音制御手法や、騒音計測・予測手法の研究にも取り組んでいる。

騒音制御手法では、音で音を消す、アクティブ騒音制御手法について、2つの観点から研究を行っている。第一は、実用上重要でありながら、これまで問題が複雑であるとしてあまり省みられていなかった複数騒音源の存在下でのアクティブ騒音制御手法の研究である。もうひとつはアクティブ騒音制御を実用化する上で極めて重要な、フィードフォーワード消音用2次音源に接続する騒音伝達路モデリングデジタルフィルタのモデル化誤差の影響に関する研究である。

騒音計測と予測については、仙台市音楽堂の建設に関して地下鉄振動が隣接の建築物に及ぼす影響の予測と実証計測、環境騒音の予測と実証計測の研究を行った。



デジタル補聴器

職員

教 授 曽根 敏夫	助教授 鈴木 陽一
助 手 小澤 賢司	助 手 浅野 太
助 手 高根 昭一	技 官 斎藤 文孝

研究テーマ

1. ヒトの聴覚系における音色知覚過程の研究
2. 等ラウドネスレベル知覚特性の研究
3. 3次元音像知覚過程の解明と制御
4. 3次元音場の精密数値解析と制御手法の研究
5. デジタル補聴システムの研究
6. 次世代デジタル補聴アルゴリズムの研究
7. アクティブ騒音制御の研究
8. 騒音の計測・予測手法の研究

主な研究発表

1. Threshold of hearing for pure tone under free-field listening conditions, H. Takeshima, Y. Suzuki, M. Kumagai, T. Sone, T. Fujimori, and H. Miura, J.Acoust.Soc.Jpn.(E), 15, 159-170(1994).
2. バイノーラル再生を利用した主観実験による音場シミュレータの性能評価, 小澤賢司, 高根昭一, 鈴木陽一, 曽根敏夫, 宮島徹, 田原靖彦, 日本音響学会誌, 50, 374-381(1994).
3. 聴覚障害者の聴覚特性評価のための音素グループング体系の提案, 佐藤庄衛, 浅野太, 鈴木陽一, 曽根敏夫, 日本音響学会誌, 50, 602-612(1994).
4. Information of loudness in aural communication, T. Sone, Y. Suzuki, K. Ozawa and F. Asano, Interdisciplinary Information Sci., 1, 51-66(1994).
5. An optimum computer-generated pulse suitable for the measurement of very long impulse responses, Y. Suzuki, F. Asano, H.Y. Kim, and T. Sone, J.Acoust.Soc.Am., 97, 1119-1123(1995).

生体コンピューティングシステム研究分野

情報の自己創出機能とその工学的応用の研究

生体のように多自由度で複雑なシステムにおける調和的かつ柔軟な情報処理をリアルタイムで行う機構を明らかにすることにより、新しい工学システムを構築することをメインテーマとしている。情報処理システムとしてもっとも分化したのが神経系である。このようなシステムの設計原理はこれまでの人工的なシステムの設計原理とは明らかに異なることが指摘されている。本研究分野では生命システムにおける情報処理の最大の特徴は「情報が自律生成される」という立場から、実験・理論の双方から研究を行っている。これらのテーマの中で本年度は特に次の2つのテーマの成果をまとめることとする。

【歩行パターンの自律生成】生物は予測不可能的に変化する環境との間に目的を果たすような適切な関係的秩序を即時的かつ自律的に作り出すことができる。歩行の場合は目的である速度、方向等を制御しながら変化する環境下で歩行パターンをリアルタイムで自律的に生成することである。本研究では環境が予測不可能的に変化するだけではなく、システム自身に予測できない事故や、故障が生じたときに補償作用により、運動制御のための情報を自ら作り出すシステムの構築を行った。時々刻々変化する環境の変化に対してリアルタイムに対応できる運動制御の機構は国内外と問わずこれまで明らかになっていない。これはアルゴリズミックに対応する従来の方法ではリアルタイム制御が出来ないことを意味している。我々は昨年度変化に応じて情報を生成するルールをシステムに入れることで、歩行の制御情報をリアルタイムで生成する方法を提案した (Biol.Cybern.69, 1 8 3 - 1 9 3, 1 9 9 3)。本年度はこのシステムの普遍的な性質を研究する目的で、システムが歩行速度だけではなく、システムにかかる負荷が変化する場合や、突然足がもぎ取られるという重大な故障が起きたときに、学習無しにその状況でも適切な歩行パターンを生成出来るかどうかを研究した。これまで歩行パターンの研究がキネマティクな方法論にとどまっていたのとは対照的に、負荷や故障に即時に対応できるダイナミックなモデルになっているのが特長である。

歩行を制御する中枢が各肢間に適切な関係性を計

算していると見なして、昨年と同様に計算の要素としてホジキン・ハックスレー方程式に相当する、われわれが発見したKYS振動子で神経回路網を構成した。つまり、これまでの方法はさまざまな状況を想定して、軌道計算をし、学習をすることによって歩行パターンを作り出すという中央制御方式である。このやり方は用意する状況が増えれば増えるほど必要なメモリーが爆発的に増大するので、リアルタイム制御をしようとすれば、困難な検索問題を解決しなければならない。そればかりか、これまでの方法では、そもそも予測出来ない変化には原理的に対応出来ない。このような変化に対しては、システムは変化に応じて情報を生成出来るシステムでなければならない。ここでは新しい自律分散型運動制御システムを構成し、様々な状況下でも安定的に歩行パターンが生成出来ることを示した。

自律分散型システムで最も重要なことは「システムが情報を生成するルール何か?」ということである。つまり、重要なことは振舞いを決める関係生成ルールである。運動を支配する神経系の働きを理想化して考えると、各肢を動かす神経系は個体全体の要求、すなわちどの方向にどの位の速度で移動するかといったことを満足しながら、しかも変化する環境のもとで最もエネルギー変換効率の良い動きを生み出すことである。よく知られているように筋肉にはエネルギー効率が最も高い力と速度が存在し、それ以下でも以上でも効率が悪くなる。目的速度を実現するという条件の下で、各筋肉が最適効率で働くように、協調的あるいは競合的に相互作用することによって制御情報を生成するのが神経回路網の機能である。即ち、各肢が目的速度を達成するように、これを支配する神経回路の活動を個々の足にかかる負荷を回路内部の結合定数にフィードバックして、負荷を全体に分配させる様に変化させる様に調節することである。この関係生成ルールを我々は「最大多数の最少不満足原理」と呼ぶ。なお、ここでは筋肉は簡単のために各肢を動かすために一対の拮抗筋を考慮した。

1) **Load Effect** : 進行方向に平行な加重を与えた場合、その加重の増加に伴って歩行パターンの間

の相転移点が低速度側にシフトするのが観察される。加重が増加するにしたがって、肢相互の位相関係の揺らぎも又増大したが、生成するパターンには変化がみられなかった。この結果は実験事実に対応する。

2) Amputation: 対応する肢の力の寄与及び力のFeedbackのみを無効にするtibial amputee（下腿部切除）と、位置の制御及び位置のFeedbackまで無効にするfemoral amputee（上腿部切除）の二種類についてシミュレーションを試みた。tibial amputeeでは正常時の同様のパターンを生成したが、その相転移点は低速度側にシフトするのが観察された。またfemoral amputeeでは、肢の位置に関するFeedbackによるローカルな拘束条件が変化するため、位相関係の組替えが起こり、主として2種類のパターンに収束し、4足動物と同じ様な歩き方を作り出すことが出来る。これらは実験に非常によく対応している。

このモデルが成功した理由は、個々の足の情報は各足が速度依存的に変化するローカルな評価関数を満たすように、時定数が小さいローカルなフィードバックと全部の足との関係を取る時定数の大きなグローバルなフィードバックが競合、協調することで、全体と個がつじつまの合うような制御情報が作れることによる。

【*in vitro* における小脳の形態形成】脳神経系の発生過程の細胞機構や分子機構を明らかにすることは脳科学や発生学の重要な課題である。つまり、脳の機能は神経細胞が構造的に一定の関係性をもって配列して初めて発揮されるので、一個の神経細胞の機能が直接器官としての脳の機能につながらない。小脳の構造的特徴は数種類の神経細胞が規則正しく配列したモジュール構造を持つことである。このモジュール構造が情報処理における一つの機能単位であると考えられることから、この構造と機能との関係を明らかにして行くことが重要となる。そのためには脳の発生生物学的な研究が、構造の発達と機能の発現という観点から望ましい。これまで脳を組織培養することで、その構造を*in vitro* で再構成に成功した例は無い。通常の組織培養では形態形成の時間関係も空間関係も*in vivo*とは大きく異なるからである。我々は*in vitro*で組織全体に渡る形態形成が進行させるという重要なが困難な課題に取り組み、ラット新生仔の小脳スライスを用いて一連の主要な過程を*in vitro*で再現する実験系を開発することに初めて成功した。これは培養系の拡散を抑えるという空間的な拘束条件と、すべての細胞間に分化の時間的な情報伝達を行うために細胞分裂の時間同調を行

うという条件を発見することにより新生仔の小脳を組織培養下で発生初期の形態形成が可能になった。小脳の形態形成のなかで、出生後10日頃から、神経細胞やグリア細胞が分化を繰り返しながら適切な位置まで移動して行く最もダイナミックな現象に着目し、この現象を*in vitro*で再現することに成功した。つまり、成果はこの一連の過程を*in vitro*で再現し、それを形態学的に明らかにしたことである。そこでは、小脳は神経細胞とグリア細胞の分化が時空間的に協調しながら形態形成をするが、その過程ではNOやグルタミン酸がこれらの分化の情報伝達物質であり、その時間関係が重要であることを次々に明らかにした。さらにこの過程で構造が遺伝的に決まっている部分と環境依存的に決まる現象が存在することを明らかにした。この実験系を用いることで遺伝子発現を含めた脳発生の分子機構や脳機能の研究が大きく進歩することが期待できる。

職員

教授 矢野 雅文	助手 牧野 悌也
助手 坂本 一寛	

研究テーマ

- 1.リアルタイムの認識地図の自律生成の研究
- 2.記憶の生成とその時空間的発展のメカニズム
- 3.運動パターンの自律生成の研究
- 4.コンテキストに依存する神経回路の役割の研究
- 5.*in vitro* における小脳の形態形成

主な研究発表

1. Radular Mechanosensory Neuron in the Buccal Ganglia of the Terrestrial Slug, *Incilaria Fruhstorferi*, S.Kawahara, M.Yano & H.Shimizu, *J.Comp. Physiol. A*, 174, A111-120 (1994).
2. Observation of the highly organized development of granule cells in rat cerebellar organotypic cultures, M. Tanaka, A.Tomita, S. Yoshida, M. Yano & H. Shimizu, *Brain Research* 641, 319-327 (1994).
3. A self-Organizing model of Walking Patterns of Insect II. The loading effect and leg amputation , S.Kimura, M.Yano & H.Shimizu , *Biol. Cybernetics* 70, 505-512(1994)
4. Effects of endogeneous nitric oxide on the cerebellar cortical development in slice cultures, M.Tanaka, Y.Yoshida, M.Yano & F. Hanaoka, *Neuroreport* 5, 2049-2052 (1994).

ブレインコンピューティングシステム研究分野

複雑系の科学とブレインコンピューターの設計・試作

沢田研究室では、生体を含めて自然界に形成される構造の自己組織機構とその情報生成、情報処理機構、その延長として生命状態の物理数学的理論の枠組の構築、及び、脳の知的情報処理機構の構成論的解明を目指している。非線形数理と生物に関する理解無しには、脳機能の解明は不可能である。本研究室の研究分野は主として三つに分けることが出来る。

[I] 非線形非平衡系の普遍法則

自然界における構造と情報の自己組織に関しては過去15年間、流体構造と結晶成長等の非線形非平衡系における世界に先駆けた研究によって、現在フラクタルと呼ばれる分野と時空カオスと呼ばれる分野を切り開いた。その主たる成果は、

- 1) プリゴジンのエントロピー生成に関する原理が局所的原理であることを指摘し、それに変わる非線形非平衡系の大局的原理を提案したこと、
- 2) 絶縁破壊のマクロ構造がスケール普遍性を持つことを示し、後にフラクタルと呼ばれる形状の代表例になったこと、
- 3) 電気分解によって陰極に折出する金属が実存する最も典型的なフラクタル構造を示すことを発見したこと、
- 4) 热対流において発見したカオス生成機構がトーラス崩壊という普遍ルートの一つとして位置づけられることを示したこと、
- 5) カオス計測法として、任意の時系列からカオスを特徴づけるリヤプノフスペクトルを導出するアルゴリズムを提案し以後広く利用されたようになったこと。
- 6) 液晶において位相波生成のペースメーカーが自己組織されることを発見しこの現象が3自由度の非線形拡散系が示す普遍則に属することを示した等である。
- 7) 最近では個体の破壊パターンの自己組織の研究をすすめ、特に振動型破壊パターンの研究は注目をあびている。

[II] 生命状態の自己組織

非平衡系ではあるが非線形系として捉えるには複雑すぎる生物における生命状態を数理的に定義

する目的をもって、腔腸動物ヒドラの構成細胞を解離しその無秩序集合体が個体を再生する過程を研究している。その主たる成果は、

- 1) 再生過程の初期段階における内胚葉性上皮細胞と外胚葉性上皮細胞の初期細胞選別機構に対して、全表面張力を基礎にした物理学的見地と接着分子を基礎にした化学的見地の相互関係を明らかにする研究を進めている。
- 2) 再生後期の形態形成期における細胞の分化・再分化機構の研究を進めている。これまで、形態形成には細胞の離散集合がなく、細胞の由来が本質的には無視され、細胞の役割が改めて決められることを発見している。
- 3) 多細胞生物が再生されるための必要最少細胞数を決定した。
- 4) 複雑系としての生命状態を数理的に扱う情報理論を提案した。これにより、生命状態、細胞生命から多細胞生命への遷移、個体と群体との差異を議論できる。

[III] ブレインコンピューター

下等多細胞生物は無構造に近く情報の低次な分散処理を行っているに過ぎないが、高等生物の中枢神経系としての脳は、刻一刻変化する外界の情報を認識する高次情報処理を行っている。既存のスーパーコンピューターが実行不可能なこの高次情報処理を可能にしている脳の計算原理を構成論的に解明するために、そのアーキテクチャ、回路設計及び半導体技術による集積化・実装化の研究を行っている。その主たる成果は、

- 1) Stochastic Neural Network の設計、
- 2) Hysteretic Neuron を用いた Neural Network の特性解明、
- 3) Fractal Neural Network の機能解明
- 4) Neural network に及ぼすカオスの影響の解明、
- 5) 新アナログシナップス SDAM の開発
- 6) SRAM をメモリーに用いた NMOS 構成の Neural Network の集積化
- 7) 新アナログメモリー SDAM を用いた NMOS 構成の Neural Network の集積化
- 8) 新アナログメモリー SDAM を用いた Neural Network の集積化

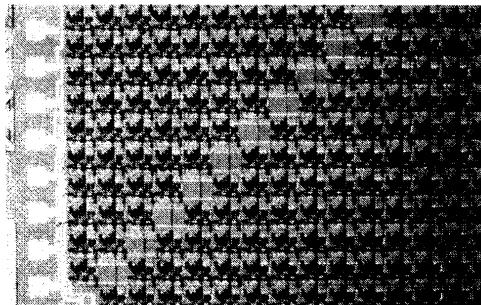
ブレインコンピューティング研究部門

- 9) 超伝導化ニューロンの開発,
- 10) 超伝導化シナップスの開発
- 11) 全超伝導化Neural Networkの設計と集積化

職員

教授 澤田康次 助教授 中島康治
助教授 佐野雅己 助手 早川美德
助手 早川吉弘

研究テーマ



新半導体メモリを集積した神経回路の部分写真

[1]. 非線形科学

- 1). カオスの動力学と応用
- 2). 大自由度複雑系の普遍法則
- 3). パターンダイナミクス
- 4). アクティブエレメント集合体の自己組織化
- 5). 行動型知能・群知能の研究

[2]. 生命状態の自己組織

- 1). 解離細胞集合体の再生過程における細胞選別機構
 - 2). 生体の内外対称性の崩壊とその安定性
 - 3). 頭部形成を誘導可能な均一細胞集団内の最少揺らぎ
 - 4). 生体の形態形成における比例制御機構
 - 5). 行動型知能・群知能の研究
- [3]. ブレインコンピュータ
- 1). ブレインコンピュータのアーキテクチャ構築
 - 2). ブレインコンピュータのためのデバイス開発
 - 3). ブレインコンピュータ大規模集積化シリコンプロセス技術
 - 4). ブレインコンピュータ中央制御装置の開発
 - 5). ブレインコンピュータ・ダイナミックメモリの開発
 - 6). ブレインコンピュータ入出力周辺回路技術

主な研究発表

1. A scaling theory of living state, Yasuji Sawada, Physica A 204, 543-554 (1994).
2. A Pulsating Neural Network, Hyosig Won, Shigeo Sato, Koji Nakajima, and Yasuji Sawada, Extended Abstract of the International Conference on Solid State

Devices and Materials, Yokohama, 379-381, (1994).

3. New approach to hardware implementation of neural circuits using superconductive devices, Y. Mizugaki, K. Nakajima, Y. Sawada, and T. Yamashita, Extended Abstracts of the 1994 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, Yokohama, 364-366(1994).

4. Generation Mechanism of a Localized Target Pattern in Electrohydrodynamic Convection, H. Kokubo, M. Sano, B. Janiaud and Y. Sawada, Journal of Phys. Soc. Jpn. 63, 895-903 (1994).

5. Phase Jump Lines in Two-dimensional Patterns, S. Sasa, T. Mizuguchi, and M. Sano, Spatio-Temporal Patterns In Nonequilibrium Complex Systems edited by P.E. Cladis and P.Palffy-Muhoray (Addison-Wesley Publishing Company), 331-342, (1994)

6. Numerical Study of Oscillatory Crack Propagation through a two-dimensional crystal, Yoshinori Hayakawa, Physical Review E 49, 1084-1087 (1994).

7. Pattern Selection of Multicrack Propagation in Quenched Crystals, Yoshinori Hayakawa, Physical Review E 50, 1748-1751 (1994).

8. Unexpected Dynamics of Multistable Systems Under Chaotic Noise, Tsuyoshi Hondou and Yasuji Sawada, Proceedings of International Conference on Neural Information Processing, 1033-1035 (1994).

9. Physics of Living State, T. Musha and Y. Sawada (Ohmusha, IOS Press, 1994).

10. Analysis of Learning Process of Chaotic Time Series by Neural Networks, Tsuyoshi Hondou and Yasuji Sawada Prog. Theor. Phys. 91, 397-403 (1994).

11. Implementation of new superconducting neural circuits using coupled SQUIDs, Y. Mizugaki, K. Nakajima, Y. Sawada, and T. Yamashita, IEEE Trans. on Applied Superconductivity, 4, 1-8(1994).

12. Implementation of superconducting synapses into a neuron-based analog-to-digital converter, Y. Mizugaki, K. Nakajima, Y. Sawada, and T. Yamashita, Appl. Phys. Lett., 65, 1712-1713(1994).

13. LSI Neural Chip of Pulse-Output Network with Programmable Synapse, Shigeo Sato, Manabu Yumine, Takayuki Yama, Junichi Murota, Koji Nakajima, and Yasuji Sawada, IEICE Trans. Electron. E78-C, 94-100 (1995).

14. Hardware Implementation of New Analog Memory for Neural Networks, Koji Nakajima, Shigeo Sato, Tomoyasu Kitaura, Junichi Murota, and Yasuji Sawada, IEICE Trans. Electron. E78-C, 101-105 (1995).

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、 超高感度電子デバイスとシステム

<はじめに>

我々は、超伝導高速低消費電力ニューロ集積回路ならびに超高感度超伝導磁気計測デバイスを中心に超伝導の電子デバイスへの応用に関する研究を行っている。

人間の脳の優れた情報処理機能を電子回路を用いて人工神経回路網を実現するためには高速性はもちろん、これまでにない大規模かつ高密度の集積化に対応するために熱発生の極端に少ない演算デバイスが求められている。また、人工神経回路網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。超伝導とはある種の物質を低温に冷やしたとき全く抵抗なしに電流が流れる現象であり、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に非常に低消費電力でしかも超高速な動作が可能であることが確かめられている。また、超伝導現象を利用した磁気計測デバイスは非常に高感度で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。更に新しい高温超伝導体単結晶の層状構造に由来する大電力スイッチ素子を初めとする超伝導単結晶エレクトロニクスの展開を始めている。

<超伝導ニューロ集積回路>

極めて薄い絶縁体で隔てた2つの超伝導体の間をトンネル現象によって流れる超伝導電流のオン／オフを利用するジョセフソン素子には、1.超高速スイッチング、2.超低消費電力、3.低ノイズといった半導体スイッチング素子を凌ぐ能力を持っている。しかも、素子間の配線に超伝導体を使うことによって4.低損失・無分散の超高速信号伝達が可能なことも大きな利点である。我々はこの特徴を生かし、ジョセフソン素子を利用して半導体回路を越える大規模ニューラル・ネットワークの実現を目指している。

<超高感度磁気検出素子（SQUID）>

人間の脳の神経活動によって生ずる磁場の強度は、約0.1pT(ビコ・テスラ=10⁻¹²テスラ)と地磁気のさらに1億分の1程度と極めて弱い。このような弱い磁場を検出・測定する手段としては超伝導量子干渉

素子(Superconducting QUantum Interference Device)いわゆるSQUIDの他にはない。SQUIDとは、超伝導体で作ったリングの中には 2.07×10^{-15} Wb(ウェーバ)という非常に小さい磁束（磁束量子： Φ_0 ）の整数倍の磁束($n\Phi_0$)しか入らないという磁束の量子化現象を利用し、磁束数の変化を超伝導リングに直列に挿入したジョセフソン素子の電圧-電流特性の変化から検出し微弱な磁束を測定するものである。

ニオブ(Nb)のような金属系超伝導体を用いたSQUIDでは既に 10^{-14} T程度の磁気まで測定できるようになっており実際に脳磁場計が開発されている。しかし、これを動作させるためには液体ヘリウムによる冷却が不可欠でありこれがシステムの大型化、高価格を招き普及を妨げる要因として大きな問題である。ところで、1986年の酸化物高温超伝導体の発見によって現在では液体窒素温度(77K, -196°C)で超伝導に転移する物質が合成されている。我々は、高温超伝導体の発見当初からそれらを用いたジョセフソン素子とSQUIDの研究に取り組み、現在ではイットリウム系酸化物高温超伝導体(YBa₂Cu₃O₇)の薄膜を用いて77Kで動作するSQUIDを再現性よく作成できるまでになっている。今後は、この高温超伝導体特有のノイズ発生機構を解明し克服する必要がある。脳磁場計は、脳機能の解明といった学術的側面だけでなく今後の高齢化社会の進展とともに大きな需要が見込まれ、液体窒素で動作する超高感度SQUIDの開発は大いに期待される。

<層状超伝導単結晶エレクトロニクス>

現在、通信技術や電波天文学では10~100GHz帯までの電磁波が使用されている。情報量の増大は周波数の増加に比例する。将来はTHz帯電磁波の利用が期待されているが、金属や半導体デバイスはこの領域では損失が増大する。損失の少ない超伝導デバイスは有力候補である。

東京大学工学部内田らは、層状超伝導体La_{2-x}Sr_xCuO₄の高品位単結晶を用いて遠赤外線光透過実験を行った結果、THz帯で電磁波が透過する広域フィルター特性を得たが、東北大学金属材料研究所立木らはこれをもとに新理論を発表し、超伝導層と非導電層が積層する構造の酸化物超伝導体で

は、プラズマ周波数 ω_p は THz 帯の量子エネルギー ($\hbar \omega_p \approx \text{meV}$) は超伝導エネルギー ギャップ ($E_g \approx 10 \text{ meV}$) より低いため、超伝導電子の励起が起こらず電磁波は損失少なく伝播することになる。

我々は超伝導層の間の非導電層の電界効果を測定し、電界によってキャリアの変調は観測され難いことを明らかにした。これは非導電層が絶縁層であることを示唆しており、層状超伝導体は超伝導層と絶縁層が交互に積層した構造であることを支持している。

以上の結果は、層状超伝導単結晶の電子物性はジョセフソン接合の層状構造からなるものとして、理解されることを示唆しており、積層内を高速に磁束量子が運動できることを示している。この速度はジョセフソン接合中の磁束量子の最高速度とほぼ等しいということを用いると、ジョセフソン接合を用いた従来のエレクトロニクスのほとんどで全てのデバイスを高温超伝導単結晶で置き換える可能性がある。

例えば欠陥のない層状超伝導体高品位単結晶に層に平行な磁界を印加して、磁束量子列を内部に発生させ、これを電流によるローレンツ力で加速した場合、磁束量子列は層内を電磁波の速度まで加速されることが予想され、THz 帯大電力発振器や検波器実現の可能性がある。

職員

教 授 山下 努	助 教 授 中島 健介
助 手 菅井 徳行	助 手 明連 広昭
助 手 陳 健	技 官 土田 貞夫

研究テーマ

1. 高温超伝導低雑音 S Q U I D 磁束計
2. 酸化物超伝導単結晶スイッチデバイス
3. 磁束量子論理・記憶システム
4. 高温超伝導ミリ波サブミリ波デバイス

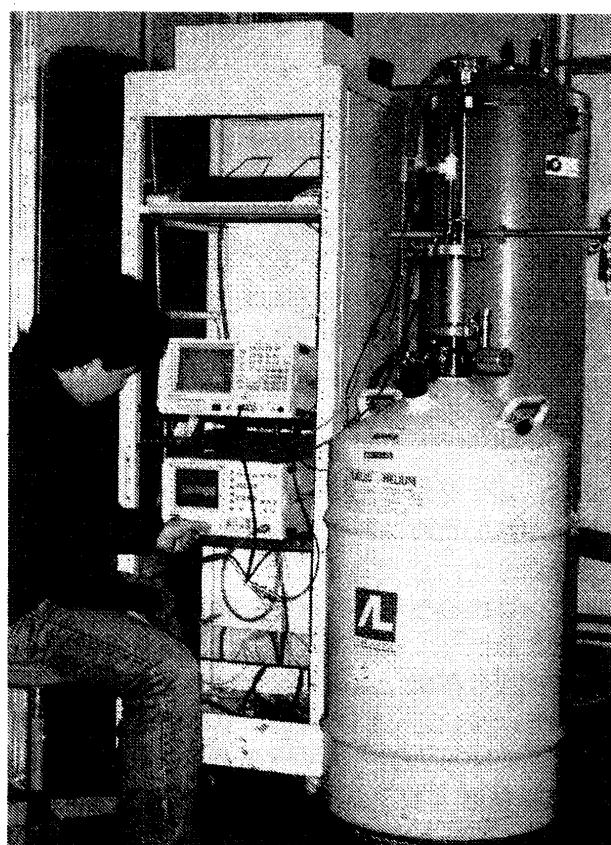
主な研究発表

1. Low Frequency(1/f)Noise in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ Grain Boundary Junction DC Superconducting Quantum Interference Devices, J.Chen, T.Ogawa, H.Nakamura, H.Myoren, K.Nakajima, and T.Yamashita, J.Appl.Phys., 76(3), 1859-1898 (1994).
2. Electric Field Effects on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Grain Boundary Josephson Junctions, K.Nakajima, K.Yokota, J.Chen, H.Myoren, and T.Yamashita, Jpn.J.Appl.Phys., Vol.33, 934-937 (1994).
3. Implementation of New Superconducting Neural

Circuits using Coupled SQUIDs, Y.Mizugaki, K.Nakajima, Y.Sawada, and T.Yamashita, IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol.4, No.1, 1-8 (1994).

4. Phase Equilibrium in the $\text{SrCO}_3\text{-Bi}_2\text{CuO}$

Pseudo-Ternary System, T.Sugai, S.Imai, G.Oya, and T.Yamashita, J.Cera. Soc of Jpn., Int. Edition, Vol.102, 36-42 (1994).



超伝導デバイスの特性測定

マルチモーダルコンピューティング研究分野（客員分野）

人間の知覚過程における クロスモダリティの研究に向けて

本分野の目指すもの ブレインコンピューティング研究部門の目的である、人間の脳で行われている高度な情報処理過程の解明と人工的実現のためには、人間と外界との情報処理インターフェースを構成する視覚、聴覚、触覚などの知覚過程に対する深い理解が不可欠である。

それは、一つには、人間の脳に比肩し得る高度な情報処理能力を持つコンピュータは、当然人間と同様の知覚情報処理能力を持つことが期待されるからである。更には、そのような高度なコンピュータは、人間の様々な知覚過程を通して、人間との自然なコミュニケーション－マルチモーダルコミュニケーション能力を有することが期待されているからである。近年のマルチメディア通信への関心の高まりも、マルチモーダルコミュニケーションの実現の期待を背景にしたものであることは言を俟たない。

ところで、人間の知覚過程においては、それぞれの知覚過程が独立な情報処理過程として機能しているのではなく、複数の知覚過程が影響を及ぼし合い連係して機能している。すなわち、知覚過程のクロスモーダル性である。

「マルチモーダルコンピューティング研究分野」では、そのような人間の知覚過程のクロスモーダル性に着目し、音声、テキスト、画像を入力とし、それらの情報を一体化したマルチモーダル情報処理について、さらには、マルチモーダル情報処理システムを用いた人間と機械の間のマルチモーダルコミュニケーションについて、実績をもつ外国の知覚心理学及び人工知能の専門家を迎えて研究を遂行する。

本分野は特に、ブレインコンピューティング研究部門の「情報通信システム研究分野」における研究、特に人間と機械を含む系での情報の伝達手段の開発、また「音響情報システム研究分野」における聴覚を基本とする人間のコミュニケーションへのクロスモーダル的アプローチに基づき資料を提供するものとして、大きな役割を果たすことが期待されている。このように、本分野は、ブレインコンピューティング研究部門における学際性を基調とした共同研究体制の構築のために重要な位置を占めている。

本分野における研究の予定 本分野では、第1期の研究として、人間の知覚過程におけるクロスモダリティの研究を行う予定である。特に、ブレインコンピューティング研究部門の音響情報システム研究分野における研究との連係を考慮し、聴覚における音情報処理過程と時間情報処理過程のクロスモダリティに着目した研究を進める予定である。

このために、平成7年度から、ポーランドのアダムミカエビッチ大学音響研究所教授で、オランダ感覚研究所、シラキュース大学感覚研究所などの客員研究員の経歴をもち、多年にわたって聴覚における音情報の処理過程、特に動的特性に関する情報の抽出を中心とする研究を進めてきた、E.オジメック氏を招へいする予定である。以下、この研究者の略歴と、予定研究テーマ、代表的な研究論文を示す。

略歴

- 1961 アダムミカエビッチ大学修士課程修了
- 1961 アダムミカエビッチ大学助手
- 1963 アダムミカエビッチ大学講師
- 1968 アダムミカエビッチ大学非常勤助教授
- 1972 英国ロンドン大学応用物理学科客員研究員
(14ヶ月)
- 1978 アダムミカエビッチ大学助教授
- 1989 アダムミカエビッチ大学音響研究所教授
- 1990 米国フロリダ大学心理学科客員研究員
(7ヶ月)
- 1991 オランダ感覚研究所客員研究員(4ヶ月)
- 1994 米国シラキュース大学感覚研究所客員研究員
(6ヶ月)

予定研究テーマ

1. 聴覚における周波数スペクトル知覚と、時間知覚のクロスモダリティ
2. 聴覚知覚における、難聴者と健聴者の時間分解能の異同と補償
3. 動的変化音の両耳聴取知覚過程の研究

主な研究論文

1. The problem of changes in the structure of a sound

- propagating in a room in the aspect of multidimensional space, Archives of Acoustics, 12, 251-272(1987)
2. Perception of amplitude and frequency modulated signals(mixed modulation), J. Acoust. Soc. Am., 82, 1598-1603(1987)
3. AM difference limens for noise bands, ACUST ICA, 66, 153-160(1988)
4. Deformation of frequency modulated signals propagating in a room, Applied Acoustics, 26, 217-230(1989)
5. Difference limens of FM signals, ACUSTICA, 71, 210-218(1990)

3.2 物性機能デバイス研究部門の目標と成果

物性機能デバイス研究部門は高速・高密度の信号を制御するために、半導体、磁性体、誘電体の物性に基づく新しい材料、加工プロセス、電子デバイスを開発することを目標としている。具体的な研究テーマは以下の通りである。

1. メゾスコピックな領域での電磁気現象を利用した超高密度高機能処理および蓄積デバイスの研究：
将来ますます大容量化してゆく情報を、リアルタイムで処理することは不可能である。このため大容量の情報を記憶するための磁気記憶材料・デバイス、および高速信号処理用新磁性材料・デバイスの開発研究をメゾスコピックな領域での電磁気現象に立脚して行う。
2. 将来の高速電子デバイスおよびその実現のための製作プロセスの基礎的研究：
次世代デバイスのための原子配列制御された半導体などの新機能性材料の創製、新しい電子デバイス構造、光・プラズマなどを用いた低温化、新製作プロセスなどに関する基礎的な研究を行う。

これらの研究テーマに対し各研究分野の研究テーマおよび昨年度の研究成果は以下の通りである。

1. 固体電子工学研究分野
目標は次世代の半導体産業の成長を担う新しい半導体装置を提案することにある。そのため今後も半導体産業の牽引車であり続けるシリコンデバイスの限界について追求し、さらにシステムから見た新しいアーキテクチャーおよび回路をもつ半導体装置の研究を行う。
2. 分子電子工学研究分野
半導体表面の原子・分子過程を解明して新しいプロセス技術を開発することを目的とし、昨年度はSiエピ成長における水素脱離過程の解明や光電子強度振動現象の発見、また不活性ガスカーテン燃焼炎法によるダイヤ成長技術の開発を行った。
3. スピンエレクトロニクス研究分野
スピンエレクトロニクス研究分野は磁気物性制御技術の確立と高機能磁気デバイスの開発を目的としている。昨年度は高磁束密度超低損失磁性材料の開発、飛行形アクチュエータを始めとする種々のマイクロ磁気デバイスの開発を行った。
4. プラズマ電子工学研究分野
プラズマと気体および固体表面との相互作用の解明をもとに、新材料・電子デバイスの開発に必要な知的プラズマプロセスの基盤技術を構築するための研究を行う。
5. 情報記録デバイス研究分野
本分野の目標は、超高密度磁気記録方式に対する新しいコンセプトの提案と実証である。昨年度には、国際的に最も狭い $0.4\mu\text{m}$ のトラック幅で、これまで最高の1平方センチ2ギガビットの高面密度記録を確認し、マルチトラック並列記録方式の基本的なコンセプトを提示できた。
6. 光電変換デバイス工学研究分野
固体表面における光と電子の相互作用を研究し、光電変換デバイス開発の基礎を固めるのが本分野の目標である。成果としては、STM発光分光法の開発、吸着分子の絶対ラマン散乱断面積の決定、トンネル発光素子の開発などがあげられる。
7. 電子量子デバイス工学研究分野
電子の波動性を利用するための基礎研究と電子細線、ドットなどの微細構造物性を応用した高密度高速電子波デバイスの開発研究を行う。
8. 複合機能材料研究分野
本分野は客員研究分野であり、半導体、磁性体、誘電体などの電子材料を複合することにより、新たな機能を発現させるための基礎的研究と、そのデバイス化のための研究を行う。

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

知的情報化社会の基盤を支える新しい半導体デバイス・システムの提案をめざして研究を行う。

半導体産業がこれほど大きく伸びた源は1947年米国のベル研究所のショックレイ、バーディン及びブラティーンらによるバイポーラトランジスタの発明に起因する。バイポーラトランジスタは、従来真空管が使われていたラジオ及びテレビに使われ、大きな産業に発展した。図に半導体産業の発展の歴史を示している。その中で半導体産業の当初の20年間1950年から1970年までバイポーラトランジスタが牽引車として半導体産業の成長に大きく寄与している事がわかる。しかし、1950年から急激に伸びたバイポーラトランジタの成長は、1970年代になると通常の成長に移行した。このバイポーラトランジスタを半導体産業の第一次世代の牽引車と見る事が出来る。

第二次世代の牽引車としてDRAMが1970年に登場するのである。DRAMの登場により半導体産業は連續して急激な成長率を維持する事になる。半導体メモリであるDRAMは、磁気メモリであるコアメモリーを置き換える事により大きく伸びてきた。以上のように半導体産業は、第一世代はバイポーラトランジスタを牽引車として第二世代はDRAMを牽引車として大きな発展を遂げて来た。牽引車として第一の条件は、置き換えるデバイスがある事である。バイポーラトランジスタにたいして、真空管があり、DRAMにたいしてコアメモリがあった。第二の条件は、置き換えるデバイス自体大きな市場を持っている事である。真空管は大きなマーケットとしてラジオ及びテレビを持っており、DRAMは計算機の主記憶装置として大きなマーケットを持っていた。

この観点から見るとフラッシュメモリは、牽引車として十分な条件を満足している。フラッシュメモリが図に示すように半導体産業の第三世代の牽引車として今後三〇年間の半導体産業の大きな発展を支える事になると言われる。

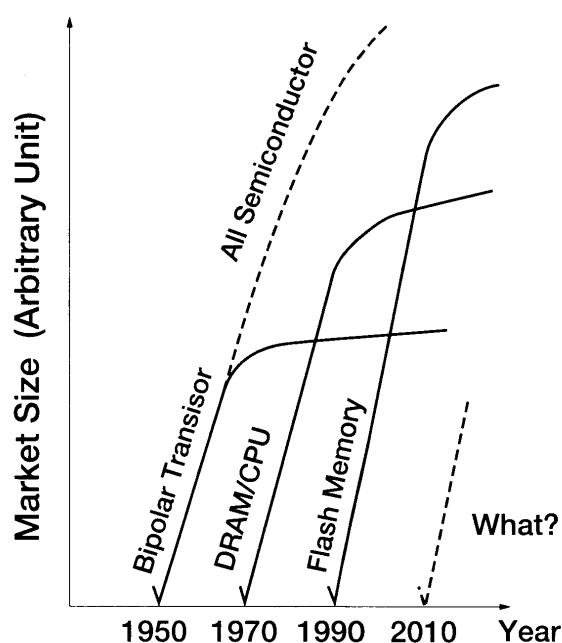
フラッシュメモリが第三世代の牽引車となる事は、半導体産業の牽引車となるデバイスが初めて日本から誕生する事になるのである。

フラッシュメモリは順調に成長すると見込まれDRAMのマーケットより大きくなる。この結果、シリコンを使用した半導体産業は、2000年代には、年間10兆円を越え、2010年には20兆円を越える成長を続けると信じている。

しかし産業の発展の歴史が示す謹、一つの産業の永遠の成長は望めない。

従って本研究室の目標はフラッシュメモリの成長が期待できなくなる2010年以降の半導体産業の成長を担う新しい半導体装置を提案する事にある。

今後も半導体産業の牽引車であり続けると思われるシリコンデバイスの限界について追求していく。シリコンデバイスとしての限界、さらにシリコンデバイスを構成する材料として絶縁膜、配線材料及びコンタクト材料等の研究がある。さらにシステムから見た新しいアーキテクチャー及び回路を持つ半導体装置の研究も行う。



Semiconductor business will continue to grow.

職員

教授　舛岡富士雄

講師　遠藤　哲郎

技官　酒井　俊章

研究テーマ

1. MOSトランジスタの微細化の限界を決める要素を物理的に明らかにし、これを打破する新しい構造のアクティブデバイスに関する研究
2. MOSトランジスタの物理的限界を材料的に決める一つとしてゲート絶縁膜がある。このゲート絶縁膜の破壊メカニズムを物理的に解明し、高品質の絶縁膜を実現するための研究
3. 新しい機能の半導体デバイスを実現するためのMOSトランジスタを用いた回路に関する研究
4. 高性能半導体デバイスを実現するための新しいアーキテクチャーに関する研究

主な研究発表

1. Sub-Halfmicron Flash Memory Technologies, K.Sakui, F.Masuoka, IEICE Trans. E77-c,1251-1257,(1994).
2. Data Retention Characteristics of Flash Memory Cells after Write and Erase Cycling, S.Aritome, R.Shirota, K.Sakui, and F.Masuoka, IEICE Trans. E77-c,1287-1295,(1994).
3. A Quick Intelligent Page-Programming Architecture and a Shielded Bitline Sensing Methd for 3V-Only NAND Flash Memory, T.Tanaka, H.Nakamura, K.Sakui, H.Onodera, R.Shirota, K.Ohuchi, F.Masuoka, and H.Hara, IEEE J.S.S.C. 29, No.11,1366-1373, (1994).
4. A New Write/Erase Method for The Reduction of The Stress-Induced Leakage Current Based on The Deactivation of Step Tunneling Sites for Flash Memories, T.Endoh, K.Shimizu, H.Iizuka, S.Watanabe, F.Masuoka, IEDM,49-52,(1994).
5. A 0.67um2 SELF-ALIGNED SHALLOW TRENCH ISOLATION CELL(SA-STI CELL)FOR 3V-only 256Mbit NAND EEPROMS, S.Aritome, S.Satoh, T.Maruyama, H.Watanabe、 S.Shuto, G.J.Hemink, R.Shirota, S.Watanabe, and F.Masuoka, IEDM,61-64,(1994).
6. Impact of the Minority Carrier Outflow (MCO) effect on the α -particle-induced soft error of scaled DRAMs, Y.Oowaki, K.Mabuchi, T.Hasegawa, S.Manabe, S.Watanabe, K.Ohuchi, and F.Masuoka, IEDM,627-630,(1994).

分子電子工学分野

半導体プロセスの物理・化学

本分野の目標と研究概要

半導体デバイスはその絶え間ない超微細化努力によって高集積化と高性能化を同時に実現してきた。デバイスの物理的限界が指摘されつつあるとはいえる、そこに行き着くまでに幾多の技術的ハードルを越えねばならないことは確かであり、プロセスに残された課題は多い。分子電子工学分野ではより一層の微細化に対応できる半導体プロセスの開発を目指し、半導体結晶の物性評価・制御および半導体プロセスの評価・開発を行っている。

本分野における研究の特徴は、結晶成長あるいは酸化といった半導体プロセスにおける原子・分子レベルでの表面化学反応機構に注目する点にある。本分野ではこのため光電子分光法、赤外吸収法、オージェ電子分光法、昇温脱離法といった各種表面分析手段を組み合わせて表面評価研究を行っている。また最近ではプロセス中にこれらの表面評価を同時に行う、「その場」評価技術の開発研究も行っている。

こういった原子・分子レベルでの「その場」表面評価を可能にするのが、本分野の技術的柱である放射光技術ならびに超高真空技術である。放射光は赤外からX線領域にわたる広い範囲の波長をカバーして上記の光電子分光法に最適の光源を提供するほか、表面化学反応を選択的に励起して新しい半導体プロセスをもたらす可能性をも持ち合わせている。また超高真空技術では独自のアルミ表面処理法を開発して 10^{-11} Pa台を実現しており、アルミの持つ極めて低いガス放出特性を生かしたプロセス開発を行っている。

過去1年間の主な成果

(1) Si GSMBEに関する研究

本分野ではシランおよびゲルマンを用いたSi系GSMBEの成長機構に関し、特に表面水素の振る舞いに注目して研究を進めている。文献1は現時点でのこれまでの研究成果をまとめたもので、(a)成長温度約600°Cを境として水素脱離過程が律速の低温領域と原料ガス吸着過程が律速の高温領域とに分かれること、(b)シラン吸着は表面ダングリングボンド4個を要して行われること、(c)成長中の水素脱離は水素分子として行われるにも関わらず一次過程であること——等を明らかにしている。

成長表面からの水素脱離過程についてはさらに詳細が明らかになった。文献2はシランを用いたGSMBEの成長凍結表面からの水素脱離の反応次数が高次過程を含むことを明らかにしている。これは一次の反応次数を示す清浄表面吸着水素あるいはGSMBE成長中の表面水素の脱離機構と明らかに異なる。本研究の結果、Si表面からの水素脱離機構は水素供給方法によって異なることが初めて判明し、Si表面水素脱離過程の今後の研究に注意を喚起した。

このシランにゲルマンを添加した場合の成長機構の変化についても新しい知見が得られている。本分野ではゲルマン添加の役割が成長低温領域における水素脱離過程の促進であることを示し、従来の報告に見られた見解の不一致が成長条件の不一致によるものであることを明らかにした(文献3)。こうした表面化学の知見を基に、新しい成長法であるショットガスエピタキシー法も開発されている(文献4)。

これらGSMBEの成長機構評価に関して重要なのが表面水素量の定量である。この目的で本分野で専ら用いられるのが昇温脱離(TPD)法である。本分野ではTPD法による表面解析の一環としてSi(100)表面への原子状水素吸着過程を調べた(文献5)。その結果TPDスペクトルにおけるSiHおよびSiH₂相からの寄与を分離することに成功し、両相に対する吸着が互いに異なる頻度因子、活性化エネルギーに支配されること、両相の密度は相互変換の釣り合いから決定されることを見いただしている。

(2) Si成長時の光電子強度振動に関する研究

本分野ではSiエピタキシー時に表面準位からの光電子を「その場」観察すると、單原子層の成長に伴って光電子強度が振動を示す現象を初めて見いだした(文献6)。この現象は固体ソースMBEやガスソースMBEといった成長方法によらず観察され、Si(100)表面に交互に出現する2x1と1x2の周期構造の交代に対応することが明らかになった(文献7)。さらにこの両周期構造がどのような機構で

光電子強度変化をもたらすかを実験的に調べ、表面バンド分散の異方性による可能性等を検討している（文献8）。

(3)燃焼炎法による微結晶ダイヤモンド薄膜堆積に関する研究

本分野では半導体材料として注目を集めているダイヤモンドの新しい合成法として燃焼炎法に注目し、これまでに同時磁場印加法、酸化膜予備堆積法などの新技術を開発してきた。1994年度は燃焼炎の周囲をアルゴンガス流などで覆うことでラジカル密度を制御する不活性ガス燃焼炎法を開発した（文献9）。この開発により燃焼炎法に特有の堆積物品質の異方性が大幅に改善される所となつた。また堆積中にトーチから基板に向かって燃焼炎電流が流れることを見いだし、この電流値が堆積ダイヤモンド表面積と比例することから、この燃焼炎電流がよい成長モニター量として使えることを明らかにしている（文献10）。

職員

教 授 宮本信雄
助教授 末光眞希, 深瀬政秋
助 手 遠田義晴, 下敷領文一

研究テーマ

1. ガスソース分子線エピタキシーおよび光励起による半導体結晶の低温成長
2. 光電子分光法による半導体/半導体、金属/半導体、酸化物/半導体の界面構造の研究
3. 固体表面励起光反応に関する研究
4. 半導体バルク点欠陥の評価
5. 超・極高真空中技術の開発と半導体プロセスへの応用

過去1年間の発表論文、解説記事、著書

1. Surface Chemistry of Si GSMBE: a world of molecular recognition, M. Suemitsu, K.-J. Kim, and N. Miyamoto, Proceedings of "International Conference on Advanced Microelectronic Devices and Processing" 675-680 (1994).
2. Observation of higher-order hydrogen-desorption kinetics from gas-source-MBE-grown Si(100) surfaces, M. Suemitsu, K.-J. Kim, and N. Miyamoto, Phys. Rev. B49, 11480-11483 (1994).
3. Role of Ge in SiGe epitaxial growth using silane/germane gas-source molecular beam epitaxy, M. Suemitsu, K.-J. Kim, and N. Miyamoto, J. Vac. Sci. Technol. A12, 2271-2275 (1994).

4. Silicon shot gas epitaxy: dose-controlled digital epitaxy, K.-J. Kim, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, J. Vac. Sci. Technol. A12, 986-989 (1994).
5. Temperature-programmed-desorption study of atomic deuterium adsorption process onto Si(100)-2x1, M. Suemitsu, H. Nakazawa, and N. Miyamoto, Appl. Surf. Sci. 82/3, 449-453 (1994).
6. Photoelectron intensity oscillation during chemical vapor deposition on Si(100) surface with Si₂H₆, Y. Takakuwa, Y. Enta, T. Yamaguchi, T. Hori, M. Niwano, and N. Miyamoto, Appl. Phys. Lett. 64, 2013-2015 (1994).
7. Origin of surface-state photoemission intensity oscillation during Si epitaxial growth on a Si(100) surface, Y. Enta, T. Horie, N. Miyamoto, Y. Takakuwa, H. Sakamoto, and H. Kato, Surf. Sci. 313, L797-L800 (1994).
8. Photoelectron intensity oscillation as a probe to monitor Si layer-by-layer growth, Y. Enta, N. Miyamoto, Y. Takakuwa, and H. Kato, Appl. Surf. Sci. 82/83, 327-331 (1994).
9. Microcrystalline diamond deposition using inert-gas curtain combustion-flame method, T. Abe, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, J. Cryst. Growth, 143, 206-212 (1994).
10. Combustion Flame Current during Diamond Film Formation by Combustion Flame Method, T. Abe, M. Suemitsu, N. Miyamoto, and N. Sato, Proceedings of the 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Science & Technology, 487-492 (1994).

スピニ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の開発

マグネティックス（磁気工学）は長い研究の歴史をもち、常にその時代の先端技術として重要な役割を演じ、現在においても発・変電などのパワーエレクトロニクスを始めとし、磁気記録技術、電子制御技術、電子デバイスなどのエレクトロニクスに不可欠な技術分野として研究が進められつつある。しかしながら近年、省エネルギー化および高度情報化社会実現への要求が高まり、電気・電子機器においても高能率化・小形軽量化が活発に進められるようになってきた。その結果電気・電子機器の主要部の一翼を担うマグネティックスにおいても、磁性材料の高性能化・低損失化が求められ、デバイスにおいては小形化・集積化・高能率化が強く要求されるようになってきた。

このような現状において上記要求を実現するためには、もっぱらバルク状の磁性材料そしてそれに巻線を施した磁気素子を研究の対象としてきた従来のマグネティックスでは対応が不可能であり、サブミクロンからナノメータサイズの”目”をもって磁性材料を観た場合の磁気物性・微細構造の解明、そしてそれら特性の制御を可能とする材料生成技術の開発を行うことにより初めて応えるものと考えられる。すなわち磁気発生の根源である電子のスピニのオーダを意識した研究を基盤とし推進することにより、従来のマグネティックス研究の延長からの発想では実現し得ない高性能磁性材料の開発、小形化・集積化・高能率化デバイスの実現が可能となる。このような理念に立脚した研究分野は最近登場したものでスピニエレクトロニクスと命名され、マグネティックスの研究が将来指向すべき一つの方向を指し示すものとして期待と注目を集めている。

本スピニエレクトロニクス研究分野における現在の具体的な研究テーマは材料、プロセスおよびデバイスの3つに大別される。

まず材料については、新たなパワーエレクトロニクス用軟磁性材料と機能素子開発上不可欠な薄膜軟磁性材料の開発を目的としている。最近の電力用半導体装置の高性能化、電力系統の制御並びに運用技術の向上などに比べて磁気を利用したエネルギー変換装置の改善は遅れている。たとえば、パワーエレクトロニクス用磁性材料に対する低損

失化の要求に関し、日本全体で使用されている電力用変圧器の効率が1%向上すれば100万kWクラスの大型発電所15箇所以上が不要になるといわれている。このような機器の省エネルギー化が成功すれば電力系統全体の高性能化が達成されるだけでなく、土地の有効利用が可能となり、さらには火力発電所から放出されるCO₂ガス量の低減を通して地球環境のクリーン化にも貢献することができる。しかし、従来技術の延長ではこのような要請に応え得る材料を開発することは不可能であり、材料の微細な磁区構造の制御をはじめとする新しい低損失化技術が必要とされていた。本研究では、新たなパワーエレクトロニクス用材料の開発を目標に珪素鉄合金を出発材料として、三次再結晶法により結晶の微細組織並びに結晶方位集積化技術、そして磁区制御技術を確立し、損失が従来の磁性材料の1/5程度の値である高飽和磁束密度低損失材料の開発に成功した。

次に、プロセスに関しては、磁性薄膜を用いた機能素子の集積化と微細組織の制御技術の確立を目指して、スパッタ法などによる製膜技術、3次元微細加工、多層成膜や平坦化処理などの多層化技術の開発を行うほか、加工変質や加工劣化の定量的把握についても検討を行い、磁性薄膜独自の加工・プロセス技術の確立をはかることを目的としている。昨年度は主としてシリコンウエハ上に磁気デバイスを構成するための基礎実験を行い、多くの知見を得た。

デバイスについては小形・平面化・高能率化を目指し磁性薄膜を用いたマイクロトランジスタやマイクロインダクタなどの磁気デバイスとその集積化、マイクロ磁気センサ、マイクロ磁気アクチュエータの開発などを目標としている。小形、薄形の高周波インダクタ・トランスなどの磁気素子は、従来のようにバルク磁性体では小形化、高能率化、高周波化には限界があり、また磁性薄膜を使用しても、鉄心に巻線を施すという旧来の磁気デバイスの基本形態をそのまま踏襲した状況では、数MHz帯域が使用可能な上限周波数であり、それ以上の周波数帯域では実用に供し得る良好な特性を得ることは困難である。この限界を打破し、小形で高速動作が可能かつ集積化し得る磁気デ

バイスを創成するためには、磁性薄膜の結晶構造や磁区構造などナノメータ領域の微細構造制御技術を確立し、GHz帯域までの使用に耐え得る高性能の磁性体を開発するとともに、磁性体と導体とが複雑に配置される微小領域の電磁気学的取扱い方法を確立することが必要であり、半導体集積化デバイス用の拡散プロセスと異なるため、磁気デバイスに固有の作製プロセスの開発が急務である。本研究では磁性薄膜に平面コイルを組み合わせた種々のマイクロインダクタを作成しその基本的磁気特性の解明をはかり、設計指針を得ることに成功した。また電歪一磁歪と組み合わせた磁界・応力センサーの試作、飛行形および歩行形マイクロ磁気アクチュエータの作成にも成功した。

職員

教授 荒井 賢一	助教授 山口 正洋
助手 石山 和志	助手 毕 晓昉
技官 我妻 成人	技官 師岡ケイ子
研究テーマ	

- 1.高性能軟磁性材料の開発
- 2.磁気素子のデバイス化技術の開発
- 3.マイクロ磁気デバイスの開発

主な研究発表

<論文>

1. 特殊雰囲気熱処理した高珪素鉄合金の組織と磁気特性, Jar-Myung Koo, 石山和志, 荒井賢一, 日本金属学会誌, **58**, 571-575(1994).
2. Recent developments of new soft magnetic materials, K.I.Arai, and K.Ishiyama, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **133**, 233-237(1994).
3. Eddy current losses and number of domain walls with respect to total number of layers for very thin 3% Si-Fe strip-wound cores, K.I.Arai, Y.H.Kim, M.Yamaguchi, and K.Ishiyama, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **133**, 198-200(1994).
4. 極薄珪素鋼板磁心における磁壁移動の均一性とうず電流損失, 金 栄学, 山口正洋, 荒井賢一, 日本応用磁気学会誌, **18**, 449-452(1994).
5. 磁歪を駆動力とした薄膜アクチュエータの試作, 本田 崇, 林 嘉隆, 山口正洋, 荒井賢一, 日本応用磁気学会誌, **18**, 477-480(1994).
6. 薄膜インダクタの大振幅励磁特性の計測, 山口正洋, 奥山博幸, 荒井賢一, 日本応用磁気学会誌, **18**, 503-506(1994).
7. 磁気シールド効果を考慮した薄膜インダクタの特性解析, 山口正洋, 薮上 信, 荒井賢一, 日本応用磁気学会誌, **18**, 507-510(1994).

本応用磁気学会誌, **18**, 507-510(1994).

8. A new hybrid device using magnetostrictive amorphous films and piezoelectric substrates, K.I.Arai, C.S.Muranaka, and M.Yamaguchi, IEEE Trans. Magnetics, **30**, 916-918(1994).

9. A New Microstrip Pickup Coil for ThinFilm Permeance Meters, T.Kawazu, M.Yamaguchi, and K.I.Arai, IEEE Trans.Magnetics, **30**, 4641-4643(1994).

10. Fabrication of magnetostrictive actua-tors using rare-earth (Tb,Sm)-Fe thin films, T.Honda, K.I.Arai, and M.Yamaguchi, Journal of Applied Physics, **10**, 6994-6999(1994) [Invited].

11. Grain boundary character distribution in rapidly solidified and annealed silicon ribbons, T.Watanabe, K.I.Arai, H.Terashima, H.Oikawa, Solid State Phenomena, **37-38**, 317-322(1994).

12. Magnetic properties of anodic oxidized magnetic alumite films, K.Ishiyama, K.I.Arai, T.Tokushima, Trans.Mat.Res.Soc.Jpn., **15B**, 1123-1128(1994).

13. Production of thin silicon steel sheets by tertiary recrystallization, M.Nakano, K.Ishiyama, K.I.Arai, ICMR 94, Akita(1994).

14. Recent developments soft magnetic materials, K.I.Arai, K.Ishiyama, ICMR 94, Akita (1994) [Invited].

<解説記事>

1. 薄膜インダクタ, トランスの最新開発状況とその応用, 山口正洋, 電子材料, 28-34(1994).

2. 磁歪薄膜とマイクロアクチュエータ, 荒井賢一, 本田 崇, 精密工学会誌, **60**, 1699-1702(1994).

3. マイクロ磁気アクチュエータ, 荒井賢一, 本田 崇, 電気学会論文誌A, **114**, 744-749(1994).

情報記録デバイス研究分野

高密度情報ストレージ方式とそのテラビット・スピニック・ストレージへの応用の研究

最近の情報ハイウェイ構想やマルチメディアなどに代表される情報通信の高度ネットワーク化に伴い、音声や映像などを含む多様かつ膨大なデータを取り扱う大規模情報ネットワークシステムの構築に向けた動きが始まっている。このインフラストラクチャとして情報処理システムの三要素である伝達、演算、蓄積の総てに亘ってバランスの取れた発展が不可欠である。即ち、伝達と演算の高速化とともにこれらの情報を蓄積するストレージシステムの大容量化・高密度化と高速化も重要な要件である。

磁気記録システムは情報蓄積（ストレージ）はもちろん、タイムシフトや情報配信の手段としても、半導体メモリや光ディスクに対して優位性を示して幅広く使用され、大容量・小型化の要求に応えうる技術として最も有望である。最近のハードディスク装置の記録容量の向上は従来のペースを上回る1年で2倍という速いものであり、この急速な増加が情報蓄積の重要性を端的に表している。

しかし、加速度的に増大する情報量の需要はテラバイトクラスの超大容量ストレージシステムの実現を求めており、このような超大容量には従来方式では限界があり、本分野で提案され格段に高い記録密度が実証されている垂直磁気記録方式を用いる必要性が高まっている。ただし、実用システムとして具現化するには、垂直磁気記録方式の利点を活用しながら、ヘッド、メディア、信号処理、システムアーキテクチャ、などをトータルに検討し、超高密度ストレージシステム方式として構築する必要がある。

本分野の今年度の主な成果は以下の通りである。先ず、従来方式の実験室での最高レベルの約7倍に当たる1平方センチ当たり2ギガビットの記録密度の可能性を確認した。これは、1ビットの情報を0.05平方ミクロン（トラック幅：0.4 μm × 線分解能：0.13 μm）の微小面積に記録したもので、国際的に最も高い高面密度である。図にはこの記録ビットを高分解能磁気力顕微鏡で観察した一例を示す。これを情報量に換算すれば書籍500冊程度を1平方センチに蓄積できる勘定である。この記録密度は垂直磁気記録を

用いると同時に、サブミクロンのトラック幅で記録が可能な新規の狭トラックヘッドを用いて達成している。

さらに、コンピュータシミュレーションによって、飛躍的に高密度のナノメータサイズの微小領域に記録ができ1平方センチ当たりテラビット級の記録密度が可能であることを理論的に確かめている。これは直径9センチ程度の磁気ディスク装置でテラバイト級の超大容量ストレージが実現できることに相当する。この領域での情報ストレージでは1ビットの情報をメディアの微結晶粒数個分の領域に記録することになる。これはもはや磁性薄膜に情報を記録するというより、記録媒体構成要素の最小単位である单磁区磁性微粒子あるいは電子スピノ群に書き込むという新規の概念が必要なことを意味する。本分野ではこれを、スピニック・データ・ストレージと呼ぶことを提案しているが、今後の工学としての展開にはこの学問的な体系の確立とそれに基づくストレージメディアの設計原理を導く必要がある。

このメディアの実現には、これまで必ずしも明らかでなかった磁性膜のスパッタ成膜の物理を理解した上で、制御された磁気的微細構造を持つストレージメディアを実現するための研究が不可欠である。本分野ではプラズマ閉じこめ型の新規スパッタターゲットを提案して、飛来スパッタ粒子の運動エネルギーが均一で結晶性が良質な微粒子性垂直磁化メディアの作製を検討している。また、同時に本所の試作工場と連携して特殊処理を施したアルミニチャンバーを試作・実験し、不純物や熱の影響が少ない成膜が可能なことも確認しつつある。

一方で、この垂直磁気記録方式のポテンシャルをストレージシステムとして応用するために、従来型の1個のヘッドによるトラック・バイ・トラック記録再生方式とは異なり、複数のヘッドで並列してデータを書き込み、1個のヘッドで一括して読み出して、2次元的な信号処理によりデータを分離・再生するという全く新たなストレージシステムを提案して予備的な研究を開始している。

このサブミクロン集合トラック型並列記録方式

は、従来にない全く新しい記録システムであり、数々の特徴を有している。記録ヘッドは上述の超狭トラックヘッドを発展させたもので、複数個の主磁極が2次元的に配置されたアレイ構造となっており、記録トラック幅が磁性薄膜厚みで規定されるため容易に超狭トラック化が達成できる。また素子構造が単純で集積化がしやすい。再生はトラック幅の広いヘッドで集合トラック分を一括して読み込むのでデータ転送レートの高速化も図れ、狭トラック記録の隘路であったトラッキングサーボ精度の制約も緩い。同時に巨大磁気抵抗効果などの高感度再生素子、集合トラック型並列記録のための多値理論、チャネル、変復調方式など基礎研究と応用面での多方面へのインパクトがある。

本分野での研究を学理的な側面から捉えると、本分野が提案している上述のスピニクスと呼ぶメゾスコピック磁性工学の新規工学分野の体系化である。即ち、従来の磁区理論を中心とするマクロな議論では取り扱えない極微細・超高密度領域に突入した最先端の磁気記録工学に対して、磁性の最小起源である磁性微粒子や電子スピニクラスターに根ざした新しい指導原理を導入して今後の発展を図ることが目標である。このような背景から、これまで工学的な観点から共同プロジェクト研究会「新機能磁性材料の創成とそのナノスピニン構造の研究およびデバイスへの応用」を開催して、マイクロ磁気デバイスや磁気記録について議論してきたが、平成7年度には、これに加えてより基礎的な側面から議論を深めるために国内の専門家による「ナノスピニクスの科学」共同プロジェクト研究会を組織する予定である。本プロジェクトの内容は、サブナノ領域での材料内部磁界とスピニンの量子論的研究、ナノ構造でのスピニン挙動の研究、ナノスピニンメモリやスピニックストレージへの展開に関する研究、などである。本分野ではストレージへの展開を主な目的として、会を主催して研究成果を交換する。ナノスピニクスに関する理学分野と工学分野の研究者が研究成果を持ち寄って学際的領域での議論を行なうことで、貴重な成果が得られると期待される。この活動は基礎理学分野での研究を工学的に咀嚼して超大容量磁気ストレージの研究に役立つと考えている。

一方、本分野では過去数度、国内の有力な研究者からなる実行委員と国際的なアドバイザリーボード体制を主体的に運営して、「垂直磁気記録国際会議」を東京あるいは岩手県八幡平で開催してきた。平成6年10月には、第3回を東京早稲田大学を会場に、日・米・欧など7ヶ国、300名強の参加者を得て開催し、垂直磁気記録を中心とす

る高密度磁気記録の研究討論を広範な分野で行なった。またこの国際会議の間を埋める形で、国内シンポジウムである「垂直磁気記録シンポジウム」を毎年開催し、優れた研究成果を掘り起こすとともに研究者間の交流の場を提供している。

職員

教授 中村 慶久	助教授 村岡 裕明
助手 田河 育也	助手 高野 研一
技官 渡辺 功	

研究テーマ

1. サブミクロントラック幅高面密度記録の研究
2. 薄膜コイル型高感度单磁極ヘッドの研究
3. 高分解能磁気記録メディアの研究
4. 3次元磁気記録シミュレータの研究

主な研究発表

1. A challenge to terabit perpendicular spinic storage, Y.Nakamura, J.Magn.Soc.Jpn., 18, S1, 161-170, 1994
2. Submicron trackwidth recording utilizing a novel single pole head, Y.Nakamura, H.Muraoka, Y.Shimizu and T.Inaguma, J.Magn.Soc.Jpn., 18,S1, 583-586, 1994
3. Multi-track submicron-width recording with a novel integrated single pole head in perpendicular magnetic recording, H.Muraoka and Y.Nakamura, IEEE Trans. Magn., 30, 3900-3902, 1994
4. Mean interaction field in magnetic recording media, I.Tagawa, A.Takeo and Y.Nakamura, Journal Applied Physics, 76, 6776-6778, 1994

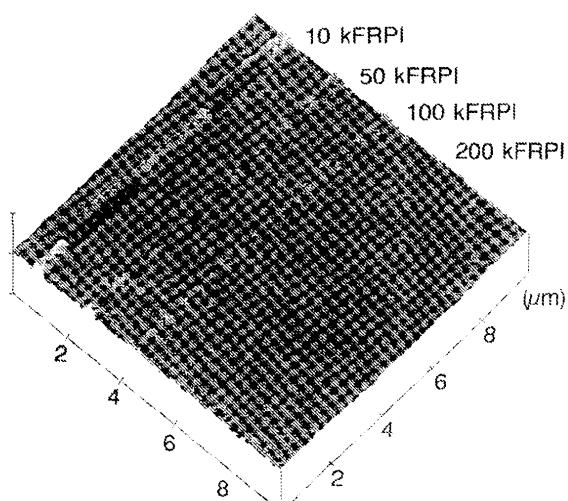


図 高分解能磁気力顕微鏡で観察した $0.4\text{ }\mu\text{m}$ トラック幅の記録ビット

光電変換デバイス工学分野

表面界面物性の研究と光電変換デバイスへの応用

光電変換デバイス工学分野の目的は固体表面の表面・界面の物性研究とその光電変換デバイスへの応用にある。表面・界面現象のダイナミックスを光や電子ビームを使った分光法でしらべ、光放出、電子放出、分子の表面吸着状態やその配向、結晶成長などの表面で起こる物理・化学現象および物性を解明する研究に力を入れている。測定手段としては、レーザー・ラマン分光、第二次高調波発生(SHG)、フーリエ変換赤外吸収分光(FT-IR)、高分解能電子エネルギー損失分光(HREELS)、走査型トンネル電子顕微鏡(STM)の発光分光などを有効に組み合わせ、主に超高真空中でよく規定された表面を試料とした研究を進めている。現在研究している試料系は、清浄な表面を有する金属表面や半導体表面、半導体超格子、金属表面上の吸着分子、金属／半導体界面、ポリイミド上の液晶などである。表面研究のための新しい計測手法を開発することも重要な課題で、飛行時間法による電子エネルギー分解能の向上の開発などを行っている。応用面ではSi-MOS発光トンネル接合による可視発光デバイスの開発を進めている。

過去1年間に学術雑誌に研究成果として報告したものは、(計測手段で分類すると)以下の4件である：

HREELS (発表論文1)

イオン性の結晶表面で観測される表面フォノンポラリトンは結晶内部への侵入長が数十nm程度と長く、表面から隠れた半導体界面物性などを探るためにプローブとして注目されている。HREELSはこの表面フォノンポラリトンを極めて高い感度で検出できる手法としてよく知られており、HREELSによる超格子の(表面から隠れた)界面物性の研究は大変興味深い研究テーマである。

HREELSで得られたスペクトルから試料の物性情報を得るために誘電理論との比較が重要である。従来、超格子試料に関して誘電理論と実験結果との一致はよくなかった。その原因が試料の不完全性に帰因するものであるか、誘電理論の不備によるものであるかはよくわかっていなかった。

MBE法で作製したGaAs-AlAs超格子試料についてHREELS計測を行い、誘電理論と比較した。こ

のとき、誘電理論に代入すべき超格子を構成する各層の誘電関数をラマン分光により決定した。その結果、誘電理論は実験結果を完全に再現することを示した。このことから期待したようにHREELSは超格子の物性を探るための極めて有効な手段であることがわかった。

STM発光分光 (発表論文4)

STM発光分光法はSTM探針から試料表面のごく限られた領域に電子(もしくはホール)をトンネルさせたときに付随した発光を分光することにより、高い位置分解能で試料表面の物性を調べるための新しい手法である。試料表面上の微細構造の物性(特に光物性)を探るための強力な手法として期待されている。

STM発光は極めて強度が弱いために、これまで発光スペクトルの試料位置依存性は測られていなかつたが、発光計測系を高感度化することにより、これを可能にした。金蒸着膜を試料とし、蒸着面上の1つの金グレイン(大きさ~20nm)内で探針位置を変えながら発光を分光した。その結果、グレイン頂上では金グレインのダイポールモードが(トンネル電子により)強く励起されるのに対し、周辺部ではより高次のモードが強く励起されることを見いだした。このような結果は理論的には容易に予想されるが、実際に実験的に示したのはこの研究が最初である。

Si-MOSトンネル発光接合 (発表論文3)

従来、電子トンネリングによる発光機構の研究は金属／絶縁体／金属(M-I-M)構造のトンネル接合においてなされていた。表面プラズモンは本来非発光性であるが、表面・界面粗さがあると発光性となる。M-I-M接合は比較的粗い表面や界面粗さを有するので、トンネル電子により励起された表面プラズモンは高い効率で発光することになる。その結果、電子トンネルに付随する発光はすべて、トンネル電子により励起された表面プラズモンが、接合の表面・界面粗さを介して発光すると考えられてきた。

Si基板上に極めて平坦な表面・界面を有するSi-MOS接合を作製し、電子トンネルに付随した発光

を観察、詳細に検討した。その結果、従来から主張されてきた表面プラズモンを介した発光チャンネルに加えて、トンネル電子からの直接発光が存在することを初めて示した。

FT-IR（発表論文2）

高品位な液晶表示デバイスの実現には所望の方向に液晶分子を配向させる表面配向制御技術の確立が重要である。現在のところ、工業的にはポリイミド薄膜をコーティングした基板をラビングすることによって液晶の表面配向を実現している。この場合、液晶は基板面から数度傾いて（プレチルト角）ラビング方向に沿って配向する。このポリイミド膜上の液晶の表面配向メカニズムは未だ十分に理解されていない。

ラビングによりポリイミド・ポリマー鎖が配向する程度の膜厚（～12nm）のポリイミド膜の分子配向（ラビング前後）を偏光赤外分光法によって定量的に決定した。その結果、ラビングによりポリイミド・ポリマー鎖はラビング方向に沿って配向し、しかも基板面から平均8.5度傾くことが分かった。同じ条件でラビングしたポリイミド膜を用いて液晶セルを作った時のバルク液晶はプレチルト角2.3度でラビング方向に沿って配向する。ポリイミド・ポリマー鎖の傾斜角とプレチルト角は一致しなかつたが、起き上がる方向が一致することから、プレチルト角の発現にラビングによるポリイミド・ポリマー鎖の傾斜が重要な役割を果たしていることが分かった。

職員

教授 潮田 資勝 助教授 上原 洋一
助手 坂本 謙二 助手 佐野 陽之

研究テーマ

1. 吸着分子、薄膜形成、および結晶成長過程の研究
2. 半導体超格子の研究
3. 半導体／金属界面の電子状態の研究
4. 電子トンネル発光による表面物性の研究
5. 電子発光デバイスの研究
6. 液晶の配向機構の研究

発表論文

1. Combined HREELS and Raman study of GaAs-AlAs superlattices, T. Tsuruoka, M. Sekoguchi, Y. Uehara, S. Ushioda, T. Kojima, and K. Ohta, Phys. Rev. B **50**, 2346-2353 (1994).
2. Molecular Orientation of Rubbed and Unrubbed

Polyimide Films Determined by Polarized Infrared Absorption, K. Sakamoto, R. Arafune, N. Ito, S. Ushioda, Y. Suzuki, and S. Morokawa, Jpn. J. Appl. Phys. **33**, L1323-1326 (1994).

3. Light-emission mechanism of Si-MOS tunnel junctions, Y. Uehara, J. Watanabe, S. Fujikawa, and S. Ushioda, Phys. Rev. B **51**, 2229-2238 (1995).

4. STM light emission spectroscopy of surface micro-structures on granular Au films, K. Ito, S. Ohya, Y. Uehara, and S. Ushioda, Surf. Sci. **324**, 282-288 (1995).

著書

表面増強ラマン散乱法, 坂本謙二, 潮田資勝, 「表面分析図鑑」(共立出版, 1994) pp. 50-51.

複合機能材料研究分野（客員分野）

新複合機能材料とそのデバイス化技術の開発

複合機能材料研究分野は、半導体・磁性体・誘電体などの電子材料を複合することにより新たな機能を発現させるための基礎的研究と、そのデバイス化の研究を行うことを目的とし昨年度に新設された第1種客員分野である。本分野では具体的には以下に示す内容の研究を進める予定である。

1. 軟磁性高磁歪薄膜の開発とプレーナ型磁歪素子への応用研究

結晶性材料では軟磁性と高磁歪特性は相反関係にあるが、アモルファス化によって両者が共存する材料の実現が可能となる。ニッケルに匹敵する磁歪をもち軟磁気特性を示す鉄ベース・メタロイド・アモルファス合金と、硬磁性材料であるが数百×10⁻⁶という巨大磁・歪を示す鉄・希土類アモルファス合金をスパッタで薄膜化し、それを積層することによって両者の長所を備えた薄膜試料を開発する。これをプレーナ型磁歪アクチュエータや次項の磁気弾性表面波媒体に応用する。

2. 高性能磁気弾性表面波素子に関する研究

基板を伝搬する弾性表面波と、基板表面に形成した磁性層の磁化を磁気弾性相互作用で結合することによって生じる磁気弾性表面波は、磁場によって位相速度を連続的に制御できる機能性をもつ。磁性層に高周波スパッタで形成したFeBアモルファス合金膜を用い、弾性表面波にLove波を用いて低挿入損で100 Oeの磁場印加で位相変化量が50 rad/cmに達する高性能磁気弾性表面波素子を実現することができる。素子の最適化を計り、これを信号処理素子への応用に関する研究を行う。

3. 弹性表面波ソリトンの基礎特性の実験的研究

弾性表面波でソリトンを励振する試みは世界中で行われているが、未だ理論と定量的に対比できる確固たる結果は得られていないのが実状である。本分野でLiNbO₃単結晶基板およびPZT圧電基板を用いた素子に対してレーザ・プローブ高分解能高感度弾性表面波観測法によって測定し、その基礎特性を明らかにするとともに、高効率ソリトン励振と新規の固体音響薄膜素子を指向した応用研究を行う。

4. 磁気弾性波ソリトン励振と実験的検証

研究項目2.と3.を結びつけることによって、これまで全く試みられていない磁気弾性波ソリトンの励振を試み、そのソリトンの検証と基本特性について述べる。

5. 強磁性・強誘電性複合材料の開発

反応性スパッタで作製したBi₂O₃-Fe₂O₃-ABO₃（ただし、ABO₃はPbTiO₃, PbZrO₃等ペロブスカイト）三元系アモルファス酸化物薄膜で、室温で強磁性と強誘電性が共存する特異な性質をもつ材料が実現できることを見出している。しかし、薄膜試料ではその物性発現を調べる目的には適しておらず、バルク試料化が望まれる。この目的のためゾル・ゲル法で粉体作製を試みる。

職員

教授 藤井 壽崇

3.3 コヒーレントウェーブ工学研究部門の目標と成果

近年における電気通信に関する研究は、高速コンピューターに代表されるような研究手法の高度化・インテリジェント化に伴って、情報通信を主とする広域研究へと変遷してきている。また、今後増大する情報量に対応し、より高度な情報化社会を実現するためにも、情報通信を念頭に置いた通信技術の研究開発が急務である。情報通信技術の究極の目標は、バリアーフリー通信、即ち「いつでも、誰とでも、何処からでも、いくらでも、どんな情報でも送受できる通信」を実現することにある。この電気通信から情報通信への進展・変遷に対応した研究を効率良く進めるためには、これまでの各個研究から研究分野間の有機的結合をはかる総合的研究が重要である。

本「コヒーレントウェーブ研究部門」は、情報の伝送及び処理のための諸技術を総合的に研究開発することを目的・目標にして、平成6年6月に組織されたものである。情報通信にとって、伝送媒体となる電磁波（マイクロ波、光波など）を発生・伝送・信号処理する技術の研究開発は根幹の課題である。信号処理の分野では音響波、量子波など各種の波動が活用される。本研究所は、これまで電磁波・光波の発生、伝送に数多くの先駆的業績を持ち、高い水準の研究を進めてきた。また音響振動及びその電子工学との境界分野も、本研究所が世界的に高い評価を得ている研究領域である。本「コヒーレントウェーブ研究部門」では、これら電磁波・光波・音響波さらに量子波の研究・技術を有機的・総合的に結合し、各波の周波数スペクトルを高度に利用することにより、情報の伝送及び処理のための諸技術を研究開発することを目的・目標としている。

本研究部門は8研究分野より成り、その内訳は、大きく分けて、電磁波関連に3分野、光波に2分野、音響波に2分野、さらに量子波を研究する1客員分野となっている。次に、これら8分野の目標および平成6年度の成果の概要を記す：

電磁波伝送工学研究分野

ミリ波の実用化を目指し、NRDガイドを基にしたデバイス、システムの開発研究を行った。具体的には60GHz帯で実用的な車載レーダー、室内LANトランシーバーを開発し、更にNRDガイドを用いた電力合成法、NRDガイドFET増幅器、漏れ波NRDガイド給電平面アンテナなど新しい分野で成果を挙げた。また、逆スロット線路を用いた高効率、超高速光変調器についても国際学会で研究成果を発表した。

極限能動デバイス研究分野

人類の活動する環境と規模はますます拡大している。これに対処するための極限エレクトロニクスの創出を目的として、真空エレクトロニクスの構築とその工学的応用の研究を行う。このため、これまで開発の遅れているミリ波、サブミリ波帯電磁波源の開拓と、真空集積機能デバイスの開発を目的とした微小冷陰極の開発研究を行った。

テラヘルツ工学研究分野

電波と光との境界領域であるテラヘルツ帯の技術を実用に供するために、この領域で動作する各種デバイスおよび計測システムを研究開発することを目的としている。今年度は、テラヘルツ帯開発のキーデバイスと考えているショットキ・ダイオードの製作プロセス、同調可能なコヒーレント光源を目指した量子効果デバイスの動作確認、ミリ波帯イメージング・アレイにおける信号処理技術、また光と電子との相互作用を研究するための微細マイクロストラクチャーの製作、等において大きな進展があった。

応用量子光学研究分野

光波領域のスペクトルとコヒーレンスの制御を可能とする新しいレーザ動作とその応用の研究を行う。今年度は、強誘電体および量子井戸材料によるドメイン制御非線形光学と、周波数シフト帰還型全固体レーザの研究で大きな進展がみられた。

コヒーレントウェーブ工学研究部門

光集積工学研究分野

光導波路・光ファイバに直接集積できる薄形の光デバイス（アイソレータ、スイッチ、増幅器、偏光制御素子など）の理論的・実験的研究と集積技術の研究を行っている。多層構造をもつ偏光分離素子（LSP）の超多層化・超厚膜化・低損失化（2700層、 $200\ \mu\text{m}$, $0.1\ \text{dB}/100\ \mu\text{m}$ ）の見通しを得て、超小形アイソレータや液晶光スイッチの集積化を進めている。

また、面型光増幅のため、MQW を用いる光励起アンプの提案・解析を行った。試作と評価を進めており、現在までに $1.1\ \text{dB}$ の利得を確認した。

フォノンデバイス工学研究分野

圧電体中及び表面を伝搬する超高周波のフォノン波動が電磁波の波長の $10\text{-}5$ 倍短いことを用いた高度に集積化した信号処理デバイスの研究とその応用、並びにこの波動と電子・光・電磁波との相互作用の基礎とその応用、及びこの波動を発生・検出するに重要なサブミクロンオーダーの電極を作成する微細加工技術の研究開発を行うことを目的としている。

圧電体基盤表面に檀性表面波を励振・受信する”すだれ電極”を発明、この電極を用いたフィルタは、テレビの中間周波数フィルタ、移動体通信のフィルタなどに広く応用されている。また、超微細加工プロセスを開発し、 $10\ \text{GHz}$ 帯のコヒーレント弾性表面はの励振・受信に成功した。この技術は、今後の応用が大いに期待される。

電子音響集積工学研究分野

音声・データ・画像の情報を「いつでも、どこでも、誰とでも」やりとりのできる「携帯ワイヤレス情報ターミナル」の実現を目指している。この目的に向かって、新しい弾性表面波材料開発、超微細プロセス技術、アナログ・デジタル信号処理デバイス、回路、さらに超高信頼無線システムの研究を一貫して行っている。

今年度は、 $2.4\ \text{GHz}$ フロントエンド $\text{AlN}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ SAW コリレータの設計・試作、およびこれを用いた「カードサイズ $2.4\ \text{GHz}$ スペクトラム拡散通信復調器」を開発した。さらに、サブ $0.1\ \mu\text{m}$ 超高速シリコンCMOS集積回路を目指して、選択AI CVD 技術を用いた「完全自己整合メタライゼーションMOSFET」を提案・開発している。

量子波動工学研究分野（客員）

新しい電子デバイス創製のために、電子の波動としての性質に関する基礎的な研究を行う客員研究分野である。平成 7 年 1 月より、NTT 基礎研究所 堀越佳治部長が就任し、原子層制御単結晶成長とその物理についての研究討論を行った。

電磁波伝送工学研究分野

N R D ガイドの実用化と新たな応用分野の開拓

情報化社会の実現には、バリアフリー通信の開発が不可欠であり、それには、電波技術に頼るところが大きい。しかし、周波数帯に殆ど余裕がないのが現状である。このような状況を打開する目的で、電磁波伝送工学研究分野では、未利用周波数帯であるミリ波の開発に取り組んでいる。

ミリ波帯は特殊なスペクトラムである。波長が短いこともさることながら、各種の物質との相互作用が顕著である。これには大気中のH₂OやO₂も含まれ、伝搬損の主因となる。更に、ミリ波帯では金属はもはや電流の良導体とはなり得ない。これらがミリ波開発の隘路となっていた。

例えば、マイクロ波集積回路では、伝送線路としてマイクロストリップ線路やコプレーナ線路などのいわゆるプリント線路が使用される。プリント線路はマイクロ波帯では優れた集積回路用伝送線路であるが、ミリ波帯になると伝送損が急増し、60GHz帯ではその値が50dB/mを超える。更に線路のランダムな製作誤差による不要放射も無視できなくなる。

伝送損の軽減には誘電体線路が有効であることは古くから知られていた。特にミリ波帯になると回路もコンパクトになるので、イメージ線路、ストリップ誘電体線路、Hガイドなど各種の誘電体線路が提案、研究された。プリント線路に比べて、誘電体線路は極めて低損失で、その伝送損は60GHz帯で3dB/m以下であることが確認されている。しかしながら、誘電体線路は曲げることができない。曲げると放射が生じ、損失となる。これでは複雑な集積回路を構成するのに適さない。誘電体線路の不要放射抑制が大きな課題であった。

電磁波伝送工学研究分野でもこの課題に取り組み、不要放射を完全に抑制できる誘電体線路としてN R D ガイド（非放射性誘電体線路）を提案した。2枚の導体板を半波長以下の間隔で対向させると電波を全く通さない遮断空間ができる。この中に誘電体線路を構成すると不要放射のない、しかも低損失な伝送路ができる。電磁波伝送工学研究分野の研究目標は、このN R D ガイドを用いて、種々の実用ミリ波システムを開発することであり、併せて新しいミリ波応用の可能性を探求することである。

最近、我が国では、ミリ波技術の研究、開発を目的に60GHz帯が開放された。この周波数帯は大気による減衰が大きく、それだけシステム間の干渉が少ない。昨年度は60GHz帯で室内L A N用トランシーバと車載レーダの開発研究を行った。トランシーバは送信電力10mW、パルス変調方式を採用し、同時・双方向通信が可能である。将来的には、マルチメディア対応を目標に改良を重ねて行く予定である。車載レーダについては来春の実用化が決定したとの新聞報道があり、開発が急がれている。本研究室でも60GHz FM-CWレーダについて経済性も考慮した、実用化研究を行った。ガソリン発振器を外部反射から保護するためのバファには、高価なサーチューレータは必要なく、単に減衰器を挿入するだけで十分であることが分かったが、これは経済性と機械的強度の面で収穫であった。また、受信系でも経済的なシングルミキサで十分なNFが得られることが分かった。このようにして、これまで経済性が疑問視されていたN R D ガイド車載レーダも意外に安価に製作できることが明らかになった。

以上のようなN R D ガイドミリ波システムの実用化研究と平行して、N R D ガイド技術の新しい展開も試みている。N R D ガイドにガンドイオードやビームリードダイオードを装荷する技術は実用レベルに達しているが、HEMTやFETなどの3端子素子の装荷法はこれまで殆ど考慮されていなかった。しかし、3端子素子が取り扱えて、N R D ガイド技術は本物になるとのコメントもあり、昨年度この課題に挑戦した。元来、N R D ガイドにはL S Mモード、L S Eモードの2つの非放射性モードがある。このうち、伝送損の少ないL S Mモードが動作モードとして常用されるが、これと直交するL S Eモードを併用すると3端子素子が取り扱える。このような着想で本研究を開始し、実際に14GHz帯でFET増幅器の試作に成功した。今後、各パラメータについて最適化を試み、60GHz帯でHEMT増幅器、発振器、ミキサなどを開発していく予定である。

N R D ガイド発振器による電力合成も興味あるテーマである。特に大電力の得難いミリ波帯ではその価値は大きい。以前、N R D ガイドの漏れ波

を利用し、ガンダイオードアレイを注入同期発振させる手法について検討したが、満足できる合成効率が得られなかった。昨年度はこの点を改め、回路の中で電力合成を行う方式を探った。2つのガンダイオードを並列発振する方式、4つのガンダイオードの発振電力を方向性結合器で合成する方式、N R Dガイド中にガンダイオードアレイを構成して電力合成を行う方式を検討したが、いづれの場合も、合成効率100%を超える成果が得られた。実験は35GHzで行ったが、今後60GHzで同様な検討を進める予定である。

これまで、漏れ波N R Dガイドは国内外でアンテナとして研究されていた。しかし、我々は漏れ波N R Dガイドをアンテナとしてではなく、平面アンテナの給電系として利用することを新たに提案し、研究を進めている。単なる漏れ波アンテナでは放射パターンが扇形となるのに対し、漏れ波N R Dガイドで給電した平面アンテナの放射パターンはペンシルビームとなる。応用例としては22GHz帯次世代衛星放送受信アンテナがあり、また60GHz帯平面アンテナもミリ波応用上重要である。

昨年度は漏れ波N R Dガイドの漏れ定数と位相定数を与える理論式を導出し、設計の基礎を築いた。また実験的には60GHz帯で2種類の平面アンテナを検討したほか、22GHz帯でも開口効率を改善するための有効な手法について考察した。また、漏れ波N R Dガイドアレイの新しい応用について提案している。放射方向の異なる漏れ波N R Dガイドは互いの放射波に対して透明である。この性質を利用すると多数の漏れ波N R Dガイドを配列してマルチビームアンテナを構成することができる。この分野の基礎実験を完了した。

ミリ波利用の一環として、光変調器の研究も進めている。パーソナル通信を目指したミリ波サブキャリア光ファイバシステムの実現を念頭に置いたものである。これには我々の提案した逆スロット線路が用いられている。逆スロット線路はL N基板中で光波とミリ波の伝搬速度を完全に整合できる優れた線路であり、しかも構造が簡単である。逆スロット線路光変調器は高効率で、10GHz帯の実測によると1.0Rad.の位相変調を得るのに18mWの入力で十分である。昨年度はこれをMach-Zehnder構造にして、振幅変調を試み、その成果を国際会議で報告した。現在は60GHz帯に周波数をあげて実験を継続している。なお最近、逆スロット線路をMach-Zehnder構造に適するように改造したリッジコプレーナ線路を提案したが、その論文は1994年アジア太平洋マイクロ波会議で日本マイクロ波賞を受賞している。

職員

教授 米山 務
助手 黒木 太司 デバシス ドーン 陳 驪
技官 我妻 寿彦

研究テーマ

1. N R Dガイドミリ波集積回路の研究
2. ミリ波電力合成の研究
3. ミリ波ホログラフィの研究
4. ミリ波／光波相互作用の研究
5. ミリ波サブキャリア光通信システムの研究

主な研究発表

1. Characterization and Measurements of Laterally Shielded Coplanar Waveguide at Millimeter Wavelengths, W.A.Artuzi and T.Yoneyama, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.MTT-42, 150-153 (1994).
2. 60GHz帯N R Dガイドガン発振器の周波数安定化, 鈴木, 黒木, 米山, 電子情報通信学会論文誌、Vol.77-C-I, No.8, 461-467 (1994).
3. Leaky NRD Guide Fed Planar Antenna at 60GHz, M.Ono and T.Yoneyama, Int. Con. Infrared and Millimeter Waves, 226-227 (1994).
4. Nonradiative Dielectric Waveguide Digital Transceiver at 60GHz Band, F.Kuroki and T.Yoneyama, Int. Con. Infrared and Millimeter Waves, 437-438 (1994).
5. Mach-Zehnder Optical Modulator Using Inverted Slotline, H.Kawakami and T.Yoneyama, Int. Con. Infrared and Millimeter Waves, 319-320 (1994).
6. ブロードサイド漏れ波N R Dガイド, 我妻, 米山, 電子情報通信学会論文誌、Vol.77-C-I, No.10 581-583 (1994).
7. A New Leaky NRD Guide Based on a Grating Structure, K.Maamria, Y.Wagatsuma and T.Yoneyama, Annals of Telecommunications Vol.49, No.9-10, 559-566 (1994).
8. N R Dガイドを用いた60GHz帯F Mガン発振器, 黒木, 馬場, 古屋, 米山, 電子情報通信学会論文誌、Vol.77-C-I, No.11 592-598 (1994).
9. Analysis and Measurement of Broadside Leaky NRD Guide, E.Akashi and T.Yoneyama, The 6rd Asia-Pacific Microwave Conf., 157-160 (Makuhari, 1994).
10. Ridge Coplanar Waveguide Structure for Optical Amplitude Modulator, W.A.Artuzi and T.Yoneyama, The 6rd Asia-Pacific Microwave Conf., 599-602 (Makuhari, 1994).

極限能動デバイス研究分野

真空エレクトロニクスの構築と その工学的応用の研究

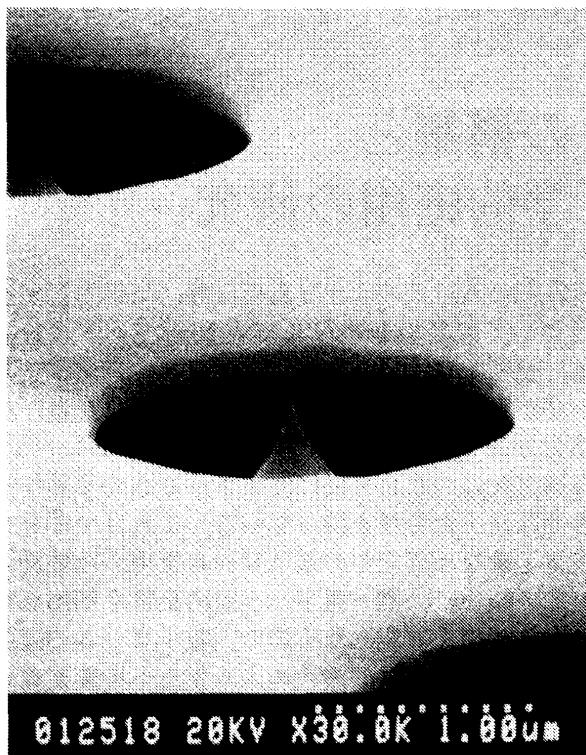
人類の活動範囲は、1957年のスプトニクの地球周回以来、大気圏外へと拡大し、活動の規模も原子力利用のような大規模システムを運用するに至っている。また、21世紀においては、核融合エネルギーの利用も不可欠な状況にある。このような人類の活動の範囲と規模の拡大により、その活動の場は、放射線や高温に曝される過酷な環境及びエネルギー密度の極度に集中する環境となることが想定される。一方、その活動は、安全性と信頼性を最優先した科学技術によって支えられなければならない。従って、耐環境、高エネルギー密度などの点での極限エレクトロニクスの創造が、21世紀の人類の活動を支える重要な科学技術の一つとして急務な課題である。他方、ますます大規模、複雑化するシステムの中で、信頼性と安全性とを確保するためのエレクトロニクスを構築するデバイスには高速動作が要求される。真空電子デバイスは、動作媒体を真空としていることから、耐環境性、エネルギー密度、高速性の全てにおいて基本的に優れている。さらに、真空電子デバイスには、動作後の余剰エネルギーの回収が可能で、本質的に高効率動作が可能であることが優れた利点としてあり、真空エレクトロニクス研究の推進、再構築を必要とする基盤がここにある。

本研究は、高周波数電磁波源及び耐環境、高機能真空電子デバイスの開発を行い、新しい真空エレクトロニクスの基盤を築くことを目的とする。すなわち、前者は、プラズマ核融合の加熱、計測、制御、分子分光などから要求されるミリ波、サブミリ波帯の電磁波源を開発することにある。後者は、真空電子デバイスの利点と半導体微細加工技術を融合して微細真空集積デバイス、いわゆる真空マイクロエレクトロニクスの基礎を築こうとするものである。

高出力ミリ波電磁波源の開発研究は、プラズマ核融合の加熱源としての要請から世界的に活発化し、開発が要請されている電磁波の周波数帯域も核融合研究の進展に伴い短ミリ波帯からサブミリ波帯域に移行しつつある。また、これら電磁波源開発は、当初のプラズマ加熱用高周波源としての用途のみではなく、プラズマの計測、制御などプラズマ核融合を実現するための必須の技術と考え

られている。このような高周波数、高出力電磁波源として開発の進められているデバイスとしては、ジャイロトロン、ペニオトロン、自由電子レーザが挙げられる。中でも、ペニオトロンは、本研究分野で発明、開発の進められているもので、高出力化につれ必然的に要求される高効率動作の点で際立った特徴を持っている。これはマイクロ波電子管など真空中の電子ビームを用いた能動デバイスの中で、唯一電子ビームの集群を利用しない動作機構を実現したもので、電子ビームの運動エネルギーから電磁波のエネルギーへの変換効率を100%にできることが理論的に実証されている。また、高周波数化につれて要求されるサイクロトロン高調波動作において、高効率動作を維持できることもペニオトロンの大きな長所である。

本研究では、ペニオトロンの動作効率が100%に達することを初めて明らかにした矩形ペニオトロンの提案、自己共鳴ペニオトロン、四重極共振器、マグネットロン共振器など、高効率、高周波数動作を実現するための数々の提案を行うと共に、動作実験によりペニオトロンの有効性を実証してきた。すなわち、高効率動作に関しては、10GHz帯矩形ペニオトロンでの動作効率50%，自己共鳴ペニオトロンでの70%の達成などである。一方、高周波数化に関しては、超伝導マグネットを用いた70~110GHz帯可変電磁波の発生、サイクロトロン2倍高調波動作での動作効率44%の達成、サイクロトロン10倍高調波動作での100GHz帯電磁波の発生などである。この高次サイクロトロン高調波動作の研究では、サイクロトロン高速波管に初めて空間高調波の概念を導入し、その妥当性を理論と実験により実証した。また、将来のTHz帯電磁波の発生を目的として、東北大学金属材料研究所と強磁场を用いたジャイロトロン開発の共同研究を行い、500GHz帯電磁波の発生に成功した。これらの研究成果は、いずれも世界の研究を先導するものであり、高効率、高周波数ペニオトロンの開発に向けた研究が、米国を始め世界各国で開始されている。今後は、さらなる高周波数化に向けて、空間高調波概念に基づくペニオトロンの実証研究、実用化に向けて、永久磁石を用いたペニオ



電界放射陰極アレイ (FEA)

トロン開発を進める。

一方、高機能微細真空集積デバイスの開発を目的とする真空マイクロエレクトロニクスの推進には、高性能微小冷陰極の開発が不可欠である。このため、Siプロセスを中心とした電界放射陰極アレイ (FEA) 及びトンネル陰極の開発研究を行った。

FEAの実用上の最大の課題は、放射電子電流の変動、ばらつき、短絡故障などを如何に克服するかである。原子レベルの多数の針状構造で構成されるFEAでは、これらの要求を全て製造プロセスに負わせることは極めて困難である。このため、FETやTFTなどの能動素子とFEAとを同一基板に集積化して、能動素子により放射電流を制御することを提案し、予備実験により、この方法が電流の安定化に極めて有効であることを実証した。この概念は、真空マイクロエレクトロニクスが一つの大きな開発ターゲットとしている高精細、高輝度平面ディスプレイでの、輝度補償、低電圧アドレス、短絡故障の対策などに対する有効な手段である。FEAの実用上のもう一つの課題は、放射電子の収束技術である。これに対して、同一平面上にゲート電極と収束電極とを構成する構造を提案し、シミュレーションによりその有効性を示した。この構造により、ビーム収束形FEAの製作プロセスが著しく簡素化され、FEA製作の信頼性と再現性の確保が可能となる。

平面構造微小冷陰極として、MOSトンネル陰極の試作を行い、トンネル電子放射を世界に先駆けて確認すると共に、トンネル陰極高性能化の最大の課題は、酸化膜中の電子の散乱にあることを明らかにした。これを克服するために、共鳴トンネル陰極、電子空乏形トンネル陰極などの提案を行い、その実証研究を進めている。

一方、これら微小冷陰極を用いて、赤外からX線領域に及ぶ将来の電磁波源を開拓するため、原研、福岡工大、阪大などとの共同研究を開始した。

今後は、微小冷陰極の実用化に向けて、本研究で提案した数々の素子の実証研究と応用研究を進める。

職員

教授 横尾 邦義	助手 佐藤 信之
助手 嶋脇 秀隆	技官 寒河江克己

研究テーマ

1. ミリ波、サブミリ波電磁波源の開発研究
2. 高性能の電子ビームの発生と工学的応用の研究
3. 微小冷陰極アレイの形成と工学的応用の研究
4. 低エネルギー分散電子線及び単電子の発生に関する研究

主な研究発表

1. Experiments on 2nd Cyclotron Harmonic Peniotron, H.Shimawaki, K.Sagae, N.Sato, K.Yokoo & S.Ono, Int. J. Electronics. 76, 143-151 (1994).
2. Operation Modes of Higher Cyclotron Harmonic Oscillations in a Magnetron Waveguide Resonator, T.Ishihara, K.Sagae, H.Shimawaki, N.Sato, K.Yokoo & S.Ono, Conf. Digest of 19th Int. Conf. on IR and MM Waves, 204-205 (1994).
3. Active Control of Emission Current of Field Emitter Array, K.Yokoo, M.Arai, M.Mori, J.Bae & S.Ono, Tech. Digest of 7th Int. Vacuum Microelectronics Conf., 58-61 (1994).
4. フィルドエミッショナディスプレイの研究動向, 横尾邦義, O plus E, 173, 82-88 (1994).
5. Energy Distribution of Tunneling Emission from Si-Gate Metal-Oxide-Semiconductor Cathode, K.Yokoo, S.Sato, G.Koshida, I.Amano & S.Ono, J. Vac. Sci. and Tech., B, 12, 801-805 (1994).
6. Design of Tera-Herz Micro FEL Using a Micro Emitter, M.Shiho, A.Watanabe, S.Kawasaki, H.Ishizuka, M.Arai, H.Shimawaki, N.Sato, K.Yokoo & S.Ono, Conf. Digest of 19th Int. Conf. on IR and MM Waves, 151-152 (1994).

テラヘルツ工学研究分野

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

電磁波のスペクトラムのうち、テラヘルツ帯（あるいは波長でサブミリ波帯）と呼ばれる領域は、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、テラヘルツ帯の技術は、そ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、新機能材料の評価、地球環境計測、あるいはプラズマ計測の諸分野においても、テラヘルツ帯技術の開発が強く望まれている。

本「テラヘルツ工学研究分野」では、この技術的に未開発な領域において、実用的な検出器、発振器、計測システム等種々のデバイス・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。

1. ショットキ・ダイオードの開発

ショットキ・ダイオードは、検出器、ミクサー、周波数倍器などとして常温で動作するテラヘルツ帯開発のキーデバイスである。これまで、0.8ミクロンまでの径のP t - G a A s ショットキ・ダイオードを開発し、主としてプラズマ計測用のテラヘルツ帯検出器としてわが国の研究者に供給されてきた。現在研究の主題は1.4テラヘルツ帯用0.3ミクロン径ダイオードの開発にある。これまで、電子ビーム露光器の整備（SEMを改良）、レジストの選択、ドライエッチング・プロセスの条件出しを終え、金属(P t)メッキの条件出しを行っているところである。図に本研究室にて製作した0.3ミクロン径のドットマトリックス構造を示す。

2. 雑音による金属一半導体(M-S)界面の評価

界面のごく近傍のトラップレベル等を評価出来る方法は現在知られていない。我々は、M-Sダイオードからの雑音スペクトルを調べることにより、界面近傍の状態を評価する方法を提案し、現在実験を主に研究を進めている。

3. 発振器アレイの研究

電磁波のスペクトルを開発するに際して、同調可能な発振器は非常に重要である。短ミリ波からサブミリ波にかけて、いくつかの固体素子の研究があるが、いずれも出力が小さく実用的なものからはほど遠い。発振器アレイを用いたコヒーレントな電力合成法は、固体素子のこの欠点を克服するためのもので、我々はこの方法を提案したグループの一つである。現在までに、準光学的なファブリ・ペロー共振器にガンドライオード・アレイを組み込み、80GHzでの発振を得ているが、これは現時点でのトップデータである。また、HEMTを用いたアレイでは、24GHz帯での発振を観測しており、これも三端子素子を用いた電力合成器の周波数ではトップデータである。

今年度の研究は、テラヘルツ帯の発振を得るための共鳴トンネルダイオードの研究及び電力合成器の出力を最適化するための結合度可変の準光学的出力鏡の研究、の二つに分けられる。前者に関しては、東京大学との共同研究で、ミリ波帯での発振および注入同期現象の確認を行い、今後の研究発展に重要な手がかりを得た。また、後者に関しては、メッシュからのエバネッセント波を誘電体基板で結合する方法を提案し、実験と理論によりその有用性を確認した。この研究成果は、1995年のIEEE MTT Symposiumにて発表の予定である。

4. ミリ波帯イメージング・アレイの研究

ミリ波帯のイメージング技術は、プラズマ計測、地球環境計測、リモートセンシング、車載レーダー等の分野より要求のある分野である。本研究室では、これまで、ショットキ・ダイオード付半波長アンテナを誘電体基板に配列したイメージング・アレイを提案・開発してきた。その成果は、筑波大学との共同研究によりプラズマ計測の分野で大きな貢献をしてきた。

今年度の研究は、i) アレイの2次元化とii) 信号処理へのニューラルネットワーク技術の導入、の2点に絞られる。先ず、2次元アレイ化に関しては、テーパースロット・アンテナのアレイとマイクロストリップアンテナとを、その候補に選び、それぞれについてアンテナパターン、検出回路と

の結合方法等についての予備的な理論及び実験的研究を開始したところである。この研究は、本所共同プロジェクト研究に採択され、全国の研究者と議論しながら、研究を進めている。

ニューラルネットワークについては、(株)リコー情報通信研究所との共同研究にて、イメージングアレイより得た像の信号処理に用い、その有用性を実証した。コヒーレントな光源を用いたイメージングにおいて、散乱波の干渉によるスペックルあるいは特異な散乱点によるグリント等の影響は、物体の認識に際して大きな障害となるものである。我々は、この障害を除くために、ニューラルネットワーク処理を利用することを提案し、実際に、60 GHzのイメージングにアルファベット(A, B,...)の形の金属板を物体として用いて、96%の像の識別率を得ることに成功した。

5. 光と電子との相互作用に関する基礎研究

本研究は、光の周波数領域で動作する小型な電子ビーム装置開発を目指し、クライストロン型相互作用回路（金属スリット）の実現性を理論及び実験的に調べることを目的としている。この回路では、金属スリット表面上に照射されたレーザ光により誘起されるエバネッセント波がスリット上を通過する電子と相互作用する。今まで、金属スリット回路に関する理論解析結果から、波長780 nmのレーザー光及び初期電子エネルギー80 keVに対して、最適間隙幅195 nmの金属スリット回路を用いることで、光による電子エネルギー変調を実験的に観測可能との結論を得ている。

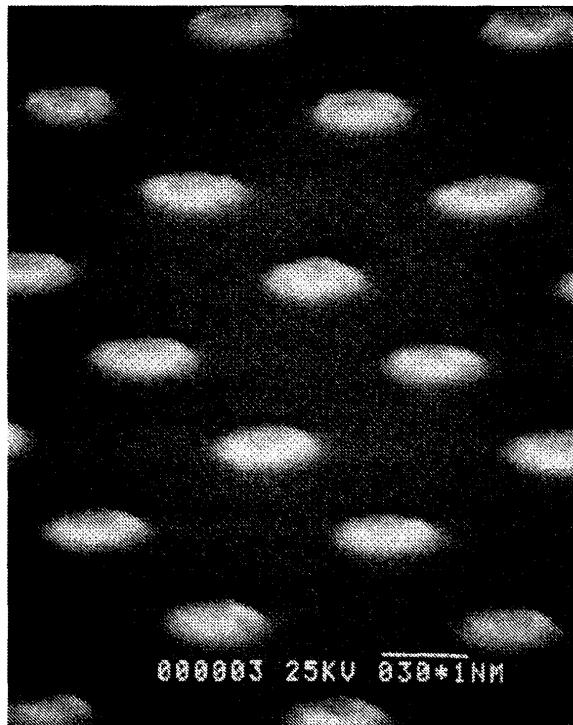
今年度は、理論設計値に基いて相互作用回路の試作を行い、マイクロマシーンの技術を利用して、単一モード光ファイバー端面上に間隙幅270 nmの金属スリット回路を製作することに成功した。このスリット幅は、ファイバー端面上に製作する尾根型構造形成時のエッチング時間により、調整可能である。実際の実験では、光の周波数における金属の表皮効果をも考慮した実効間隙幅が重要になる。その測定方法についても考察し、測定装置を試作した。

職員

教授 水野 翔司 助教授 ペイ ジョンソク
助手 鈴木 哲

研究テーマ

- サブミクロン径GaAsショットキ・ダイオードの開発



- 雑音を用いた金属一半導体界面評価法の開発
- ミリ波・サブミリ波帯半導体発振器アレイの研究
- ミリ波帯イメージング・アレイの研究
- 光と電子との相互作用に関する基礎研究

主な研究発表

- Metal Mesh Couplers Using Evanescent Waves at Millimeter and Submillimeter Wavelengths, Jongsuck Bae, Jung-Chih Chiao, Koji Mizuno, and David B. Rutledge, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves, 16, (1995).
- High Peak Power and High Repetition Rate Characteristics in a Current-Pulsed Q-Switched CO₂ Laser with a Mechanical Shutter, Jongsuck Bae, Tatsuo Nozokido, Hirokazu Shirai, Hirofumi Kondo, and Koji Mizuno, IEEE J. Quantum Electron., 30, 887-892 (1994).
- Optimization of a Schottky Barrier Mixer Diode in the Submillimeter Wave Region, T. Nozokido, J. J. Chang, C. M. Mann, T. Suzuki, and K. Mizuno, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves, 15, 1851-1865 (1994).
- Measurement and Study of the Embedding Impedance Presented by the Whisker Antenna of a Schottky Diode Corner Cube Mixer, C. M. Mann, T. Nozokido, J. J. Chang, T. Suzuki and K. Mizuno, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves, 15, 1867-1881 (1994).

応用量子光学研究分野

多次元高機能コヒーレント光源と その応用に関する研究

レーザが誕生して約30年経った今日、レーザに関する研究が、基礎と応用の両分野で精力的に進められた結果、多くの研究成果が我々の豊かな生活に寄与しているのは周知の事実である。現在、基礎研究においては、スクイーズド光などの全く新しい量子状態を有する光波の出現に代表され、また通信・情報・計測応用においては、超高速光ファイバ通信、大容量光ディスク、レーザレーダなどが挙げられる。

一方、エレクトロニクスの基盤産業である半導体の分野では、超薄膜エピタキシャル成長や超微細加工が可能となってきた。これにより従来よく知られている優れた特性を持つ材料に微細な構造を作りつけることにより、全く新しいより優れた物性を発現できることが明らかにされてきた。量子井戸構造や量子細線、量子ドットなどはその一例である。

このような観点から従来の光学材料を見た場合、構造制御による全く新しい機能・性能の発現が期待できる。さらに、このような手法による新しい光物性を有する光学材料とレーザ活性イオンとの組み合わせによる新機能光デバイスの集積化・高機能化に関する研究は大きな可能性を有していると考えられる。

また、通常のレーザ光は、時間と空間のコヒーレンスを有しているが、その制御性は高いとは言えず、応用面からは制御性が高いレーザ光源の開発が強く望まれている。これに対しては、新機能を有するレーザの創出により、従来のレーザに比較して、制御性の高い高機能性レーザの実現、および通信・計測を中心にその応用領域の拡大化が可能である。

本研究では、材料・レーザ構造に立ち返って時間・空間的に高度な制御性を有する超小型コヒーレント光源の開発とその通信・計測などへの応用を目的にしている。つまり、従来の光学材料に新規の構造を作り付けることによって全く新しい機能を出現させ、さらにそれを含むレーザ共振器構造に新しい動作機構を盛り込むことにより新しい機能を引き出し、新しい応用分野を開拓するものである。

我々は、強誘電体の非線形光学材料に対して、

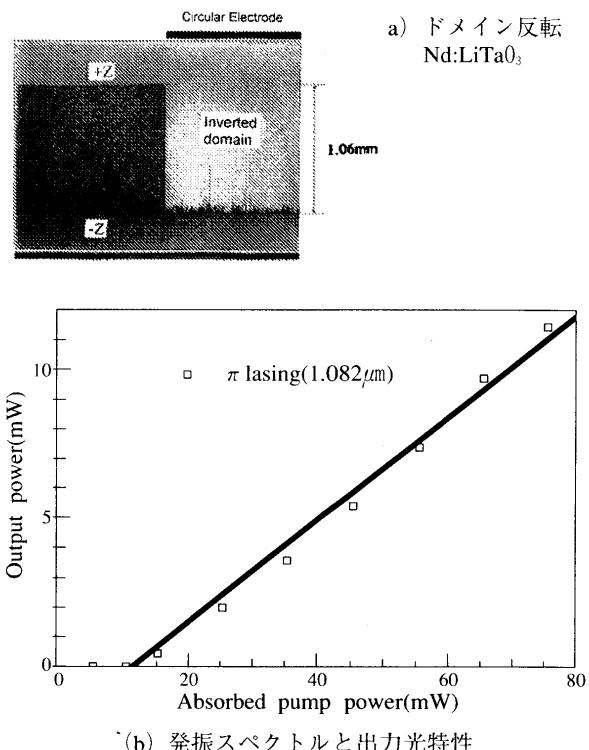


図1 ドメイン反転Nd:LiTaO₃とその発振特性

ドメインの微細構造をプロセス技術によって形成する技術を1988年に世界に先駆けて実現し、その成果を報告した。特に我々の研究の特長は、500 μm以上の厚い基板の深さ方向に一様な幅のドメイン反転構造を形成する技術であり、ミクロンサイズのドメイン超格子が形成できることである。従来の光学材料にドメイン反転構造を用いることにより、非線形光学相互作用を高効率に実現できる。

代表的な非線形光学結晶である LiNbO₃や LiTaO₃では、180度反転ドメイン分域を持つことから、ドメインの反転は光軸の反転に、さらに非線形光学係数の符号の反転に対応する。したがってこのドメイン超格子は、非線形光学係数に対しても超格子構造を持ち、高効率な非線形光学効果を誘導する上で重要である。非線形光学相互作用においては一般に、発生する非線形分極とその分極により放射される光波との間の位相に不整合が生じるが、ドメインの周期を位相の不整合を打ち消すように任意に設定する疑似位相整合は、材料

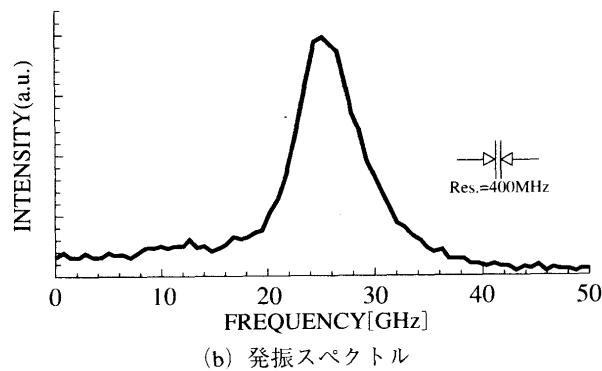
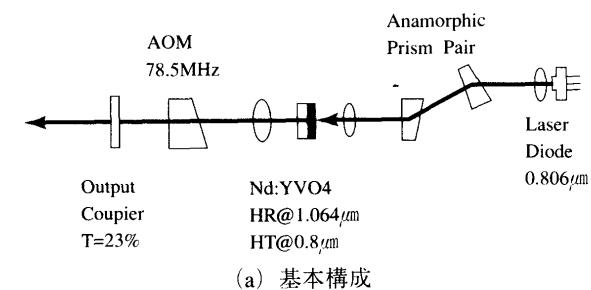


図2 モードレスレーザの基本構造と発振スペクトル

の透過波長全域にわたってその材料のもつ最大の非線形テンソル成分を利用できる。

これまでに、より優れたドメイン反転を形成できる新しい方法を開発すると共に機能の複合化、集積化についての検討を行ってきた。すなわち非線形結晶材料に直接レーザ活性イオンをドーピングして材料自体の複合機能化をはかるなどを、光学材料研究者との共同研究で進めてきた。本年度は、図1に示すようにNdドープのLiTaO₃でのレーザ発振およびドメイン反転を実現し、研究基盤を固めた。次年度はドメイン反転の微細化と集積化を進める。

一方、レーザ光の優れた点の一つに時間的・空間的コヒーレンス性（可干渉性）が高いことが挙げられる。しかし、前述したように現状のレーザ光源ではその制御性が十分でなく、応用範囲を制限している。そこで、本研究では高い空間的コヒーレンスと制御可能な時間的コヒーレンスを有しており、また変調周波数などの条件によってはパルス発振も可能であるユニークなレーザ光の基礎と応用に関する研究を行っている。

図2に示すように、光共振器内の音響光学光変調器により光波の周波数シフトを連続的に生じさせて得られるレーザ発振動作を実現し、これをファジィモードレーザ(FML:fuzzy mode laser)と名付けて研究を進めている。このファジィモードレーザは、光波が共振器中を周回するごとに周波数

シフトを起こし、スペクトル変化を生じながら発振するものである。また、変調周波数を制御することにより、チャーピングを持つ高速光パルス列も発生でき、パルス圧縮技術を用いることにより超短光パルスの発生も可能なレーザと考えられる。しかし、その発振機構などに関して明らかにするべき多くの課題が残されているのが現状である。

そこで、まずレーザ動作機構の解明としてレーザ利得媒質にNd:YVO₄を用いた半導体レーザ励起全固体ファジィモードレーザの発振に成功した。そして、出力光のスペクトル構造やその時間変化と発振のダイナミックス、さらに変調信号と出力光との関係や他の変調器の有効性をヘテロダイン検波法、掃引型ファブリペロー分光器、光オシロスコープなどを用いて調べた。また、その結果を実験と理論の両面から検討した。上述のように発振周波数が、規則的かつ高速に変化する性質は非常にユニークであるので、このメカニズムを明らかにして、これを制御する技術を確立することにより、超高分解能光計測や光通信・情報処理の分野に全く新しい展開が期待できるものと考えられる。

本研究は、強誘電体および半導体材料の非線形光学相互作用とレーザ動作に着目し、時間・空間的に高度な制御性を有するユニークな超小型・超広帯域コヒーレント光源の実現と、その応用を目的にしている。

職員

教授 伊藤弘昌 助手 佐藤 学
技官 今野勇治, 田久長一 秘書 溪井亜紀子

研究テーマ

1. 集積型多機能全固体レーザの研究
2. 光パルス発生・制御の研究
3. 広帯域コヒーレント光源の研究
4. 光波応用計測

主な研究発表

1. Nonlinear optics using periodic domain inverted structures, H.Ito, Nonlinear Optics, 7, 327-331(1994).
2. Submillimeter generation using periodic domain reversals, K.Kawase & H.Ito, Nonlinear Optics, 7, 225-229(1994).
3. 電子ビーム描画による強誘電体非線形光学結晶の周期ドメイン反転構造の検討,信学論 C-IJ77-C-I, 6, 383-389(1994).

光集積工学研究分野

光デバイスの光ファイバ垂直集積化技術の研究

光通信システムを各家庭やオフィスなど加入者系まで発展させて種々のサービスを提供するためには、そこで多数用いられる光デバイスの高性能化、小型集積化、生産性向上が望まれる。本研究分野ではこれらの要求を満たす新しい方法として、光ファイバ垂直集積化デバイスを提案している。これらは光を制御する高度な機能を持つチップ状の非導波路型デバイスをコア拡大処理を行ったファイバに直接埋め込む簡単な構造になっているため、構成素子数を減らすことができ、光軸合わせが極めて容易である。非導波の面型デバイスの形態内で多様かつ高度の機能を実現するデバイスについて、今年度は以下の項目に示す研究を行った。

1. 積層型偏光分離素子(LPS)とその応用デバイス

偏波無依存の光スイッチや光アイソレータ等の光制御デバイスをレンズ・フリー、アラインメント・フリーでファイバに集積するためには、偏光分離角がガルチルに比べて3倍以上大きい本研究分野で開発した積層型偏光分離素子(LPS)の利用が不可欠である。構造を図1に示す。本研究では、LPSを利用したアイソレータの高性能化を目指し、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帶用のLPSの高性能化を行った。そのために、複合デバイス化に必要な $200\text{ }\mu\text{m}$ 級の厚膜化と低散乱損失を実現するためのプロセスの改良を行った。その結果、挿入損失は、厚さ $100\text{ }\mu\text{m}$ 当たり常光で 0.12dB 、異常光で 0.04dB と低損失なものが得られた。さらにLPS内での反射散乱機構の解析を行い、散乱メカニズムの検討を行った。

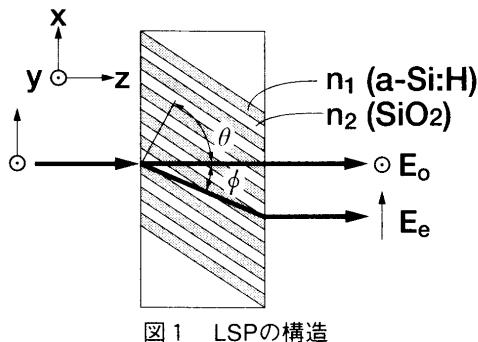


図1 LSPの構造

2. ファイバ集積型アイソレータ

レンズを全く必要とせずに光ファイバ回路中に

アイソレータを一括集積化する、新しい技術の研究開発を行った。まず、偏波分散が十分に小さく、入射光、出射光間にオフセットがない斜め挿入型のアイソレータの設計を行った。構造を図2に示す。次に、積層形の高性能偏光分離素子LPSとファイバのコア径を拡大させるTECファイバ技術を用いた、新構造集積形アイソレータの試作を次のような手順で行った。まず、バイアス印加高周波スパッタリング法により、水素化アモルファスシリコンと石英から成る高品質LPSを作製した。これに半波長板およびファラデー素子を貼り合わせてアイソレータチップを作製した。TECファイバについては、新たにマイクロバーナによる作製方法を確立し、4並列の小型TECファイバアレイを実現した。このアレイに精密回転ブレードによって矩形溝を形成し、アイソレータチップを挿入することによって集積形のアイソレータを実現することができた。初期特性として、挿入損失 5dB 、アイソレーション 26dB を得た。これにより構造および作製プロセスの基本が開発できた。今後はア

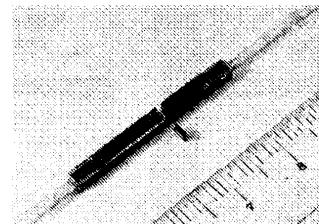


図2 ファイバ集積型アイソレータの構造

イソレータ特性の向上が課題であり、構成素子の広開口化によって解決できる見通しである。

3. プラズマCVD法によるLPSの作製

LPSはスパッタリング法によって作製されたa-Si:H/SiO₂交互多層膜によるものが $\lambda=1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帶用として実現されている。 $\lambda=1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帶ではa-Si:Hの代わりに、バンドギャップ・エネルギーの大きいa-Si_xC_yHを利用してるのが有利であり、この成膜にはCVD法が適している。本研究ではa-SiC:H/SiO₂交互多層膜から成るLPSをプラズマCVD法によって作製し、さらに作製プロセスを改良することによって、吸収及び散乱損失の低減化を図った。

4. 化合物半導体面型光増幅器

半導体光増幅器は結晶組成を変えることで増幅可能波長帯を設定でき、帯域幅も広く、また小型であるといった特長がある。励起方法には、電流によるキャリヤ注入と光励起の2通りあり、これまで半導体光増幅器は電流励起による導波路型が主であった。キャリヤ注入による方法では、キャリヤは量子井戸から量子井戸へとトンネル効果によって移動するので、電極から遠ざかるほどその密度分布は小さくなり、偏波依存性も存在する。これに対し、MQW層に垂直に光を入射させる光励起垂直入射型(図3)では偏波依存性がなく、パンピング光強度が十分大きければ全ての層に電子をパンピングできる。さらに、増幅率はMQWの層数を多くすることで大きくでき光増幅に有利である。本研究では、化合物半導体面型光増幅器の作製に関して、以下のような検討を行った。

- ①化合物半導体面型光増幅器の動作解析
- ②具体的な面型増幅器の作製プロセスに関する検討
- ③自然放出光を用いた埋め込みによるキャリヤの閉じ込めの評価

その結果、閉じ込めのない100周期9MQWサンプルで、波長 $1.57\text{ }\mu\text{m}$ の光に対して 1.1dB のゲインが得られた。

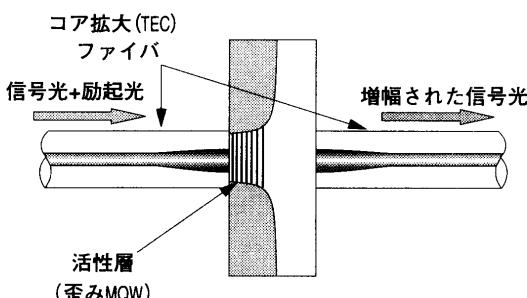


図3 光励起面型光増幅器の構造

5. 液晶による光制御デバイス

- ①液晶による光スイッチの複合集積

液晶セルとして、これまでのガラスに代わり屈折率の高いSiを使うことで光路長を短くでき、超薄膜化を達成した。さらに、TECファイバの改良を行い、液晶スイッチのファイバ集積化を実証した。

- ②チューナブル光フィルタの基本設計

一対の誘電体多層ミラー面にラビング処理し、その間に液晶を封入し、その全体にITOで電界を印加することで、ファブリペロー共振器を作製した。多層膜ミラーの形成をインハウスで行えるようになったため、実験を効率よく、短い時間で行えるようになった。作製したチュ

ーナブルフィルタを平面波回路によって評価し、良好な結果を得た。

③偏波面制御素子

液晶の面内での異方性を利用した偏波面制御素子の設計・試作・動作解析を行った。その構造を図4に示す。試作素子についても基本的な動作を確認することができた。即ちendless回転波長板(開口 $50\text{ }\mu\text{m}$)を作製し、時定数 5 msec という十分な速度を実証した。

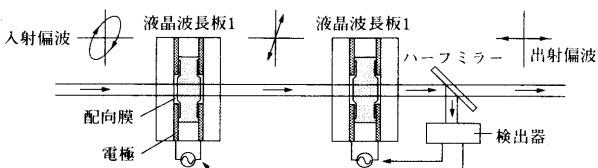


図4 液晶偏波面制御素子の構造

職員

教授 川上彰二郎
助手 花泉修, 佐藤尚
技官 相沢芳三
秘書 赤沢晴子

主な研究発表

- 1.Vertical Photonics -Direct integration of photonic devices into optical fiber, S. Kawakami, O. Hanaizumi, and T. Sato, 5th Optoelectronics Conference (OEC'94), Paper 14A2-5 (1994).
- 2.Surface emitting MQW light amplifier, S.Kawakami, International Workshops on Optical Waveguide Theory and Numerical Modelling, Siena University, Siena, Italy, September 30-October 1, 1994.
- 3.ヴァーティカル・フォトニクス, 川上彰二郎, 花泉修, 電子情報通信学会論文誌C-1, J77-C-1, 334-339 (1994).
- 4.Fabrication of an expanded core fiber having MFD of $40\text{ }\mu\text{m}$ preserving outer diameter, O. Hanaizumi, Y. Aizawa, H. Minamide, and S. Kawakami, IEEE Photonics Technology Letters, 6, 842-844 (1994).
- 5.Scattering mechanism and reducing insertion loss in a laminated polarization splitter, T. Sato, T. Sasaki, K. Tsuchida, K. Shiraishi, and S. Kawakami, Applied Optics, 33, 6925-6934 (1994).
- 6.Ge超薄膜をもつ短波長用積層型偏光子と境界層の検討, 松田淳一, 内田孝之, 川上彰二郎, 電子情報通信学会論文誌C I, J77-C-1, 727-733 (1994).
- 7.Vertical integration technology for fiber-optic circuit, K.Shiraishi, O.Hanaizumi, T.Sato, and S.Kawakami, Optoelectronics-Devices and Technologies, 10 (1995).

フォノンデバイス工学分野

超微細加工プロセスと、超高周波弹性表面波の 電子情報通信工学への応用

分野の目標

固体中及び固体表面を伝搬する超高周波帯の音響波に対応するフォノン波動が、種々の境界条件のもとで伝搬する境界波の、線形・非線形挙動を解明すると共に、これを電子情報通信工学に応用し、フォノン波動以外では得られない特性を有した機能素子を得ることを目的としている。特に、超高周波帯のフォノン波動が電磁波の波長の10の5乗倍短いことを用い、高度に集積化したデバイス及びこの境界波と光・電磁波或いは半導体キャリアとの相互作用を用いた新しい機能をもつデバイスの研究開発を行っている。このために、フォノン集積デバイスの基礎である、原子分子単位で制御された金属電極薄膜、圧電体単結晶及び圧電体薄膜の研究及び超高周波フォノン波動の発生・検出電極を作製するためのナノメータリソグラフィ及びプロセスの研究・開発を行っている。

主な研究成果

1. 20GHz帯の弹性表面波(SAW)素子を実現するには、50nm以下のラインアンドスペースを有する電極を作製しなければならない。そのためには、非常に薄いレジストパターンで電極を作製する技術が重要となる。そこで、陽極酸化法で形成した酸化膜をレジストとするプロセスの研究を行った。これにより17GHz帯のコヒーレントSAWの送受実験に成功し、また、10GHz帯で挿入損失16dBの良好なフィルタ特性を得た。

2. 低損失SAWデバイスを実現するためには、すだれ状SAW変換器の一方向性化が重要であるが、異種金属或いは同種金属の膜厚差によるSAWの反射係数の違いを用いた一方向性変換器は、励振効率及び作製面で理想的な正規型に近い構造が得られることから重要である。しかし、従来この構造を得るために重ね露光を必要とするため、高周波化に伴う電極の微細化に対しては作製面で限界があったが、電気化学効果を用いることで選択的に膜厚差を有する電極を作製するプロセスの研究を行い、重ね露光を用いず、膜厚差を有するGHz帯の一方向性変換器を得ることができるようになった。

3. すだれ状電極の一方向性化の方法として、圧電体基板の異方性と電極反射を用いる方法が注目

されているが、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 圧電単結晶において、オイラー角($0,51^\circ,90^\circ$)に最適位相条件を満たすカットが存在し、且つパワーフローアンギュラが0であること、($0,78^\circ,90^\circ$)では温度特性(TCD)が0となることを理論的に見い出だし、一方向性動作を実験的に確認した。

4. 微小物体の非接触・遠隔操作による選択的な移送・捕捉・融合・分類などのアクチュエーション技術として、VHF帯超音波の放射圧による力に着目し研究を進めているが、従来、微小液体系に効率よくVHF帯超音波を発生させることは困難であった。そこで、集束型の浮き電極一方向性SAW変換器を用いて、新しいビーム圧縮型漏洩波トランステューサを発し、水中に存在する直径 $50\mu\text{m}$ のガラス球の2次元的な超音波マイクロマニピュレーションに成功した。

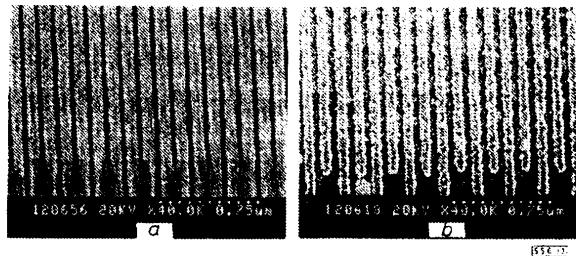


Fig. 1 SEM image of resist pattern and electrode pattern
a PMMA resist pattern
b Electrodes
160nm periodic electrodes (corresponding to 80nm width)

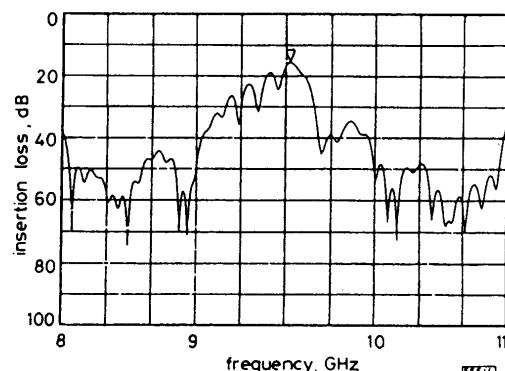


Fig. 2 Experimental frequency response of 9.5GHz SAW filter
Marker: 9.53GHz, 15.7dB

コヒーレントウェーブ工学研究部門

職員

教 授 山之内和彦
助教授 竹内 正男
助 手 目黒 敏靖
助 手 小田川裕之
技 官 我妻 康夫

研究テーマ

1. 超高周波帯弾性表面波変換器と信号処理デバイスへの応用に関する研究
2. 移動体通信用低損失フィルタに関する研究
3. 半導体キャリヤと弾性表面波との相互作用を用いた電荷転送素子に関する研究
4. 弾性表面波共振子及び静磁波共振子に関する研究
5. 電子ビーム露光を用いたナノメタプロセスと20GHz帯デバイスへの応用に関する研究
6. 微小物体の超音波マイクロマニピュレーションに関する研究

主な研究発表

1. Nanometre electrode fabrication technology using anodic oxidation resist films and application to 10 GHz surface acoustic wave devices, K.Yamanouchi, T.Meguro, Y.Wagatsuma, H.Odagawa and K.Yamamoto, Electron. Lett., 30, 1010-1011(1994).
- 2.Ultrasonic micromanipulation of small particles in liquid, M.Takeuchi and K.Yamanouchi, Jpn. J. Appl. Phys., 33, 3045-3047(1994).
- 3.Crystal Orientations for Natural Single Phase Unidirectional Transducers (NSPUT) on Li₂B₄O₇, M.Takeuchi, H.Odagawa and K.Yamanouchi, Electron. Lett., 30, 2081-2082(1994).
- 4.GHz-range SAW devices using nano-meter electrode fabrication technology, K.Yamanouchi, IEEE Ultrason. Symp. Proc.(Invited paper), 421-428(1994).
- 5.Ultrasonic micromanipulation of small particles in liquid using VHF-range leaky wave transducers, M.Takeuchi, H.Abe and K.Yamanouchi, IEEE Ultrason. Symp. Proc., 607-610(1994).
- 6.Submicron fabrication techniques using electrochemical effects and application to unidirectional SAW transducers, H.Odagawa, N.Tanaka, T.Meguro and K.Yamanouchi, IEEE Ultrason. Symp. Proc., 437-440(1994).

電子音響集積工学研究分野

超高信頼性無線通信技術を目指した システム・回路・デバイス・プロセス・材料の一貫した研究

21世紀の高度情報化社会において、各個人はTele-Padと命名される携帯情報無線端末をもち、Tele-Pad相互間あるいは基幹ネットワークに接続されたスーパー・ワーカステーションとの間で、音声・データ・画像などの情報を各自が分散交換機能をもって、「いつでも、どこでも、誰とでも」自由にやりとりするC&Cのパーソナル化がますます進展すると考えている。

本研究分野では、Tele-Padの実現を目的に、システム、回路、デバイス、プロセス、材料の一貫した研究を行っている。具体的にはベースバンドからRFまでの広い周波数帯のデジタル・アナログ信号処理を行う「無線通信用機能集積スーパー・ハイブリッドULSIチップ」の実現を目指している(図1)。以下、本年度の成果について述べる。

① 超高信頼性スペクトラム拡散(SS)通信モデル [RF技術・変調技術]

CDMA(Code Division Multiple Access)であるスペクトラム拡散通信方式は、ベースバンドデータを、高速の擬似雑音(PN)コードで2次変調し、周波数帯域を拡散して送信し、受信側では送信側と同じPNコードを用いて相関をとって(2次復調)、元のデータに復調する。拡散・逆拡散というプロセスを経ることによってSS固有のSN改善であるプロセスゲインを得ることができ、耐妨害、耐マルチパスフェージング、秘匿性、さらにPNコードの

使用によりチャネルの識別や位置検出が可能といった特徴をもつ。しかし、ノイズレベル以下になる受信信号を逆拡散によって復調するためには相関器が必要であり、特に携帯型の無線端末には低消費電力かつ小型の相関素子が必須であった。本研究分野では、IF帯(200MHz帯)で非同期で相関処理を行う信号処理デバイスとして、ZnO/Si構造SAWコンボルバを開発・実用化し、さらにSAWコンボルバのコーヒーレント相関特性を利用した非同期SS無線モデムの開発を行ってきた。これらにより、国内認可第1号となった2.4GHz SS無線モデムを完成させた。本年度は特に音声・画像多重伝送2.4GHz SSモデムへと発展させた。

ZnO/Siコンボルバは200MHz帯で動作するため、2.4GHz SS信号処理のためには、周辺RF回路が必要となる。これに対して、本研究分野で開発してきた窒化アルミニウム/サファイア(AlN/Al₂O₃)構造は、約6,000m/secの高音速を有し、かつ本研究分野で見い出した零温度係数伝搬遅延時間特性を持つ。2.4GHzフロントエンド AlN/Al₂O₃ SAWコリレータを用いると2.4GHz帯の受信信号から直接ベースバンドデータへの復調が可能となる。本年度は、2.4GHzフロントエンド AlN/Al₂O₃ SAWコリレータを新たに設計・試作し、これを用いた2.4GHz SSモデムを開発した。図2は、AlN/Al₂O₃ SAWコリレータを搭載した「カードサイズSS復調器」である。

データレート2Mbpsの伝送に成功している。

また、コリレータの基盤となるAlNエピタキシャル成長技術に関して、2インチサファイア基板上に膜厚分布±1%で高品質AlNエピタキシャル膜を成長させる「クヌーセン圧MO-CVD技術」の開発を行っている。

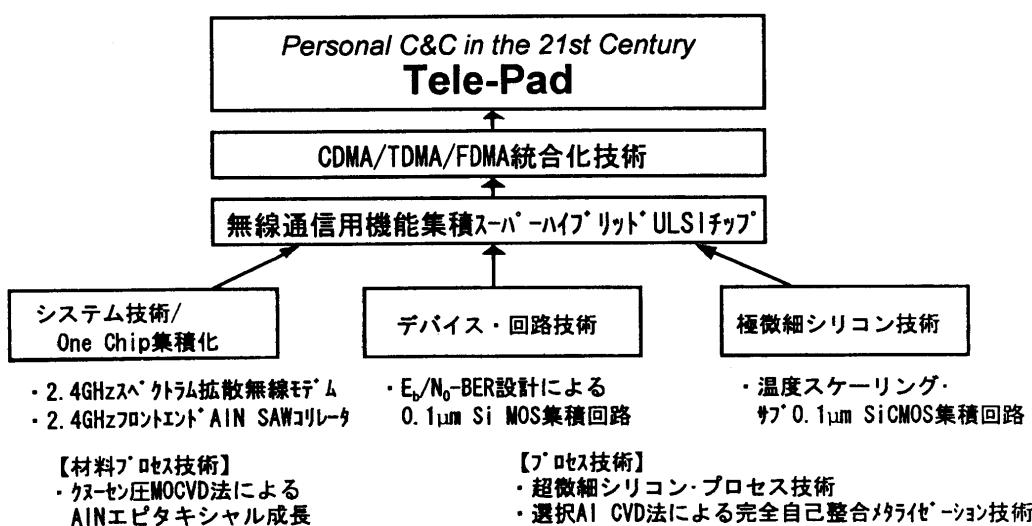


図1 電子音響集積工学研究分野の研究目標

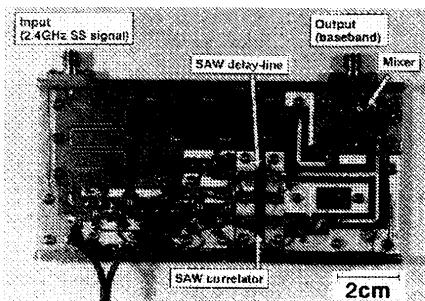


図2 2.4GHzフロントエンドAIN/ α -Al₂O₃ SAWコリレータを用いたカードサイズ2.4GHzスペクトラム拡散通信復調器

②極微細シリコン技術 [微細デバイス・プロセス技術]

RFからベースバンドまでのアナログ・デジタル信号処理技術のためには、Si集積回路の高速化が必須である。本研究分野では、低電圧・低温動作高速MOSFETの設計概念として従来の寸法スケーリング則とは独立である「温度スケーリング則」さらに「温度・寸法合成スケーリング則」を提案し、十分なON/OFF電流比と低閾値電圧の両立が可能であることをシミュレーションにより示してきた。本年度は「温度・寸法合成スケーリング則」に基づいて、0.1 μ m MOSFETの試作を行い、その結果1V動作において、短チャネル効果による閾値電圧やサブスレッショルド係数の劣化のない77K・1V動作n-MOSFETを実現した。低温動作超高速集積回路は、集中無線基地局への応用が可能である。今後さらに、携帯移動端末用の室温動作極微細高速デバイスの研究を進めていく。

また、超LSI多層配線技術として研究してきた選択AI CVD技術に関して、選択成長メカニズムとして提案してきた「表面電気化学反応モデル」について実験的検証を行った。現在、選択AI CVD技術を微細孔への金属選択穴埋め技術だけと捉えるのではなく、積極的にMOSFET回路の高速化をはかる技術である「完全自己整合メタライゼーション技術」へと発展させていく。これは、MOSFETのソース・ドレイン・ゲート上に低抵抗AIを選択的に堆積させ、高速化を阻害しているシート抵抗を徹底的に低減する技術である。本技術のポイントとなるバリアメタル上の選択AI堆積前のプラズマレス・ドライクリーニング技術を開発した。

以上の研究を発展させて、サブ10psec・サブ0.1 μ m MOSFET集積回路を実現し、ベースバンドのみならずRF信号処理可能な微細デバイス・プロセス技術の確立を目指す。

③超低消費電力Si集積回路 [RF～ベースバンド回路設計技術]

乾電池で動作するTele-Pad実現のためには、ア

ナログ・デジタル信号処理集積回路の低消費電力化が必須である。従来、デバイス・回路・システムのそれぞれの技術は細分化専門化され、RFからベースバンドまでを統合化し、一貫して設計する観点が失われてしまっていた。これは、システムからデバイスレベルまでを一貫して評価、議論できる指標が無かったためである。そこで、通信システムの設計、評価に広く用いられているE_b/N₀-BER (E_b: 1ビット当たりのエネルギー、N₀: 1Hz当たりの雑音電力、BER: ビット誤り率) 特性に着目した。本年度は、まずE_b/N₀-BER特性が集積回路動作解析にも適用可能であることを実験的に初めて明らかにし、システムから回路・デバイスまでを一貫して解析・設計できるパラメータである事を明らかにした。

今後、超低消費電力回路設計技術、さらにRF～ベースバンド統合回路設計技術へと発展させる。

<職員>

教授 坪内和夫 助教授 益 一哉

助手 横山道央

<研究テーマ>

1. 高信頼性GHz帯CDMA方式無線通信モジュール及びシステムの研究
2. GHz帯弾性表面波信号処理デバイス及び材料の研究
3. 超低消費電力GHzクロック・サブ0.1 μ m Si CMOS集積回路の研究
4. サブ0.1 μ m超微細プロセス技術の研究
5. 0.01 μ mプロセス技術とデバイスの研究

<主な研究発表>

1. One Chip Demodulator Using RF Front-End SAW Correlator for 2.4GHz Asynchronous Spread Spectrum Modem, H. Nakase, T. Kasai, Y. Nakamura, K. Masu and K. Tsubouchi, The 5th Int. Symp. on Personal Indoor and Mobile Radio Commun. (PIMRC'94), The Hague, 374-378 (1994).
2. Short-Channel-Effect Free 0.18 μ m MOSFET by Temperature-Dimension Combination Scaling Theory: Design and Experiment, M. Yokoyama, T. Hidaka, K. Sasaki, K. Masu and K. Tsubouchi, IEEE Electron Device Lett. 15(6), 202-205 (1994).
3. Contribution of Free Electrons to Al CVD on a Si Surface by Photo-Excitation, K. Masu, M. Yokoyama, H. Matsuhashi and K. Tsubouchi, Appl. Surf. Sci. 79/80, 237-243 (1994).
4. Precursor Design and Selective Aluminum CVD, K. Tsubouchi and K. Masu, 4th Euro. Vac. Conf. and 1st Swedish Vac. Meet., Uppsala, Orals-34 (1994). (Invited Paper).

量子波動工学研究分野（客員分野）

波動としての電子の性質を用いた 電子デバイス創製のための基礎的研究

新しい電子デバイス創製のために、電子の波動としての性質に関する基礎的な研究を行う、コヒーレントウェーブ工学部門の客員研究分野（第2種）である。平成7年1月より、NTT基礎研究所堀越佳治部長が客員教授として就任、活発な意見交換および関連の深い研究分野の学生の研究指導に共同してあたっている。

物質の大きさを電子の波長より小さなサイズに制御することにより、量子効果が顕著に現れ、構造設計により、その効果を自由に制御できる特長をもつ。このためには、原子層制御単結晶成長が不可欠であり、結晶成長と関連する物理についての研究討論を中心に、以下に掲げる研究テーマを推進する予定である。

職員

客員教授 堀越佳治

研究テーマ

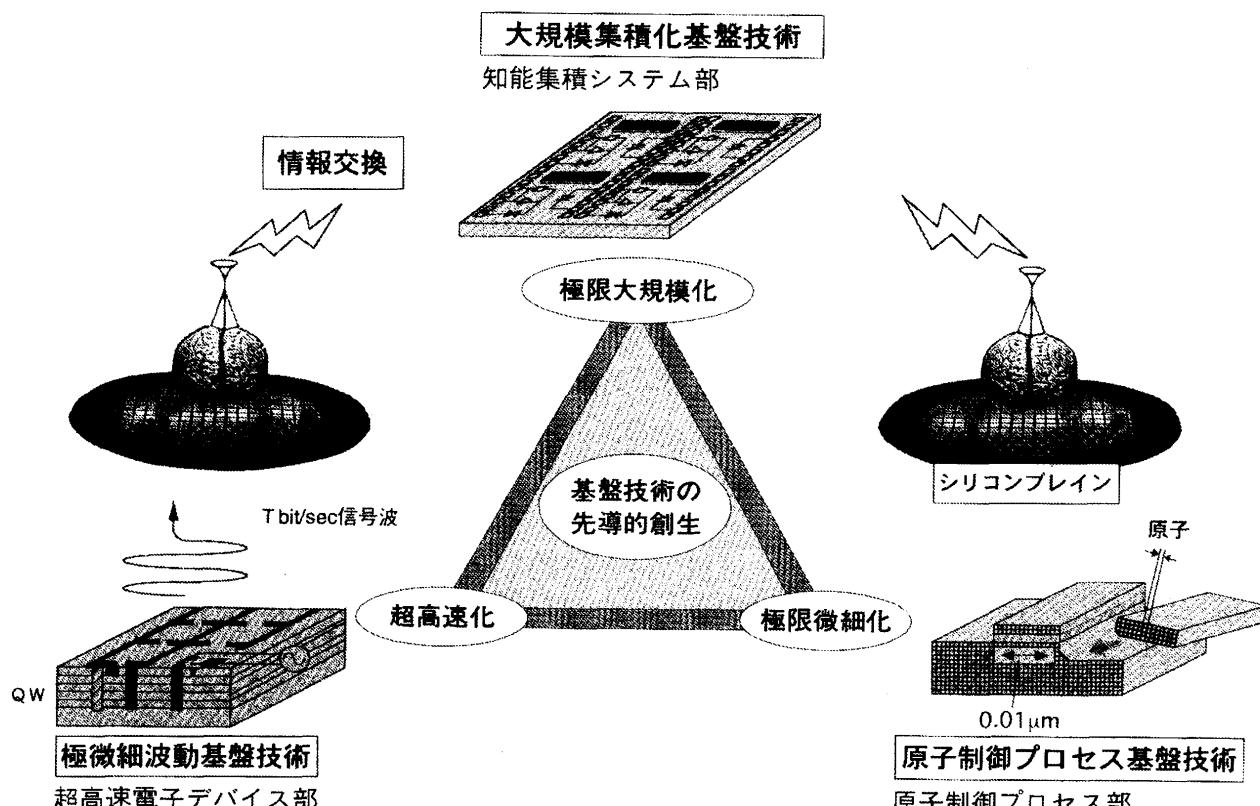
1. 原子層制御化合物半導体の成長物理の研究
2. 量子井戸構造を用いた光学デバイスの研究
3. 半導体によるテラヘルツ波発生の研究
4. 超高速電子デバイスに関する研究

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附属超高密度・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瞬時の判断や認識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部から成る。原子制御プロセス部では、原子精度の極微細構造（厚さ方向1nm、面内方向10nm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/sec）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等の極微細波動を用いて、光波・電磁波の発生・変調・增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、神経回路網等の高密度・高速知能システム（10Gbit相当が集積化されたシリコンブレイン）の構築を目指し、大規模回路の設計・製作・検査から組立にわたって、新概念の多層配線技術・多層平坦化技術・広領域高精度パターニング技術等を研究開発し、大規模集積化基盤技術を創生する。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及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・通信工学専攻・電子工学専攻や情報科学研究科の情報基礎科学専攻・情報システム科学専攻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。

本年度は本施設発足初年度として、原子層成長・原子層エッチング、半導体極微ヘテロ量子構造を用いた電子波・光波の制御を中心に研究を行った。



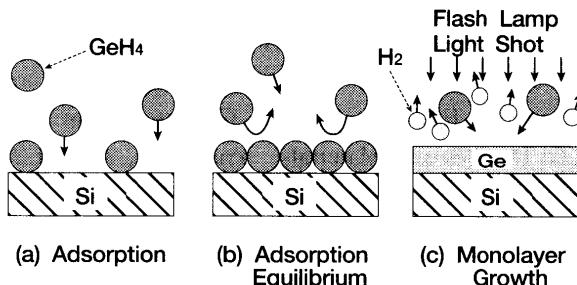
原子制御プロセス部

原子精度の極微細構造製作のための基盤技術の研究

物質の加工すなわち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）のための大容量化・高速化及び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Si系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とその極微細デバイスへの応用研究を中心に行っている。

原子層成長制御 CVD

IV族半導体の原子層成長では、従来、原料ガスとして不要不純物を含む塩化物や有機金属などが用いられているが、生産性・再現性を重視するSi集積回路製作には適さない。本研究部では、原料ガスとして最も単純な分子構造でかつ取り扱いの容易な SiH_4 、 GeH_4 等の水素化物ガスを用い、原料ガスの供給を止めることなく高い分圧（数Pa～数百Pa）に保ったまま单分子吸着層を形成し、この吸着層のみをフラッシュ光照射による瞬時加熱で分解し、一原子層ずつの成長を可能にするという独創的な原子層成長制御法を研究してきた。本年度は、Si表面への SiH_4 吸着量及びGe表面への GeH_4 吸着量がLangmuir型吸着・脱離平衡で表され、表面吸着点密度が表面原子密度に等しいことを明らかにし、これに基づき、300°C以下のGe表面でのSiの一原子層成長、及びSi表面でのGeの一原子層成長を実現した。さらに、Si表面を高清浄でしかも原子オーダで平坦化処理する技術、並びに水素吸着による表面再配列超格子構造の安定化技

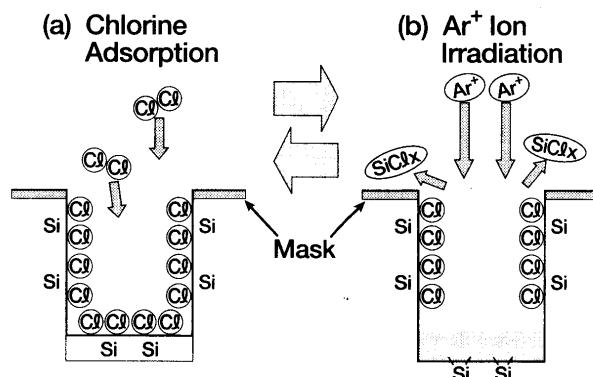


瞬時加熱CVD法による原子層成長

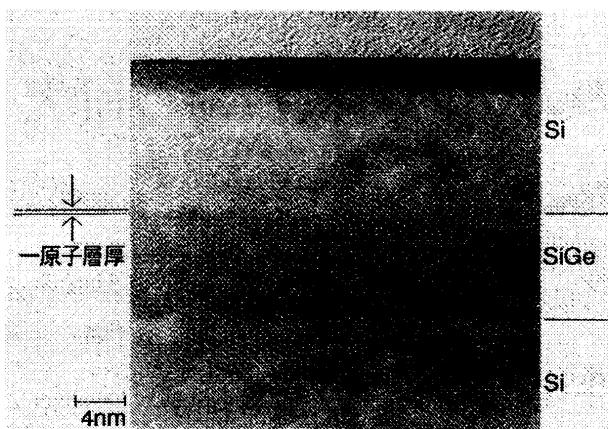
術の開発と同時に、SiとGeが一原子層ずつ積層した共鳴トンネルダイオードの製作を進めている。また、新機能デバイス製作に必要な絶縁膜、金属膜の原子層成長の基礎研究を開始する。

原子層エッチング

ドライエッチングにおけるエッチ量のデジタル的制御の報告はあるが、Siのエッチングを完全に自己制限型にはできなかった。本研究部では、高清浄電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマエッチング装置を用いてSi表面への塩素の吸着と低エネルギー Ar^+ イオン照射を交互に行うことにより、Siの自己制限型原子層エッチングが可能であり、超微細パターン加工もできることを実証してきた。本年度は基板面方位と吸着種の違いの効果を研究し、1サイクル当りのエッチ量は、表面の塩素吸着量とともに増加し各面方位ともそれぞれの1原子層厚に簡単な分数を掛けた値に飽和すること、塩素分子のみを供給した場合、それらの飽和値は塩素ラジカルの供給を含む場合の1/2倍になることを見い出した。また、原子層エッチング中のSi表面のXPS分析結果から、脱離を無視したSi表面への塩素のLangmuir型单層吸着を仮定して、1サイクル当りのエッチ量が飽和エッチ量と塩素の吸着速度定数を用いて定量的に説明できること、また、飽和エッチ量は、各面方位の表面ボンド構造と塩素の吸着サイトとに単純な対応関係があることを明らかにした。さらに、エッチング対象材料を拡大し、デバイス製作への適用を図る。



塩素吸着とイオン照射による原子層エッチング



550°CでCVD法により形成したSiGeヘテロ構造

極微細ヘテロデバイスの製作

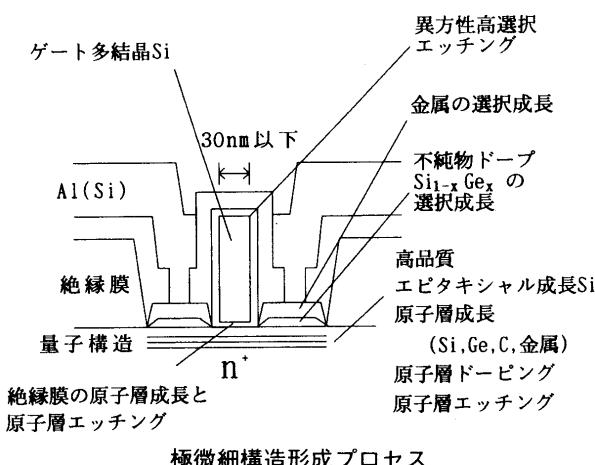
極微細Si-Ge系ヘテロデバイスの実現を目指して、本年度は、まずSiGe混晶の形成におけるBドーピング機構を研究すると同時に、Si上のみへのSiGe混晶の550°Cという低温での高選択成長条件を明らかにした。さらに、Si基板と選択成長SiGe混晶層のpn接合特性を調べ、接合形成後の熱処理なしで逆方向リーキ電流密度 10^{-10} A/cm^2 台を得て非常に良好な接合特性であることを確認した。これらの結果をもとにソース・ドレイン層形成の最適化を図り、BドープSiGe混晶の選択エピタキシャル成長層をソース・ドレイン層とする新しいMOSFET製作プロセスを構築し、ゲート電極寸法と実効チャネル長がほぼ等しい $0.11 \mu\text{m}$ レベルのpチャネルMOSFETを実現した。さらに、より一層の素子の微細化を図ると同時に、電極構成を研究し、ヘテロデバイス並びにCMOS回路への適用を進める。

職員

教授 室田 淳一

助手 櫻庭 政夫

助教授 松浦 孝



極微細構造形成プロセス

研究テーマ

1. 原子精度の薄膜成長、エッティング、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

1. Stability of the Dimer Structure Formed on Si(100) by Ultraclean Low-Pressure Chemical Vapor Deposition, M.Sakuraba, J.Murota, and S.Ono, J.Appl.Phys. **75**, 3701-3703 (1994).
2. Low-Temperature Epitaxial Growth of Si / Si_{1-x}Ge_x/Si Heterostructure by Chemical Vapor Deposition, (Review Paper), J.Murota and S.Ono, Jpn.J.Appl.Phys., **33**, Pt 1, 2290-2299 (1994).
3. Ultrashallow Junction Formation Using Low-Temperature Selective Si_{1-x}Ge_x Chemical Vapor Deposition, F.Honma, J.Murota, K.Goto, T.Maeda, and Y. Sawada, Jpn. J. Appl. Phys., **33**, Pt 1, 2300-2303 (1994).
4. Atomic-Layer Epitaxy Control of Ge and Si in Flash-Heating CVD Using GeH₄ and SiH₄ Gases, M. Sakuraba, J.Murota, T.Watanabe, Y. Sawada, and S.Ono, Appl.Surf.Sci., 82-83, 354-358(1994).
5. Substrate Orientation Dependence of Self-Limited Atomic-Layer Etching with Chlorine Adsorption and Low Energy Ar⁺ Irradiation, K.Suzue, T.Matsuura, J.Murota, Y.Sawada, and T.Ohmi, Appl.Surf.Sci., **82-83**, 422-427, (1994).
6. 塩素吸着とArイオン照射を用いたSiのエッティング, 松浦孝, 室田淳一, 澤田康次, 大見忠弘, 応用物理, **64**, -技術ノート (原子層エッティング) -, 159-160 (1995)
7. A Novel Fabrication Method for Short Channel MOSFET's Using Self-Aligned Ultra-shallow Junction Formation by Selective Si_{1-x}Ge_x CVD, K.Goto, J.Murota, F.Honma, T.Matsuura, and Y.Sawada, Ext.Abs.1994 Int. Conference on Solid State Devices and Materials, Yokohama, August 23-26, 1994, pp.999-1000.

超高速電子デバイス部

半導体量子構造の物性と応用

平成6年度に発足した超高速電子デバイス部では、半導体極微構造を用いて電子波や光波を制御する技術であって、次世代の超高速情報通信を可能とする、極微細波動基盤技術に関する研究を進めている。

半導体の微細化を極限まで押し進めていき、構造が電子のドブロイ波長と同程度以下になると、電子準位が量子化された影響が半導体の電子・光物性に顕著に現れる。本研究部では、物質内の電子状態を様々な方法で制御し工学的に応用する立場から、この領域の半導体の構造、すわち半導体量子構造を研究の対象とし、特に化合物半導体の量子構造の作製と物性の理解、それらのデバイス応用に関する研究を進める。具体的には、

- ・半導体量子構造の形成に関する研究、
- ・量子構造によるTHz～遠赤外光発生の研究、
- ・量子構造における量子輸送現象の研究、
- ・超高速・超高周波デバイスに関する研究、
- ・希薄磁性半導体およびその量子構造の物性と応用に関する研究、

の5項目を取り上げ研究を進める。

第一の半導体量子構造の形成に関する研究では、分子線エピタキシ(Molecular Beam Epitaxy, MBE)法を用いた超高純度のAlGaAs/GaAs系量子構造、InAs/GaSb系量子構造の結晶成長をはじめ、それらの量子構造の形成に必要な原子層エピタキシ技術、リソグラフィ技術などのプロセス技術の基礎および応用に関する研究を進める。

第二の量子構造によるTHz～遠赤外光の発生の研究では、量子構造中のサブバンド間の光学遷移によるTHz～遠赤外光の発生を取り上げ、AlGaAs/GaAs系の共鳴トンネル構造や、InAsの伝導帯がGaSbの価電子帯よりエネルギー的に低いところに位置するInAs/GaSbヘテロ構造の特異なバンドラインアップを利用した構造によってキャリアのエネルギーフィルタリングを行い効率の良い発光を実験的に得ることを目指している。

第三の量子輸送現象の研究では、量子構造における強磁場中の单電子凝縮など物理の基礎に関わるものから、单電子トンネル現象、超高速電子輸送現象などデバイス応用に関わるものまで、広い範囲を視野に入れて研究を進めていく。特に現在

は、結合量子井戸構造における分数量子ホール状態の2層の電子間に生じると期待されるジョセフソン現象の実験的研究を、東北大学理学部と共同で進めている。これは、波動基盤技術の基礎物理への応用と位置づけられるものである。

第四の超高速・超高周波デバイスに関する研究では、半導体量子構造を用いた超高速・超高周波電子デバイスの基礎的研究を行い、THzデバイスを指向する。

第五の希薄磁性半導体およびその量子構造の物性と応用に関する研究では、半導体材料の範囲を従来の非磁性の半導体から磁性原子を含む希薄磁性半導体へ広げ、光・電子デバイスで成功を収めてきた半導体に磁性という新しい自由度を付加して半導体量子構造の世界をさらに豊かにすることを目指している。ここでは、非磁性III-V族化合物半導体中の原子を磁性原子に置換した希薄磁性半導体の結晶成長と物性に関して研究を進めている。

職員

教授 大野 英男 助手 松倉 文礼

研究テーマ

1. 半導体量子構造の形成に関する研究
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. 超高速・超高周波デバイスに関する研究
5. 希薄磁性半導体およびその量子構造の物性と応用に関する研究

主な研究発表

1. Adsorption of Carbon-related species onto GaAs (001), (011), and (111) surfaces exposed to TMGa, S. Goto, H. Ohno, Y. Nomura, Y. Morishita, and Y. Katayama, J. Crystal Growth, **136**, 104-108 (1994).
2. Effect of hydrogen radicals on the reduction of carbon incorporation into GaAs grown by using trimethylgallium, S. Goto, Y. Nomura, Y. Morishita, Y. Katayama, and H. Ohno, Jpn. J. Appl. Phys., **33**, 3825-3829 (1994).
3. Minimum light power for optical interconnection in

- integrated circuits, H. Ohno, Optoelectronics -Devices and Technologies-, **9**, 131-136 (1994).
- 4.III-V族希薄磁性半導体の輸送現象と磁性, 大野英男, 応用物理, **63**, 161-164 (1994).
5. Influence of hydrogen radicals on the reduction of carbon incorporation into chemical beam epitaxial GaAs, S. Goto, Y. Nomura, Y. Morishita, Y. Katayama, and H. Ohno, J. Crystal Growth, **144**, 126-132 (1994).
6. トリメチルガリウムを用いたGaAsの原子層エピタキシと表面カイネティクス, 大野英男, 日本結晶成長学会誌, **21**, 24-31 (1994).
7. 化合物半導体清浄表面と有機金属との相互作用—GaAs-TMGa系の原子層エピタキシの機構—, 大野英男, 日本結晶成長学会誌, **21**, S201-S208 (1994).
8. Kinetics and mechanism of atomic layer epitaxy of GaAs using trimethylgallium, H. Ohno, S. Goto, Y. Nomura, Y. Morishita, and Y. Katayama, Applied Surface Science, **82/83**, 164-170 (1994).
9. Inter-subband population inverison in tunneling heterostructures, H. Ohno, Transactions of the Materials Research Society of Japan, **19A**, 47-52 (1994).

著者

III-V族化合物半導体（第8章「表面界面の物性」分担執筆), 大野英男, 赤崎勇編, 培風館, 195-217 (1994).

3.5 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

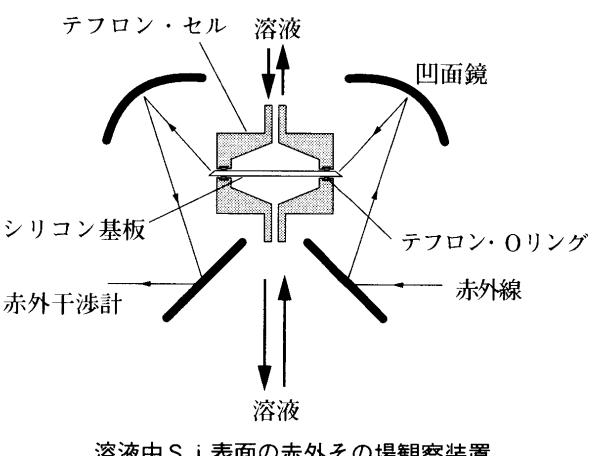
通研の改組にともなって、旧超微細電子回路実験施設測定解析部は評価・分析センターとして生まれ変わることとなった。評価・分析センターは、旧測定解析部、旧格子欠陥実験施設の時代を含めると、ほぼ20年の期間にわたり、主にX線の構造解析について測定依頼に応じると共に学生に対する実験指導を行ってきた。そもそもの目的は、各研究室にある汎用性の高い測定装置を持ち寄って、それらの装置を公開することにより装置の有効利用を図ると共に、装置の維持・管理を集中的に行うというものであった。現在、評価・分析センターには、旧測定解析部からの使用区分変更により、X線回折装置、電子顕微鏡、X線トポグラフ装置、赤外分光装置、電子スピン共鳴装置、昇温脱離装置などが揃っている。

評価・分析センターの目的は、通研および電気情報系の研究分野内研究、施設の部内研究、共同プロジェクト研究ならびに各種共同研究を進めるために必要な材料・デバイスおよびシステムの測定・評価・分析を行うことである。これからますます超微細化・精密化の要求が高まる材料・デバイスおよびシステムの開発において、評価・分析の精度をどこまで上げられるかが大きな課題になってくる。この課題に取り組むことが評価・分析センターの目標である。また、共通の分析評価設備・機器の充実を図っていくことも大きな目標である。そのためには新機種の導入を図るとともに、旧測定解析部の精神を受け継ぎ、各研究分野所有の評価・分析機器を互いに利用しあう体制を確立することを現在検討している。

1994年度は、旧測定解析部からの継続で、各種測定依頼に応じてきた。特に使用頻度の高かった装置はX線回折装置である。X線回折法は最も基本的な材料評価法であり、今年度の年間使用時間は450時間であった。主な使用目的は磁性材料、超伝導体材料の構造評価であったが、X線二結晶法を用いた半導体エピ膜の格子定数の測定や、Si単結晶の格子欠陥の測定依頼もあった。現有のX線回折装置の一部に故障が頻発していたため、今年度は汎用X線回折装置の新機種を導入した。この装置は、自動測定が可能であるとともに、ネットワークに組み入れることができる。そ

のため、測定データをネットワークを通して、青葉山地区や他大学を含めて他研究室に送ることが可能となる。今後、様々な測定結果のデータベース化が進んでくると予想されたため、このような測定・分析機器のネットワークへの組み込みはできる限り推進していく予定である。

次に使用頻度の高かった測定装置は赤外分光装置である。シリコン表面のエッチング・酸化反応の分析、半導体表面上のフラーレンや有機薄膜の分析などに使用された。特に、シリコン表面のエッチング反応の分析においては、フッ酸溶液中のシリコン表面の化学状態をその場観察する方法を初めて可能にした。下図は装置の概略図であり、この方法は溶液センサーとしても活用できる。



溶液中 Si 表面の赤外その場観察装置

現在整備中の装置は、可視・紫外分光器と高速液体クロマトグラフィ装置である。後者は高分子材料・有機材料の分析評価に使用する予定である。

職員

センター長 宮本 信雄（分子電子工学研究分野）
助教授 庭野 道夫（電子量子デバイス工学研究分野）

研究テーマ

1. 半導体表面・界面の原子レベル構造解析
2. 半導体表面化学反応の反応機構の解明とプロセスへの応用
3. 新機能性薄膜の形成と構造評価

主な研究発表

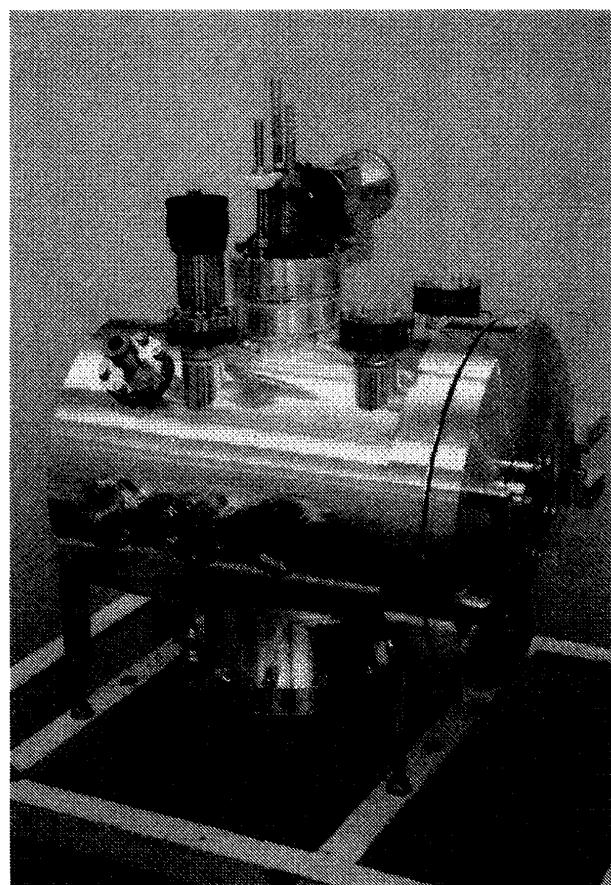
1. Oxidation of Hydrogen-Terminated Si Surfaces Studied by Infrared Spectroscopy, M. Niwano,J. Kageyama, K. Kinashi, J. Sawahata, N. Miyamoto, Surf. Sci. Lett. 301, L245-L249(1994).
2. UV-Assisted Deposition of TEOS SiO₂ Film Using Spin-Coating Method, K. Kinashi, M. Niwano, and N. Miyamoto, Appl. Surf. Sci. 79 /80, 332-337 (1994).
3. Infrared Spectroscopic Study of Initial Stages of Ultraviolet Ozone Oxidation of Si(100) and (111) Surfaces, M. Niwano, J. Kageyama, K.Kinashi, and N. Miyamoto, J. Vac. Sci. Technol.A12, No.2 (1994) 465-470.
4. UV-Induced Deposition of SiO₂ Film from TEOS Spin-Coated on Si, M. Niwano, K. Kinashi,K. Saito, N. Miyamoto, and K. Honma, J. Electrochem. Soc. 141, 1556-1561(1994).
5. Infrared Spectroscopy Study of Initial Stages of Oxidation of Hydrogen-Terminated Si Surfaces Stored in Air, M. Niwano, J. Kageyama,K. Kurita, K. Kinashi, I. Takahashi, and N. Miyamoto, J. Appl. Phys. 76, 2157-2163(1994).
6. In-situ infrared study of chemical state of Si surface in etching solution, M. Niwano, Y. Kimura, and N. Miyamoto, Appl. Phys. Lett. 65,1692-1694(1994).

3.6 附属工場

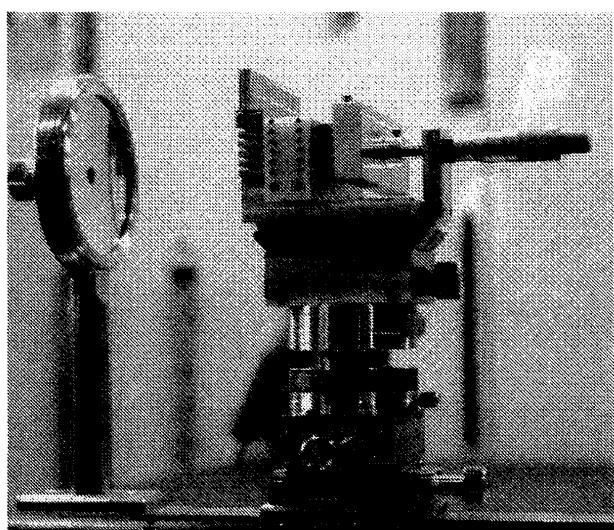
本附属工場は、研究所付置の金工場として、各分野、施設からの要求に応じて、電気通信研究用の各種の実験装置の設計、工作をはじめ、学生、教職員への工作指導を行っている。工作の方法としては、旋盤、フライス盤等による精密機械工作が主であるが、本工場は従来より新しい工作方法を取り入れることにも積極的で、超音波加工、ガラス研磨の技術を始め、近年はステンレス材、アルミニウム材の溶接技術をいち早く研究してその技術を修得し、各種超高真空容器の精密工作に成功し、半導体界面、磁気記録の研究をはじめ種々の電気通信の研究に対して多大な貢献をしている。これらの精密工作を行うために本工場ではその内部に、温度コントロールされた精密工作室、湿度をコントロールしたアルゴン溶接室、アルミニウム溶接室、また真空リークテスト室などを設備している。

主な機械設備

旋盤 13台、フライス盤 11台、プレーナー 1台、治具ボーラー 1台、切断機 8台、微細放電加工機 1台、ボール盤 6台、溶接器 10台(アルゴン交直用 3台)、真空リーク検出器 3台(2×10^{-11} atm cc/sec)。



アルミニウム合金製高真空スパッタ装置



ミリ波帯ファブリ・ペロー共振器

第 4 章 共同研究

4.1 共同プロジェクト研究

○共同利用委員会

共同研究の推進に必要な計画案の作成、公募、採択及び実施に関する事項を審議する共同利用委員会は、本研究所研究部門の専任教官3名、附属実験施設専任教官1名、研究所兼務の工学研究科教官2名、同情報科学研究科教官2名、計8名の委員で構成されている。委員の任期は2年である。委員会に、委員長、副委員長および幹事2名を置いて会の運営の円滑化をはかるとともに、具体的な作業を助けるワーキンググループを幹事の下に置いている。また、専門事項を調査する専門委員会を設置することができる。共同利用委員会は、本研究所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管理並びにその応用の研究」の発展に不可欠な共同研究を積極的に推進することを使命としている。

○共同プロジェクト研究

本研究所では、研究所の目的達成のための基礎研究に加え、「共同プロジェクト研究」を遂行する。共同プロジェクト研究は、所内外の複数の研究者の英知を集めて企画され、積極的な参加を得て、実施されることが肝要である。共同利用委員会は、共同プロジェクト研究の提案およびプロジェクトへの参加を、国・公・私立大学の教官及び国・公立研究所等の研究機関の研究者、又はこれに準ずる研究者を対象として公募する。採択決定にあたっては、必要に応じて所外の教官・研究者の意見を参考にする。また、実施に必要な予算要求を吟味し、予算配分を審議する。

○平成6年度共同プロジェクト研究

平成6年度は、本研究所改組の初年度であり、共同プロジェクト研究実施までの時間的余裕が少なく、共同プロジェクト研究の公募、採択、予算配分に十分な時間を割くことができなかった。そのため、共同プロジェクト研究の課題は、兼務を含む所内研究者からの提案に、概算要求時に決定していた3件の課題を加味して、審議することとした。採択にあたっては、次年度以降のプロジェクト計画の準備を重要視し、比較的小型の共同プロジェクト研究と共同プロジェクト準備研究とに分けることにした。共同プロジェクト準備研究では、共同プロジェクト研究の準備に必要な討論会、研究会を実施し、企画の具体化をはかることを目的としている。審査の結果、次の2件の共同プロジェクト研究と13件の共同プロジェクト準備研究を採択した。

共同プロジェクト研究：

A - 1. ULSI用高品質酸化膜形成プロセスの研究（責任者：坪内、企画者：大見）

A - 2. 面型光デバイスの研究（責任者及び企画者：川上）

共同プロジェクト準備研究：

B - 1. マイクロ波帯における材料特性の評価（責任者：米山、企画者：沢谷）

B - 2. 聴覚情報処理過程共同プロジェクト研究（責任者及び企画者：曾根）

B - 3. プラズマ基礎現象の諸問題（責任者：水野、企画者：佐藤（徳））

B - 4. 並列・分散・協調コンピューティング（責任者：白鳥、企画者：西関）

B - 5. 複雑系の設計・制御に関する研究（責任者：矢野、企画者：阿部）

B - 6. 微小電子源の物理と電子ビーム応用（責任者及び企画者：横尾）

B - 7. 光励起表面反応の半導体プロセスへの応用（責任者及び企画者：宮本）

B - 8. ミリ波帯イメージング技術の研究（責任者及び企画者：水野）

B - 9. 新機能磁性材料の創製とそのナノスピンド構造の研究およびデバイスへの応用（責任者：中村（慶）、企画者：脇山）

B - 10. 結晶成長面における原料原子の積層過程に関する基礎研究（責任者及び企画者：潮田）

B - 11. ブレーンコンピュータの構成に関する基礎的研究（責任者及び企画者：澤田）

B - 12. 層状構造超伝導体完全単結晶のサブミリ波プラズマ励起（責任者及び企画者：山下）

B - 13. フォノン集積デバイス・材料の研究（責任者：山之内、企画者：中鉢）

共同プロジェクト研究

なお、平成8年度概算要求プロジェクトとして、所外からの意見をも考慮して、10件の提案の中から以下の3件：

- ブレーンコピューティング共同プロジェクト研究（代表者：澤田）
- 電流駆動シリサイド化反応を用いた超高速・超高密度フィールドプログラマブル集積回路の研究（代表者：大見）
- フラーレンプラズマ（代表者：佐藤（徳））

を選んでいる。

また、平成7年度の共同プロジェクト研究として、所外からの提案をも含め、平成6年度とほぼ同じ予算規模のプロジェクトを16件採択している。

課題番号 A-1

ULSI用高品質酸化膜形成プロセスの研究

[1]組織

企画者：大見忠弘（東北大学工学部）
 責任者：坪内和夫（東北大学電気通信研究所）
 分担者：
 室田 淳一（東北大学電気通信研究所）
 柴田 直（東北大学工学部）
 森田 瑞穂（東北大学大学院情報科学研究所）
 益 一哉（東北大学電気通信研究所）
 松浦 孝（東北大学電気通信研究所）
 丁 剛洙（東北大学工学部）
 小谷 光司（東北大学工学部）
 横山 道央（東北大学電気通信研究所）
 梅野 正隆（大阪大学工学部）
 谷口 研二（大阪大学工学部）
 鶴島 稔夫（九州大学工学部）
 松波 弘之（京都大学工学部）
 立花 明知（京都大学工学部）
 村田 好正（東京大学物性研究所）
 伊賀 健一（東京工業大学精密工学研究所）
 石原 宏（東京工業大学精密工学研究所）
 大曾根隆志（富山県立大学工学部）
 安田 幸夫（名古屋大学工学部）
 廣瀬 全孝（広島大学工学部）
 服部 健雄（武藏工業大学工学部）
 羽路 伸夫（横浜国立大学工学部）

研究費：校費 300万円、旅費 121万円

[2]研究経過

半導体技術は、デバイスの微細化およびチップの大面積化により高いシステム性能を備えた超々大規模集積回路（ULSI）を実現し、高度情報化社会における人間・生活・社会環境の発展を支える使命を果たそうとしている。デバイスの微細化を推進するためには、デバイス構成材料であるゲート酸化膜の薄膜化が必須であり、チップの大面積化を達成するためには、酸化膜の高品質化が不可欠である。したがって、高性能ULSIを実現するために、高品質の極めて薄い酸化膜が要求されている。

本研究は、ULSI用金属-酸化物-半導体（MOS）デバイスの心臓部となる、50Å以下の極

薄酸化膜形成技術を確立する研究である。超高清淨シリコン（Si）表面に酸化膜を成長、界面特性の分析評価とともに、ドープドポリSi、化学気相堆積（CVD）アルミニウム（Al）薄膜を堆積させ、これを電極として電気特性評価を行う。界面の物性現象を学問的に解明するとともに、電荷注入に対して高い信頼性を持った酸化膜形成技術を確立する。

研究内容は以下の通りである：

- ①高品質極薄酸化膜形成法を開発する。具体的には、面方位がジャスト（100）であるSi基板を用い、金属、有機物汚染のない超高清淨且つ表面マイクロラフネスが極めて小さいSi表面を生成し、酸化時にウェークスポットを除去する水素ラジカル水分酸化を行う。
- ②極薄酸化膜上にドープドポリSi、CVD Al薄膜を堆積させ、これを電極としてデバイスを試作する。特に、極薄酸化膜表面のハイドロカーボン汚染を除去するため、ドープドポリSi薄膜堆積前にクリーニング処理を行う。
- ③界面特性の分析評価とデバイスの電気特性評価を行う。同時に、各研究者が研究を進めている分析方法により評価を行う。以上の評価から、本研究の方法により高品質極薄酸化膜の形成が可能であることを明らかにする。具体的には、酸化膜の絶縁破壊電荷量は、電流ストレスが1A/cm²である両電極からの電子注入に対して100C/cm²であることを実証する。すなわち、本研究の極薄酸化膜形成プロセスは、フラッシュメモリにおいて100万回の書き換えを可能にする基幹技術であることを実証する。
- ④各研究者の研究結果を比較検討する。さらに、関連研究結果を加えて、研究討論を行い、界面の物性現象を学問的に解明するとともに、高い信頼性を持った極薄酸化膜の形成プロセスを開発する。
- ⑤本研究では、各分野の密接且つ融合的研究を推進して、高品質極薄酸化膜形成プロセスを系統的に開発する。さらに、本統合プロセスの主要過程を精密に分析・制御するために、研究対象を各過程に特化した研究も行う。

半導体表面制御・評価（大見，鶴島，村田，安田，羽路，森田，丁）

Siウェハ表面に付着した有機不純物量を評価するために、フーリエ変換赤外分光法－全反射吸収測定法（FT-IR-ATR法）の定量法を開発した。有機不純物付着量がFT-IR-ATR法で検出限界以下のウェハ表面に、カーボン量が明確なアラキジン酸カドミウム、ステアリルアミンの単分子膜を、付着面積を変えて付着させ、標準試料とした。標準試料のFT-IR測定により、メチレン基（-CH₂-）量とFT-IRピーク強度との検量線を作成した。付着メチレン基の個数とピーク強度との間に1次の相関があることを見い出し、また単分子膜の構成分子が異なっていても検量線に大きな変化はないことが確認された。これらの研究により、FT-IR-ATR法において、ウェハ表面上の有機不純物の定量が可能となつた。

Si表面付着有機不純物量の酸化膜絶縁耐圧特性への影響を明らかにした。アンモニア・過酸化水素水薬液、塩酸・過酸化水素水薬液中で形成したケミカルプレオキサイド表面の残留有機不純物量は多く、これらのウェハ上に形成された熱酸化膜の絶縁耐圧は低く、一方オゾン添加超純水、硫酸・過酸化水素水薬液中で形成された、残留有機不純物量が少ないケミカルプレオキサイドに続いて形成された熱酸化膜の絶縁耐圧は高いことを明らかにしている。このことは、ウェハ表面の有機物汚染は、酸化膜を有するデバイスの電気特性劣化の原因になることを実証し、半導体プロセスにおけるウェハ表面上の有機不純物量制御の重要性を指摘している。

有機不純物付着量のSi表面マイクロラフネス依存性を明らかにした。オゾン超純水を用いたスピンクリーニング法によりFT-IR-ATR法の検出限界以下まで有機物を除去したSiウェハをクリーンルームエアに曝して、有機不純物付着量の変化を測定し、クリーンルームエアからSiウェハへの有機物汚染量は、時間とともに増加することを見い出している。また、表面マイクロラフネスの大きいウェハほどクリーンルームエアからの有機不純物の付着量が多くなることを明らかにしている。このことは、半導体プロセスにおいて、Siウェハの表面構造制御が重要であることを示している。

さらに、高品質Si酸化膜形成プロセスにおける低速イオン照射効果、SiO₂/Si界面および酸化膜中の水素の挙動、高分解能エネルギー損失分光法によるSi表面の酸化機構とトンネル分光法

を用いた極薄酸化膜/Si界面状態評価方法、液相堆積法による高品質SiO₂膜形成プロセス、の研究を進めている。

極薄酸化膜形成・評価（大見、梅野、松波、大曾根、廣瀬、服部、柴田、谷口、小谷）

高い絶縁性能の極めて薄い酸化膜を形成するためには、酸化膜全てが所定の酸化温度で形成されることが望ましい。昇温中に酸化膜が成長することを防ぐために、ウェハをアルゴンガス中で昇温して酸化温度に達した後に酸素ガスを導入する酸化方法では、アルゴン中に含まれる微量の水分、酸素によりSiウェハ表面がエッチングされ、ウェハの表面マイクロラフネスが増大し、絶縁耐圧特性が著しく劣化する。したがって、Si表面をエッチングから保護し、1分子層程度の厚さで安定かつ高品質の保護酸化膜としてプレオキサイドの形成が重要となる。硫酸・過酸化水素水薬液、アンモニア・過酸化水素水薬液、塩酸・過酸化水素水薬液、80°Cの過酸化水素水、オゾン超純水中で形成したケミカルプレオキサイドおよび300°Cで熱酸化したサーマルプレオキサイドを形成後、酸化温度の900°Cで熱酸化膜を形成した。電気特性評価から、オゾン超純水プレオキサイドを有する熱酸化膜が、ゲート電極およびSi基板からの電荷注入に対して優れた耐性を示すことを明らかにした。

また、熱酸化膜のX線光電子分光分析から、熱酸化膜の表面近傍の構造がプレオキサイドにより変化することを明らかにした。また熱酸化膜の構造は、深さ方向で変化していることを明らかにした。非破壊での深さ方向の構造変化は、角度分解X線光電子分光法により測定した。酸化膜のケミカルエッチングとX線光電子分光測定を交互に繰り返す破壊測定により、プレオキサイドの深さ方向の構造への効果を確かめた。プレオキサイドの酸化膜構造への効果は酸化膜厚さが4nm以上で観測されること、プレオキサイドの存在は酸化膜の表面近傍の均一構造生成に寄与することを見い出している。

さらに、X線回折による酸化膜および界面構造評価、低温酸化プロセスと界面評価、酸化膜の電気的特性評価、25~50Åの極薄酸化膜形成のためのウェハ前処理技術と酸化膜を流れるトンネル電流の定量的評価およびSiO₂/Si界面電子状態評価、水素終端したSi面の酸化による原子スケールで平坦な界面形成、10nm以下のトンネル可能な薄い酸化膜の信頼性と形成プロセスとの相関、の研究を進めている。

高品質酸化膜形成プロセス（大見，坪内，室田，伊賀，石原，益，松浦，立花，横山）

熱酸化中に積極的にウイークスポットを取り除き、高品質の酸化膜を形成するために、水素ラジカルで還元しながら水分で酸化を行う水素ラジカル水分酸化方法を提案した。従来の酸化膜形成プロセスの高性能化は、主にSiウェハの高品質化と酸化前洗浄の改良によってなされてきた。これに対し、水素ラジカル水分酸化は、水素ラジカルによる酸化膜中の原子結合が弱い部分の還元と水分による酸化を同時に進行させることで、酸化膜中からウイークスポットを除去しようとするものである。水素ラジカル水分酸化は、超高純度の過剰水素ガスと酸素ガスをアルゴンガスをキャリアガスとしてCr₂O₃膜不動態化ステンレス鋼チューブに導入し、加熱されたステンレス鋼チューブに含まれるNiの触媒効果によって水素ラジカルを生成し、酸素と直ちに反応して生成された水と残った水素ラジカルにより酸化還元を競合させながら行うものである。水素ラジカル水分酸化とアルゴンガス中のポストアニールにより、電荷注入信頼性の高い酸化膜を実現した。

また、過剰水素と酸素を酸化炉に導入してウェハ上で反応させ、水素と水で酸化還元競合反応により酸化膜を形成する方法を開発し、電荷注入に対して高い信頼性を有する酸化膜を得た。

さらに、Siおよび酸化膜表面上での金属堆積制御、Si-Ge系の酸化膜上での核形成と低温選択成長制御、半導体の自然酸化膜形成・除去・パッシベーション技術、高誘電率酸化膜の形成プロセス、極薄SiO₂膜材料の分子設計、の研究を進めている。

[3] 研究会活動

研究討論会を1回行なった。

[第1回]

日時：平成7年3月10日，11日

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室

- (1) 「高品質極薄酸化膜形成技術」
大見忠弘（東北大学工学部）
- (2) 「面発光レーザ反射鏡用の酸化膜形成と制御」
伊賀健一（東京工業大学精密工学研究所）
- (3) 「液相堆積SiO₂膜に対するSiウェハー前処理について」
羽路伸夫（横浜国立大学工学部）
- (4) 「Si基板上への高・強誘電性酸化膜の形成」
石原宏（東京工業大学精密工学研究所）
- (5) 「CVDプロセスの量子化学」

立花明知（京都大学工学部）

- (6) 「Si-Ge系の酸化膜上での核形成と低温選択成長制御」
室田淳一（東北大学電気通信研究所）
- (7) 「Si及び酸化膜表面上での金属堆積制御技術」
坪内和夫（東北大学電気通信研究所）
- (8) 「イオン照射と表面／界面反応＝基礎過程の記述＝」
鶴島稔夫（九州大学工学部）
- (9) 「高品質酸化膜の低温形成プロセスの開発と界面評価」
冬木隆（京都大学工学部）
- (10) 「X線回折によるSi熱酸化膜の構造評価」
梅野正隆（大阪大学工学部）
- (11) 「極薄ゲート酸化膜の構造歪の評価」
廣瀬全孝（広島大学工学部）
- (12) 「酸化膜の発光解析」
大曾根隆志（富山県立大学工学部）
- (13) 「反射吸収赤外分光と半導体表面」
村田好正（東京大学物性研究所）
- (14) 「HREEL法を用いたシリコン表面の初期酸化過程の解明」
安田幸夫（名古屋大学工学部）
- (15) 「熱酸化膜の形成に及ぼすプレオキサイドの効果」
服部健雄（武藏工業大学工学部）
- (16) 「基板注入法による極薄酸化膜の信頼性評価」
谷口研二（大阪大学工学部）

[4] 主な研究発表

- (1) T. Ohmi, K. Nakamura, and K. Makihara, "Highly-reliable ultra-thin oxide formation using hydrogen-radical-balanced steam oxidation technology," 1994 IEEE International Reliability Physics Proceedings, San Jose, pp.161-166 (1994).
- (2) K. Ohmi, K. Nakamura, T. Futatsuki, and T. Ohmi, "Hydrogen-radical-balanced steam oxidation for growing ultra-thin high-reliability gate oxide films," Digest of Technical Papers, 1994 Symposium on VLSI Technology, Honolulu, pp.109-110 (1994).
- (3) T. Ohmi, K. Matsumoto, K. Nakamura, K. Makihara, J. Takano, and K. Yamamoto, "Influence of silicon wafer surface orientation on very thin oxide quality," J. Appl. Phys., vol.77, no.3, pp.1159-1164 (1995).
- (4) K. Tsubouchi and K. Masu, "Precursor Design

and Selective Aluminum CVD” , 4th European Vacuum Conference and 1st Swedish Vacuum Meeting, Uppsala, Orals-34 (1994).

- (5) K. Masu and K. Tsubouchi, “Atomic Hydrogen Resist Process with Electron Beam Lithography for Selective Al Patterning” , J. Vac. Sci. & Tech., vol. B12, no. 6, pp. 3270-3274 (1994).
- (6) K. Masu, M. Yokoyama, H. Matsuhashi and K. Tsubouchi, “Contribution of Free Electrons to Al CVD on a Si Surface by Photo-Excitation” , Appl. Surface Science vol. 79/80, pp. 237-243 (1994).
- (7) M. Sakuraba, J. Murota, and S. Ono, “Stability of the Dimer Structure Formed on Si(100) by Ultraclean Low-Pressure Chemical Vapor Deposition” , J. Appl. Phys. vol.75, no.7, pp.3701-3703 (1994).
- (8) 松浦孝,室田淳一,澤田康次,大見忠弘, “塩素吸着とArイオン照射を用いたSiのエッチング” , 應用物理, 第64巻, 第2号, pp. 159-160, (1995).
- (9) K. Goto, J. Murota, F. Honma, T. Matsuura, and Y. Sawada, “A Novel Fabrication Method for Short Channel MOSFET’s Using Self-Aligned Ultrashallow Junction Formation by Selective $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ CVD” , Extended Abstracts of the 1994 International Conference on Solid State Devices and Materials, Yokohama, August 23-26, pp.999-1000 (1994).
- (10) H. Nohira, K. Saito, K. Sakusabe, K. Makihara, M. Morita, T. Ohmi, and T. Hattori, “Effect of preoxide on the structure of thermal oxide,” Jpn. J. of Appl. Phys., vol.34, no.1, pp.245-248 (1995).

課題番号 A-2

面型光デバイスの研究

[1]組織

企画者：川上彰二郎（東北大学電気通信研究所）

責任者：川上彰二郎（東北大学電気通信研究所）

分担者：

多田 邦雄（東京大学工学部）

伊賀 健一（東京工業大学精密工学研究所）

内田 龍男（東北大学工学部）

大野 英男（北海道大学工学部・
東北大学工学部）

白石 和男（宇都宮大学工学部）

研究費：校費 300万円、旅費 47万円

[2]研究経過

面型アイソレータ（川上・白石）

レンズを全く必要とせずに光ファイバ回路中にアイソレータを一括集積化する、新しい技術の研究開発を行った。本研究者らが開発した積層形の高性能偏光分離素子LPSとファイバのコア径を拡大させるTECファイバ技術を用いた、新構造集積形アイソレータの試作を開始した。まず、バイアス印加高周波スパッタリング法により、水素化アモルファスシリコンと石英から成る高品質LPSを作製した。これに半波長板およびファラデー素子を機械的に貼り合わせてアイソレータチップを作製することができた。TECファイバは、新たにマイクロバーナによる作製方法を確立させ、4並列の小型TECファイバアレイを実現した。このアレイに精密回転ブレードによって矩形溝を形成し、アイソレータチップを挿入することによって集積形のアイソレータを実現することができた。初期特性として、挿入損失5dB、アイソレーション26dBを得た。これにより構造および作製プロセスの基本が開発できた。今後はアイソレータ特性の向上が課題であり、構成素子の広開口化によって解決できる見通しである。

液晶（内田・川上）

液晶デバイスの高速化と低損失光スイッチの開発に関して以下の研究を行った。

(1) 高速ネマティック液晶デバイスの考案と設計

ベンド配向構造のネマティック液晶セルに二軸性位相差フィルムを重ねた新しい液晶デバイスを考案し、その設計指針を確立した。このデバイスは、入射光の方向依存性が少ないと、応答速度が1ms～10msと従来のネマティック液晶デバイスより10倍以上速いことなどの特長を有し、面型光デバイスとして有望である。

(2) ファイバ集積型液晶光スイッチの開発

モードフィールド径を拡げたファイバ（TECファイバ）、積層型偏光分離素子（LPS）および電界誘起複屈折型液晶セル（ECBセル）を用いた偏光無依存液晶光スイッチを考案し、試作した。このデバイスのON/OFF比は24.5dBとなり、設計値と良く一致した。一方、挿入損失は設計値1dBより大きい値を示したが、これについては現在改善を検討中である。

面型光増幅技術（川上・大野）

面型光増幅器実現のために、次の研究を行った。(1)光励起された半導体多重量子井戸による面型光増幅器を提案し、利得特性・熱特性の解析を行った。井戸に歪みを採用し、バリヤ層にp型不純物を選択的にドープさせることで、頂上付近で正孔の状態密度が小さくなつた価電子帯で擬フェルミ準位を押し上げ、利得特性を改善することができる。数値計算の結果、300周期程度のMQWでe倍の1 pathゲインが得られるこニを確認した。

(2)この増幅器を実現するために、MBE装置でInGaAs/InGaAlAs系およびGaAs/AlGaAs系の歪みMQWの成膜の最適化を試み、成膜条件をほぼ把握することができた。

(3)効率のよい利得を得るためにキャリヤ閉じ込め領域の形成も試みた。ウエット・エッティングとLPEによる埋め込みで閉じ込め領域形成を行った。自然放出光による光学測定により、効率のよいキャリヤ閉じ込めがなされていることがわかった。

面発光半導体レーザ（伊賀）

面発光レーザの偏波制御を行うために、金属/半導体偏光子と半導体多層膜反射鏡から成る複合反射鏡を利用することによって、位相の違いによる反射率差を設け、実際に金属/半導体偏光子として

Au/GaAs (200nm)を導入したInGaAs/GaAs面発光レーザを製作した。活性層の直径が、 $25\mu\text{m}\phi$ のデバイスにおいて最低しきい値電流 $I_{th}=3.2\text{mA}$ ($J_{th}=660\text{A/cm}^2$)であり、偏光子導入によるしきい値への影響はないことを示した。この方法によりすべてではないが安定な偏波が得られた。

次に、酸化膜狭窄構造InGaAs/GaAlAs系面発光レーザについても検討した。本構造はGaAs/AlAs DBRにおけるAlAs層の酸化性を利用し、 Al_xO_y による光と電流を同時に閉じ込める構造である。電流はメサ中央部の酸化されていないGaAs/AlAs DBR(コア)を通して活性層に注入されるため、エッチング側壁における非発光再結合電流の抑制が期待できる。また、 Al_xO_y は低屈折率媒質であることからメサ中央部 GaAs/AlAs DBRをコア、GaAs/ Al_xO_y 層をクラッドとした導波路構造と考えることができ、強い光閉じ込め効果が期待できる。しきい値低減のために、RIBE法により形成した $20\mu\text{m}\phi$ のメサ径をAlAs層酸化により $5\mu\text{m}\phi$ のコアまで縮小した。このレーザのしきい値電流は $70\mu\text{A}$ で、InGaAs/GaAlAs系面発光レーザにおける世界最低しきい値電流である。このAlAs酸化膜による電流狭窄構造により、活性層における非発光再結合電流の低減、電流注入領域に対してメササイズを大きくできることによる熱抵抗の改善、導波路構造による回折、散乱損失の低減により極低しきい値電流が実現できたものと考える。

面型光制御デバイス（多田）

自己電気光学効果素子(SEED)は、スイッチングエネルギーが小さく、大規模アレー化が可能な面垂直型光制御デバイスとして有望である。しかし、既存のSEEDを透過型として用いる場合に、オン状態においても大きな挿入損失が発生するという問題がある。本共同プロジェクト研究では、各種変形ポテンシャル量子井戸構造を利用して、挿入損失の大幅に低減された透過型SEEDを開発することを目的としている。本年度の研究経過は次の通りである。結合量子井戸における吸収端の実効的ブルーシフトを利用して残留挿入損失を減ずることに関し、計算機シミュレーションによって最適な結合量子井戸構造を設計した。これを基に実際に結合量子井戸をMBE成長したところ、電界印加時と無印加時の吸収係数の比として、3.8という値が得られた。次に、吸収係数比の一層の増大を目指して、新たに非対称3重結合量子井戸構造を提案し、計算機解析を行った。その結果、より大きな実効的ブルーシフトの得られることがわかった。同構造を実際にMBEにより作製し、吸収

係数比を測定したところ、4.5という大きな値が得られた。

[3]研究会活動

研究会を2回行なった。

[第1回]

日時：平成6年5月24日

場所：東北大学電気通信研究所1号館3階N308号室

- (1)「多重量子井戸偏光無依存光変調器」
多田邦雄（東京大学工学部）
- (2)「共鳴トンネル構造によるサブバンド間の反転分布の形成」
大野英男（北海道大学工学部）
- (3)「斜め配向微細誘電体柱から成る偏光分離膜」
白石和男（宇都宮大学工学部）
- (4)「液晶デバイスと光エレクトロニクス」
内田龍男（東北大学工学部）
- (5)「面発光レーザの偏波面制御」
伊賀健一、小山二三夫、向原智一（東京工業大学精密工学研究所）
- (6)「光ファイバ集積用デバイスの最近の進展」
川上彰二郎（東北大学電気通信研究所）

[第2回]

日時：平成7年3月9日、10日

場所：東北大学電気通信研究所 大会議室

- (1) (招待講演) 面形光デジタル素子と光交換への応用
黒川隆志(NTT光エレクトロニクス研究所)
- (2) 質量依存幅量子井戸における偏光無依存光変調
山口武治、濱川篤志、中野義昭、多田邦雄（東京大学工学部）
- (3) 面型光スイッチ素子、スイッチ回路の最適合成について
川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (4) (招待講演)光ニューロデバイス
太田淳、久間和生(三菱電機半導体基礎研究所)
- (5) 高速ネマティック液晶デバイス
内田龍男（東北大学工学部）
- (6) 超小形光ファイバ集積アイソレータ
入江剛、佐藤尚、白石和男*、川上彰二郎（東北大学電気通信研究所）
*宇都宮大学工学部
- (7) 面発光レーザの新しい展開
伊賀健一、小山二三夫、向原智一（東京工業大学精密工学研究所）

[4]主な研究発表(グループあたり2編ずつ)

1. 半導体光集積デバイス(招待論文), 多田邦雄, 中野義昭, 電子情報通信学会論文誌, J77-C-I, 238-249(1994)
2. Polarization-independent waveguide modulator using a novel quantum well with mass-dependent width, T.Yamaguchi, T.Morimoto, K.Akeura, K.Tada, and Y.Nakano, IEEE Photonics Technology Letters, 6, 1442-1444(1994)
3. A Novel birefringent distributed Bragg reflector using a metal/dielectric polarizer for polarization control of surface-emitting lasers, T.Mukaihara, N.Ohnoki, T.Baba, F.Koyama, and K.Iga, Jpn. J. Appl. Phys., 33, L227-L229(1994)
4. Continuous wave GaInAsP/InP surface emitting lasers with a thermally conductive MgO/Si Mirror, T.Baba, Y.Yogo, K.Suzuki, F.Koyama, and K.Iga, Jpn. J. Appl. Phys., 33, 1905-1909(1994)
5. Analysis and control of a pretilt angle of liquid crystal on polymer surface, K.Y.Han and T.Uchida, Digest of the 1994 International Workshop on Active-Matrix Liquid Crystal Display, 212-215(1994)
6. Wide-viewing-angle display mode using bendalignment liquid crystal cell, Jpn. J. Appl. Phys., 34, L117-L179(1995)
7. Minimum light power for optical interconnection in integrated heterostructures, H.Ohno, Optoelectronics-Devices and Technologies, 9, 131-136(1994)
8. Inter-subband population inversion in tunneling heterostructures, Transactions of the Material Research Society of Japan, 19A, 47-52(1994)
9. Fabrication of spatial walk-off polarizing film by oblique deposition, K.Shiraishi and K.Matsumura, IEEE J. Quantum Electron., 30, 2417-2420(1994)
10. Vertical integration technology for fiber-optic circuit(invited), K.Shiraishi, O.Hanaizumi, T.Sato, and S.Kawakami, Optoelectronics, 10, 55-74(1995)
11. ヴァーティカルホトニクス(招待論文), 川上彰二郎, 花泉修, 電子情報通信学会論文誌, J77-C-I, 334-339(1994)
12. Fabrication of an expanded core fiber having MFD of 40um preserving outer diameter, O.Hanaizumi, Y.Aizawa, H.Minamide, and S.Kawakami, IEEE Photonics Technology Letters, 6, 842-844(1994)

課題番号 B-1

マイクロ波帯における材料特性の評価

[1] 組織

企画者：澤谷 邦男（東北大学工学部）
 責任者：米山 務（東北大学電気通信研究所）
 分担者：大嶋 重利（山形大学工学部）
 水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 千葉 二郎（東北大学工学部）

[2] 研究会報告

『マイクロ波帯における材料特性の評価』

本プロジェクト研究は、新たな周波数資源として利用が期待されているマイクロ波からミリ波において、導体および誘電体の損失が問題となっていることを背景に、これらの周波数帯における導体の表面抵抗並びに誘電体の複素誘電率を精度良く評価する手法を確立することを目指して設立された。

本年度は、電気通信研究所工学研究会伝送工学研究会と共に研究会を開催した。

研究会のプログラムは以下の通りである。

日時：平成7年3月7日（火）
 13:30-17:00
 場所：東北大学工学部青葉記念会館大会議室
 (1)澤谷邦男（東北大工）
 『企画者挨拶』

(2)澤谷邦男（東北大工）
 『マイクロストリップ線路共振器法を用いた誘電体の誘電特性と導体の表面抵抗の測定』

(3)大嶋重利（山形大工）
 『超伝導体のマイクロ波物性』
 (4)石川容平（村田製作所）
 『ミリ波における金属の表面抵抗測定法』

(5)真鍋武嗣（郵政省通信総合研究所）
 『60GHzにおける種々の建築内装材の屈折率および反射透過特性の測定』

各講演の要旨は以下の通りである。（以下敬称略）

澤谷邦男（東北大工）は、企画者挨拶で共同プロジェクト研究の発足の経過と今後の予定について説明した。

次に、澤谷が『マイクロストリップ線路共振器法を用いた誘電体の誘電特性と導体の表面抵抗の測定』について講演を行った。アンテナやフィル

タなどのマイクロ波デバイスの効率を向上する方法として、酸化物高温超伝導材料の応用が期待されており、これに伴って、超伝導材料の高周波特性の評価が重要となっている。また、高温超伝導材料は誘電体基板上に作製されることから、基板材料の複素誘電率を測定しておくことも重要である。従来、これらの測定には、ファブリ・ペロー共振器法、円筒空腔共振器法、マイクロストリップ線路共振器法など種々の方法が測定周波数に応じて用いられてきた。本研究では、温度特性だけでなく周波数特性も明らかにすることを目的としていることから、複数の共振点を利用できるマイクロストリップ線路共振器が採用された。まず、図1に示す種々のマイクロストリップ線路の静電容量の表示式を変分法に基づいて導出した。次に、マイクロストリップ線路および逆マイクロストリップ線路または多層誘電体マイクロストリップ線路を用いて数種類の誘電体基板の複素誘電率を測定し、SapphireおよびMgOがマイクロ波デバイスに適していることが示された。また、銅と鉄を用いた表面抵抗の測定を通じて、表面抵抗測定法の妥当性が明らかになった。さらに、ドクターブレード法によって作製されたBSCCO厚膜の表面抵抗の測定例が紹介された。

大嶋重利（山形大工）は『超伝導体のマイクロ

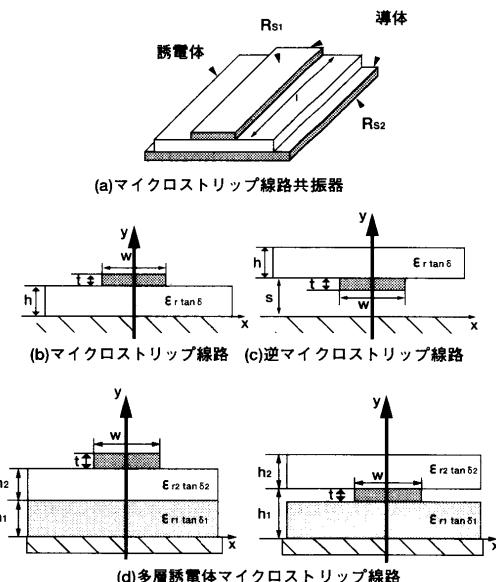


図1 マイクロストリップ線路共振器

波物性』について講演を行った。まず、超伝導材料の表面抵抗の理論として、2流体モデル、マティス・バーディーンの理論、ピパードの経験式が紹介された。また、表面抵抗の測定法として、マイクロストリップ線路共振器法およびコプレーナ線路共振器法が紹介され、磁場侵入長の測定法についても言及された。最後に、メアンダー形の小形超伝導アンテナを試作し、評価した結果が報告された。

石川容平（村田製作所）は『ミリ波における金属の表面抵抗測定法』について講演を行った。急増する電波需要に対応するため、広い周波数帯域が利用できるなどの特徴を有するミリ波帯に注目が集まり、その実用化に向けてミリ波デバイスの開発が急務となっており、金属の表面抵抗や誘電体の複素誘電率の評価が重要となっている。ミリ波帯において金属の表面抵抗を評価することはそれ自体が重要であるばかりでなく、誘電体材料の誘電損失を測定するために不可欠である。本講演では、金属の表面抵抗の測定法として、2つの誘電体共振器を同心円状に配置し結合させた標準共振器（図2）を用いる方法が提案され、その測定原理、測定公式および測定結果が報告された。この測定法の特長は、複素誘電率の測定と同一の治具のみを用い、かつ1回の標準共振器の装着で簡便に表面抵抗を測定できることである。

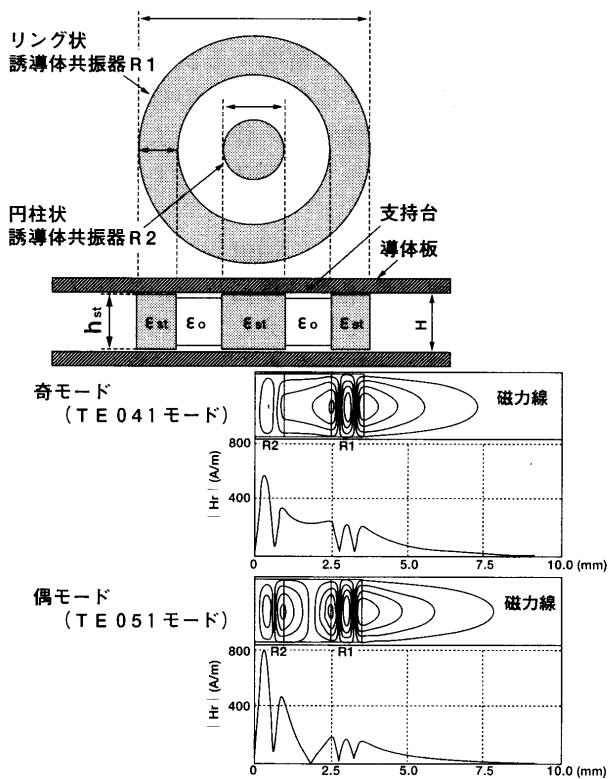


図2 標準共振器の構造と磁界分布

また、測定による治具の摩耗劣化防止も考慮されている。本方法により、石川らがミリ波誘電体材料の複素誘電率測定法として提案してきた、出入力線路としてN R Dガイドを用い、共振系として両端開放型誘電体共振器を用いた手法の実用性がさらに向上した。

真鍋武嗣（郵政省通信総合研究所）は『60GHzにおける種々の建築内装材の屈折率および反射透過特性の測定』について講演を行った。本研究は、オフィスにおいてコンピュータ端末の有線による接続の負担を解消するために、ミリ波を用いた高速構内通信システムを実現することを目的としており、これまで未知であったミリ波における建材の電気特性を明らかにしている。ガラス、コンクリート、石膏ボード、床材、天井材などの建材の反射・透過特性の測定法について紹介され、その測定結果から複素誘電率を推定した結果が報告された（表1）。また、タイルカーペットなど電波吸収体として作製された材料でなくても、反射が十分に小さく、構内無線通信システムに適した建材が存在することが報告された。

表1 各種内装材の複素屈折率

試料	57.5 GHz	78.5 GHz	95.9 GHz
コンクリート	2.55 - j 0.084	—	2.49 - j 0.068
フリーアクセス用床板	1.98 - j 0.083	1.91 - j 0.096	1.78 - j 0.11
石膏ボード(A)12mm厚	1.76 - j 0.016	—	—
石膏ボード(A)9mm厚	1.77 - j 0.054	—	—
石膏ボード(A)9mm厚	1.74 - j 0.005	1.73 - j 0.028	1.65 - j 0.23
天井材(岩綿吸音板)	1.23 - j 0.023	1.25 - j 0.009	1.25 - j 0.016
ソーダ石英ガラス	2.61 - j 0.0318	—	—

研究会の参加者は、学内外合わせて60名以上にのぼり、各講演に統じて活発な討論が行われた。マイクロ波からミリ波に亘る周波数帯は、今後様々な利用が計画されており、この周波数帯における材料の電気特性の評価は益々重要になっていくものと予想されるので、本研究会は平成7年度も開催していく予定である。

課題番号 B-2

聴覚情報処理過程共同プロジェクト研究

[1] 組織

企画者：曾根 敏夫（東北大学電気通信研究所）
 責任者：曾根 敏夫（東北大学電気通信研究所）
 分担者：江端 正直（熊本大学工学部）
 宇佐川 毅（熊本大学工学部）
 津村 尚志（九州芸術工科大学）
 三浦 甫（静岡理工科大学）
 熊谷 正純（仙台電波高等工業専門学校）
 竹島 久志（仙台電波高等工業専門学校）
 加藤 孝義（東北大学大学院情報科学研究科）
 和田 仁（東北大学工学部）
 高坂 知節（東北大学医学部）
 鈴木 陽一（東北大学電気通信研究所）
 小澤 賢司（東北大学電気通信研究所）
 浅野 太（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究会報告

人間を情報の発信及び受信源とする高次情報通信システムの構築には、人間の情報知覚過程の解明が不可欠である。本プロジェクト研究は、視覚と並んで重要な情報モダリティである聴覚系の情報処理過程を明らかにすることを通して、高次音響通信システムの基礎を確立することを目的として企画された。

本年度に開催した2回の研究会では、共同プロジェクト研究の初年度として、聴覚系に関わる過去の研究を概観し、現在までの課題を明確にした上で、統一的かつ厳密な聴覚情報処理過程の解明に必要とされる研究項目について幅広く議論した。また、今年度の研究分担者には含まれていない研究者を招いた研究打合せ会を2回開催し、聴覚系の知覚過程についての基礎的な知見を整理するとともに、聴覚系のヒューマンインターフェイスを考えいく上で格好の題材である補聴器の適用を通じて、高次ヒューマンインターフェイス構築の指針について討論した。以下では、これらの研究会および打合せ会の内容を述べる。

・第1回研究会

日時：平成7年1月24日（火）15:00～17:00
 場所：東北大学電気通信研究所 中会議室
 (1) 曾根敏夫（東北大通研）

『企画者からの趣旨説明』

研究会代表者である曾根から、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究に関して、発足の経緯および趣旨についての説明がなされた。また、本研究会の目的が述べられた。

(2) 津村尚志（九州芸術工科大学）

『難聴者における時間分解能の低下と模擬難聴の実現』

難聴者の聴覚特性の大きな特徴の一つである時間分解能の低下に関して、新しいデータが示された。また、補聴器の開発段階に必要とされる高精度な模擬難聴に関して、実現手法の得失とその性能が述べられた。

この研究発表に対する議論の結果、聴覚系の特性には個人差があり、その顕著な例が難聴であることから、高度なヒューマンインターフェイスの実現のためには、その個人差までを補償することが重要であり、引き続き研究を行うことの必要性が確認された。

(3) 小澤賢司（東北大通研）

『音色知覚という観点からの聴覚情報処理』

スペクトルの相違は聴覚では音色の相違として知覚されることを利用して、聴覚系における情報処理過程を逆問題として解明する試みが述べられた。音色に直接対応するのは、音の物理スペクトルではなく、それが聴覚系の特性により変換されたマスクトスペクトル（主観スペクトル）であるとの考え方が示された。

発表の後の議論の結果、通信システムの最終端にあるヒトにおける情報処理過程を、主観スペクトルの形成過程として捉らえることの妥当性が確認され、引き続き研究を進めることになった。

・第2回研究会

日時：平成7年3月22日（水）15:00～17:30

場所：東北大学電気通信研究所 中会議室

(1) 浅野 太（東北大通研）

『ラウドネス補償特性を有するデジタル補聴器の現状と今後の展開』

健聴者と難聴者とが知覚する狭帯域ラウドネスを等しくすることを規範とした補聴方式について、従来の補聴方式との比較から、その有効性が示された。また、デジタル信号処理を駆使することにより、高機能な補聴器を開発することの可

能性が示された。

この研究発表に対する議論の結果、聴覚系における物理量から主観量への変換特性を個人ごとに定まるラウドネス関数として定量的に記述し、その関数に基づいて難聴者への補償を行うという考え方の有効性が確認された。また、この考え方は、補聴器に留まらず一般的のヒューマンインターフェイス系の設計の基礎となり得るものであり、研究を発展させることの必要性が確認された。

(2) 竹島久志（仙台電波高専）

『等ラウドネスレベル周波数特性の精密測定』

聴覚系の最も基本的な特性の一つである等ラウドネスレベル特性の周波数依存性に関する国際規格(ISO226)の見直しにあたって、標準の作成に必要な精密測定法、および測定結果が示された。

それに対する議論の結果、この特性は聴覚系の特性を理解する上で不可欠であるだけではなく、聴覚系を工学モデルとして取り扱う際の規範を与えるものとして重要であることから、引き続き研究を行うこととなった。

(3) 重点研究項目についての討論

今回を含めた2回の研究会における議論を通じ、本研究会の目的を達するためには、従来は生理学的研究と心理学的研究が独立して行われることが多かった聴覚に関する研究を、統一的観点から徹底的に検討することが必要であるという結論が得られた。具体的には、以下を重点研究項目とすることとした。

- a) 高度なヒューマンインターフェイスの構築には、聴覚系の特性を十分に反映することが必要である。そのためには、聴覚特性の個人差において極端な例である難聴者を対象とした研究が有効である。すなわち、難聴者にとって快適な補聴処理手法は、健聴者にとっても快適な音情報処理手法であるという観点から研究を進める。
- b) 聴覚には両耳相互作用（両耳という2センサからの入力を統合的に処理することにより、片耳聴取では得られない情報を抽出する機能）がある。逆に、両耳に与える音信号を積極的に制御することにより、例えば音場という三次元空間の広がりをもった情報を伝達することが可能である。そのためには、音源から耳への音響伝達特性を頭部伝達関数として記述することにより厳密な制御手法を確立し、合成分析的な観点から両耳相互作用を解明するのと同時に、臨場感通信を始めとする高次音響通信システムの構築を目指す。
- c) 上記の二項目を達成するために、聴覚系内の情報処理過程を工学モデルとして記述する基礎的研究を行う。そのために、音色知覚過程をスペクト

ル変換過程として解明する。

・第1回 研究打合せ会

日時：平成7年2月1日（火）、2日（水）

場所：東北大学電気通信研究所 W217, W316

大串健吾 京都府立芸術大学教授を招いて、聴覚に関する過去の研究、特にピッチ（主観的な高さ）知覚に関する研究に関して広範な議論を行った。ピッチは、聴神経のトノトピシティ（特徴周波数に沿った神経配列）に基づく場所情報と、音の繰返し周期に対応する時間情報を総合して知覚されることから、ピッチ知覚過程を検討することは、聴覚系における情報処理過程を解明するための契機となり得ることが示された。特に、ピッチ知覚は、聴神経発火の物理刺激への追従性と相関が高いことなどから、聴覚情報処理過程の考察に際しては、生理学的背景も明確にすることが重要であるという認識に至った。

・第2回 研究打合せ会

日時：平成7年3月28日（火）、29日（水）

場所：東北大学電気通信研究所 W217, W316

中川辰雄 国立特殊教育総合研究所聴覚言語障害研究部室長を招いて、補聴器フィッティングという観点からヒューマンインターフェイスの構築に関して多岐にわたる討論を行った。補聴器のフィッティングとは、狭義には、個々に異なる難聴の特性に合わせて最適な補聴器を選定あるいはその特性を調整することである。しかし、実際にはそれだけではなく、難聴者の心理的、経済的な側面、さらには社会的背景まで考慮する必要がある。またフィッティングを行う側の準備として何よりも人間的であることが要求され、これらを総合して、広義のフィッティングとして捉えるべきであることが示された。そして、従来は物理刺激の強弱に対応して主観尺度が構成されるという考えが妥当であるとされていたが、両者の間にセルフアセスメントという過程を考えることの必要性が示された。

以上は、補聴器という一種のヒューマンインターフェイスを例にとったものであるが、その考え方は一般的ヒューマンインターフェイス系の設計に適用できるものである。すなわち、高次情報通信システムの構築には欠くべからざる視点が与えられた。

この共同プロジェクト研究会は、来年度も開催する予定である。ただし、本研究会の目的を達成するために、来年度は研究分担者を増員し、組織の拡充を図ることになった。

課題番号 B-3

プラズマ基礎現象研究の諸問題

[1] 組織

企画者：佐藤 徳芳（東北大学工学部）
 責任者：水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 分担者：犬竹 正明（東北大学工学部）
 畠山 力三（東北大学工学部）
 飯塚 哲（東北大学工学部）
 西田 靖（宇都宮大学工学部）
 真瀬 寛（茨城大学工学部）
 佐藤 直幸（茨城大学工学部）
 際本 泰士（筑波大学
 プラズマ研究センタ）
 間瀬 淳（筑波大学
 プラズマ研究センタ）
 北條 仁士（筑波大学
 プラズマ研究センタ）
 津島 晴（横浜国立大学工学部）
 三重 野哲（静岡大学理学部）
 天岸 祥光（静岡大学教養部）
 佐伯 紘一（静岡大学教養部）
 菅井 秀郎（名古屋大学工学部）
 庄司多津男（名古屋大学
 科学プラズマセンタ）
 池上 英雄（核融合科学研究所）
 藤原 正巳（核融合科学研究所）
 上村 鉄雄（核融合科学研究所）
 羽鳥 尹承（核融合科学研究所）
 佐藤浩之助（核融合科学研究所）
 佐貫 平二（核融合科学研究所）
 小森 彰夫（核融合科学研究所）
 八坂 保能（京都大学工学部）
 華道 恭（京都大学理学部）
 前川 孝（京都大学理学部）
 佐藤 邦弘（姫路工業大学）
 福政 修（山口大学工学部）
 板谷 良平（新居浜高専）
 渡辺 征夫（九州大学工学部）
 河合 良信（九州大学総合理工学研究科）
 藤山 寛（長崎大学工学部）
 藤田 寛治（佐賀大学理工学部）

[2]研究会報告

プラズマ物理学、化学及び工学は、宇宙規模の

新環境探索、新エネルギー源の確保、極限エレクトロニクスの追求などの次世代科学技術開発に欠かすことできない学問的に極めて興味ある研究対象であり、最近はプラズマ科学としてその重要性が着実に認識されるようになってきている。そこで、本研究プロジェクトは、宇宙空間プラズマ、核融合プラズマ、実験室及びその応用プラズマ現象に関わる基礎研究の現代的な諸問題を検討し、今後の共同研究の有機的な方策を吟味することを目的として企画された。

本年度は、2回の比較的広い範囲に及ぶ研究会と2回の小範囲研究会を開催し、課題の現状分析的討論を行った。更に、フーレンプラズマに関する共同研究について具体的な研究討論会を2回開催し、次年度以降の方針を明らかにした。各研究会のプログラムと要旨は以下の通りである。

第1回

日時:平成6年11月22日

火曜日 10:00～15:00

場所:東北大学工学部 電気・情報館

451・453号室

講師／演題

(1) M.Salimullah (Department of Physics, University of Bangladesh)
 「Wave Propagation in Dusty Plasmas」

(2) 佐貫 平二 (核融合科学研究所)

「ヘリカルトーラスにおける電場と閉じ込めの研究」

<要旨>

Salimullah (バングラデイシュ大) は、近年スペースプラズマやプロセシングプラズマにおいて重要な問題であるダストの問題について、非線形波動伝搬の理論解析結果を報告した。佐貫平二 (核融合研) は、近年精力的に議論されている核融合プラズマ中の径電場と閉じ込めの関係について、外部導体系ヘリカルトーラスプラズマにおける径電場の果たす役割を理論的に検討した結果を述べた。

第2回

日時:平成6年12月9日(金)

13:00~10日(土) 15:00

場所:東北大学工学部 電気・情報館

351・353号室

題所:フラーレン・微粒子とプラズマ

講師/演題

- (1) 佐藤徳芳(東北大学工学部)
「企画者挨拶」
- (2) 川添良幸(東北大学金属材料研究所)
「第一原理分子動力学による炭素分子生成機構の研究」
- (3) 庭野道夫(東北大学電気通信研究所)
「C60薄膜の紫外線照射効果 一フォトライストへの応用ー」
- (4) 平田孝道(東北大学工学部)
「K-フラーレンプラズマの生成とイオン種分析」
- (5) 八木良晃(東北大学工学部)
「K-C60プラズマ中薄膜形成に対するバイアス効果」
- (6) 藤山 寛(長崎大学工学部)
「磁化プラズマにおける帶電微粒子の輸送現象」
- (7) 三重野哲(静岡大学理学部)
「フラーレンの連続自動合成」
- (8) 真瀬 寛(茨城大学工学部)
「アークプラズマ法によるフラーレンの高収率合成」
- (9) 佐藤直幸(茨城大学工学部)
「フラーレン混合プラズマ発生装置の概要」

<要旨>

佐藤徳芳(東北大工)により「企画者挨拶」でフラーレンと微粒子プラズマに関する最近の研究動向についての説明があった。川添良幸(東北大金研)より、第一原理動力学法を用いて炭素クラスターの形成過程を調べた結果、C60分子形成へのダイマーの挙動の重要性(C58+C2)を明らかにしたとの報告があった。庭野道夫ら(東北大通研)は、紫外線をC60薄膜に照射し多重内部反射赤外分光法で調べた結果、C60分子のC=C結合が切断されC=O結合やC-O-C結合が形成されることを確認した。平田孝道(東北大工)らは、新機能性材料創製の基礎研究等を目的として、低電子温度カリウムプラズマ中にフラーレンを導入することによりK-フラーレンプラズマの生成に成功し、K⁺, C60⁻, C70⁻イオンを検出した。八木良晃(東北大工)らは、K-C60プラズマ中の

基板に印加するバイアス電圧により膜の抵抗率を広い範囲にわたって変化させることに成功し、KもしくはC60をエネルギーを制御しつつ選択的に基板へ入射できることを実証した。藤山寛ら(長崎大工)は、負に帶電したシリコン微粒子包含プラズマ中では電子と正イオンはE×B方向に、負イオン(微粒子)はE×B方向と反対方向に輸送されることを明らかにした。三重野哲(静岡大理)は、フラーレン自動合成装置の開発と合成過程の研究、低重力状態での高次フラーレンの効率合成及びフラーレン膜のふっ化に関する報告をした。真瀬寛ら(茨城大工)は、炭素電極を用いたアーク放電法を改良してタンゲステン陰極を用いると、フラーレン収集率が5~10倍に増大することについての報告をした。佐藤直幸ら(茨城大工)は、プラズマとC60フラーレンの相互作用実験を行う装置を試作していることの報告をした。最後に、総合討論及び今後の研究方針についての討議を行った。

第3回

日時:平成6年12月26日(月)

13:00~27日(火) 15:00

場所:東北大学工学部電気・情報館

451・453室

題目:プラズマ中の電位・渦・揺らぎ・相転移

講師/演題

- (1) 犬竹正明(東北大学工学部)
「企画者挨拶」
- (2) 隣本泰士(筑波大学プラズマ研究センター)
「GAMMA10におけるプラグ・サーマルバリア電位形成およびサーマルダイク」
- (3) 八坂保能(京都大学工学部)
「HIEIにおけるプラグ・サーマルバリア電位形成」
- (4) 金子俊郎(東北大学工学部)
「局所ECRによるプラズマ流障壁電位形成と安定性」
- (5) 間瀬 淳(筑波大学プラズマ研究センター)
「マイクロ波反射計による密度・磁場揺動計測と径方向電場依存性」
- (6) 犬竹正明(東北大学工学部)
「GAMMA10における周辺プラズマ揺動と径方向電場依存性」
- (7) 酒井 道(京都大学工学部)
「HIEIにおける径電場とHモード転移」
- (8) 佐伯紘一(静岡大学教養部)
「径方向電場中の渦運動」
- (9) 津島 晴(横浜国立大学工学部)

「プレシース形成の時間応答」

- (10) 佐藤浩之助（核融合科学研究所）
「トーラスプラズマへのペレット入射とポテンシャル」
- (11) 庄司多津男（名古屋大学プラズマ科学センター）
上村鉄雄（核融合科学研究所）
「プラズマの結晶化」
- (12) 石黒静児（東北大学工学部）
「反応を含むプラズマのシミュレーション—微粒子プラズマにおけるクーロン格子形成—」
- (13) 天岸祥光（静岡大学教養部）
「アルフェン波の異常分散」

<要旨>

犬竹正明（東北大工）により「企画者挨拶」でプラズマ中の電位・渦・揺らぎ・相転位に関する最近の研究動向についての説明があった。際本泰士（筑波大）により、サーマルダイクの基礎過程についての研究結果が報告された。八坂保能（京都大工）によりHIEIタンデムミラーにおいて、電子の速度空間拡散によりプラグ電位が形成されエネルギー閉じ込め時間が改善されたとの報告があった。金子俊郎ら（東北大工）は、単純な井戸型および収束型磁場配位における局所ECRHによりプラズマ流障壁電位が観測されたことを報告した。間瀬淳（筑波大）により、ガンマ10におけるマイクロ波反射計のプラズマ波動の測定結果の報告があった。犬竹正明（東北大工）らにより、ガンマ10において径方向電場の向きにより駆動される周辺部プラズマ不安定性の種類が異なる結果が示された。今後、基礎実験的なアプローチが必要であることが指摘された。酒井道ら（京都大工）によりHIEIタンデムミラーにおいて、リミタバイアス印加により径方向閉じ込め改善モードが観測された。佐伯紘一（静岡大）は磁化円筒プラズマのフルート型渦運動を実験的に調べ、径方向へのプラズマの拡散が強く励起されることを観測した。津島晴（横浜国大工）は、ステップ状にバイアス電圧を加えた平板電極前面のプラズマ電位の時間応答の報告をした。庄司多津男（名古屋大）らにより、金属粒子を利用した簡単な強結合2次元プラズマの実現と結晶化が紹介された。石黒静児ら（東北大工）は、微粒子プラズマに関する計算機シミュレーションコードを作成し、クーロン結合係数が十分大きい場合にはクーロン格子が形成されることを確かめた。天岸祥光（静岡大）は、共鳴吸収のある分散性媒質中の群速度に関して、波束中心周波数の伝播に伴う変化

を考慮した新たな群速度の定義が可能であることを実験的に示した。最後に、総合討論および今後の研究方針についての討議を行った。

第4回

日時：平成7年1月5日（木）

10:00～16:00

場所：東北大学工学部電気・情報館 452室

題目：フラーレン生成法に関する研究討論会

第5回

日時：平成7年2月15日（水）

10:00～16:00

場所：東北大学工学部電気・情報館 450室

題目：新方式フラーレン生成装置製作設計に関する研究討論会

出席者：佐藤徳芳、畠山力三、飯塚哲、石黒静児、平田孝道、石田裕康（以上東北大学工学部）、宮本信雄、庭野道夫（以上東北大学電気通信研究所）、真瀬寛、佐藤直幸（以上茨城大学工学部）、三重野哲（静岡大学理学部）

<要旨>

佐藤徳芳（東北大工）は、企画者挨拶として、プラズマ科学のCOEと本学プロジェクト研究の関連について言及し、フラーレンプラズマ共同研究の重要性及び緊急性を主張した。畠山力三、平田孝道（東北大工）より、新方式フラーレン生成装置製作設計に関する具体的な資料の提示があり、詳細な説明がなされた。真瀬寛、佐藤直幸（茨城大工）は、磁場中プラズマアシティドアーク放電装置による高収率C60生成に関してコメントした。三重野哲（静岡大理）は、特殊電極アーク放電装置における内包及び高次フラーレン生成に関してコメントした。庭野道夫（東北大通研）は、フラーレン精製装置についてコメントした。最後に、高収率フラーレン生成法、新分離法、新物質の合成、新しい測定方法の導入を研究対象にした新方式フラーレン生成研究開発器を早急に製作することを全員一致で決定した。

第6回

日時：平成7年2月9日（木）

13:30～10日（金）12:00

場所：東北大学工学部電気・情報館

451・453室

題目：プラズマ科学フォーラム

講師／演題

(1) 佐藤徳芳（東北大学工学部）

- 「企画者挨拶」
- (2) 羽鳥尹承（核融合科学研究所）
「プラズマ理論（非線形現象等）」
- (3) 中村良治（宇宙科学研究所）
「宇宙プラズマ（関連する基礎実験など）」
- (4) 前川孝（京都大学理学部）
「核融合プラズマ（加熱・電流駆動等）」
- (5) 渡辺征夫（九州大学工学部）
「プロセスプラズマ（ダストプラズマ等）」
- (6) 討論
「プラズマ科学の研究推進」と「核融合ネットワークとの関連」

<要旨>

佐藤徳芳（東北大工）は、企画者挨拶として、プラズマ科学フォーラムの支部的活動としての”仙台プラズマフォーラム”の活動経過と本プロジェクト研究活動との関連についての説明がなされた。羽鳥尹承（核融合研）は、プラズマ非線形現象の興味深い理論的課題が多く残っているものの、最近のトピックスであるプラズマ中の微粒子に関する理論的体系化に挑戦する意欲を示した。中村良治（宇宙研）は、負イオンプラズマ中のソリトンの振舞い及び微粒子プラズマ中の帯電量の測定についての講演をした。前川孝（京都大理）は、WT-IIIトカマク装置における電子サイクロトロン共鳴加熱法によるプラズマ電流駆動とMHD不安定制御の研究成果を報告した。渡辺征夫（九州大工）は、6.5 MHzと28 MHzの高周波放電シランプラズマ中で生成された微粒子のシース端での特異な振る舞いについて報告した。最後に、西田靖（宇都宮大工）を座長として、プラズマ科学の研究推進と核融合ネットワークとの関連についての討論会が持たれ、活発な意見交換がなされた。

以上、2回の研究討論会においては来年度以降の具体的研究課題が設定され、また4回の研究会においては常時50名以上の参加者があり、活発な議論がなされた。これにより来年度の本共同プロジェクト研究は、プロジェクト研究とプロジェクト研究会の2区分で行われる予定である。

課題番号 B-4

並列・分散・協調コンピューティング

[1] 組織

企画者: 西関 隆夫(東北大学大学院情報科学研究科)
 責任者: 白鳥 則郎(東北大学電気通信研究所)
 分担者: 佐藤 雅彦(東北大学電気通信研究所)
 富樫 敦(東北大学電気通信研究所)
 阿曾 弘具(東北大学大学院工学研究科)
 伊藤 貴康(東北大学大学院情報科学研究科)
 丸岡 章(東北大学大学院情報科学研究科)
 茨木 俊秀(京都大学工学部)
 千葉 則茂(岩手大学工学部)
 小野 寛晰(北陸先端科学技術大学院大学)
 堀口 進(北陸先端科学技術大学院大学)
 橋口攻三郎(岡山大学工学部)
 有川 節夫(九州大学理学部付属基礎情報学研究施設)
 菅原 研次(千葉工業大学)

[2] 研究会報告

高度情報化社会の進展により、効率的かつ信頼性の高い協調型並列・分散処理システムをシステムティックに開発するための基礎理論と実際の方法論を確立することが必要不可欠である。そこで、本プロジェクト研究は、効率のよい並列・分散・協調アルゴリズムの統一的設計法や大規模並列・分散・協調システムの構成・解析法の確立を目指すことを目的として企画された。

本年度は、6回の研究会を開催し、並列・分散・協調コンピューティングに関する諸問題を幅広く討論した。各研究会の主な講演内容は以下の通りである。

第1回

日時: 平成6年1月11日(金)

15:00-17:30

場所: 東北大学工学部 電気・情報系453号室

講師/演題

1. 茂木俊秀(京都大学工学部・教授)
 “Partially defined Boolean functions:
 Knowledge acquisition from data”

2. テイコ・カメダ(サイモンフレーザー大学・教授)

“Bandwidth allocation for real-time data over an ATM network”

茨木教授は、部分的に与えたブール関数値から元のブール関数を見つける問題を扱い、この問題は一般的にはNP完全であり、効率のよいアルゴリズムはなさそうであることを示すとともに、限られた場合に対して効率のよいアルゴリズムを与えた。

カメダ教授は、将来の情報スーパーハイウェイの担い手として大いに期待されているATMネットワークの未解決の問題の一つである、実時間データの伝送方法について、保存帯域割当て法という新しい方法を紹介した。

第2回

日時: 平成6年2月27日(火) 28日(水)

場所: 電気通信研究所2号館301号室

講師/演題

1月27日

菅原研次、藤田(千葉工業大学)、ゴータム・チャクラボルティ、マルティン・モーザー(東北大学)

「やわらかいシステムのアーキテクチャ」

1月28日

ゴータム・チャ克拉ボルティ、マルティン・モーザー、李成竺、唐橋拓史(東北大学)、藤田(千葉工業大学)

「エージェントに基づいたネットワークアーキテクチャ」

2日間のプログラムを通して、利用者指向のやわらかいネットワークを実現するための方法論とシステムのアーキテクチャについて、やわらかさの定義や形式化、および実現法が紹介された。

第3回

日時: 平成7年1月27日(金)

14:00-17:00

場所: 電気通信研究所2号館4階セミナー室

講師/演題

1. 有川節夫(九州大学理学部付属基礎情報学

研究施設・教授)

「発見科学の誕生」

2. 小野寛晰（北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科・教授）

“Representation theorems and embedding theorems for lattices-ordered algebras - an algebraic aspect of completeness theorem”

有川教授は、自身の最近の計算論的学習論と、それを応用した蛋白質データからの機械発見について説明し、これらの理論と実験を基にして展開した機械発見の理論を紹介した。

小野教授は、lattice-ordered algebra の表現定理、それらの完備化と埋め込み定理などの代数的结果が、その algebra に対応する論理の完全性定理にどのように関わるかを、具体例をあげて説明した。特に、拡張された形の Jonsson-Tarski の表現定理および MacNeille の束の完備化とから、多くの substructural logics に対する完全性定理が導かれたことを明らかにした。

第4回

日時：平成7年1月27日（金）28日（土）

場所：電気通信研究所2号館301号室

講師/演題

1月27日

1. ゴータム・チャクラボルティ（東北大学）
「やわらかいネットワークの形式的モデル」
2. 杉浦茂樹（東北大学）
「やわらかいネットワーク環境 — 実験システムのための調査」
3. 菅原研次（千葉工業大学）
「エージェントに基づいたネットワークアーキテクチャのモデル」

1月28日

1. 杉浦茂樹, ゴータム・チャ克拉ボルティ（東北大学）、菅原研次（千葉工業大学）
「やわらかいネットワークの応用とその実験システムの構成」
2. 総合討論

次世代のやわらかいネットワークシステムを構築するためには、非定型の問題解決機能が不可欠となる。菅原教授の講演では、この問題を解決したやわらかいネットワークのためのエージェント型分散処理システムのモデル ADIPS が紹介された。

第5回

日時：平成7年2月9日（木）10日（金）

場所：電気通信研究所2号館W313号室

講師/演題

2月9日

1. 杉浦茂樹（東北大学）

「やわらかいネットワーク実験システムの構成と問題点について」

2. ゴータム・チャ克拉ボルティ（東北大学）
「やわらかいネットワークにおける要求記述法」

3. 菅原研次（千葉工業大学）

「ネットワークにおけるやわらかい輻輳制御」

2月10日

総合討論

菅原教授は、利用者指向の次世代のやわらかいネットワークシステムに適したやわらかい輻輳制御法と実際の実現法について紹介した。

第6回

日時：平成7年2月24日（金）

15:00-17:30

場所：東北大学工学部 電気・情報系453号室

講師/演題

1. 千葉則茂（岩手大学工学部・教授）

「自然物・現象のビジュアルシミュレーション」

2. 堀口進（北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科・教授）
「並列光線追跡法による動画生成」

千葉教授は、渓流、山なみ、樹木、火、煙など自然物や現象の画像を生成するシミュレーション手法を与えた。

堀口教授は、動画生成法としてよく使われる光線追跡法を並列計算機 n-cube にインプレメントする方法およびその結果と性能評価を与えた。

以上6回にわたる研究会では、いづれも確固たる研究に裏付けされた最新の研究結果が発表され、すばらしい講演ばかりであった。講演後の討論も活発になされ、講演者、参加者ともに積極的に意見交換を行い、研究会を一層意義深いものにすることができた。

本プロジェクトの達成は、高次並列および分散情報処理の分野の発展に大きく貢献するものであり、来年度も研究会や討論を重ね、プロジェクト達成を目指す予定である。

課題番号 B-5

複雑系の設計・制御に関する研究

[1] 組織

企画者：阿部 健一（東北大学工学部）
 責任者：矢野 雅文（東北大学電気通信研究所）
 分担者：樋口 龍雄（東北大学情報科学研究所）
 吉澤 誠（東北大学情報科学研究所）
 川又 政征（東北大学情報科学研究所）
 原 啓明（東北大学情報科学研究所）
 青木 孝文（東北大学情報科学研究所）
 土屋 和雄（大阪大学工学部）
 石井 直宏（名古屋工業大学）
 伊藤 宏司（豊橋技術科学大学）
 杉坂 政典（大分大学工学部）
 辰巳 昭治（大阪市立大学工学部）
 倉光 正己（京都大学工学部）
 三宅 美博（金沢工業大学）

[2] 研究会報告

近年、生物の進化や高度な情報処理機能の数理モデルを抽出し、それをさまざまな工学システムに応用することに多くの研究者が関心を寄せている。本プロジェクト研究は、生物における適応・学習機能を模倣する並列・分散システムを定式化してその数理的性質の解明を図るとともに、それを複雑かつ大規模な工学システムの設計・制御に応用することを目的として企画された。

複雑系に関しては、活発な研究がなされているものの、まだ統一した方法論、アプローチといったものではなく、さまざまな試みがなされているのが現状である。そこで、本年度は、この分野の研究の動向を把握することを目的として、複雑系に関心を持つ研究者に集まってもらい、意見の交換を行った。なお、本研究会は工学研究会「システム制御研究会」との共催とした。

研究会のプログラムはつぎの通りである。

日時：平成6年12月20日（火）、21日（水）
 場所：東北大学電気通信研究所 2号館会議室（4階）

12月20日（火）

13:20～13:30 開会 阿部健一（東北大学）
 セッションI 司会 阿部健一（東北大学）
 13:30～14:10 無配線分子コンピューティング

14:10～14:50 青木孝文（東北大学）
 複雑系の設計論構築に向けて
 土屋和夫（大阪大学）

セッションII
 15:10～15:50 司会 青木孝文（東北大学）
 移動物体識別追尾装置の追尾制御
 杉坂政典（大分大学）
 生物ニューラルネットワークによる動きの検出
 石井直宏（名古屋工業大学）
 15:50～16:30 自己相似型結合網の並列計算モデルと遺伝的アルゴリズム
 辰巳昭治（大阪市立大学）

12月21日（水）
 セッションIII
 9:20～10:00 司会 吉澤 誠（東北大学）
 マルチロボットにおける相互引き込みを用いた協調制御
 三宅美博（金沢工業大学）
 10:00～10:40 一般化されたランダムウォークと動物行動のモデル
 原 啓明（東北大学）

セッションIV
 10:50～11:30 司会 矢野雅文（東北大学）
 電気回路網における同期とカオス
 倉光正己（京都大学）
 11:30～12:10 運動制御の自己組織化と機能形成
 伊藤宏司（豊橋技術科学大学）
 12:10～12:20 閉会 矢野雅文（東北大学）

各講演者の講演要旨は以下の通りである。

青木孝文氏（東北大学）は、配線などの物理的構造を用いない、分子の集合を直接扱う集合論理演算システムについて講演した。生化学反応系における酵素の特異選択性に着目し、酵素の種類で多値の論理的情報を表現すれば多値化が可能で、いわゆる無配線分子コンピューティングシステムが構成できることを示した。

土屋和夫（大阪大学）は、複雑系のモデルとそ

のダイナミクスおよびそのダイナミクスによって実現し得る情報処理機能について講演した。複雑系は莫大な要素から構成された大数システムで、その基本特性は、時空間的にコヒーレントな多重大安定解をもち、与えられた環境のもとで一つの解が選択され発現する。このような複雑系を情報処理系、制御系として利用する、複雑系の設計原理について述べた。

杉坂政典氏（大分大学）は、ニューラルネットワークによる移動物体の認識と移動ロボットの追尾制御について講演した。比例制御による追尾制御の走行データを使ってニューラルネットワークを学習させ、そのニューラルネットワークによる追尾制御の制御性を実験により検証している。

石井直宏氏（名古屋工業大学）は、生物ニューラルネットワークにおける動きの検出機構について講演した。なまずの網膜における非対称ニューラルネットワークの解析を通して、その動きの空間的情報の処理機構から動きの方程式が導けることを示した。

辰巳昭治氏（大阪市立大学）は、自己相似型結合網の並列計算機アキテクチャFIN1の構成原理とそのアキテクチャによる遺伝アルゴリズム(GA)の並列計算について講演した。巡回セールスマント問題を例にとり、FIN1によるGAの計算の有用性を示した。

三宅美博氏（金沢工業大学）は、工学的設計原理に対比する生命的設計原理の枠組みとリズムの相互引き込みを利用した多体ロボットの歩行パターンの形成について講演した。工学的設計原理を受動性、限定性によって特徴づけると、それに対し、工学的設計原理は非明示性、能動性、創発性によって特徴づけられる。氏はこのような視点から、「場」の制御の概念を導入し、相互引き込みによる場の生成を通じた協調制御について論じた。

原 啓明氏（東北大学）は、動物行動の基本過程に関するデータに基づいて、動物行動のダイナミクスを複合確率過程の問題としてモデル化する方法について講演した。このモデル化には、Langevin方程式とFokker-Planck方程式による従来の枠組みでは不十分で、このため、これらに個体の内部状態に関する方程式を加えた新しい枠組みを定式化している。この枠組みが一般化された複合確率過程としてブラウン運動の拡張も適用できることを示した。

倉光正己氏（京都大学）は、多自由度の発振器あるいはそれに外力を加えた系におけるさまざまな同期現象とカオスの発生機構について講演し

た。氏が提案している平均ポテンシャル法による振動回路の解析法を紹介し、その平均ポテンシャル法から導いた損失分極小化原理と呼ぶ物理法則でさまざまな同期現象が説明できることを示した。

伊藤宏司氏（豊橋技術科学大学）は、生体システムの運動制御の自己組織化と機能形成の情報処理を機能モジュールの観点からとらえる方法について講演した。モジュール間の時空間マッピングによる動的秩序パターンの生成が運動／行動制御にとって本質的な問題であることを指摘した。

研究会への参加者は、学内外あわせて約30名で、各講演毎に活発な討議があった。

前述のように、本研究会では、最近の複雑系の研究動向を探るため、さまざまなアプローチについて講演して頂いた。複雑系の工学サイドの研究目標は、これまでにない高度な機能を持つシステム—知的システムの構築にある。そのためには、さまざまな複雑系の性質を解明し、系に潜む秩序をアルゴリズムの形で抽出しなければならない。次年度も、このような視点で今年度と同様の研究会を開催し、複雑系の設計・制御論の一層の発展を期したい。

課題番号 B-6

微小電子源の物理と電子ビーム応用

[1] 組織

企画者：横尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
 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）
 川崎 温（埼玉大学理学部）
 下山 宏（名城大学理工学部）
 志甫 諒（日本原子力研究所
 那珂研究所）
 三間 圭興（大阪大学レーザー核融合
 研究センター）
 山本 恵彦（筑波大学物理工学系）
 綱脇 恵章（大阪産業大学工学部）
 大東 延久（関西大学工学部）
 田口 俊弘（摂南大学工学部）
 車 信一郎（レーザー技術総合研究所）
 荻田 正巳（静岡大学工学部）
 安達 洋（室蘭工业大学）
 斎藤 宏文（文部省宇宙科学研究所）
 河村 良行（理化学研究所）
 室田 淳一（東北大学電気通信研究所）
 嶋脇 秀隆（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究会報告

真空マイクロエレクトロニクスは、耐環境性、高速性、高エネルギー密度等、媒質としての真空の利点を生かした新しいデバイスを開発するための技術を総合的に研究する分野である。従って、ここから誕生する真空素子は、超高速コンピュータ、マイクロ波から遠赤外線までの電磁波の発生など、半導体素子が当面課題としている分野はもとより、原子力および宇宙関係デバイス、表示装置など極めて広い応用分野を持っている。本プロジェクト研究は、そのキーデバイスである微小電子源に着目し、表面物性から応用デバイスに至るまで幅広く探究することを目的として企画された。

研究会は、電気通信研究所工学研究分科会大電力マイクロ波ミリ波研究会と共に開催され、3回開催された。以下に各研究会のプログラムと要旨を示す。

<プログラム>

第1回 日時：平成6年12月9日（金）
 13:00-17:30
 場所：東北大学電気通信研究所中会議室
 (1)横尾邦義（東北大学電気通信研究所）

「企画者挨拶」

- (2)横尾邦義（東北大学電気通信研究所）
 - 「真空マイクロエレクトロニクスの展望と課題」
 - 「微小電子源の製作と応用」
- (3)山本恵彦（筑波大学物理工学系）
 - 「超高速分子線技術を用いた電子放出特性改善の可能性」
- (4)中根英章（室蘭工业大学）
 - 「窒化ニオブからの電界放射」
- (5)下山 宏（名城大学理工学部）
 - 「高輝度・高性能電子錐の開発」
- (6)志甫 諒（日本原子力研究所那珂研究所）
 - 川崎 温（埼玉大学理学部）
 - 「マイクロエミッタの高エネルギービーム応用」
- (7)車 信一郎（レーザー技術総合研究所）
 - 「微小電子源からの電子ビームの自由電子レーザへの応用」
- (8)綱脇恵章（大阪産業大学工学部）
 - 大東延久（関西大学工学部）
 - 「電界放出エミッターを用いた新型光源の開発
—A. マイクロFELの開発, B. FEL用マイクロREBの開発」
- (9)田口俊弘（摂南大学工学部）
 - 三間圭興（大阪大学レーザー研）
 - 「マイクロチップ自由電子レーザの理論と計算機シミュレーション」
- (10)斎藤宏文（文部省宇宙科学研究所）
 - 「マイクロ・エミッタの宇宙への応用とその基礎実験」
- (11)荻田正巳（静岡大学工学部）
 - 「金属の固体・液体状態におけるキャリア移動分布の検出器」

<要旨>

横尾（東北大学通研）により「企画者挨拶」で、本共同プロジェクト研究発足の意義と研究会開催の趣旨について説明があり、引き続き、「真空マイクロエレクトロニクスの展望と課題」と「微小電子源の製作と応用」と題して、真空を媒体としたデバイスの魅力、微小電子源を用いた真空デバイスの一例として、高周波デバイスと平面表示装置の開発の展望と課題について講演があった。山本（筑波大学物理工学系）は「超高速分子線技術を用いた電子放出特性改善の可能性」と題して、超音速分子線技術を用いた固体表面のマクロスコ

ピックな物性の制御による微小電子源、特に電界放出電子源の特性改善の可能性について紹介した。中根（室蘭工業大学）は「窒化ニオブからの電界放射」と題して、高硬度、高融点材料、化学的安定性、金属的性質を有する遷移金属の窒化物の電界放射陰極材料としての可能性について報告した。下山（名城大学理工学部）は「高輝度・高性能電子銃の開発」と題して、電子銃の性能評価項目(1)高輝度・大probe電流の同時達成 (2)長寿命 (3)動作の安定性 (4)小エネルギー幅 に沿って、高性能電子銃開発のための光学系に対する特性や基本的考え方について紹介した。志甫（原研那珂研究所）、川崎（埼玉大学理学部）らは「マイクロエミッタの高エネルギービーム応用」と題して、将来のマイクロFEL用電子ビーム源としてのマイクロエミッタ応用について見解を述べた。車（レーザー技術総研）は「微小電子源からの電子ビームの自由電子レーザへの応用」と題して、高品質高エネルギー電子ビームの形成が期待できる微小電子源の自由電子レーザへの応用の可能性を評価すると共に、シミュレーションによる発振過程の解析結果について述べた。綱脇（大阪産業大学工学部）、大東（関西大学工学部）らは「電界放出エミッターを用いた新型光源の開発」と題して、実験室レベルでのデスクトップ型FEL開発の重要性から、電界放出型エミッタを用いたチエレンコフFELの研究計画とFEL用マイクロREBの開発について紹介した。田口（摂南大学工学部）は「マイクロチエレンコフ自由電子レーザの理論と計算機シミュレーション」と題して、マイクロエミッタからの電子ビームを直接電磁波放射に利用するマイクロチエレンコフ自由電子レーザについて紹介し、ビームエネルギーが小さくても短波長電磁波の增幅・発振が可能であることを報告した。斎藤（文部省宇宙研）は「マイクロ・エミッタの宇宙への応用とその基礎実験」と題して、マイクロエミッタを用いた真空デバイスの耐熱性、耐放射線性、高速動作性等の特徴に着目し、原子力および宇宙関係分野への応用について検討すると共に、惑星大気中の中性ガス質量分析器あるいはFEL用電子銃の開発について紹介した。荻田（静岡大学工学部）は「金属の固体・液体状態におけるキャリア移動分布の検出器」と題して、微小電子源を利用した金属の固体・液体状態における結晶粒界のその場観察、キャリアの分布、移動の情報を検出する検出器について報告した。

<プログラム>

第2回 日時：平成7年3月3日（金）

13:00-17:00

場所：東北大学電気通信研究所1号館

S305

内池平樹（広島大学工学部）

「平面ディスプレイの現状」

<要旨>

大画面（対角40インチ以上）のフルカラー壁掛けディスプレイの開発動向について、その候補としてカラー・プラズマディスプレイ、電界放射型ディスプレイおよび液晶ディスプレイが紹介され、それぞれの開発現状と大型化における問題点について、比較検討がなされた。

<プログラム>

第3回 日時：平成7年3月17日（金）

13:30-17:00

場所：東北大学電気通信研究所大会議室

(1)江刺正喜（東北大学工学部）

「マイクロマシーニング」

(2)伊藤順司（通産省電子技術総合研究所）

「フィールド・エミッタ・アレイ開発の取り組みと展望」

(3)河村良行（理化学研究所）

「小型静電加速器電子ビーム源としてのマイクロエミッタ」

<要旨>

江刺正喜（東北大学工学部）は「マイクロマシーニング」と題して、新しい立体的な微細加工技術であるマイクロマシニングとそれを応用した小型でながら高度な機能が凝縮されたマイクロマシン（マイクロシステム）の例を紹介した。伊藤順司（通産省電子Z術総合研究所）は「フィールド・エミッタ・アレイ開発の取り組みと展望」と題して、FEAの原理、主なFEA構造および特性、フラットパネルディスプレイやセンサなどいくつかの応用デバイスが紹介され、現在直面している問題点と今後の展望について述べた。河村良行（理化学研究所）は「小型静電加速器電子ビーム源としてのマイクロエミッタ」と題して、マイクロエミッタの小型静電加速器の電子ビーム源としての可能性と小型自由電子レーザの研究・開発の概要と期待される諸特性について述べた。

研究会の参加者は、学内外を合わせて、それぞれ40名程度であり、各講演に対し、参加者による活発な討論が行われた。本プロジェクト研究は、来年度も行われる予定である。

課題番号 B-7

光励起表面反応の半導体プロセスへの応用

[1] 組織

企画者：宮本 信雄（東北大学電気通信研究所）
 責任者：宮本 信雄（東北大学電気通信研究所）
 分担者：宇理須恒雄（分子科学研究所）
 英 貢（豊橋技術科学大学）
 田中健一郎（高工研放射光実験施設）
 加藤 博雄（高工研放射光実験施設）
 上野 信雄（千葉大学工学部）
 山崎 義武（九州工業大学情報工学部）
 難波 秀利（東京大学理学部）
 河野 省三（東北大学科学計測研究所）
 渡辺 誠（東北大学科学計測研究所）
 高桑 雄二（東北大学科学計測研究所）
 柳原 美広（東北大学科学計測研究所）
 末光 真希（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）
 遠田 義晴（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究会報告

『半導体プロセスにおける表面化学反応』

本プロジェクト研究は、半導体結晶成長や薄膜形成などの半導体プロセスに光励起法を応用するために、光励起表面反応の反応機構の解明や反応条件の最適化など、光励起反応の基礎を様々な見地から検討し、将来の高密度デバイスに適合する低温プロセス法や原子制御プロセス法の確立を目指すことを目的として企画された。本年度の研究会では、原子分子の表面吸着・脱離現象も含め、幅広く表面光励起反応の諸問題について討論した。

本プロジェクト研究はシンクロトロン放射光と密接に関連するが、現在、東北大学では東北大学放射光リング建設設計画を全学的に推進する体制が整い、今後、放射光を有効に活用するための活発な議論が必要な時期にある。そこで、研究会は、電気通信研究所工学研究会放射光工学研究会と、東北大学の放射光研究者の全学組織である東北大学特定領域横断研究組織TURNS-005「シンクロトロン放射」、放射光リングの設置予定施設となっている東北大学理学部附属原子核理学研究施設との共催とした。

研究会のプログラムは以下の通りである。

日時：平成7年1月27日（金）、28日（土）

場所：東北大学電気通信研究所講堂

1月27日（金） 13：30-17：30

(1)宮本信雄（東北大通研）

『企画者挨拶』

(2)英 貢（豊橋技科大）

『光励起プロセスの現状と展望』

(3)宇理須恒雄（分子研）

『放射光励起表面光化学反応のその場観察』

(4)高桑雄二（東北大科研）

『放射光励起表面反応の「その場」観察』

(5)遠田義晴（東北大通研）

『Si/Si(100)成長中の光電子強度振動現象』

(6)末光真希（東北大通研）

『Si(100)上PH₃吸着と水素脱離過程』

1月28日（土） 9：30-17：00

(7)山崎義武（九州工大）

『光励起表面反応に関する最近の物理的発展』

(8)難波秀利（東大理）

『Si単結晶表面に吸着した簡単な分子の光脱離
と光分解』

(9)赤沢方省（NTT LSI研）

『Si熱酸化膜の放射光刺激蒸発と欠陥形成』

(10)柳原美広（東北大科研）

『多層膜によるNan線用狭帯域反射型フィルタ
ー』

(11)持地広造（日立中研、新技術事業団さきがけ
研究21）

『多価イオン励起表面反応』

(12)庭野道夫（東北大通研）

『Si表面上有機硅素化合物の放射光励起分解
過程』

(13)内海裕一（NTT LSI研）

『放射光励起SiガスソースMBEにおける選
択成長』
(特別講演)

(14)佐藤 繁（東北大理）

『東北大放射光計画』

各講演者の講演要旨は以下の通りである。（以
下敬称略。）

〈第1日目〉

宮本信雄（東北大通研）は『企画者挨拶』で、研究会開催の主旨を説明し、西澤潤一総長の先駆的研究に始まる通研の光励起プロセス研究の歴史を紹介した。英 貢（豊橋技科大）は『光励起プロセスの現状と展望』と題して、光励起プロセスの魅力がどこにあるかを、光源の発展性、多様な選択性、励起の多様性の観点から紹介した。放射光励起プロセス研究の先駆者である宇理須恒雄（分子研）は『放射光励起表面光化学反応のその場観察』と題して、放射光励起プロセスは新しい応用の開拓とともに、反応メカニズムの解明が重要な課題となりつつありことを指摘し、その場観察の技術としての、埋め込み金属基板を用いたIRAS法の基本特性および実際のプロセス反応のその場観察に応用了した結果について紹介した。また、高桑雄二（東北大科研）も『放射光励起表面反応の「その場」観察』の重要性を指摘し、放射光励起プロセスにおける表面反応の解析法として、表面反応励起用の真空紫外光そのものをプローブとした光電子分光法が有効であることを、SiガスソースMBEによるSiエピ成長を例として紹介した。遠田義晴（東北大通研）は『Si/Si(100)成長中の光電子強度振動現象』について講演した。Si(100)上にSi₂H₆を用いたSi気相成長中、あるいは固体ソースによるSiホモエピタキシャル成長中に、「その場」紫外光電子分光測定を行うと、特定の光電子強度がSiの成長速度に応じて周期的に振動する。この振動現象はSi単原子層状成長によりSi(100)特有の表面再配列2×1と1×2が交互に現れるためであり、表面バンド分散の異方性と関係することを明らかにした。末光眞希（東北大通研）は『Si(100)上PH₃吸着と水素脱離過程』を、昇温脱離法（TPD）を用いて調べた結果を紹介した。PH₃は表面水素および表面Pの占有サイトには吸着しないこと、吸着温度が400℃を越えると水素脱離が始まりPH₃照射中に表面P密度が増加すること、表面P密度が増加すると表面水素の邂逅反応が抑制されるとともに脱離活性エネルギーが増加し、水素脱離過程が抑制されることを明らかにした。

〈第2日目〉

山崎義武（九州工大）は『光励起表面反応に関する最近の物理的発展』について講演した。半導体表面や界面の形成過程について、微視的な確率過程の動力学やくりこみ理論によって得られた最近の理論計算結果を紹介し、1個1個の原子の吸着・脱離の制御法が理論的に予見できれば、思い通りのナノ構造体の製作が可能となることを示した。難波秀利（東大理）は『Si単結晶表面に吸着

した簡単な分子の光脱離と光分解』と題して、H₂O/Ge(100)、C₂H₄/Si(100)、(CH₃)₂GeH₂/Si(100)吸着系を例にとり、光刺激脱離スペクトルによる表面最外層の電子状態の検出、光イオン脱離過程、有機金属分子の光化学分解と熱分解の比較について紹介した。赤沢方省（NTT LSI研）は『Si熱酸化膜の放射光刺激蒸発と欠陥形成』について講演した。Si熱酸化膜への放射光照射による表面SiO_x欠陥層の形成と、膜自体が真空中へ失われる光刺激蒸発現象を考察し、欠陥生成は蒸発速度を減少させるが、蒸発は欠陥をアニールするため、この2つの現象は相互に深く関わっていることを明らかにした。柳原美広（東北大科研）は『多層膜による軟X線用狭帯域反射型フィルター』について、最近の軟X線用多層膜ミラーの開発状況と、それを利用した縮小投影リソグラフィの現状を紹介した。

持地広造（日立中研、新技術事業団さきがけ研究21）は、光励起法と同様な表面反応が起こると期待される『多価イオン励起表面反応』について講演した。多価イオンを低速で固体表面に照射した時に、表面原子から多価イオンへ電子が移動（イオンの中性化）することによって表面にどのような反応が生じるか、また、これらの反応は多価イオンの内部エネルギーを選ぶことによって制御できるかという点について議論した。庭野道夫（東北大通研）は、『Si表面上有機硅素化合物の放射光励起分解過程』と題して、有機硅素化合物の光分解によるシリコン酸化膜と炭化硅素（SiC）薄膜形成過程に関する最近の研究成果を紹介した。また、内海裕一（NTT LSI研）は、『放射光励起SiガスソースMBEにおける選択成長』について講演し、ジシランによるガスソースMBE中の放射光照射効果により、従来達成されなかったSi完全選択エピ成長を初めて実現したことを紹介した。その特性は従来のガスソースMBEの場合と全く異なることや完全選択性発現の機構を明らかにした。

最後に、佐藤 繁（東北大理）が『東北大放射光計画』について特別講演した。東北大学放射光計画推進の歴史と、現在の計画の概要・推進体制を紹介した。

研究会の参加者は、学内外をあわせて50名程度であり、各講演者のすばらしい講演に統いて、活発な議論が行われた。光励起プロセスは、X線リソグラフィや光励起微細加工等の応用面からも極めて重要なプロセス技術であり、基礎的、実用的両面からの研究の発展が期待される。この研究会は、来年度も開催する予定である。

課題番号 B-8

ミリ波帯イメージング技術の研究

[1] 組織

企画者：水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 責任者：水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 分担者：犬竹 正明（東北大学工学部）
 莅戸 立夫（理化学研究所フォトダイナミクス研究センター）
 J.J. Chang（理化学研究所フォトダイナミクス研究センター）
 藤田 順司（核融合科学研究所）
 間瀬 淳（筑波大学プラズマ研究センター）
 ペイジヨンツク（東北大学電気通信研究所）
 鈴木 哲（東北大学電気通信研究所）
 服部 邦彦（東北大学工学部）
 張 欣（理化学研究所フォトダイナミクス研究センター）
 赤池 正巳（東京理科大学）
 岡島 茂樹（中部大学工学部）
 稻谷 順司（国立天文台）
 野口 卓（国立天文台）
 小平 真次（木更津工業高等専門学校）
 檜枝 譲重（三菱電機株式会社電子システム研究所）
 上原 一浩（NTT無線システム研究所）

[2] 研究会報告

本プロジェクト研究は、ミリ波帯のイメージング技術を開発することを目的に、種々のテーマについて議論するために設置されたものである。従って、研究の組織は、ミリ波帯のデバイスなど要素技術の専門家およびイメージングの応用分野の研究者などから構成されている。

2-1 「ミリ波帯 HBT とその応用」

平成 7 年 2 月 28 日

本城 和彦博士（日本電気（株）マイクロエレクトロニクス研究所）に講師を依頼し、ミリ波帯における低雑音三端子素子として、その将来性の注目されている HBT について、高周波特性、製作プロセスなどについて、議論を行った。

2-2 「ニューラルネットワークを用いた知的情報処理と工学への応用」

米山 正秀博士（（株）リコー情報通信研究所）を講師に迎え、実際に応用を考えたニューラル・

ネットワーク処理の講演並びにその後それに関連して種々の議論を行った。イメージング、特にコヒーレント光の散乱を用いたイメージングの際に問題となるスペックル、グリント等による像の distortion に対する対策として、ニューラルネットワーク処理が有効であるとの指摘があった。

2-3 「電波伝搬の確率分布関数について」

平成 7 年 3 月 9 日

赤池 正巳教授（東京理科大学）より、大気中の電波伝搬（フェーディング）に関連し、降雨確率、大気のゆらぎ等の自然現象を表す確率関数についての講演があり、それに関して種々の議論を行った。

2-4 「スロットアンテナに関するワークショップ」

平成 7 年 3 月 9-10 日

ミリ波帯の 2 次元イメージングアレイを開発する際、検出素子の候補の一つとして、テーパー・スロットアンテナが考えられる。本ワークショップは、その特性についての議論を行うために企画されたものである。木更津高専の小平教授からは種々の形のスロットアンテナに関する測定結果、また新型のアンテナの提案等があり、また、水野研究室からはアンテナパターーンの理論解析についての発表等があり、東京理科大学の赤池教授、国立天文台の野口助教授等から有益な議論があり、二日間にわたって活発な討論が行われた。

2-5 「サブミリ波帯光励起型ガスレーザーに関する研究会」

平成 7 年 3 月 13-14 日

イメージング技術を、将来テラヘルツ（サブミリ波）帯まで伸ばすことを考えると、その照射用光源としては光励起型ガスレーザーが有望である。本研究会は、安定な出力を得るためにレーザーシステムを開発するために企画されたものである。中部大学の岡島教授の参加を得て、研究発表および実際にフォトダイナミクス研究センター莅戸研究員製作のシステムを動作させながら、レーザー各部についての討論を行った。現場での討論であったため、多くの有益な実際的な成果が得られた。さらに、レーザーを発振させながら、テラヘルツ帯の電力測定に関する討論を行い、有益な結果を得た。

課題番号 B-9

新機能磁性材料の創製とそのナノスピンド構造の研究 およびデバイスへの応用

[1] 組織

企画者：脇山 徳雄（東北大学工学部）
 責任者：中村 慶久（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）
 秦泉寺敏正（東北大学工学部）
 島田 寛（東北大学科学計測研究所）
 菊地 新喜（東北学院大学工学部）
 村上 孝一（八戸工業大学）
 石尾 俊二（秋田大学鉱山学部）
 大嶋 重利（山形大学工学部）
 藤井 壽崇（豊橋技術科学大学）
 八木 正昭（熊本工業大学）
 山城 康正（琉球大学工学部）
 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）
 参加者：羽田 紘一（石巻専修大学理工学部）
 福永 博俊（長崎大学工学部）
 山崎 二郎（九州工業大学電気工学科）
 角野 圭一（横浜国立大学工学部）
 白川 究（(財)電気磁気材料研究所）
 協力者：高橋 研（東北大学工学部）
 松木 英敏（東北大学工学部）
 一ノ倉 理（東北大学工学部）
 山口 正洋（東北大学電気通信研究所）
 村岡 裕明（東北大学電気通信研究所）
 北上 修（東北大学科学計測研究所）

[2] 背景と経緯

マグネティックスは長い歴史を持つ学問分野であり、常に先端技術として旺盛な社会の要請に支えられて発展してきた。電子スピントンは全ての物質に極めて高い密度で存在し電磁気的な様々な相互作用を外部と及ぼしあうことから、21世紀を展望するとき学理と工学的応用のフロンティアのひとつとなる実績と可能性がある。

実際、現在の急速な技術進展は磁気記録技術、人工格子材料、超微粒子材料などスピンドオーダに迫る先端技術を生み、近い将来スピントンを人工的に制御して利用する新しい機能の出現を予見させるものである。一方、スピントンを検出する原子レベルの観測技術は既に物理計測並びに生体磁気計測等の分野で実用に供されて久しく、これらを学理と

して統合することにより、電子スピントンに対して光・電子・磁束量子等を作用させて高度な情報操作と蓄積機能をもつ原子オーダの機能デバイス（スピニクスデバイス）として、エレクトロニクスへの展開が期待される。このようにスピントンに関する科学とこれを利用する技術を総合的に捉えるのがスピニクスである。

この概念は本学電気通信研究所で世界に先駆けて提案され、現在では次世代のマグネティックスの目指すべき方向として広く認知されるに至っている。

以上の背景の基に、電気通信研究所と工学研究科電気・通信工学専攻および電子工学専攻、ならびに科学計測研究所の有志により、スピニクスの概念の発信基地であり、かつ従来から磁気研究のメッカとしても知られる東北大学を機軸とした共同研究の可能性が模索されていた。ここに開始された共同プロジェクト準備研究は、電気通信研究所の改組を機会にその第一歩を記したものである。

[3] スピニクス研究会との関係

スピニクスの概念の誕生と共同プロジェクト化への展開には、工学研究会スピニクス研究会が深く関与している。Annual Report第1号の発刊に当たり、とくにこの点について経緯を説明する。

スピニクス研究会は1990年4月に磁気工学研究会という名称で発足したもので、工学研究会としては比較的新しい分科会である。当時の工学研究会は部局内の研究会としての性格が比較的強かったが、磁気工学研究会は当初より産官学を横断する研究討論と情報交換の場として企画され、併せて地域との連携も意図して広く門戸が開放された。その結果300余名の登録会員が参集し、本研究会は短期間の内に全国の研究者に知られるに至った。

スピニクスの概念はその討論の中で醸成されたもので、研究会の方向性を明示するため、1992年4月からは名称を現在のスピニクス研究会にとともに、通常の研究会に加えて特別研究会、特別講演会を随時開催した。主要なものを列挙すれば以下の通りである。

- (1) マグネティックスの最先端を行く研究者11名の依頼講演による特別研究会(1992年11月。於：東北大学，金属材料研究所と共に催)。
- (2) 一般公募46件による特別研究会(1993年10月。於：秋田県高度技術研究所，日本応用磁気学会協賛)
- (3) 依頼講演9件によるマイクロ磁気デバイスとマイクロマシン特別研究会(1993年12月。於：東北大学，電気学会共催)。
- (4) 一般公募37件，依頼講演1件による特別研究会(1994年10月。於：八戸工業大学，日本応用磁気学会協賛)。
- (5) IEEE Distinguished Lecturer, Dr. Woodによる特別講演会(1994年12月。於：東北大学)

以上，スピニクス研究会の活動を通して関連分野の最新研究動向をほぼ掌握するとともに，共同研究組織の下地が次第に形成され，これが本準備研究の母体となった。

[4] 今年度の活動報告

既に述べたように，本準備研究はナノメータ領域の微細構造を制御した先駆的なスピニクス機能材料の開発からそのデバイス化までを一貫して行う境界領域的研究であり，構造制御に加えスピニクスデバイスとしての高機能性を開発する点に特徴がある。

研究分担者，参加者からの従来からの研究情についてには相互理解がほぼ出来上がっている情にあるため，共同プロジェクトの世話役となる東北大学側の最新研究情をスピニクス研究会を通して詳細に紹介し，これを踏まえて今後の方針を定める全体会議を行った。

1995年3月14日9:30～16:30，本学電気通信研究所，工学研究科電気・通信工学専攻および電子工学専攻，ならびに科学計測研究所の大学院前期課程2年次学生13名による修士論文の概要発表と討論をスピニクス研究会として行った（詳細は第7章2節10項を参照）。主な内容は，超高密度磁気記録方式，超高密度磁気記録／光磁気記録用薄膜ヘッド／媒体材料とその評価・観察技術，高周波マイクロ磁気デバイス，巨大磁気モーメント $Fe_{16}N_2$ 薄膜，EMC対応パワーマグネットイクス機器，人工心臓駆動用経皮的電力伝送システムなどである。

その内容のいくつかを紹介すると，以下の通りである。薄膜磁気ヘッドの高帯域化とS/N比の向上のためにはヘッド巻線を分割し低インダクタンス化することが有効でありこれによって超高密度化の新たな局面が開けると考えられること，マイクロストリップコイルを用いれば薄膜透磁率を

1MHz～3GHz程度まで高精度で計測可能と考えられ同帯域の環境磁気雑音計測にも適用できること，弾性表面波を用いて薄膜の初期成長過程をモニタするとIsland状態から連続膜状態への推移を明瞭に観察できること， $Fe_{16}N_2$ 薄膜の磁気モーメントは240emu/gに留まり巨大モーメントの発現機構は他相との相互作用によると考えられること，アモルファス細線を用いた経皮的電力伝送システムを山羊に装着し，人工心臓駆動に必要な20Wの電力を温度上昇3℃以内で伝送可能であることが示されたこと，スパッタ微粒子による超高密度磁気記録状態の観察が可能であることなどである。本準備研究関係者が揃って参加し，活発な討論が行われた。

続いて，本項の冒頭に記した関係者全員による全体会議が開催された（八戸工大は坂本禎智助教授が代理出席，また豊橋技科大井上光輝助教授がオブザーバとして参加。本学中村慶久教授は病気欠席）。はじめに本準備研究の企画者の脇山徳雄教授並びに荒井賢一教授（責任者中村慶久教授の代理）より通研改組の経緯，共同プロジェクト研究と共同プロジェクト準備研究の意義と枠組み，本準備研究(B-9)の目的などが説明され，次いで出席者より本研究に対する意見，要望等が出された。主な意見は以下の通りである。

- (1) 討論と情報交換の場として機能しているスピニクス研究会を発展させ，共同で研究成果を求める組織が形成されたことは評価できる。
- (2) 準備研究（あるいはプロジェクト研究会）の段階でも一定の研究成果が出せるよう，共同プロジェクトの前段階として，既存の設備を利用した共同利用型の研究から着手することを考えたい。そのために，研究関連の消耗品費等について考慮してほしい。
- (3) スピニクスを志向したマグネットイクスの研究情は，物性解明，材料開発，デバイス・システム開発，計測技術等，多岐に渡る。またナノ構造観察制御技術や超伝導など関連分野との連携も必要である。現在，電気通信研究所で直接研究されている超高密度磁気記録システムやマイクロ磁気デバイス／アクチュエータ等に必ずしも捕らわれることなく，広く斬新な具体的テーマを掲げたい。その情によっては，本準備研究とは独立の新しい共同プロジェクト研究を設置することも可能である。

来年度は，以上を受けて具体的な研究テーマを設定することになった。

課題番号 B-10

結晶成長面における原料原子の 積層過程に関する研究

[1] 組織

企画者：潮田 資勝（東北大学電気通信研究所）
 責任者：潮田 資勝（東北大学電気通信研究所）
 分担者：
 尾関 雅志（産業技術融合領域研究所アトムテクノロジー体）
 木村 克美（北陸先端科学技術大学院大学）
 松村 英樹（北陸先端科学技術大学院大学）
 大塚 信雄（北陸先端科学技術大学院大学）
 水谷 五郎（北陸先端科学技術大学院大学）
 富取 正彦（北陸先端科学技術大学院大学）
 楠 熱（東北大学科学計測研究所）
 河野 省三（東北大学科学計測研究所）
 上原 洋一（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）
 佐野 陽之（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究会報告

次世代の高速高密度情報処理を担う超高集積デバイスや量子効果応用デバイスの開発・作製には原子スケールで3次元的に制御された高品質の半導体作製技術の確立が必要不可欠であると考えられている。このための技術として原子層成長エピタクシー(ALE)や選択成長技術が注目され、実際にこれらの手法を用いて原子スケールのサイズを有する半導体構造の作製もなされているが、その成長過程には不明な点が多い。

本プロジェクト研究の目的はこのような結晶成長過程の素過程（結晶成長面における原料原子の積層過程）を物理的・化学的観点から解明することにある。この目的を達成するために、結晶成長を専門とする研究者と評価分析を専門とする研究者による研究グループを組織した。従来、結晶成長を専門とする研究者は評価分析に十分な研究時間を割くことができず、また逆に評価分析を専門とする研究者自らが結晶成長を行うことは設備の点からも困難であった。両分野の研究者が共同で標記テーマを研究することにより、所期の目的がより素早く達成されると考えている。

今年度は2回の研究会を開催した。その他に標記課題に関連する研究をおこなっている研究者2

名と研究打ち合わせを行った。それらの内容は以下の通りである。

第1回研究会

- 日時：平成6年12月15日（木）
 場所：東北大学電気通信研究所・小会議室
 プログラム：
 1. 潮田資勝（東北大学電気通信研究所）
 「共同利用プロジェクト研究について」
 2. 尾関雅志（産業融合領域研究所）
 「III-V族結晶の原子オーダー成長制御」
 3. 大塚信雄（北陸先端科学技術大学院大学）
 「MBEによる過飽和固溶体からの成長機構の研究」
 4. 松村英樹（北陸先端科学技術大学院大学）
 「触媒CVD法における非晶質から多結晶Siの成長過程および「ひまわり効果」の発見」
 5. 高岡 毅（東北大学科学計測研究所、楠教授の代理）
 「エチレンビームによるSi表面上の炭化膜形成とN₂⁺イオンビームによる窒化膜形成」
 6. 河野省三（東北大学科学計測研究所）
 「Si-(100)表面上の初期界面の構造と電子状態」
 7. 木村克美（北陸先端科学技術大学院大学）
 「レーザー超高分解能光電子分光」
 8. 佐野陽之（東北大学電気通信研究所）
 「半導体吸着分子のラマン分光」

第1回研究会では代表者から東北大学電気通信研究所の共同プロジェクト準備研究について説明があった後、各構成員の研究の現状についてご講演いただいた。これは各構成員の研究の現状について研究会で議論することにより標記課題にたいする具体的な研究方法を定め、徐々にプロジェクト研究組織としての形態を整えていくことを意図している。

プログラムの1から5が主に結晶の作製に関わる研究者からのものであり、6から8がその評価分析に関するものである。期待したようにこの研究会は、結晶作製、評価分析を専門とする研究者お互いにとって大変興味深いものとなり、活発な議論がなされた。

第2会研究会

日時：平成7年3月3日（金）

場所：東北大学電気通信研究所・中会議室

1. 潮田資勝（東北大学電気通信研究所）

「開会の辞」

2. 鶴岡 徹（東北大学電気通信研究所）

「HREELS/Raman複合計測による半導体超薄膜の物性評価」

3. 楠 熊（東北大学科学計測研究所）

「Si表面炭化反応」

4. 東山和幸（筑波大学物理学系）

「Au/Si(111)界面のSTM観察：(6x6)再配列構造」

5. 水谷五郎（北陸先端科学技術大学院大学）

「半導体表面のSHG観察」

6. 木村克美（北陸先端科学技術大学院大学）

「レーザー光電子分光法の応用」

7. 伊藤 仁彦（東北大学電気通信研究所）

「STM発光による表面微細構造の光物性」

第2回の研究会では、結晶成長に関連した3を除いて、第1回の研究会では講演されなかった評価分析手法について議論した。2回の研究会を通して、研究組織の現状が明らかとなった。

上記の研究会とは別に研究打ち合わせを行った。これは当初計画した構成員には加わらなかつたが、標記研究題目の観点からユニークかつ興味深い研究をなされている研究者をお招きし、共同プロジェクト準備研究の新しい方向を探ろうとするものである。今年度は佐々木亘教授（宮崎大学工学部）と西谷龍介助教授（九州工業大学情報工学部）のお二人と東北大学電気通信研究所の構成員とで研究打ち合わせを行つた。

佐々木教授は高出力短波長レーザーの専門家で、かねてよりほとんどの有機分子の原子間結合を切るのに十分な10eV程度の光子エネルギーを持ち、かつMWクラスの出力を有するレーザーの試作に成功している。このレーザーは本研究課題と密接な関係を有する「短波長光を用いた結晶の成長制御とその機構」の観点から大変興味深いものであり、高出力短波長レーザーの現状について説明を受けた後、共同研究の可能性について議論した。

西谷助教授は、本プロジェクト準備研究会でも有力な評価分析手法の一つに計画しているSTM発光分光を研究している国内では数少ない研究者の一人である。STM発光分光は、基板上に作製された個々の量子構造にSTM探針から電子（もしくは

ホール）を打ち込んで発光させることにより、個々の量子構造の物性（特に光物性）を計測する新しい手法であり、全世界的にも非常に注目されている。西谷助教授の開発したSTM発光分析装置について説明を受けたあと、STM発光分光の現状や問題点、共同研究の可能性について議論した。

今年度の活動を総括すれば、研究組織を作る年であったといえる。研究会や研究打ち合わせを通じて、標記課題について多方面から研究できることがわかった。なお、結晶成長過程の研究では、実験的な手法のみならず、理論シミュレーションも極めて有効であることがよく認識されているが、平成6年度の組織ではこの点に弱点があった。この点を補強するために、平成7年度から、結晶成長の理論シミュレーションを専門とする山崎隆浩氏（産業技術融合領域研究所アトムテクノロジーアイ）に新たに加わっていただくことになった。平成7年度も標記目的を達成するのに最適な方策を議論してゆくとともに、幾つかの準備研究をスタートする予定である。

課題番号 B-11

ブレインコンピュータの構成に関する基礎的研究

生物的情報処理システムである「脳のようなコンピューター」すなわち「ブレインコンピューター」を構成するには、1) コンピューターの新しい素子、2) その素子からなるアーキテクチャ、3) それを動かす計算理論の3段階をクリアしなければならないが、これら3つはお互いに深く関連している。神経生理学、心理物理学、非線形物理学、神経回路網理論等の広い領域をカバーする専門家からなる共同研究会により、「ブレインコンピューター」のコンセプトをつくり、それに基づいたアーキテクチャの基礎研究を行うことを目的として本共同研究会プロジェクトは、計画された。

初年度は、今後計画される新たなアーキテクチャの可能性を広く探索する目的で、異なった2種のテーマについてそれぞれ研究会を開催した。第1回は、現在までの各分野の発展と最先端における問題点を整理するため、生理学、脳測定技術、計算理論、神経回路網理論、非線形物理学、集積回路技術の各分野の最前線で活躍する研究者を一堂に会し、講演と総合討論を行った。第2回は、従来の枠から脱皮し、大きな飛躍に繋げるために、生物などの複雑系における自己組織現象や知的情報処理について広く話題を求め、数理や工学による新たな枠組みの形成を目指して研究会を開催した。

第一回では、まず主催者からブレインコンピューティングの基本問題に関する問題提起がなされ、生理学分野からは最近進展が著しい、無侵襲脳活動計測の代表的方法であるPETとfunctional MRIについて最新の成果と時間、空間分解能に関する将来予測が報告された。また、計算理論や神経回路網理論の側からは、逆ダイナミクスの計算論や情報幾何学の手法を用いた脳の高次情報処理の解明の可能性などについて報告がなされた。統計力学、非線形物理の側からは、脳内の基本ユニットである神経細胞の結合様式が従来自然科学で扱われてきた、局所結合や大域結合のどちらでもない、中間の性質を持つこと。またそのような系では、微分不可能性などの数理的解析の本質的困難さが現われるが、分布関数などの手法が有効であることが示された。また、ハードの側からは、

アナログ方式、デジタル方式の両者について、現在の到達点と将来に向けた問題点などが報告された。そして、最後に参加者全員による総合討論が行われた。

第2回の研究会では、「生命と非線形科学の接点を探る」と題して、最近進展が著しい非線形科学が脳の科学を含む複雑系としての生命現象にどう迫ることができるかを中心課題として議論した。特筆すべきこととして、筋肉のアクチンフィラメントの複雑な運動がアクティブな非線形偏微分方程式で表わせることや、同一の多数の細胞からなる集団における分化や発生が比較的簡単な物理モデルと数値シミュレーションによって再現できる可能性が示された。また、脳の情報処理過程におけるカオスの有効性なども議論された。さらに、群形成のダイナミクスの観測、モデル、シミュレーションなどについて活発な議論が交わされた。

第1回

日時： 12月16日（金）- 17日（土）
場所： 仙台国際センター 中会議室
共催 東北大大学 脳の会

12月16日（金）

澤田康次（東北大通研）

「ブレインコンピューティングの基本問題」

川島隆太（東北大医学部）

「ポジトロンCT（PET）による脳機能地図作成」

山下貴司（浜松ホトニクス）

「PETの分解能の将来」

山本光璋（東北大工学部）

「脳の電位測定からわかるこ

ー脳の脳たるゆえんー」

清水公治（島津製作所）

「Functional MRIの研究開発の現状」

宇野洋二（ATR人間情報通信研）

「脳の情報処理への計算論的アプローチ」

苦米地英人（徳島大工学部）

「感覚情報の超現実化」

12月17日（土）

蔵本由紀（京大理学部）

共同プロジェクト研究

「局所結合と大域結合の間」

藤井 宏（京産大工学部）

「Temporal Codingの生理モデル」

Peter Davis (ATR光波通信研)

「Optical Chaos and Network Dynamics」

二見亮弘（東北大工学部）

「Neural Netにおける時間情報処理」

甘利俊一（東大工学部）

「情報幾何学とニューラルネットワーク」

青木孝文（東北大工学部）

「超多値コンピューティングを目指して」

近藤由和（三菱電機）

「VLSIニューラルネット」

中島康治（東北大通研）

「大規模ニューラルネットの基盤技術の問題点」

総合討論

「ニューラルネットの問題点と今後の方向」

2月28日

羽生義郎（電総研 超分子部）

ヤリイカ巨大神経細胞におけるKチャネルの時間・空間的パターン発現

通研2号館3階セミナー室

3月17日

松下 貢（中央大学理工学部）

バクテリアの増殖によるパターン形成－最近の発展－

通研2号館3階セミナー室

3月22日

那須野 悟（九州工大工学部）

非平衡系における分域壁のダイナミクス

通研2号館3階セミナー室

第2回

テーマ： 生命と非線形科学の接点を探る

日時：3月23日（木）- 24日（金）

場所：東北大学電気通信研究所 大会議室

3月23日（木）

太田隆夫（お茶の水大学理学部）

Chaos and Pulse Interaction in Oscillatory Media

関本 謙（京都大学基礎物理学研究所）

Symmetry Breaking Instabilities of an *in vitro* Biological Systems

金子邦彦（東京大学教養学部）

Isologous Diversification of Biological Systems

三浦宏文（東京大学工学部）

ロボットの知能とマイクロロボット

黒田洋一郎（東京都神経科学総合研究所）

培養下で自己組織化された大脳皮質ニューロン回路網での synchronous oscillation 発火とその可塑性

前田靖男（東北大学理学部）

細胞性粘菌の発生分化のユニークさ

山本和幸（東京大学教養学部）

タイル・オートマトンによる生命の起源に関する考察

佐々真一（東京大学教養学部）

生命現象における数理的記述の普遍性と不可能性

田口善弘（東工大理学部）

何が進化で保存するか？－「ゾウの時間ネズミの時間」の先にあるもの－（E.L.Charnov, 'Life History Invariants'より）

中川尚子（京大理学部）

生物における自己制御への考察

水口 毅（東北大通研）

大域結合型非線形素子による比率制御

佐野雅己（東北大通研）

群れ運動に関するコメント

下山直彦（東北大通研）

動的素子集団の群れ運動

菅原 研（東北大通研）

簡単なロボットによる群れ形成

3月24日（金）

澤田康次（東北大学通研）

Toward Statistical Mechanics of Living State

北原和夫（東工大理学部）

非平衡熱力学はどこまで拡張可能か

津田一郎（北海道大学理学部）

脳のカオスおよびシャドウダイナミクス

松田 皎（東京水産大学）

水産における魚の群れ行動とシミュレーション

合原一幸（東京大学工学部）

Spatio-temporal Dynamics of Neural Networks

岡部洋一（東京大学先端研）

脳の情報処理能力と学習

課題番号 B-12

層状構造超伝導完全単結晶の サブミリ波プラズマ励起

[1] 組織

企画者：山下 努（東北大学電気通信研究所）
 責任者：山下 努（東北大学電気通信研究所）
 分担者：米山 務（東北大学電気通信研究所）
 中島 健介（東北大学電気通信研究所）
 立木 昌（東北大学金属材料研究所）
 小宮山牧兒（郵政省通信総合研究所）

[2] 研究会報告

本プロジェクト研究は、高温超伝導体の有する大きなエネルギー・ギャップから期待されるミリ波・サブミリ波帯域での低損失性を利用し、将来の情報通信、特に移動体通信量の増大に対処するのに必要となるミリ波・サブミリ波帯高速通信システムの中核を担う伝送線路、共振器、遅延線などの受動デバイスとジョセフソン接合を用いた電磁波検出器デバイスならびにそれらの複合デバイスに関する開発研究を行うことを目的として企画された。加えて、最近新たに提唱されている酸化物高温超伝導体特有のテラヘルツの電磁プラズマ現象に関する基礎的研究とその機能性高周波デバイスへの応用の可能性を調査する。

この一年間は、

1. ミリ波・サブミリ波デバイスを構成するのに必要な大面積の高温超伝導体薄膜を作成する。当該周波数領域における超伝導体の高周波表面抵抗RSの測定を通して低損失高温超伝導体薄膜の成膜技術の向上。
2. ミリ波・サブミリ波伝送路や共振器、遅延線を作成するための高温超伝導体薄膜の加工技術を開発し、併せてこれらデバイスの設計に必要な基礎的知見を収集。
3. 高温超伝導薄膜を用いたジョセフソン接合の作成に関する研究と、電磁波検出デバイスへの応用。
4. テラヘルツ帯プラズマ現象の実証を目的とした基礎研究と併せて機能性高周波デバイスへの応用を検討。

などのための研究会を行った。

<講演要旨>

研究会開催日程と講演要旨は以下の通りである。

◇日時:4月18日(月) 13:30-15:00

場所:東北大学電気通信研究所大会議室

Prof.Hans.J.Scheel (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suisse)

「高温超伝導薄膜の液相成長」

超格子、多重量子井戸デバイス、あるいは超伝導ジョセフソン素子などの微小さな電子デバイスは、原子的に微細な領域で機能しなければならない。このためには原子的に平坦なエピタキシャル成長が必要となる。液相成長法によって、化合物半導体GaAs多重層、および高温超伝導体YBa₂Cu₃O_{7-x}(YBCO)層の極めて平坦なエピタキシャル成長を行った結果を報告した。液相成長法によって、化合物半導体GaAs多重層および高温超伝導体YBa₂Cu₃O_{7-x}層の、原子的尺度で極めて平坦なエピタキシャル成長が可能であることを示した。

◇日時:10月31日(月) 13:00-17:00

場所:東北大学電気通信研究所大会議室

(1) 宮原一紀 (NTT境界領域研究所)

「高温超伝導フラックスフロートトランジスタ」

高温超伝導体を用いたフラックスフロートトランジスタ(SFFT)は、1989年にJ.S.Martensらによって提案されて以来、增幅作用のあるデバイスとして将来の高温超伝導デバイスの有力候補として期待されている。このSFFTについて、磁束量子の動的挙動を測定するための素子を作製し、その特性について報告した。SFFTは数10Gzの高速動作が可能なことがJ.S.Martensらによって確認されているが、このように高速動作が可能な原因を探るためにおこなった磁束量子のフロー速度の測定の結果、フロー速度は105-106m/secと予想よりも速く、これがSFFTの高速動作の原因と考えられると報告した。

(2) 立木昌 (東北大金研)

「高温超伝導酸化物中における低周波プラズマ現象」

立木教授の報告によれば、高温超伝導体では、結晶の中の銅・酸素の面に沿って、いわば水平方向に超伝導電流が流れる。同時にこの銅・酸素面間はジョセフソン接合になっていて、ある条件下では非常に弱いけれど面上に直角の方向にジョセフソン電流が流れる。これは一定周期をもった交流電流であることがわかった。これがプラズマ振動

でその周波数はテラヘルツ級という高周波である。しかも結晶中のプラズマのエネルギーは普通1電子ボルトであるのに対して、こちらは5ミリ電子ボルトほどしかない。このため普通のプラズマだとランダウ崩壊を起こして減衰するが、このプラズマ振動は銅・酸素面に大きな超伝導ギャップがあるため崩壊が起こらず、減衰しないという特徴がある。

◇日時:11月28日(月) 13:30-14:30

場所:東北大学電気通信研究所中会議室

野口卓 (国立天文台宇宙電波観測所)

「国立天文台におけるミリ波帯超伝導受信機の開発とその現状」

この報告は以下の通りであ 騎B

新しい同調回路集積型ミクサとしてSQUID型ミクサを提案し、100GHz帯においてその動作実証実験を行った。試作したSQUID型ミクサでは面積が大きく、常伝導抵抗値の小さいSQUID型接合と信号源をの整合をはかるため、ストッリープライントypeのインピーダンストラップフォーマを集積化した。その結果、SQUID型ミクサを用いた受信機において、90-120GHzの帯域で雑音温度40K以下の非常に平坦な周波数特性が得られた。また、最小受信機雑音温度は110GHz付近において約20Kであった。この値はフォトン雑音 $h\nu/kB$ の約5倍であり、SQUID型ミクサが非常に高性能なクサとして動作することが実証された。SQUID型ミクサの100GHz帯におけるスケール実験の成功によって、サブミリ波帯へのSISミクサの拡張に向けて大きな明るい見通しを得ることができた。また、サブミリ波帯へ拡張した場合に想定されるSIS接合の微小化に対しても、トランプフォーマとSQUID型ミクサとの組み合わせることにより、現在ミリ波帯で使用されている程度のサイズの接合で十分対応できる。

◇日時:12月19日(月) 14:30-17:30

場所:東北大学電気通信研究所講堂

(1) 陳建 (東北大通研)

「高温超伝導ジョセフソンデバイス」

バイクリスタル基板上にYBCO DC-SQUIDを作製し、LC共振回路、および低ノイズプリアンプを用いてノイズ測定を行い、電圧ノイズスペクトル密度(Sv)のバイアス電流密度(Vb) 依存性を報告した。同一素子のループインダクタンス(L)を変えて測定し、形状から求めたLの値を算し、Lの値にかかわらずSvは変化しないことが確認された。熱ノイズ領域の実験値と従来のトンネル接合の理論値との比較をし、基板・傾角にかかわらず、単接合、dc-SQUIDのいずれの場合も実験値は理論通

りであった。YBCO粒界接合の熱ノイズは、従来の理論:Sv=4KBTRD2/RN(KB:ボルツマン定数、RD:ダイナミック抵抗、RN:ノーマル抵抗)で表されることを実験的に確認した。さらに低バイアス領域でのdc-SQUIDのホワイトノイズ特性なども報告した。

(2) 児嶋弘直 (山梨大学工学部無機合成研究施設)

「高品質高温超伝導LSCO単結晶」

TSFZ層を用いた超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の大形単結晶を育成した。育成単結晶の電気抵抗a軸とc軸では数百倍も異なることを明らかにした。更にTSFZ法を用いて超伝導体 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ や La_2CuO_4 の単結晶育成のための状態図を作製し、大形単結晶を育成した。 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ では育成単結晶を還元すると、 $T_c=19\text{K}$ で超伝導を示した。また、 La_2CuO_4 ではSrを加えなくとも $T_c=30\text{K}$ となることを見いだしたことを報告した。

◇日時:2月28日(月) 14:00-15:30

場所:東北大学電気通信研究所中会議室

小宮山牧兒 (郵政省通信総合研究所)

「近ミリ波帯超伝導デバイスの開発II」

YBCO薄膜による段差型ジョセフソン素子を作製し、ミリ波、サブミリ波照射実験を行った。ジョセフソン素子の作製において、基板にイオンビームで段差をつけるとき、金属マスクを用い、段差角度の制御を行った。20度の段差角度を持つ基板上に作製した素子の電流-電圧特性はRSJ類似の特性を持つジョセフソン素子となった。作製した素子にサブミリ波を照射し、シャピロ・ステップにより1.2THzまでの応答を示した。さらに、100GHzでの基本波ミキシング実験と100GHzを局発源、700GHzを信号源とする高周波ミキシング実験を行い、IF出力を得て準光学ミキサとしての変換損失を見積もったと報告した。

◇日時:3月14日(火) 14:00-15:30

場所:東北大学電気通信研究所講堂

田中 功 (山梨大学工学部付属無機合成研究施設)

「高温超伝導体単結晶の育成」

高温超伝導体単結晶は、高温超伝導体の超伝導機構解明のための物性測定やデバイスへ応用するうえで重要である。TSFZ法(Traversing Solvent Floating Zone)による $\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (M:Ca,Sr,Ba)や $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ の214系酸化物高温超伝導体の単結晶育成および改良型トップシード法による $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 単結晶の育成を行ったが、それらの単結晶育成の特徴と現状について報告した。

課題番号 B-13

フォノン集積デバイス・材料の研究

[1] 組織

企画者：山之内和彦（電気通信研究所）
 責任者：中鉢 憲賢（東北大学工学部）
 分担者：中村 優良（東北大学工学部）
 坪内 和夫（東北大学電気通信研究所）
 櫛引 淳一（東北大学工学部）
 小柴 正則（北海道大学工学部）
 小池 卓郎（玉川大学工学部）
 兒島 俊弘（玉川大学工学部）
 佐藤 弘明（玉川大学工学部）
 清水 康敬（東京工業大学教育工学開発センター）
 高木堅志郎（東京大学生産技術研究所）
 山口 正恵（千葉大学工学部）
 中川 恒彦（山梨大学工学部）
 皆方 誠（静岡大学電子工学研究所）
 塙崎 忠（京都大学工学部）
 長 康雄（山口大学工学部）

[2] 研究会報告

本プロジェクト研究は、超高周波帯の音響波に対するフォノン波動、及び種々の境界条件のもとで伝搬する境界波の線形・非線形挙動を解明し、この波動を高度に集積化したデバイス、及びこの境界波と光・電磁波或いは半導体キャリアとの相互作用を用いた新しい機能を持つデバイスの研究開発を行うことを目的に企画された。

本年度は以下のプログラムで、2回の研究会を開催した。

日時：1. 平成7年2月23日（木）
 2. 平成7年3月 9日（木）

場所：東北大学電気通信研究所W301

2月23日（木）10：25-16：10

(1)山之内和彦（東北大通研）

「企画者挨拶」

(2)山之内和彦、目黒敏靖、小田川裕之（東北大通研）

「陽極酸化λ/4タイプ弹性表面波一方向性変換器」

(3)橋本研也、山口正恵（千葉大工）

「浮き構造を用いた高周波超音波デバイス」

(4)坪内和夫、益一哉（東北大通研）

「2.4GHzフロントエンドAIN/Al₂O₃SAWコリレ

ータの開発」

- (5)中鉢憲賢、金井浩、三野宮利男（東北大工）
 「マイクロAEとその応用」
 - (6)皆方誠（静岡大電子工研）、門田道雄（村田製作所）、瀬川勇三郎（理研）
 「ECR-ZnOエピタキシャル膜と基礎光学特性」
 - (7)櫛引淳一（東北大工）
 「超音波マイクロスペクトロスコピー」
 - (8)長康雄（山口大工）
 「非線形誘電率顕微鏡」
 - (9)中川恒彦（山梨大工）
 「弹性表面波アシストによる位相格子の作成」
 - (10)小柴正則（北大工）
 「弹性表面波伝搬に対するビーム伝搬法の適用性について」
 - (11)中村優良、艾莉（東北大工）
 「プロトン交換LiTaO₃結晶における反転ドメインの形成とその弹性表面波デバイスへの応用」
- 3月9日（木）13：25-15：40
- (1)山之内和彦（東北大通研）
 「企画者挨拶」
 - (2)兒島俊弘（玉川大工）
 「力係数を用いたN対のIDTの多端子対等価回路とその応用」
 - (3)清水康敬（東工大教育工学開発センター）
 「LiTaO₃とLiNbO₃基板を伝搬する漏洩弹性表面波特性」
 - (4)小池卓郎（玉川大工）
 「静磁波デバイスの超微細化と集積デバイスへの応用について」
 - (5)竹内正男、山之内和彦（東北大通研）
 「微小物体の超音波マイクロマニピュレーション」

各講演者の講演要旨は以下の通りである。（以下敬称略）

山之内和彦（東北大通研）が「企画者挨拶」で共同利用研究について説明し、本研究会開催の主旨を述べ、開会した。理論解析では、兒島俊弘（玉川大工）が、力係数を用いたすだれ状弹性表面波変換器(IDT)の等価回路は、IDTの電気・音響変換の物理現象を簡潔に表しており、計算量も少なくてよいことから弹性表面波(SAW)デバイスの動作解析に有効

であることを報告した。また、清水康敬（東工大教育工学開発センター）は、速い横波を越える伝搬速度を有する弾性表面波(第2漏洩弾性表面波)についての解析結果を紹介した。LiTaO₃基板でオイラー角(90°, 90°, ϕ)の場合、レーリー波の約2倍の伝搬速度であり、ϕ=164°では伝搬損失が0になること、及び、LiNbO₃基板では伝搬速度が7000m/sと非常に速く、ϕ=37°では電気機械結合係数が12.9%と大きいことを報告し、更に有用な弹性波が存在する可能性があり解析の必要性を述べた。小柴正則（北大工）は、光動波路の解析設計で利用しているビーム伝搬法をSAW動波路に適用した結果を報告した。これにより、SAW動波路が光動波路と組み合わせて用いられた結合デバイスの空間的なSAWの変化の様子を解析することが可能であり、解析ツールとしての有効性を示した。材料の点からは、中村僖良らが、LiTaO₃をプロトン交換後にキュリー点直下で熱処理することにより、一面側に反転ドメインが形成されること、及び、反転ドメインを利用すると単分極域結晶では得られない特性を有するデバイスが可能であることを報告した。例として、反転層境界では電界接線成分を短絡する効果を有しており、これにより温度特性が優れたSAWデバイスが可能であることを紹介した。また、中川恭彦（山梨大工）は、SAW定在波を励振しながらTa₂O₅薄膜をLiNbO₃基板上にスパッタリング成膜すると、膜厚及び屈折率が定在波の周期周に対応して変化した位相格子ができるなどを報告した。この現象のメカニズムについては、SAWパワーにほぼ比例していること、SAW伝搬に伴う電界が主要な要因であり、メカニカルな変位は寄与していないことが分かっているが、詳細は今後の研究が待たれるところである。次に高周波機能デバイスについて、山之内和彦（東北大通研）らは、SAWを高効率に励振・検出する一方向性すだれ状電極及び低損失フィルタについて述べた。高周波帯では、すだれ状電極は正規型に近い構造がよいという観点から、放射コンダクタンスが大きい新構造と、陽極酸化を用いてそれを実現する作製プロセスを紹介した。坪内和夫（東北大通研）らは、SAWコリレータを作製し、スペクトル拡散通信復調器を実現したこと、及び、AIN圧電単結晶薄膜のα-Al₂O₃上へのMO-CVD成長技術について紹介した。MO-CVD法において安定したエピタキシャル成長を可能にした、サファイア基板初期窒化法、ガスピームフロー方式MO-CVD技術、及びクヌーセン圧MO-CVD技術について報告した。皆方誠（静岡大電子工研）らは、RFマグネットロン型ECRエピタキシャル成長装置で極めて良質なZnO薄膜を実現したこと、及び、フォトルミネッセンスの測定により

エキシトンの存在を確認し、更にフリーエキシトンを初めて見出したことを紹介した。非線形分極の内部電場を、非局所誘導によるサイズ共鳴と、エネルギー共鳴の2重鳴効果により異常増大させると、大きな3次の非線形光学効果を発現させることができあり、高速省エネルギー光-光スイッチングデバイスおよび光双安定/光論理デバイスの実現に期待が高まる。小池卓郎（玉川大工）は、準ミリ波帯域で直接信号処理が可能である静磁波デバイスについて報告した。pinダイオードにより電極の接続を制御することで、外部磁界を変えることなく共振周波数を制御可能な静磁波共振器を提案し、集積デバイスに組み入れる可能性を示した。材料評価法については、中鉢憲賢（東北大工）らが、アコースティックエミッションにおけるVHF帯弾性波に着目し、超音波顕微鏡技術を用いた非接触測定法を紹介した。超高周波帯の集束超音波技術を用いることにより、微小物体のローカルな破壊現象の解明が可能であり、今後材料評価への応用が期待されている。櫛引淳一（東北大工）は、超音波顕微鏡について、材料の弹性的・構造的特性を異方性を含めて他にない高精度で測定でき有用性が認知されているものの、計測に関する物理現象が難解であるため東北大学以外では研究が進展していない現状を報告し、材料科学の進展に貢献するためにも、共同研究により材料解析の辞書作りを行う必要があるという見解を述べた。長康雄（山口大工）は、強誘電性単結晶、セラミック及びその薄膜の永久分極のミクロな分布の計測を材料の非線形性から評価する新しい技術について紹介した。これは、非線形誘電率（3次の誘電率）は永久分極の状態や結晶性に大きく依存することを材料評価に利用するものである。更に、山口正恵（千葉大工）らは、集積化超音波トランジスタアレイに適用可能なダイアフラムを浮き構造にし、バッキング材への不要放射を防ぐ技術について報告した。これは、低損失で広帯域特性を有するため、材料の高分解能非破壊検査用素子として期待される。竹内正男（東北大通研）らは、微量液体系に効率よくVHF帯超音波を発生可能な新しい漏洩波トランジスタアレイについて紹介し、講演者が提唱している超音波マイクロマニピュレーション(UMM)に適用し、音波の非線形性による放射力を用いて液体中の微小物体を選択的にしかも非接触で操作できることを示した。

参加者は学内外から約40人であり、各発表の後、活発且つ有意義な討論が行われ、今後の研究課題について確認した。本プロジェクト研究会は来年度も継続される予定である。

4.2 大学間共同研究

この節で記すのは、特に外国の大学と大学間協定を結んで行っている共同研究である。本研究所長と当該研究機関の長とが、それぞれ日本語とその母国語で書いた2枚の協定書に署名して、協定を取り交わし、学生、研究者の交流、刊行物などの交流を行っている。

研究課題名	相手先研究機関		本研究所の 研究代表者	研究期間	方 法
	国名	研究機関名			
磁性体における磁気弹性結合に関する研究	ポーランド	ポーランド 科学アカデミー	津屋 昇教授 (荒井賢一教授)	1976.7 ~現在	大学間協定
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	タ イ	チュラロンコン 大学	曾根敏夫教授	1987.4 ~現在	大学間協定
計算機ネットワーク構築に関する研究	中 国	ハルビン大学	白鳥則郎教授	1987.6 ~現在	大学間協定
カオスと乱流	アメリカ合衆国	シカゴ大学	澤田康次教授	1987.4 ~現在	大学間協定
サブミリメートル波の測定に関する研究	イギリス	ロンドン大学	水野皓司教授	1991.3 ~現在	大学間協定 (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)
音響通信に関する騒音の研究	中 国	深圳大学	曾根敏夫教授	1993.4 ~現在	大学間協定

4.3 国際活動

区分	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度	合計
国際的研究集会・学会等での招待者数	24	32	55	76	46	233
国際共同研究の実施状況 (件数)	7	6	6	6	8	33
外国人研究者 の来訪状況 (人数)	1か月以上 滞在	6	6	7	6	13
	1週間以上 1か月未満	0	2	4	14	4
外国人特別研究員の受入 状況	(人数)	1	3	1	0	1
大学院生の受入状況 (件数)	179	167	145	175	205	871
特別研究員の受入 状況	(件数)	3	3	3	4	6
						19

国際シンポジウム、セミナー、フォーラム等の主催状況 (主要委員を務めた場合を含む)

The 3rd International Symposium on Atomic Layer Epitaxy and Related Surface Processes (ALE-3)

第3回原子層エピタキーと関連表面プロセス国際シンポジウムは1994年5月25日から27日までの3日間、仙台市戦災復興記念館において開催された。このシンポジウムは1990年6月にフィンランドのヘルシンキで開催された第1回原子層エピタキシー国際シンポジウムをその起源とし、1992年6月に第2回の会議がノースカロライナ(USA)で開催されたのに続いて、2年に一度の間隔で開催されている。今回は西澤本学総長が組織委員長を務め、本研究所からも実行委員が出て運営に尽力した。会議には12ヶ国から50名、国内128名、合計178名の参加があり、活発な討論が繰り広げられた。

半導体デバイスのさらなる高機能化、高性能化の要請にともない、微細で精巧な構造を持ったデバイスの作製技術、無限層超電導材料、単原子層超格子等今まで自然界にはない新しい人工材料の創製又表面の原子層被覆制御による高効率触媒材料の創製等の必要性は益々増大している。原子レベルでの、エピタキシャル成長やエッチングプロセスは、このようなデバイスあるいは材料を実現する上で、必要不可欠な技術である。具体的には、新しい原子レベルプロセスにより、LSIに代表される超微細構造デバイスの性能や歩留り・再現性の大幅な向上が期待されるのみならず、新超電導体、高選択性触媒や光情報処理用デバイスなど高機能を有した全く新しい材料、デバイスの発現が期待される。本国際シンポジウムでの中心議題である原子層エピタキシー(ALE)および関連表面プロセスは、半導体をはじめとして種々の材料の超薄膜を原子層レベルで制御可能にする技術であり、上記要請に応える最も有力な基盤技術とされている。

(室田淳一 記)

Functional Logic Programming Symposium

Functional Logic Programming Symposium (FLOPS) は1994年7月18日から20日の日程で静岡県裾野市の富士教育研修所で開かれた。参加者約50名で講演数15件という小規模な会議で、それぞれの講演時間も十分にとられており、講演後の討論も活発であった。項書き換え系、制約論理型言語、構成的プログラミング、遅延評価等に関する興味深い講演があった。

(佐藤雅彦 記)

第17回レーザレーダ国際会議

第17回レーザレーダ国際会議は、7月25日より29日の5日間仙台国際センターにて開催され21カ国から127名、国内176名、合計303名のレーザ・リモートセンシング（主にレーザレーダ）に携わる工学から地球物理、大気科学にわたる幅広い領域の研究者が参加した。講演・討議の内容は基礎から応用まで広い範囲にわたっており、新しいレーザ光源、検出器、レーザレーダシステム、データ解析手法などのレーザレーダ要素技術、そしてレーザレーダ観測結果をもとにピナツボ火山灰などの成層圏エアロゾルが気候変動に及ぼす影響、高層風等の観測結果、さらに今回は宇宙から地球規模での環境計測を目的とした「衛星搭載型レーザレーダ」と近年のオゾン問題に焦点を当てた「オゾン層観測結果」の特別セッションを設け、連日白熱した議論が展開された。

なお、本会議は20年前に稻場文男・元通研所長（現、東北工大教授）を運営委員長として仙台で開かれており、当時を知る人達が環境を保全しながら発展した仙台を非常に讃えてくれたのが印象的であった。

（伊藤弘昌 記）

2nd International Workshop on Process and Devices of Scaled LSI's

本国際会議は、電子情報通信学会のシリコン材料・デバイス研究専門委員会、大韓電子工学会；半導体・材料部品研究会及びIEEE東京支部エレクトロンデバイスチャプタ共催で1993年に第1回が韓国のソウルで開催され以後日本と韓国で交互に開催される事になった国際会議である。本国際会議は1993年7月26日と27日に東京で開催され、日本から14件、韓国から10件それぞれ発表され活発な討論がされた。第3回は韓国の済州島で1995年7月26日から28日まで開催される予定である。

（舛岡富士雄 記）

The 1994 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM'94)

1994 固体素子材料カンファレンスは1994年8月23日から26日までの4日間、パシフィコ横浜において開催された。この会議は1969年の国内会議から毎年開催されており、国際会議としては12回目となる、文字どおり固体素子と材料に関する代表的国際会議の一つとなっている。応用物理学会が主催し、本研究所からも論文委員が出て会議の開催に尽力している。今回は海外から148名を含む770名の参加があり、海外83件を含む283件の論文が発表され、それに基づき活発な討論が繰り広げられた。

（坪内和夫、室田淳一 記）

1994国際騒音制御工学会議

The 1994 International Congress on Noise Control Engineering

1. インターノイズ94開催の経緯

国際騒音制御工学会議（インターノイズ）がワシントンD.C.で初めて開催されたのは、1972年のことである。数えて、今回は23回目になる。これまで日本が主催したものは、75年に仙台市で開催されたインターノイズ75で、このシリーズ第4回目の会議であった。当時は、まだ、我が国での国際会議は数少なく、この会議も発表論文数は146編、参加者数は623名（この内海外からは、14ヶ国82名）という内容であった。この時の組織委員長は、故二村忠元東北大学教授であり、曾根敏夫が事務局長を務めた。共催団体は日本音響学会であったが、翌76年には日本騒音制御工学会が誕生した。その後、84年には、米国騒音制御工学会と日本騒音制御工学会の共催で、インターノイズ84がハワイのホノルルで開催され、曾根敏夫が日本側代表のco-chairmanを務めた。

1987年、北京で開催されたインターノイズ87への途次、国際騒音制御工学会（国際INCE）のLang現会長が日本に立寄り、インターノイズ91の日本開催についての打診があった。しかし、当時日本騒音制御工学会国際部会長の曾根敏夫は英国に滞在中であった。翌年に曾根が帰国後、Lang氏に詳細を問合せたところ、返事はインターノイズ94の日本開催を示唆するものであった。これは、恐らく、インターノイズ87において、インターノイズ91のオーストラリア開催が具体化したためと思われる。そこで、日本にはインターノイズ94を誘致することとし、曾根敏夫が準備委員長となって誘致の準備を進めた。準備委員会において種々検討の結果、いくつかの候補地の中から、当時建設中であったパシフィコ横浜を会場にすることに決定した。

その後、シドニーで開催されたインターノイズ91の際の国際INCE理事会で、インターノイズ94の日本開催が正式に決定された。

この決定を受けて、日本騒音制御工学会と日本音響学会を共催団体とする組織委員会が結成されたのは、1992年の春のことであった。両学会会長の協議により、組織委員長（Congress President、以下CPと略称）には子安勝氏が、実行委員長（General Chairman、以下GCと略称）には曾根敏夫が就任し、事務局を東北大学で引き受け、事務局の責任者としては鈴木陽一が当たることとなった。

2. 会議に向けて

以上のような準備を経て、1992年6月12日には最初の組織委員会が開催された。この議論のなかで、表1に示すような組織委員会の役割分担が決定された。結果的に、この役割分担は極めて順調に機能した。この他に、100名ほどの関係者が募金委員会、現地委員会などの各委員会の委員となって準備に当った。インターノイズ94の成功は、この専門委員の諸氏の献身的な努力によるところが大きい。

インターノイズ94の予算では、かなりの部分を募金に頼ることとなっていた。誘致を決めた当時、予想もしなかった不景気で、世の中は日を追うごとに暗さを増していった。このような状況のなかで、募金の目標額達成が危ぶまれたことから、インターノイズ94に関連のあるテーマを選んでシリーズの講習会を開催し、雰囲気の盛り上げと自助努力による財政状況の改善を図ることが発案された。これは、1993年7月から94年の2月にかけて、共催2学会が主催するという形の5回の講習会として実現され、成功を納めた。

ベルギーのルーベンで、1993年8月に開催されたインターノイズ93では、恒例にしたがってフェアウェルドリンクの提供を行った。この場では、子安CP、曾根GC以下関係者一同揃いのシャツを着用して宣伝に当たり、大好評を得た。

年が明けて、1994年の1月には、受理論文が決定し、その後、4月15日の原稿の締切前後から、参加者登録がピークを迎えた。参加登録者は順調に増え、是非とも実現したいと考えていた700人を、7月末には突破した。また、この頃には、募金や展示スペースも目標を上回ることが確実となった。

3. プログラムの編成

プログラムや会議の進行を担当する論文(Technical Program)委員会と、論文集の編集と発行を担当する編集(Proceedings)委員会とは、内容的に密接な関係があると考え、略称 TPP委員会と呼んで1992年のうちから終始一体となって準備作業を進めた。

インターノイズでは、毎回メインテーマが設定されている。今回は、音環境の快適性をテーマにしようということで議論を行った。その結果、日本語として定着してきた "Sound Amenity" をキーワードとするにした。しかし、国際INCEの主要メンバーその他の人たちに相談をしたところ、これは英語としてはまだ成熟していないという意見が強く、再度検討した結果、最終的には "Noise - Quantity and Quality" とすることになった。これは、騒音制御も単に騒音を量的に下げるだけでなく、質的な側面も重要であるという主旨を強調したものである。

特別講演としては、分野性に注意しながら、最終的に以下の3件が決定された。

(1) "Noise - Quantity and Quality"

大阪大学・難波精一郎教授

(2) "Progress in Building Acoustics"

ルーベン・カトリック大学・A. Cops 教授

(3) "Regulations for Community Noise"

ドイツ環境庁・D. Gottlob 博士

このうち、難波教授の講演題目は上述のメインテーマそのもので、その主旨説明も兼ねて騒音に対する生理・心理学的研究の概説をお願いすることとした。この講演は、テーマそれ自体と共に大好評を得た。また、残り2件の講演も好評であった。

また、特別企画としては、現在国際INCEのWorking Partyで検討作業が進められている2つのテーマ、「作業環境における騒音許容値」と「自動車騒音の単体規制とその効果」とについて、それぞれの座長であるT.F.W.Embleton博士（カナダ）、W.Sandberg博士（スウェーデン）に、関連のセッションで招待論文の形で報告を依頼しました。

今回のインターノイズでは、当初、日本の円高や物価高から、参加者の数が懸念された。このため、参加意識を高めるために例年よりは多めのスペシャルセッションを企画した。それぞれの分野で国際的に著名な研究者と国内の専門家とにオーガナイザとして協力を依頼し、ほとんどのセッションについてペアになって、招待論文の推薦及びセッションの構成を依頼した。その結果、合計21のテーマについてスペシャルセッションが成立した（表2）。

しかし、当初の悲観的な予想は、幸いなことに大きくはずれ、620件のアブストラクトの申し込みがあった。これは、3日間・8会場という当初の枠を大幅に超えるものであった。1994年の1月6日、7日の2日間にわたってアブストラクトの内容を審査し、3日間の会議期間中に発表可能な数の560に絞る作業を懸命に行った。

結果的には、原稿が送られてきた467（うち、招待論文123、一般論文340、延着論文4）の論文が発表されることとなった（表3）。この数は、インターノイズ史上、空前の規模である。

一般の論文発表とは別に、展示会に参加した企業から、2ページの技術報告の提出を受けてプロシーディングズに収録し、さらに特別セッションにおいて1件当たり3分の口答発表を行わせた。これは、インターノイズとしては初めての試みであったが、結果的には大きな発表会場も活気にあふれ、大成功となつた。

プロシーディングズには、特別講演3件、論文467編、技術報告28件の合計498論文が掲載された。3分冊で総計約2450ページは、やはりインターノイズ史上、最も大分なものである。なお、このプロシーディングズは、学会事務局から15,000円で購入することができる。

さて、上で述べたように、多くの論文が発表されることとなったので、時間割の決定には苦労した。論文1件当たりの時間は、招待論文、一般投稿論文ともに例年どおり20分を確保することとしたので、会期の3日間に納めるため、止むを得ずパラレルセッションの数を当初予定の8から10に増やした。また、絶対的な時間の不足から、セッションによってはコーヒーブレークも取れないスケジュールとなった。

このようなパラレルセッションを時間厳守でスムースに進行させるために、今回は、会議場のケーブルテレビ回線を利用して全会場同期のタイミングシステムを採用した。このため、全体的に時間管理は極めて円滑であった。パシフィコ横浜のケーブルテレビをこのような形で利用したのは初めてとのことで、関

係者も大変興味を持った様子であった。また、移動時間に流した音楽は半日ごとに曲目を代えたが、これも好評であった。

4. 会議当日を迎えて

会期前日の8月28日の夕刻には、恒例となっている座長ブリーフィング・パーティーが開催された。特に今回は、会場に隣接した横浜美術館の好意によって、展示を観賞した後に美術館の8階でWelcome Drinkの場を持つことができ、雰囲気を高めることができた。

初日の開会式は、世田谷学園の中学生・高校生8人からなるクラリネットアンサンブルのすがすがしい演奏で幕が開き、曾根G Cの司会のもとに、子安C P、大沢環境庁大気保全局長、Lang国際INCE会長のあいさつがあった。また、開会式の最後もクラリネットアンサンブルの演奏で締めくくられた。開会式への参加者は、およそ400名でした。これに引き続き、難波教授の特別講演が行われた。

研究発表では、発表取消や欠席の数が今回合計33件で、予想外に少なく、全体としてはほとんど混乱なく各セッションが進行した。

初日の夜には、スポンサ3社の提供によるウェルカムレセプションが開催され、2日目の夜には東京湾内のクルーズによるパンケットが開催された。十分準備したつもりの料理があつという間になくなつたものの、船の上のことで追加の料理が出せるはずもなく、後はお酒と会話と景色を楽しんでもらつた。

閉会式は、世田谷学園OBの大学生によるクラリネットクインテットのイタリア協奏曲で始まつた。事務局の鈴木陽一の司会のもとに、まず子安C Pが総括のあいさつを行い、続いて国際INCEの事務局長で特別講演者でもあったCops教授の主導で、事務局を支えた女性陣と、史上最も厚いプロシーディングズの編集の総責任者であった桑野園子氏に大きな拍手のなか花束が贈られた。この閉会式には、開会式を上回る450人ほどの方が参加した。

翌日の9月1日には、112名が参加し、以下の3つのコースに分れての見学会が開催された。

コース1：富士通研究所、リコー御殿場工場

コース2：日産追浜工場、大成建設

コース3：鹿島建設、NTT・HI研究所。

また、30日の昼には、会場に隣接する国立大ホールの見学会が開催され、100名以上が参加した。

インターノイズ94の最終的な参加登録者は、表3に示すように、36ヶ国から登録者総数899名（うち学生29名）、同伴者89名となった。このほか、展示会要員222名、ゲスト17名の参加を得たので、参加者総数は計1227名に上つた。この他、市民公開となった特別講演と展示会には、外部から206名の参加があった。また、展示会には、総計44社からの出展があった。

少し気になったのは、学割を利用した参加者の少なさである。騒音制御工学の次世代を担う大学院生に、もう少し多く参加してほしかったというのが率直な気持ちである。

5. 最後に

今回のインターノイズ94では、環境庁をはじめ、文部省、運輸省、建設省から様々な協力をいただいた。また、横浜市、川崎市、神奈川県、万博協会を始めとする多くの団体、個人、そして会社から、助成金や募金、展示会への出展を通して協力をいただいた。リオン、松下インターテクノ、小野測器の3社には、スポンサとして様々な形の協力をいただいた。他にも、横浜コンベンションビューロをはじめとする関連団体に、大変なご協力をいただいた。

今回のインターノイズ94の大成功は、参加者と組織委員、専門委員の努力だけではなく、これら多くの方々のご尽力、ご協力の賜物と考える。我々にとっても、忙しくも充実した2年間であった。次回は日本で開催されるのは、何時になるか分らないが、是非次回も主体的に参加できることを望んでいる。

表1 インターノイズ94組織委員会

組織委員長 (Congress President)	子安 勝(千葉工業大学)
実行委員長 (General Chairman)	曾根敏夫(東北大学)
事務局 鈴木陽一(東北大学)	
委員	
現地 赤松克児(三菱重工)	
募金 石井聖光(東京大学名誉教授)	
現地 今井章久(武藏工業大学)	
募金 今村和男(国際科学振興財団)	
論文 大野進一(東京大学)	
現地 沖山文敏(川崎市)	
教育 小野隆彦(小野測器)	
諮詢 小野川和延(環境庁)	
編集 桑野園子(大阪大学)	
行事 佐々木實(九州芸工大)	
論文 橘 秀樹(東京大学)	
広報 東山三樹夫(工学院大学)	
諮詢 難波精一郎(大阪大学)	
諮詢 長友宗重(鹿島建設)	
展示 麦倉喬次(鹿島建設)	
見学 三浦甫(静岡理工科大学)	
見学 山口公典(小野測器)	
行事 山下充康(小林理学研究所)	
募金 山田一郎(小林理学研究所)	

表2 インターノイズ94スペシャルセッション題目と論文数(かっこの中は招待論文数で内数)

測定器とソフトウェア(A1) 論文28件/発表30件	
ダクト系における音源特性の同定(A4)	4(3)
振動インテンシティー測定(A6,B6)	16(5)
作業環境における騒音制御(A7,B7a)	7(4)
鉄道振動・騒音 (A9,B9,C9)	23(8)
音と振動のアクティブ制御 (A10,B10,C10,D10,E10,F10)	54(13)
自動車の騒音規制(B1)	9(8)
振動に対する主観的反応(B3)	12(4)
内耳機能と騒音(B7b)	6(5)
機械騒音の音質(B8)	9(6)
道路騒音の予測(C1)	7(5)
床衝撃音(C2)	6(3)
音響インテンシティー法の応用(C6)	7(3)
新しい遮音測定方法(D2)	9(7)
サウンドアメニティー/サウンドスケープ(D5)	12(3)
環境騒音の主観評価(D7)	12
固体伝搬音の音源(E3)	7(4)
航空機・空港騒音(E9,F9)	18(4)
騒音の個人暴露(F1)	10(7)
騒音とコミュニケーション(F3)	11(6)
音響パワー測定(F6)	10(5)

表3 インターノイズ94国別参加者数と論文数（参加者数のかっこ内は同伴者数で外数）

国名	参加者数	論文数
日本	555(28)	203
アメリカ	48(11)	33
韓国	40(9)	11
フランス	23(7)	18
ドイツ	25(9)	25
オーストラリア	21(2)	17
イタリア	19(3)	10
イギリス	18(2)	18
スウェーデン	18(4)	18
デンマーク	16(1)	18
中国	13	13
カナダ	12	11
ベルギー	11	10
ロシア	11	11
オランダ	9(3)	5
台湾	7(1)	4
ポーランド	7	5
スペイン	6	6
ノルウェー	5(3)	4
タイ	4	2
スイス	3(2)	1
トルコ	3	3
ハンガリー	3	1
ブラジル	3	3
香港	3	3
イスラエル	2(1)	1
オーストリア	2(1)	2
シンガポール	2	2
ニュージーランド	2(1)	2
フィンランド	2	1
エジプト	1	1
ギリシャ	1	1
スロベニア	1	1
ポルトガル	1(1)	2
メキシコ	1	-
リトアニア	1	1
総計	899(89)	467

(曾根敏夫、鈴木陽一 記)

第3回垂直磁気記録国際会議(PMRC'94)報告

Report of the Third Perpendicular Magnetic Recording Conference

情報記録デバイス工学研究分野では1979年に垂直磁気記録方式を提案して以来、実用化に向けて記録デバイスや記録システム、さらには記録理論などを積極的に研究を進めている。この研究活動の一環として、総合的に高密度磁気記録を議論する場としては国際的にもユニークな垂直磁気記録国際会議(Perpendicular Magnetic Recording Conference、略称PMRC)を主体的に開催している。過去3年に一度の周期で、第1回を1989年に東京都新高輪プリンスホテルで、第2回を1991年岩手県八幡平ロイヤルホテルでそれぞれ成功裏に開催してきた。

本年1994年には第3回の垂直磁気記録国際会議を、10月11日から14日の4日間に早稲田大学国際会議場において開催した。主催は日本学術振興会磁気記録第144委員会及び日本応用磁気学会、共催は電子情報通信学会、テレビジョン学会、日本トライボロジー学会、日本高分子学会、電気化学協会、IEEE The Magnetics Societyであった。実行委員長に岩崎俊一本学名誉教授、副実行委員長に中村慶久本学教授、直江正彦東京工業大学教授を始めとする体制で、1993年1月の第1回実行委員会以来ほぼ2年に及ぶ綿密な準備を経て盛況裏に開催できた。刊行物は本文586ページのプロシーディングスと後述する学術展示の資料が日本応用磁気学会誌のサプリメントとして発行されている。

情報記録デバイス工学研究分野では中村教授が副実行委員長並びにプログラム部会長を務めて全体構想を調整するとともに、アブストラクト審査、プログラム編成、招待講演選定、論文査読、セッション全体進行などプログラム面でのコントロールタワーとしての役割を果たした。

参加者は日本、アメリカ、オランダ、イギリス、中国、フランス、韓国から7ヶ国300名余にのぼった。今回はプログラム部会の提案で同一発表者がショートオーラル講演とポスター講演を併用して行なう新形式を取り入れ、ポスターセッション会場では長時間に亘る熱氣あふれる討論が行われた。また、投稿論文の査読について多くの欧米人研究者に依頼して、国内組織の主催ではとかくおろそかになりがちな言語の問題を含めて、丁寧に論文の質をより高める努力を行なった。

昨今の磁気記録は高密度化が著しく進んでおり、従来は10年で10倍の記録密度の増加があるとされてきたが、最近は5年で10倍と加速され、西暦2000年までには1平方インチ当たり10ギガビットの超高密度に達すると予測されている。これをを目指して、研究の最先端では記録ビットサイズはサブミクロンからナノメータのレベルの分解能で議論されている。この領域は記録媒体の微細結晶粒のオーダであり、記録のメカニズムに明確な指導原理が確立されていない領域である。本所が提唱するスピニクスの考え方方が強く求められる由縁である。

この背景を踏まえて、会議のプログラムは微細領域の記録に関する議論を様々な角度から取り扱い、2件の招待講演を含めてヘッド、媒体、装置、記録再生理論、トライボロジーなど、総て高密度記録にフォーカスして編成された。なお、総報告件数は137件であった。

磁気記録技術は新しい高度情報通信時代を支える基盤技術としての役割を果たしているが、これを反映して超高密度を指向した新記録方式の講演が目立った。特に、本会議ではナノメータ磁化構造と新規高面密度記録方式を取り上げた特別招待セッションを組み、本学中村教授が従来に比べて格段に高い記録密度のスピニクストレージのコンセプトを発表した。また、サブミクロントラック幅記録のセッションが構成され、情報記録デバイス工学研究分野では計算機シミュレーションで理論解析を行なった上で垂直磁気記録で国際的にトップレベルの400ナノメータの狭トラック幅記録を確認したことを報告した。一方、センサーである磁気ヘッドと記録媒体間の隙間は記録方式を問わず高記録密度時には重要である。ハード磁気ディスク装置はコンピュータ用途の典型的なアプリケーションであるが、現状では高い信頼性を要求されるため、わずか100ナノメータ以下の隙間であるが、ヘッドを浮上させて用いている。しかし、最近の高密度記録では、このような微小隙間でも大きな分解能の損失が生じており、磁気ヘッドを接触させてゼロ隙間として記録再生を行なうコンタクト記録方式が強く求められている。米国からは垂直磁気記録にこの方式を適用することで本来の高記録密度のポテンシャルを実現する綿密な報告が行われた。

さらに、本国際会議では講演に関連する実験を会場でデモし、より突っ込んだ議論を引き出すのも特徴であるが、この学術展示も情報記録デバイス工学研究分野からの接触型高密度磁気ディスク装置と超狭ト

ラック記録並びに計算機シミュレーションを展出したのをはじめ、高密度ビデオ記録、トライボロジー、など、従来を大きく上回る出展規模で行われた。1平方インチ当たり2ギガビットの高面密度を達成したハードディスク装置やサブミクロントラック幅記録、ハイビジョン用VTRなど意欲的な展示が多く、多数の参加者を集めた。

サテライトとして、垂直磁気記録で提案され今や国際的な主流になりつつあるCoCr系薄膜媒体に関するワークショップが秋田県高度技術研究所にて行われ、媒体微細構造から記録再生特性まで国際的な専門家の参加を得て討議された。記録媒体の微細膜構造が高分解能電子顕微鏡、X線回折法、中性子線散乱、アトムプローブ法、走査型プローブ顕微鏡などで調べた結果が報告され、同時にこれらの記録媒体の記録再生特性やノイズ特性など突っ込んだ議論が行われた。

(中村慶久 記)

「第19回赤外とミリ波に関する国際会議 (The 19th International Conference on Infrared and Millimeter Waves)」報告

第19回赤外とミリ波に関する国際会議(94 IR & MM Waves)が、1994年10月17日より20日までの4日間、仙台国際センターにおいて開催されました。主催は応用物理学会で、協賛には、電子情報通信学会、電気学会、IEEE MTT Society、理化学研究所等の各種団体のご参加を頂きました。本会議は、本学西澤潤一総長の組織によるもので、その実行は、国内外の関係分野の研究者をはじめ、実行委員会委員長水野皓司、経理委員長伊藤弘昌、総務委員長横尾邦義などの本研究所教官、また職員、学生の参加のもとに行われました。

「赤外とミリ波に関する国際会議」は、短ミリ波・サブミリ波、さらに赤外域に亘る電磁波スペクトラムに焦点をあて、その領域における、光源、計測、応用等の種々の研究課題を取り扱う会議です。その第1回会議は、ちょうど20年前に米国アトランタで開催されたもので、この光と電波の境界領域を扱う学会でこのように長い歴史を有しているのは、本会議のみです。本会議で扱う光と電波の境界領域は、固体分子分光学等の物理的な分野はもとより、無線LAN、核融合プラズマの計測・加熱、あるいは地球環境測定、リモートセンシングなどの各種計測、またさらに将来の高度情報化社会を支える大容量光通信のための基盤技術、など広い分野よりその開発が期待されております。特に、1970年代後半より80年代にかけて本会議で議論された核融合プラズマ計測・加熱の分野の研究は、その後の当該分野の発展にとってきわめて大きな力となりました。

本会議は、ほぼ1年ごとに米国とその他の国(主としてヨーロッパ)とで交代で開催されています。さらに、扱う話題も、米国のときには主にミリ波帯の技術、ヨーロッパでは分光学を中心とした物理よりもとのものと、お国柄を反映して自然に分かれてきており、自ずから会議の性格を幅広いものとしています。

さて、仙台で開催された第19回の会議では、当初、円高の折海外からの参加者の数が心配されました。実際には外国より同伴者を含め100名の参加があり、全体として国内外より330名余の参加者、280件の論文発表となりました。

本会議の論文発表の形式は、毎日最初に1件のinvited plenary talkがあり、次いで4セッションに分かれ進行されるもので、各セッションの最初には1件のinvited keynote talkが発表されました。会議初日の朝に行われたopening sessionでは、西澤潤一会議委員長の挨拶があり、光と電波との境界領域(テラヘルツ帯)における研究の重要性、八木アンテナを始めとする仙台における周波数開拓の研究の紹介などがありました。会議前日および二日目の夕刻には、それぞれ、welcome partyおよび立食形式のレセプションが開催されました。また、会議中生け花、着付け等5種類のLadies programが仙台市国際交流ボランティアネットワークの援助で行われ、いずれも大変好評でした。

会議の内容としては、分光学、電波天文学、プラズマ計測・加熱（電子ビームデバイス）等の従来からのトピックスに加えて、本会議ではミリ波室内無線 LAN、光・マイクロ波相互作用等の光通信技術への応用などに関する発表が増えて来ています。これらはいずれも、今後の社会的技術基盤と成りうるもので、この電磁波領域の将来を暗示するものとして大変重要であると思われます。

会議中また終了後、内外の参加者またその関係者から本会議に、発表の内容、会議の運営、会場の場所・使い勝手等に関して極めて充実した国際会議であったとの意見・評価が寄せられました。我々運営のお手伝いをさせて頂いた立場からは、多くの活発な研究者と議論する機会を持てたことは、今後の研究活動にとって大変有り難い有益な経験で、将来またその開催地として選ばれるような研究をして行かなければならぬと決意を新たにした次第です。

（水野皓司 記）

第7回テストシステムに関する国際ワークショップ報告 A Report of the 7th International Workshop on Protocol Test System(IWPTS '94)

近年ネットワークアーキテクチャ、特にネットワークプロトコルの高信頼化、高機能化、知能化へ向けての研究開発が国内外で精力的に進められている。ネットワークプロトコルの高信頼化、高機能化、知能化の研究開発は、これまで個別的に行われており、統一的な体系化がなされておらず実用化にあたっては難点が山積みしておりその解決策の検討が急務となっている。具体的には、プロトコルの実用化にあたっては、例えば適合性試験などは各国で個別的に独立な手法が採用されている。そのため、理論的な体系化に基づいた実用化の統一的な方法についての議論の場として国際会議の重要性が高まっている。

このような背景のもと、IFIP（情報処理国際連合）主催の『第7回プロトコルテストシステムに関する国際会議』が平成6年11月8日～10日まで、東京都新宿区のホテルストラーダ新宿で開催され、12ヶ国から約80名の参加があった。本国際会議の目的は、来るべき高度情報化社会を迎えるにあたり、その最も重要な基盤技術の一つであるプロトコルの試験に焦点をしづり、将来展望と技術的課題を多角的かつ総合的に検討することである。会議では、10ヶ国から22編の論文の発表（日本5編、カナダ4編、米国2編、ドイツ2編、フランス2編、オランダ2編、台湾2編、韓国1編、中国1編、デンマーク1編）があり、7つのテクニカルセッションが構成された。また、2編の招待論文と2つのパネルが企画された。論文発表のセッションでは、プロトコルテストのためのモデル、テスト系列の自動生成法、テストの誤り発見能力の評価、リアルタイムプロトコルに対するテスト手法、相互接続試験法、OSIプロトコルなどへの応用、などに関する論文発表が行われた。

最近のプロトコルテストに関して2件の招待講演が行われた。一つは、モントリオール大学のBochmann教授による「Fault Coverage of Tests Based on Finite State Models」の講演であり、もう一つは、イスのベルン大学のHogrefe教授による「Status Report on the FMCT Project」の講演である。前者は、有限状態機械モデルによるプロトコルのテスト手法の概略とその評価についての講演であり後者は形式記述技法を用いた適合性試験への適用プロジェクトに関する講演である。従来よりIFIPではプロトコルに関して3つの国際会議を毎年開催している。その一つはプロトコルの仕様記述・テスト・検証に関する国際会議、もう一つは形式記述技法に関する国際会議、そして3番目は本国際会議のプロトコルテストシステムに関する国際会議である。従来、これらの会議はヨーロッパを中心に開催され、ヨーロッパ以外では、カナダ、米国、オーストラリアで数回開催されている。本国際会議は、これら3つの国際会議の中ではじめて日本で開催された国際会議であり、アジア圏でのこの分野の研究の活性化に大きく寄与できたと考えられる。

以下に、会議の概要を簡単にまとめる。

1. 開催期間

平成6年11月8日～11月10日（3日間）

2. 参加者

国内研究者 50名

海外研究者 30名 合計 80名

3. 実行委員会

・実行委員長

白鳥則郎（東北大），横山由彦（INTAP）

・プログラム委員長

水野忠則（静岡大），東野輝夫（大阪大）

・ローカルアレンジメント委員長

鈴木健二（KDD）

（白鳥則郎 記）

IEEE Distinguished Lecturer 講演会

情報記録デバイス工学分野では、平成6年11月16日に電気通信研究所2号館大会議室にて1994年のIEEE Distinguished Lecturerである米IBMのRoger Wood博士をお迎えして、講演会を開催した。本講演会は本所スピニクス研究会の主催で行われた。

磁気記録技術の高密度化は、磁気工学に留まらず広範な分野からの成果を結集して成し遂げられている。特に、近年の磁気ヘッド再生信号の低SN化に対応できる技術として、信号処理に関する通信工学分野からの狭帯域伝送技術や最尤復号技術などの応用が成果を挙げている。これらはPRML技術と総称されているが、Roger Wood博士はVTRや磁気ディスク装置の分野におけるこのPRML技術の第一人者である。今回の講演会は博士ご自身が本分野での講演を希望され、企画・実施した。

演題は”The Magnetic Recording Channel: Challenges and Directions”であり、磁気記録技術の急速な高密度化のトレンドから論を起こし、非線形現象を考慮した磁気記録系の信号処理に必要な理論的な背景を詳述された。その後、今後の更なる発展のためのヒントともいいくべき様々な新規技術を紹介され、聴衆に今後の道標を示された。

参加者は国内の主要研究機関や民間企業などから約50名程度で、2時間を越える熱のこもった講演が行われた。その後、参加主要メンバーと研究室にてインフォーマルな討議に応じていただくなど、日米磁気記録研究者間の親睦を深めることにも役立った。

（中村慶久 記）

第6回 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC '94)

マイクロ波に関連した国際会議としては、米国を中心としたIEEE MTT-S International Microwave Symposiumとヨーロッパ諸国を基盤としたEuropean Microwave Conference (EuMC)があり、それぞれ高い学術的評価を得ている。

これに対しアジア・太平洋地域におけるマイクロ波工学の進展を目的に、Asia-Pacific Microwave Conference (APMC, アジア・パシフィック マイクロ波会議) が企画され、第1回会議が1986年にニューデリー（インド）で開催された。続いて、第2回会議が1988年に北京（中国）、第3回会議が1990年に東京（日本）、第4回会議が1992年にアデレード（オーストラリア）、第5回会議が1993年に新竹（台湾）で開催され、アジア・太平洋地域のマイクロ波工学研究者および技術者の国際交流が実現し、当初の予想を

はるかに越える大きな学術的、技術的な成果を上げてきた。ことに、1990年に日本で開催されたAPMC'90は大きな成功をおさめ、本国際会議のその後の発展に大きく貢献したことは周知の通りである。

1990年9月に東京で開催されたAPMC'90の際に開かれた国際運営委員会において、APMC'94を日本で再び開催することが決まった。それを受け、APMC国内委員会を電子情報通信学会のもとに組織し、会場を千葉市の幕張メッセ（日本コンベンションセンター）、会期を1994年12月6日（火曜日）～9日（金曜日）とすることに決め、準備を進めた。

今回の会議は、準備の途中で円高の昂進や長引く経済不況があり心配な要因もあったが、関連企業等の多大な支援もあり、発表論文数264件、参加者数699名、展示会来訪者約5,000名とAPMC'90を上回る成果となつた。国別参加者数を下表に示す。

国 名	人数	国 名	人数	国 名	人数
Australia	8	India	4	South Africa	1
Brazil	2	Italy	1	Spain	1
Canada	5	Japan	5 6 8	Sweden	3
China	5	Korea	2 0	Taiwan	9
Egypt	1	Malasia	1	Turkey	1
France	8	New Zealand	1	U. K.	2
Germany	7	Poland	3	U. S. A	3 7
Hong Kong	7	Russia	1	Ukraine	1
Hungary	1	Singapore	1	合 計	6 9 9

(米山 務 記)

第9回情報ネットワークに関する国際会議 (ICOIN-9) 報告 A Report of the 9th International Conference on Information Networking (ICOIN-9)

21世紀に向けて、情報ハイウェーを中心とした基盤技術の整備が社会的に大きな課題となつてきている。こうした基盤技術として、マルチメディア情報の通信を行う情報ネットワークが基本となり、ATM交換機を用いた高速通信方式、通信プロトコル、ネットワークアーキテクチャ、インターネット、モバイルシステム、これらの応用としてのグループウェア、分散協調システム等の研究が、国内外で活発化してきている。このような状況のもとに、現在、21世紀に向けた新しい情報ネットワークの枠組みが模索されてきている。同時に、理論家と実験家が一堂に介し、最先端の研究成果を議論する場が求められてきている。

このような背景のもとに、情報処理学会が主催し、IEEE協賛の『第9回情報ネットワークに関する国際会議（ICOIN-9）』が、大阪府の千里ライフサイエンスホールで開催され、120人の参加者があった。ICOIN-9は、21世紀に向けた新しい情報ネットワークの枠組みを追及するための研究発表と討論の場である。このような場が強く求められている理由は次の点に集約できる。米国を中心に推進されている情報ハイウェイに代表される現在の情報ネットワークは、大量情報の高速処理を指向し効率を重視するシステムである。このようなシステムは、「機械」を主とし「人間」を従とする視点から開発されており、人間性の喪失を招いている。このような現在の情報ネットワークの限界を超えて、人間と機械（コンピュータ、ネットワーク、ロボットなど）が協調・調和する情報システム構成が強く期待されている。ICOIN-9において、新しい情報ネットワークの枠組みとして「やわらかいネットワーク」について発表があり、その概念、関連する要素技術が広く議論された。ICOINの分野は、ネットワークを中心とした分散処理全般をカバーしている。これらのテーマについて92編の論文発表、33のテクニカルセッションが構成され、3日間にわたって議論が展開された。

最近の情報ネットワークにおけるトピックについて、招待講演として大阪大学の宮原秀夫教授から、"Current ATM-LAN Technology" の講演があった。この中で、ATM交換機を用いた最新の高速通信ネットワークについて、最新技術の紹介、今後の技術動向の紹介があった。

ICOINは、これまで、日本、台湾、韓国が中心となり、情報ネットワークと分散処理分野の研究者の研究発表の場として、開催されてきている。今回のICOIN-9では、新たに、IEEEコンピュータソサエティの協賛により開催でき、アジア地区を中心として国際的な規模となった点が注目される。今後、アジアから世界に向けて発信する質の高い国際会議を開催し、本分野の研究のみならず関連する分野の発展に大きく貢献することができればたいへん意義深いことである。

以下に、会議の概要を簡単にまとめる。

1. 開催期間

平成6年12月12日～12月14日（3日間）

2. 参加者

国内研究者 90名

海外研究者 30名 合計 120名

3. 実行委員会

- ・実行委員長

白鳥則郎（東北大）

M. T. Liu (Ohio State Univ., USA)

- ・プログラム委員長

滝沢誠（電機大）

Yanghee Choi (Seoul National Univ., Korea)

- ・ローカルアレンジメント委員長

山口英（奈良先端大）

（白鳥則郎 記）

第 5 章 シンポジウム

5.1 通研シンポジウム

電気通信研究所は、歴史的に工学部電気・情報系4学科と教育研究において学内運用で一体運営を行ってきたことは既に前章でも述べていますが、この考えに基づいて毎年電気通信研究所及び電気・情報系教官が中心となり、最近の研究の最先端の基礎科学、基礎技術に関する問題をテーマとして取り上げ、電気通信研究所が主催でシンポジウムを開催することにしています。講師としては所内学内は勿論、国内外の第一線の研究者を迎える、研究に関する情報交換、研究成果の発表を行い、多くの参加者を迎えてこのシンポジウムを活発な討論の場としている。

一方、平成6年度電気通信研究所は国立大学の共同利用研究所として改組されましたので、これを機会にこのシンポジウムも3年に一度くらいの割合で国際的な研究討論の場にしたいと考えています。

平成6年度は平成6年12月20, 21日に第31回、平成7年3月22, 23日に第32回のシンポジウムが下記のテーマで行われました。

1. 第31回 「放電とEMC」 委員長：高木 相 教授
2. 第32回 「統計物理学と情報科学」 委員長：守田 徹 教授

1. は電磁干渉問題でもっとも不明なことが多い「放電」と、生体と電磁界の問題として注目されている「EMC」について取り上げました。

2. は古くからある学問領域の「統計物理学」が「情報科学」分野の発展に果たしてきた、あるいは果たしつつある現状を統計物理学の幅広い分野について取り上げました。

各シンポジウムの詳細については、以下の節あるいは各論文集を参照頂きたいと思います。

「放電と EMC」

「放電と EMC」をテーマとして催された第 31 回東北大学電気通信研究所シンポジウムは、1994 年 12 月 20 日、21 日の二日間の会期で、仙台市青年文化センターの交流ホールにおいて開催された。講師を 17 機関の 19 名、座長を 5 機関の 5 名に依頼し、144 ページの論文集を発行し、全国の大学・高専、企業、研究機関、官公庁から 120 名の参加者があった。

電気接点工学の分野では、接点性能の劣化にアーク放電が大きく影響するために、放電現象の解明が最重要の課題とされている。一方、環境電磁工学（EMC）の分野で電磁干渉（EMI）問題を考えると、放電現象はノイズ源として最も重要な、解明すべき課題の一つである。それぞれの分野で放電現象が研究課題になっているにもかかわらず、これまで放電に関する研究成果の交流はあまり活発ではなかった。それぞれの分野の研究成果は、互いの立場から見ると新鮮なものであり、相互に最新の研究成果を交換することにより新しい視点から未知の知見を得られる可能性があり、交流の場をもつことは大いに有意義である。本シンポジウムは、電気接点と EMC の分野からわが国的第一線の研究者を講師に迎えて企画されたものであり、両分野で活動している研究者が初めて一堂に会し、各々の最先端の成果を交換する交流の場として貴重なものであった。

講演は二日間の 5 つのセッションに分けて行われた。一日目には電気接点のアーク放電現象、およびそこから発生するノイズに関する 3 つのセッション「電気接点のアーク放電関連現象の測定」（2 件）、「電気接点アーク現象」（4 件）、および「接点アークと EMC」（4 件）が組まれた。このなかで、アーク放電現象の測定の問題について現象の物理に迫るために同時並列計測を基本として測定を行うべきであるとの指針が示され、また、電気接点アーク現象の代表的研究者らによって、アーク放電現象の機構に関して、実際の測定データに基づく、総合的かつ詳細な解説が行われた。さらに、電気接点の放電から発生するノイズの分析と定量的実験のためのシミュレータの提案、各タイプのアーク放電が発生する条件、およびそれぞれの条件で生じるノイズの特性について、系統的に分析データが示された。放電ノイズの研究を進めるうえで放電現象の機構の解明は欠くべからざる課題であるから、研究分野を越えた興味深い講演に対して、参加者との間で熱心な質疑が続いた。

EMC 問題を中心とした二日目のテーマは、「静電気放電と EMC」（4 件）および「雷放電を含む電磁妨害と通信 EMC」（5 件）の 2 つであった。静電気放電と雷放電の現象の性質について、それぞれ、実際のデータの分析に基づき、現象を捉える考え方方が示された。また、静電気放電の測定法、および得られたデータに基づく放電現象のモデル化の検討とノイズ発生の解析結果の講演があった。続いて静電気放電による発生電磁界と雷放電により誘導雷サージ特性のそれによる EMI 妨害効果に関する測定法・試験法の課題、および EMI に対抗してイミュニティ（耐ノイズ性）をもたせて高信頼性の通信を実現する通信 EMC の研究について、実際の測定データや試作例に基づいて総合的に講演と討論が行われた。

また、1 日目の夜にはホテル仙台プラザを会場にして懇親会が催され、80 名の参加者が大いに歓談し、議論は予定時刻を過ぎるまで続いた。

なお、このシンポジウムの企画は、電子情報通信学会の機構デバイス研究専門委員会と環境電磁工学研究専門委員会、および VCCI と CISPR の協賛を得て催された。また、このシンポジウムの研究発表を発展させて、電子情報通信学会から「放電と EMI」特集論文誌が発行されることになった。

以上のように、本シンポジウムは多くの熱心な参加者を得て、成功を収めることができた。今回のシンポジウムを機会に電気接点と EMC の分野の研究者の間で交流が進み、従来にない研究の進展が期待される。

「統計物理学と情報科学」

第32回東北大学電気通信研究所シンポジウムが、「統計物理学と情報科学」という主題で、東北大学工学部青葉記念会館501室において平成7年3月22日、23日に開催された。シンポジウム実行委員会の委員は、守田徹(委員長)、堀口剛教授、原啓明助教授、藤木澄義講師である。

近年、情報科学の色々な分野で、その発展において統計物理学が重要な役割を演じ、統計物理学の情報科学への更なる貢献が期待されている。日本物理学会においても、物性基礎論のセッションにおいて情報科学に関連する発表がなされている。このシンポジウムでは、統計物理学のいくつかの分野の専門家と統計物理学と関連がある情報科学にたずさわっている専門家にそれぞれの研究における最先端の問題について話して頂き、将来に向かっての統計物理学の手法の情報科学への寄与の可能性を検討することにした。

参加者は、東北大学内では、理学部、工学部、情報科学研究科、通研、金研から合計48名、宮城県内では、石巻専修大、東北学院大、東北工大、仙台電波高専、東北工科情報専門学校から12名、その他、室蘭工大、筑波大、日大、北里大、東大、国士館大、東海大、東京農工大、中部大、神戸大、統計数理研究所から13名、以上合計73名であった。シンポジウム論文集は300部印刷され、参加者以外に、予算あるいは時間の都合で参加できなかった人を含む76名に配布された。専門分野が異なる人達により、用語の差を確かめながら、活発な議論が行なわれた。22日夕方開かれた懇親会には35名が出席し、異なる分野の研究者が交流を深めた。そこでは、討論の時間にできなかった立ち入った議論を行なうグループもあった。このシンポジウムでの討論から、参加者の研究の次への発展が期待される。また、総括の討論においては、このような研究会を将来開いたときへの参加の希望の声が多数の参加者から述べられた。このシンポジウムは、発展しつつある統計物理学の方法の情報科学への応用において重要な一石になることを確信するものである。

シンポジウムのプログラムは下記の通りである。

3月22日

開会の挨拶 - 宮本信雄(通研所長)、守田徹(委員長)

- 1) 量子ゆらぎと計算物理 - 鈴木増雄(東大)
- 2) 生命状態の統計力学にむけて - 沢田康次(東北大)
- 3) Antiferromagnetic of the Hubbard Model - 田中友安(中部大)
- 4) Partial Order in Frustrated Antiferromagnets - Adam Lipowski, 堀口剛(東北大)
- 5) パターン認識へのクラスター変分法の応用 - 鎌木誠、大月一弘、欧瓊、木村康哲、小野厚夫(神戸大)
- 6) 交通流の統計物理モデル - 高安秀樹、高安美佐子(東北大)
- 7) Field Behavior of a Spin-Glass Model with Order Transition - Carlos S. O. Yokoi, S. M. Urahata(サンパウロ大)
- 8) イジング反強磁性三角格子系のスピン構造 - 永井旺二郎(神戸大)
- 9) クラスター変分法と画像復元問題 - 田中和之(室蘭工大)

3月23日

- 1) 直交多項式の理論とその物理への応用 - 十河清(北里大)
 - 2) 量子ホール効果の理論 - 豊田正(東海大)
 - 3) ニューラルネットワークと時系列解析 - 田村義保(統計数理研)
 - 4) 層状ニューラルネットワークの学習過程 - 藤木澄義(東北大)、藤木なほみ(仙台電波高専)
 - 5) 濃度分布の連結性解析 - 高木隆司(東京農工大)、新井洋二(共立女子短大)
 - 6) 非線形確率システムに於ける情報の微分幾何の方法 - 金野秀敏(筑波大)
 - 7) 相関歩モデルに於ける情報幾何の方法 - 小幡常啓、原啓明(東北大)
 - 8) カオス的ノイズのつくる秩序 - 清水敏寛、森岡望(国士館大)
 - 9) スピン系の統計物理学と情報科学 - 堀口剛(東北大)
- 総括 - 守田徹(委員長)

5.2 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・技術的问题を解决し、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	発 足 率
1	伝送工学研究会	宮城教授	馬場助教授	1950年頃
2	音響工学研究会	曾根教授	金井助教授 高根助手	1950年頃
3	仙台「プラズマフォーラム」 (旧名称 プラズマ研究会)	佐藤(徳)教授	畠山助教授	1993年 (1986年)
4	EMC仙台ゼミナール	高木教授	曾根助教授 木幡助教授	1986年
5	コンピュータサイエンス研究会	西関教授	富樫助教授	1986年
6	システム制御研究会	阿部教授	吉澤助教授	1986年
7	電子ビーム工学研究会 (大電力マイクロ波ミリ波研究会)	横尾教授	佐藤(信)助手	1995年 (1987年)
8	放射光工学研究会	宮本教授	庭野助教授	1987年
9	テラヘルツ工学研究会 (旧名称 ミリ波デバイスと半導体プロセス技術研究会)	水野教授	裴助教授	1993年 (1989年)
10	スピニクス研究会 (旧名称 磁気工学研究会)	中村教授	村岡助教授 家名田助手	1992年 (1990年)
11	表面・界面工学研究会	潮田教授	上原助教授	1991年
12	ブレインコンピューティング研究会	澤田教授	中島(康)助教授	1992年
13	ヴァーティカル・フォトニクス研究会	川上教授	花泉助手	1992年
14	超伝導工学研究会	山下教授	鈴木(光)助教授 中島(健)助教授	1993年
15	メディカルエンジニアリング研究会	中鉢教授	松木助教授 金井助教授	1994年
16	超高密度・高速知能システム工学研究会	澤田教授		1994年
17	ニューパラダイムコンピューティング研究会	樋口教授	亀山教授	新規
18	超音波エレクトロニクス	山之内教授	櫛引教授	新規

伝送工学研究会

伝送工学研究会は、電気通信研究所工学研究会の中で最も長い歴史をもつ研究会であり、平成7年3月の時点で385回を数えている。この間に取り扱ってきた分野は、電波から光波に亘る電磁波を用いた有線・無線伝送に関する基礎・応用研究であり、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招待講演や研究報告が行われてきた。1994年度もほぼ例年通り10回の研究会が開催され、特別講演8件を含む28件の研究発表が行われた。

まず、特別講演ではKDDの小関康雄氏による国際電気通信の技術動向、Tel-Aviv大学のProf. N. Goitoruによる赤外中空導波路、University College LondonのProf. H. Griffithsによる航空機と衛星の3次元イメージング、産業創造研究所の佐藤俊一氏による $5\text{ }\mu\text{m}$ 帯COレーザーに関する講演が行われ、それぞれ最新の研究動向と成果が報告された。

また、一般講演では、移動体通信関連のアンテナおよびダイバーシティ技術、スロットを有する同軸線路、ミリ波導波路および赤外中空導波路などの線路の解析・試作、重力波の解析、電波およびミリ波によるレーダおよびイメージング、散乱電磁界の数値解析法、発信回路、ミリ波・光波デバイスの実験や開発などに関する基礎・応用研究の発表があり、活発な討論が行われた。

さらに、3月7日に開催された研究会では、電気通信研究所共同プロジェクト研究B-1「マイクロ波帯における材料特性の評価」と共催で、澤谷邦男氏（東北大）大嶋重利氏（山形大）、石川容平氏（村田製作所）及び真鍋武嗣氏（郵政省通信総合研究所）の4名の講師による講演が行われ、それぞれマイクロストリップ線路共振器法による導体の表面抵抗と誘電体の複素誘電率の測定、超伝導体のマイクロ波物性、ミリ波における金属の表面抵抗の測定法、及びミリ波における建物内装材の電気的特性の測定に関する発表があり、各種測定法の問題点や精度に関する活発な討論が行われた。

音響工学研究会

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、超音波計測、超音波生体工学、超音波応用、弾性表面波素子、音環境工学など、多岐にわたっている。

1994年度は、主査曾根敏夫教授、幹事牧野正三、金井浩両助教授のもとで、研究会5回（第272回～第276回）、通研講演会1回、学術講演会1回が開催された。会場はいずれも、本学電気通信研究所大會議室であった。

第272回音響工学研究会は、1994年6月9日（木）に開催され、研究発表6件、参加者57名であった。第273回の研究会は、1994年7月28日（木）に開催され、研究発表6件、参加者60名であった。第274回の研究会は、1994年11月10日（木）に開催され、研究発表3件、参加者42名であった。この間、暫く時間があいたのは、主査が実行委員長を務める国際会議が日本で開かれ、忙殺されたためである。第275回の音響工学研究会は、1994年12月22日（木）に開催され、研究発表5件、参加者56名であった。第276回の研究会は、1995年2月2日（木）に開催され、研究発表1件と、本学工学部中鉢憲賢教授による「超音波による骨粗鬆症の診断について」と題する解説講演が行われた。その後、引続いて、通研講演会が開催された。この講演会では、東京大学工学部の澤田嗣郎教授の「ピコ・フェムト秒レーザーを用いる材料評価法の最新の進歩」と題する講演が行われた。

また、1995年3月28日（火）には、学術講演会が開催された。国立特殊教育総合研究所聴覚・言語障害教育研究部中川辰雄難聴教育研究室長による「補聴器フィッティングの考え方」と題する講演があり、環境に応じた適合法などに関し、活発な討論が行われた。参加者は27名であった。

仙台"プラズマフォーラム"

会の目的：プラズマ，放電，核融合，その他のプラズマ応用に関する討論と研究発表。

1994年度の活動概要：

学部学生を中心とする，既刊論文に基づいたプラズマ生成，閉じ込め，加熱，計測及びプラズマ応用に関する"研究討論会"を4回開催。

大学院生及びスタッフを中心とするプラズマ計算機シミュレーション，プラズマ中の波動及び不安定現象，プラズマ電位形成，プロセス用プラズマ生成と制御，K-C₆₀ プラズマに関する"研究発表会"を4回開催。

国内及び国外研究者による非中性プラズマ，韓国におけるプラズマ研究，Wave Propagation in dusty plasmas，ヘリカルトーラス閉じ込めに関する"研究発表会"を3回開催。

国内及び国外研究者による常温核融合，Validity of MHD energy principle，代替エネルギー源開発に関する"特別講演会"を3回開催。

研究会形式としたプロセス用プラズマのシース拡大研究会，フラー・レン・微粒子プラズマ研究会，プラズマ中の電位・渦・揺らぎ・相転移研究会の"特別企画"を3回開催。

以上において，参加者は當時40名前後であった。

EMC仙台ゼミナール

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，電磁界環境自動計測システムの開発と応用，放電ノイズのモデル化と複合ノイズ発生器の実現，耐ノイズ性信号伝送システムの開発などが，この研究会から世に出た独創的研究成果である。

1994年には，8回の研究会を開催し，2件の特別講演「電子放射源の推定法について」（長沢庸二氏）と「情報通信システムとEMC」（森永規彦氏）を含む，18件の講演・研究発表があった。研究発表の主な話題は，耐ノイズ性・高効率通信システムの開発，電磁波散乱の逆問題，通信用機器デバイスの信頼性問題の実験的研究，大電力高周波発振器の開発，音声通信システムにおける通信品質評価法の検討，通信システム用雷サージ防護デバイスなどである。また，5月には仙台でEMC国際会議が催され，この研究会から多くの研究発表を送り出し，12月には通研シンポジウム「放電とEMC」が開催された。

コンピュータサイエンス研究会

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、話題についての講演会を開催し、電気・情報系及び通研に所属する研究室の学問の交流を図ることを目的としている。

1994年度は、7月21日の竹内外史教授（イリノイ大学）による「線型論理について」の講演に始まり、3月20日の堀口進教授（北陸先端科学技術大学院大学）による「超並列コンピュータにおけるLogPQ並列計算モデル」まで、国内外から16名（内海外から5名）もの講師を招待し、9回の講演会が行われた。主なところでは海外から、P.Raghavan博士（IBMワトソン研究所）の「ロボット制御と画像認識でのランダムアルゴリズム」や、Klaus Berkling教授（筑波・Syracuse Univ.）による“The von Neumann Architecture PLUS(Lambda Calculus) Problems, Solutions, and Applications”，W-L Hsu教授（Academia Sinica）の“A Simple Test for Planar Graphs”，Tiko Kameda教授（Simon Fraser Univ.）による“Bandwidth Allocation for Real-Time Data over an ATM Network”など、様々な地域から研究者を招き、多岐にわたる研究会を開催した。また国内からは、有川節夫教授（九州大学）の「発見科学の誕生」、小野寛晰教授（北陸先端科学技術大学院大学）の“Representation theorems and embedding theorems for lattices-ordered algebras — an algebraic aspect of completeness theorem”，安浦寛人教授（九州大学大学院）の「ソフトコアプロセッサによるシステム設計」、千葉則茂教授（岩手大学）の「自然物・現象のビジュアルシミュレーション」、渡辺治助教授（東京工業大学）の「計算の複雑さの平均的な解析について」、大見忠弘教授（東北大学大学院）の「四端子デバイス・ニューロンMOSFETで実現するしなやかな情報処理システム」など、第一線で活躍する研究者による最新研究成果の講演を基に、活発な討論、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

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。本年度は、講演会を6回、研究発表会を1回および東北大学電気通信研究所平成6年度共同プロジェクト研究との共催による研究会を1回、それぞれ開催した。

講演会は本研究会が例年行っている主たる活動で、学内外の研究者に、システム制御のホットな話題を提供して頂いている。本年度は、鳥取大学工学部奥山佳史氏（演題「不確定・非線形性を伴う制御系におけるモデリングとロバスト安定性」）、東北大学情報科学研究科原 啓明氏（演題「動物行動におけるスローダイナミックス」）、カリフォルニア大学と豊橋技術科学大学の名誉教授高橋安人氏（演題「ニューラルネットワーク応用の制御」）、三菱電機産業システム研究所福田豊生氏（演題「生物に学ぶ探索の最適化」）、京都大学工学部玉置 久氏（演題「メタ戦略による組み合わせ最適化—遺伝アルゴリズムを中心として」）、東京工業大学精密工学研究所藤田 肇氏（演題「静粛工学の現状と将来課題」）および日立製作所システム開発研究所船橋誠壽氏（演題「Computational Intelligenceへの展開－シナジエティックAI」）の諸氏を招いて講演会を開催し、それぞれ活発な討議があった。

研究発表会は、計測自動制御学会東北支部との共催である。ロボット・アーム制御、移動ロボット、制御系設計、ニューラルネットワーク、フィルタの設計論および計測などに関し、17件の研究発表があった。

共同プロジェクト研究との共催による研究会は、本研究会が企画したもので、「複雑系の設計・制御に関する研究」というテーマで、9件の研究発表があった。詳しくは、共同研究の章で紹介する。

大電力マイクロ波・ミリ波研究会

現在、核融合プラズマ加熱や大型荷電粒子加速器等の分野から、ミリ波からサブミリ波領域における大出力の電磁波源が強く求められており、これに応えるための研究開発が世界各国で進められている。しかし、わが国においてはこの分野の問題を論ずる場は少なく、研究者も諸外国と比較すると少数であると言わざるを得ない。本研究会は、このような実状に鑑み、大電力のマイクロ波・ミリ波源の研究開発を中心として、その関連分野、またそれらの応用面を含め広く学問的、技術的諸問題を探り上げ、議論を重ねることを目的として1987年に設立された。現在までに、従来からのクライストロンを始めとするマイクロ波管にとどまらず、ミリ波・サブミリ波領域での大出力かつ高効率な発振管として期待されるジャイロトロン、ペニオトロン等のサイクロトロン高速波管、さらには自由電子レーザやコヒーレント放射光など高エネルギー電子ビームの利用も視野にいれ、数々の開発と応用にかかる技術的諸問題及び将来展望を討議してきた。最近では、これら大出力を特長とする電子管のみならず、近年における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う新たな研究分野の急速な発展にともない、本研究会において取り扱うべき領域はますます拡大してきた。このため、本研究会の一層の活性化と、より多くの研究者への公開性を図るために、6回の研究会のうち4回を核融合科学研究所共同研究作業会、東北大学電気通信研究所工学研究会分科会仙台プラズマフォラム、第4回FEL研究会、東北大学電気通信研究所工学研究会分科会表面・界面工学研究会との共催で行った。

以下に本年度に開催された研究会において討議された主なテーマを示す。

- サイクロトロン高速波管（ペニオトロン）の研究開発
- 自由電子レーザーの研究開発
- Nonneutral Plasma
- 微小冷陰極の研究開発とその応用

放射光工学研究会

本研究会は、シンクロトロン放射光（以下「放射光」という。）を用いた材料創製・加工や物性評価に関する技術的諸問題を討論する目的で活動を行ってきた。当初は、放射光を用いたリソグラフィ技術の開発が主要課題の一つであったが、放射光利用技術の進歩により光表面反応過程の解明や光励起プロセスの開発などにも議論の対象を拡げて今日に至っている。

本年度は、第27回と第28回の研究会を開催した。第28回の研究会は、共同プロジェクト準備研究「光励起表面反応の半導体プロセスへの応用」の研究会を兼ねて行った。

以下に、本年度に開催された研究会の開催日時とプログラム等を記す。

[第27回]

日時：平成6年12月21日（水）
 場所：東北大学電気通信研究所中会議室
 講師：（株）富士通研究所 基板技術研究所
 山越 茂伸
 「量子効果を用いた半導体デバイス」

[第28回]

日時：平成7年1月27日、28日
 場所：東北大学電気通信研究所講堂
 テーマ：「半導体プロセスにおける表面化学反応」 講演者および講演題目・内容は第6章第一節9項を参照。

テラヘルツ工学研究会

インフラストラクチャーとしての情報通信の重要性は近年益々高まってきており、各種通信の需要の増加、また情報処理速度の上昇に伴い、周波数資源の貴重さが認識され、その為の技術開発が望まれている。この要求に答えるためには、マイクロ波はもとより、ミリ波、また更に広帯域を扱うことの出来るテラヘルツ帯の技術を是非とも開拓する必要がある。また、この「電波と光との境界領域の電磁波スペクトル」は、高機能材料の計測、高密度プラズマ診断など、このスペクトル特有の応用分野をも持っている。

本研究会はミリ波、テラヘルツ（サブミリ波）帯の各種デバイス、計測システムについて討論することを目的として設立されたもので、特に半導体プロセス技術に注目している。これは、能動デバイスはもとより、アンテナ、各種の回路などの伝送素子にとっても、プロセス技術を元とする微細加工技術が、これから重要な役割を担うと考えられるからである。

1994年の本研究会活動状況を次に示す。

通算第19回（3月）公開フォーラム「ミリ波の技術とその応用」理化学研究所フォトダイナミクス研究センターと共に開催。15名の招待講演者による講演により構成。仙台国際センター。

通算第20回（10月）Dr. H.P. Roser (Institute for Space Sensor Technology, Berlin) による講演、およびその後討論会。“Ballistic electron transport at room temperature in nanostructured GaAs Schottky diodes”。理化学研究所フォトダイナミクス研究センター。

通算第21回（10月）Dr. H.R. Fettermann (University of California, Los Angeles) による講演、およびその後討論会。“Optical control of millimeter wave devices”。理化学研究所フォトダイナミクス研究センター。

スピニクス研究会

スピニクス研究会(旧名称：磁気工学研究会)は、磁気現象の起源である電子スピンの微細オーダを意識しつつ次世代の磁気工学の新局面を切り開くべく1990年に発足したもので、大学を基盤として産官学を横断する研究会として現在では全国に広く知られ、登録会員は300余名にのぼっている。

本年度は3件程度の依頼講演からなる通常研究会を4回、八戸工業大学における特別研究会を1回（実行委員長：八戸工業大学増田陽一郎教授。一般公募による講演36件、東北大学金属材料研究所増本健教授による特別講演1件。協賛：日本応用磁気学会）、東北大学修士論文特集報告会を1回、IEEE Distinguished Lecturer, Dr. Roger Wood による特別講演会1回を開催し、議論と親交を深めている。更に電子情報通信学会電子通信用電源技術研究会(7月18日～19日)、電子情報通信学会東北支部先端シンポジウム「マルチメディア時代を支えるデータストレージ技術」(12月2日)などを協賛、共催し、地域と全国レベルの研究者らの交流促進に微力を注ぐ一方で、第18回日本応用磁気学会学術講演会(9月12日～15日)の実行委員会の推進母体としても活動を行った。

今年度は、電気通信研究所の共同プロジェクト型研究所への改組により、本研究会と密接な関係を持つ共同プロジェクト準備研究「新機能磁性材料の創製とそのナノスピン構造の研究およびデバイスへの応用」がスタートし、スピニクス研究会を通して知己を得た研究者らが参集している。3月14日にはこの準備研究とスピニクス研究会を横断した会合が持たれ、有益な意見交換が行われた。また、今年度は電気通信研究所と一体運営を行う工学部電気・情報系の大学院重点化が成り、これに伴って誕生した社会人の大学院博士課程学生諸氏から、本研究会を通して社会のニーズをより身近に且つ詳細に講演して頂いた点も特筆される。これらは今後も継続する予定である。

今年度は、主査：脇山徳雄教授（電子）、幹事：山口正洋助教授（通研）、島津武仁助手（電子）、企画幹事：松木英敏助教授（電気）、田河育也助手（通研）、武野幸雄助手（科研）で運営した。

表面・界面工学研究会

ここ20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いる。

このような主旨に沿って平成6年は8名の講師を国内外からお招きし、以下の研究会を開催した。

(1) 平成6年2月1日：「化合物半導体結晶の原子オーダー成長技術」(尾関雅志氏, 工業技術院産業技術融合領域研究所・アトムテクノロジー研究体), (2) 平成6年2月25日：「量子デバイスのための表面・界面の制御と計測」(井上直久氏, NTT LSI研究所), (3) 平成6年5月16日：「Fine Raman structures in Si/SiGe superlattices」(Professor P. X. Zhang, 中国科学院物理研究所), (4) 平成6年6月23日：「Surface and thin film magnetism studied by spin polarized electron spectroscopies」(Professor Herbert Hopster, University of California - Irvine), (5) 平成6年9月1日：「Study on adsorption of surfactants and some organic molecules on silver surfaces by means of SERS spectroscopy」(Mr. Antulio Tarazona, Institute for Applied Physical Chemistry Research Center Juelich), (6) 平成6年10月24日：「STM-excited luminescence for research on semiconductor quantum devices and magnetic materials」(Dr. Santos F. Alvarado, IBM Zurich Research Laboratory), (7) 平成6年11月10日：「室温多素子IRセンサの開発」(岩佐重達氏, Loral Corporation), (8) 平成6年11月22日：「Surface reactions of hot electrons and holes」(Professor Andreas Otto, ハインリッヒ・ハイネ大学)。

ブレインコンピューティング研究会

1. 会の目的

情報社会の肥大化に伴い情報処理システムの硬直性の顕在化が社会の危機管理と関連し大きな問題となっている。その硬直性を打破するため、脳機能の生理学的研究を基礎に超並列ブレインアーキテクチャを確立し、それをマイクロチップ化するまでの技術を一貫して研究し、緊急の判断と柔軟な対処を要求する社会的危機管理に資する高次情報処理システム・ブレインコンピュータを早急に開発することが強く望まれている。

そのため本研究会においては、電気生理学的実験による脳機能の解明、しきい値論理・自律分散制御に基づくブレインアーキテクチャの確立、及びそのシステムのオンチップ実現を目的として、全国の生体情報工学、非線形物理学、神経回路網理論、半導体・超伝導体集積回路の研究分野の研究者の意見交換をし、それらの間の有機的結合によりその目的を達成する。

2. 1994年度の活動概要

平成7年3月20日(月) 午後2:00より東北大学電気通信研究所大会議室にて、技術研究組合・新情報処理開発機構研究所長・島田潤一氏を招いて、「並列コンピュータにおける光インターフェクションの必要性」と題して講演会並びに研究会を開催した。参加人数は約30名であった。講演会の要旨は以下のとおりである。「これまでコンピュータに光インターフェクションが必要な筈だということが光の側から言われてはしたが、コンピュータの側からは関心を呼ぶことはなかった。しかし並列コンピュータを構成しようとすると、光インターフェクションが必要であることがコンピュータの側からも認識されるようになった。ボード間配線における接触圧、ピン数、ケーブル体積などがもたらす困難は光の導入によって当面は回避できそうである。」

ヴァーティカル・フォトニクス研究会

種々の光ファイバネットワーク・デバイスを統一的な構成で実現するための面垂直型デバイスの高性能化と光ファイバ一体集積化技術の確立をめざしている。本年度は研究会を3回行なった。

[第1回] 日時：平成6年5月24日 場所：東北大学電気通信研究所 1号館3階N308号室

- (1) 「多重量子井戸偏光無依存光変調器」多田邦雄（東京大学工学部）
- (2) 「共鳴トンネル構造によるサブバンド間の反転分布の形成」大野英男（北海道大学工学部）
- (3) 「斜め配向微細誘電体柱から成る偏光分離膜」白石和男（宇都宮大学工学部）
- (4) 「液晶デバイスと光エレクトロニクス」内田龍男（東北大学工学部）
- (5) 「面発光レーザの偏波面制御」伊賀健一，小山二三夫，向原智一（東京工業大学精密工学研究所）
- (6) 「光ファイバ集積用デバイスの最近の進展」川上彰二郎（東北大学電気通信研究所）

[第2回] 日時：平成6年7月4日 場所：東北大学電気通信研究所 大会議室

- (1) 「情報通信をめぐる最近の動き－21世紀へむけての胎動－」池上徹彦（NTT研究開発本部）

[第3回] 日時：平成7年3月9日，10日 場所：東北大学電気通信研究所 大会議室

- (1) (招待講演)「面形光デジタル素子と光交換への応用」黒川隆志(NTT光エレクトロニクス研究所)
- (2) 「質量依存幅量子井戸における偏光無依存光変調」山口武治，濱川篤志，中野義昭，多田邦雄(東京大学工学部)
- (3) 「面型光スイッチ素子，スイッチ回路の最適合成について」川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (4) (招待講演)「光ニューロデバイス」太田淳，久間和生(三菱電機半導体基礎研究所)
- (5) 「高速ネマティック液晶デバイス」内田龍男(東北大学工学部)
- (6) 「超小形光ファイバ集積アイソレータ」入江剛，佐藤尚，白石和男＊，川上彰二郎
(東北大学電気通信研究所，＊宇都宮大学工学部)
- (7) 「面発光レーザの新しい展開」伊賀健一，小山二三夫，向原智一(東京工業大学精密工学研究所)

超伝導工学研究会

本研究会は、超伝導材料，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成果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平成5年度に設立された。

高温超伝導体が発見され超伝導転移温度が液体窒素温度をこえてから10年近くになろうとする現在，その応用に関してより一層の進展が求められている。このような観点から平成6年度は，最近注目されているサブギャッププラズマ現象や高速な磁束量子運動といった高温超伝導体固有の性質とそれらを利用した新しい機能性デバイスに関するテーマも取り上げ高品位薄膜や単結晶の育成に関するテーマなどを含め計8回の研究会を開催し，活発な討論が行われた。第2回および3回は，それぞれ東北低温懇談会，岩手大学工学部電子デバイス研究会との共催により企画した。各回のテーマと発表件数は以下の通りである。

テーマ	開催日	発表件数
1. 液相法による高品位高温超伝導薄膜の作製	平成6年4月18日	1
2. 超伝導応用の現状と今後	平成6年8月3日	4
3. 高温超伝導体のデバイス応用	平成6年8月19日	9
4. 高温超伝導体固有の現象とそのデバイス応用	平成6年10月31日	2
5. 電波天文学における超伝導応用	平成6年11月28日	2
6. 高品位高温超伝導体単結晶の育成I	平成6年12月19日	2
7. 近ミリ波帯超伝導デバイス	平成7年2月28日	1
8. 高品位高温超伝導体単結晶の育成II	平成7年3月14日	1

メディカルエンジニアリング研究会

本研究会は、医用工学、生体電磁工学、生体電子工学及びその他の生体に関する研究分野における研究発表並びに諸問題・将来展望を討議することを目的として、平成6年4月に新たに発足したものであり、主査は中鉢憲賢教授、幹事は松木英敏助教授と金井 浩助教授である。1994年度は、合計6回の研究会を開催し、以下に示す合計14件の研究発表と、吉澤 誠氏による通研講演会を開催した。

1. 「補聴器のためのデジタル信号処理」浅野,鈴木,曾根(東北大)
2. 「障害者のネットワークアクセスとインターフェイス上の情報サービス」小林(東北大)
3. 「圧電タイプ点字用バイモルフ」池田,加藤(トキ)
4. 「振動ポンプ型人工心臓用非接触電磁駆動に関する検討」鈴木,松木,仁田,橋本(東北大)
5. 「生体組織の微視的音響特性計測法についての検討」大川井(日本光電)中鉢,田中(東北大)
6. 「医用超音波イメージング装置：技術は如何にして盗まれたか」竹内(横河メディカルシステム)
7. 「生体工学的な神経補綴としての機能的電気刺激」村上,星宮,半田(東北大)
8. 「The Rice University Robotic Hands」Jaime Fernandez (Rice University)
9. 「赤外線システムと多素子センサの応用」岩佐 (Loral Infrared & Imaging System, USA)
10. 「動脈硬化の早期診断を目指した血管壁上微小振動の伝搬特性に関する研究」高野,金井,中鉢,小岩,手塚(東北大)
11. 「動脈硬化の早期診断を目指した超音波計測システムに関する研究」村田,金井,中鉢,小岩(東北大)
12. 「完全埋込み型人工心臓用振動ポンプの非接触駆動方式に関する基礎的研究」鈴木,松木,仁田,橋本(東北大),竹田(東北学院大学)
13. 「8字コイルを用いた埋め込み機器用信号伝送方式に関する考察」大藤, 松木(東北大)
14. 「超音波による骨粗鬆症の診断について」中鉢, 金井, 浅井(東北大)

超高密度・高速知能システム工学研究会

本研究所では、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、それらの性能を十分に活用して瞬時の判断や認識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設置した。この施設では、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部が協力して、原子制御プロセス基盤技術、極微細波動基盤技術、及び大規模集積化基盤技術の3つの一貫した基盤技術の先導的創生を強力に推進する。また、電気通信研究所の各部門及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・通信工学専攻・電子工学専攻や情報科学研究科の情報基礎科学専攻・情報システム科学専攻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・技術に関して十分議論することを目的として、超微細電子工学研究会を引き継いで平成6年度に新設された。

本年度は、超高密度・高速知能システム実験施設との共同研究を進めている、共同プロジェクト研究「面型発光デバイス」と「ULSI用高品質酸化膜形成プロセス」の研究会と連係した以下のプログラムで、平成7年3月10日に講演会を開催した。

- | | | |
|-----|---------------------------------------|--------------------------|
| I | 超高密度・高速知能システム実験施設の概要 | 澤田康次 |
| II | 極微細化と原子制御プロセス | 室田淳一 |
| III | シングルイオン注入法による
極微細構造半導体の不純物制御（招待講演） | 大泊巖（早大理工） |
| IV | III-V族ベースの希薄磁性半導体 (In,Mn)As | 大野英男 |
| V | 面発光レーザの新しい展開（招待講演） | 伊賀健一, 小山二三夫, 向原智一（東工大精研） |

5.3 通研講演会

Theoretical study of field emission from diamond surfaces

ペンシルベニア州立大学 P. H. Cutler

ダイアモンド表面からの電子の電界放出は、Si, Ge, GaAs等の半導体、及び金属からの場合と比較して、必要な電界強度が小さいという特長がある。単結晶ダイアモンドの場合、 $40V/\mu m$ の電界に対して電流密度は、 $10^{-3}A/cm^2$ であり、多結晶薄膜の場合は $3V/\mu m$ の電界強度で同じ電流密度が得られる。

観測された電界放出の特性を理解するために、p型及びn型ダイアモンドについて、バルクの価電子帯及び伝導帯に対する電流-電圧特性を計算した。実験に用いられた電界強度に対して、計算で得られた電流値は、実験値よりかなり小さな値となった。そこで、表面準位からの電界放出について考察した。表面準位を考慮した単一バンドモデルの計算によって、比較的低い電界強度で高い電流密度が得られる事が示された。しかし真性、不純物添加、あるいは単結晶ダイアモンドにおいては、放射電流を維持するための伝導機構は知られていない。そこで、欠陥や不純物によってバンドギャップ間に生じる2つのサブバンドの存在を仮定したところ、I-V特性の計算値は実験値と良い一致をみた。

ATMネットワークでの実時間データの帯域割当て

サイモン・フレーザー大学 ティコ・カメダ

1994年11月11日に開催された通研講演会では、サイモン・フレーザー大学（カナダ）のカメダ教授が「ATMネットワークでの実時間データの帯域割当て」について講演した。ATMネットワークは、将来の情報スーパーハイウェイの担い手として大いに期待されており盛んに研究がなされているが、ATMネットワーク上での実時間データの伝送方法はまだ未解決のままである。本講演でカメダ教授は、保存帯域割当て法という新しい理論を提案し、ATMネットワークで実時間データの伝送を試みている。これはリンク上にタイムスロットを均等に分配し帯域保存を行うものであり、概念が単純であるため応用しやすいものである。クライアント側のファイルの大きさ、再生率、バッファの許容量からデータの伝送率を計算し、これを基に帯域保存を行ってサーバーからクライアントへつなぐことができる具体的に示している。また、この結果はデータの圧縮の有無を問わないことも実証した。

人工心臓の知的制御と監視 — 人工心臓は自然心臓を越えられるか? —

東北大学 吉澤 誠

本講演では、東北大学がこれまで開発してきた人工心臓の制御および監視システムの紹介、この分野に関する国内外における研究動向、および将来展望について述べた。まず、人工心臓の医学的・社会的意義、目的、種類、動作原理等に関する基本的事項を紹介した後、人工心臓に対する制御および監視の重要性および従来の方式について述べた。つぎに、人工心臓の制御において最も困難とされている人工心臓の拍出量の決定問題に関する他の研究機関の動向を述べ、これに対する東北大学の取り組みを紹介した。さらに、未来の人工心臓に対する知的制御および監視システムのあるべき姿について言及した。

国立天文台における ミリ波帯超伝導受信機の開発とその現状

国立天文台 野口 卓

日 時 平成6年11月28日（月）13：30～
場 所 東北大学電気通信研究所2号館4階中会議室

国立天文台における電波天文観測の概要並びにNb/AIOx/Nb接合SISミクサを用いた現在の超伝導受信システムの紹介の後、野口氏の提案しているSQUID型ミクサについての解説があった。信号源とSQUID型ミクサとの整合のためにストリップライン型のインピーダンストラップフォーマを集積化した結果、当該ミクサを用いた超伝導受信機の動作実証実験において90～120GHzの帯域で雑音温度40K以下の非常に平坦な周波数特性を得、しかも、フォトン雑音 $h\nu/kB$ の約5倍に相当する最小受信機雑音温度約20Kが110GHz付近で達成されている。また、周波数上昇に伴う接合寸法の微小化の問題に関してもSQUID型ミクサの場合、トランプフォーマと集積することにより現在ミリ波帯で使用されている接合寸法で十分サブミリ波帯まで対応できることが示された。これら100GHz帯におけるスケール実験の成功は、サブミリ波帯域を対象としたSISミクサの適用範囲の拡大に向けて明るい見通しを示したものといえる。

量子効果を用いた半導体デバイス

(株) 富士通研究所 山越 茂伸

表記講演会が1994年12月21日、株式会社富士通研究所部長山腰茂伸氏を迎えて行われた。出席者は25名。高電子移動度トランジスタ(HEMT)に代表される量子力学的効果を直接応用した半導体デバイスが最近ようやく一般的に使われるようになっており、講演は産業界におけるその現状についてであった。特に光デバイスの分野では、歪量子井戸のバンド構造が量子力学的計算によって予測できるようになってデバイスの開発時間が大幅に短縮されたこと、量子箱の自己形成技術により量子箱のサイズによって発光波長の制御が可能になりつつあること——などが紹介され、量子力学が産業の現場で使われつつある現状を知って大学人として意を強くした講演であった。

微粒子プラズマ中の結晶成長

京都工芸繊維大学電子情報工学科 橋 邦英

メタンプラズマ中において、球状炭素粒子を成長させることにより、微粒子プラズマ中のクーロン結晶を形成することに成功した。結晶成長プロセスは、ミー散乱エリプソメトリシステムを用いて解析され、液体と固体間の相転移のタイミングが確認された。又、凝固する以前には負電荷は主に微粒子によって占有されていることと、クーロン結合パラメータがプラズマ中の微粒子数の減少を通しての微粒子電荷量の増大によって増すことがわかった。

ピコ・フェムト秒レーザを用いる 材料評価法の最新の進歩

東京大学工学部 澤田 嗣郎

日時：平成7年2月2日（木）15：30～17：00

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階 大会議室

主催：日本音響学会東北支部

共催：電気関係学会東北支部

講演者らが提案開発中の「レーザさざなみ顕微鏡」の話を中心に講演が行われた。この原理は、まず、試料に2方向から同波長のパルスレーザ光を照射して生じる干渉縞により、「一陣の風が水面にさざなみを立てるように」、熱の空間的分布、熱発生に伴って誘起される密度変化（GHzを越える超音波）、或いは半導体の場合にはキャリヤの空間分布等を励起する。次に、これを過渡的な回折格子として、集光したプローブ光を照射し、その回折光の時間応答を観察するものである。これは、試料の熱伝導率、弾性率、キャリヤの生成及び消滅速度等を反映しており、物質内部の欠陥、残留応力、材料の疲労等の分布を画像化できる。また、固液界面における電気化学現象の分析にも適用でき、更に励起光のパルス幅を数十フェムト秒にすることで光学フォノンや過剰な運動エネルギーを持った電子などの観測も可能で、次世代新材料の分析評価をはじめ、デバイス開発の基礎研究への適用が期待される。

講演後、多数の参加者により活発な質疑討論が行われ、盛会のうちに幕を閉じた。

ナノメーターサイズの 面内分解能を有する光学的分光

ローザンヌ大学 リチャード・バント

Dr. Richard Berndtは、IBMチューリッヒ研究所をへて現在ローザンヌ大学に所属している。専門は走査型トンネル顕微鏡の探針近傍でおこる発光現象（STM発光現象）の研究とその応用である。STM発光現象は試料表面の微細構造物性を探るために新しい方法として非常に注目されている。講演では、まず金属試料のSTM発光現象が探針と試料の間隙に励起される局所的なプラズモン素励起によるものであることを、発光スペクトルや発光強度の印加電圧依存性の測定結果と理論計算の比較から示した。また、この発光特性が試料表面の電子状態に非常に敏感であることも強調していた。次に、半導体試料としてCdSにおけるSTM発光の実験結果を要約し、STM発光により局所的なドーパント分布や結晶内部の結晶欠陥の評価が行えることを示した。さらに最新の研究成果として、Au(110)2X1表面の発光強度の面内分布は、STM像に対応した原子尺度の空間分解能を持つことや、Au(110)2X1表面にC₆₀を吸着させた場合の発光強度マップは（通常の）STM像よりも高い位置分解能を有することを示した。

ニューラルネットワークを用いた知的情報処理と工学への応用

(株) リコー情報通信研究所 米山 正秀

本講演は、共同プロジェクト研究「ミリ波帯イメージング技術の研究」に関連したものである。コピーントな光源を用いたイメージング・レーダーにおいて、像を乱す要因にスペックルあるいはグリントと呼ばれているものがある。これらは、それぞれ照射光の可干渉性、あるいは特異な反射点に対応するもので、照射光を用いるアクティブなレーダーに特有なものである。この問題点を除く一つの方法として、ニューラルネットワークを用いる信号処理の方法が考えられる。これは予め予想し得る物体の像を回路に学習さ（覚え込ま）せておき、それと実際のイメージとの相関を利用して、物体の再現あるいは認識を行っていくものである。本講演では、最初ニューラルネットワークとは何か、およびその超音波イメージングへの応用についての解説があり、次いでミリ波帯のイメージあるいは他の応用について数々の示唆に富む話しがあった。従来マイクロ破、ミリ破の研究は、ハードの研究が主であったが、本講演のようなソフト的なアプローチも取り入れて行くことにより、今までとは違う発展・展開が期待出来よう。

鉄道車両の高速化と快適性の向上

新潟大学工学部機械システム工学科 谷藤 克也

運輸技術審議会の答申にも述べられているように、21世紀に向けた交通サービスの在り方として鉄道の大幅な高速化が期待されている。本講演では、こうした観点から、鉄道高速化の必要性ならびに高速化の現状と問題点、車両の振動乗り心地と高速化の関係、台車の役割とアクティブサスペンションの適用性などについての解説があった。なお、この講演会は、電気工学科の大規模電力・電子システム工学（JR東日本）寄付講座が主催している大規模システム工学研究会との共催である。

面型光デジタル素子と光交換への応用

NTT光エレクトロニクス研究所 黒川 隆志

基板に対して垂直に光が入出射する面型光素子は、1次元ないし2次元アレイ化が容易であり、自由空間光学系を構築するのに有利である。また、Smart Pixel化が可能なので電子回路との整合性もとりやすい。面型素子は光レベルでのデジタル処理を行ういわゆるデジタル光素子とすることにより高性能なものとなり、光交換への応用が期待できる。これまで開発されている面型デジタル光素子は、MQW光変調器と面発光レーザの2つに分けられる。前者には、双安定性を導入したSEEDと、HPTとの集積を行ったEARSなどがある。後者には、光インターフェクションで必要となるアレイ光源、サイリスタと集積し光交換に使われるVSTEP、HPTと集積したPPM、FETと集積したSEL-Smart Pixelなどがあり、それぞれ高性能化が進められている。

光ニューロデバイス

NTT光エレクトロニクス研究所 太田 淳

(1)感度可変受光素子について：従来の画像システムはCCDカメラで取込んだ画像情報を外部プロセッサで処理するため、処理時間がフレーム・レートで制限される問題及びBus bottle-neckの問題があった。そこで、画像を直接チップ上に投影し、光電子回路によって並列処理を行い、直接かつ高速の画像処理を実現するために感度可変受光素子（VSPD:Variable Sensitivity Photodetector）を考案した。これは、SI GaAs基板上にAl電極を付けたMSM構造で、簡単な構造にも関わらずアナログ・メモリー機能を有する。応答も10MHzと高速なものが得られた。

(2)人工網膜チップ：簡単なプレーナー構造で、スキャンモードで0.4msec、投影モードで $3\mu\text{sec}$ と高速な画像処理が可能な人工網膜チップを開発した。典型的な仕様は、受光面積 $10.24\text{mm} \times 10.24\text{mm}$ 、画素数 128×128 、画素サイズ $80\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$ 、波長範囲 $400\text{~}920\text{nm}$ 、感度 0.34A/W である。様々な画像の処理が可能だが、漢字認識も、常用漢字1,945字について認識時間 $3\mu\text{sec}$ 、認識率99.99%で可能である。

60GHz帯における種々の建物内装材の屈折率および反射透過特性の測定

郵政省通信総合研究所電磁波技術部ミリ波技術研究室 真鍋 武嗣

平成7年3月7日に、郵政省通信総合研究所電磁波技術部ミリ波技術研究室主任研究官真鍋武嗣氏を招き、工学部青葉記念会館大会議室において通研講演会が行われた。本研究は、オフィスにおいてコンピュータ端末の有線による接続の負担を解消するために、ミリ波を用いた高速構内通信システムを実現することを目的としており、これまで未知であったミリ波における建材の電気特性を明らかにしている。ガラス、コンクリート、石膏ボード、床材、天井材などの建材の反射・透過特性の測定法について紹介され、その測定結果から複素誘電率を推定した結果が報告された。また、タイルカーペットなど電波吸収体として作製された材料でなくとも、反射が十分に小さく、構内無線通信システムに適した建材が存在することが報告された。講演会の参加者は、学内外合わせて60名以上にのぼり、各講演に統いて活発な討論が行われた。

シングルイオン注入法による 極微細構造半導体の不純物制御

早稲田大学理工学部 大泊 嶽

標記講演会は平成7年3月10日に早稲田大学理工学部大泊嶽教授を迎えて開催された。

ULSIの極微細化に伴い、不純物数ゆらぎに起因する素子特性のはらつきが問題となる。講演者らは、半導体等の材料の特定の極微細領域に不純物イオンを1個ずつ制御よく注入する技術の確立のため、シングルイオン注入装置を開発した。講演は、はじめにそれらの背景、装置の概要、注入イオンの单一性などの基本性能の確認について解説し、続いて、その技術を極微細構造半導体の不純物制御に適用した伝導現象の研究、さらに、注入イオンによる点欠陥の挙動の解明やSi(111)表面構造相転移の動的素過程の解明の研究を紹介した。

アモルファスワイヤの磁区観察

九州工業大学 山崎 二郎

1995年3月13日15:00～16:30に九州工業大学教授山崎二郎氏により「アモルファスワイヤの磁区観察」と題する講演が行われた。山崎氏はバルク磁性材料の磁区観察技術の第一人者であり、分かりやすくかつ興味深い内容で、講演後の藤井壽崇客員教授らとの議論も含め、好評であった。

まずカーポロ効果とは光の偏波面が磁性体の表面で反射する際に回転する現象であり、これを利用して磁区観察装置を開発した経緯と、線径 $120\mu\text{m}$ 前後のFe系ワイヤが盜難防止用セキュリティセンサ等に実用化されている現状などが概説された。講演の焦点は、アモルファスワイヤの磁区構造は、その表面では円周方向に向く多数の磁区に分割され、逆にワイヤの中心部(シェル)では長さ方向に向く2つの磁区のみから構成されることを示し、本ワイヤの基本的特徴となっている電気的パルス発生特性との関係を明らかにした点である。磁区の微細構造が明瞭に読みとれる多数の磁区写真と、表面研磨に伴う内部磁区構造の変化を丹念に分離して真の内部磁区構造を推定した点はとくに興味深かった。

補聴器フィッティングの考え方

国立特殊教育総合研究所聴覚・言語障害研究部難聴教育研究室 中川 辰雄

日時：平成7年3月28日（火）15:30～17:00

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階 大会議室

主催：音響工学研究会

共催：福祉工学研究会

障害者教育の最前線における立場から見た、補聴器のフィッティングのあり方について講演が行われた。補聴器のフィッティングとは、狭義には、難聴者個々に異なる難聴の特性に合わせて最適な補聴器を選定あるいはその特性を調整することである。しかし、実際にはそれだけでは十分ではなく、難聴者の心理的、経済的な側面、さらには社会的背景までも考慮する必要がある。また、フィッティングを行う側の準備として何よりも人間的であることが要求され、これらを総合して、広義のフィッティングとして捉えるべきであることが示された。そのために、補聴器購入希望者のニーズに則した補聴器の選定を対話的に行えるような、補聴器データベースを計算機上に構築してきたことが紹介された。さらに、物理刺激の強弱と主観尺度との間の関係を考えていく場合、セルフアセスメントという過程を考えることの必要性が示された。

講演後、補聴器の特性を設計する立場からの質問を始めとして、活発な意見交換がなされた。

第6章 予算の概要

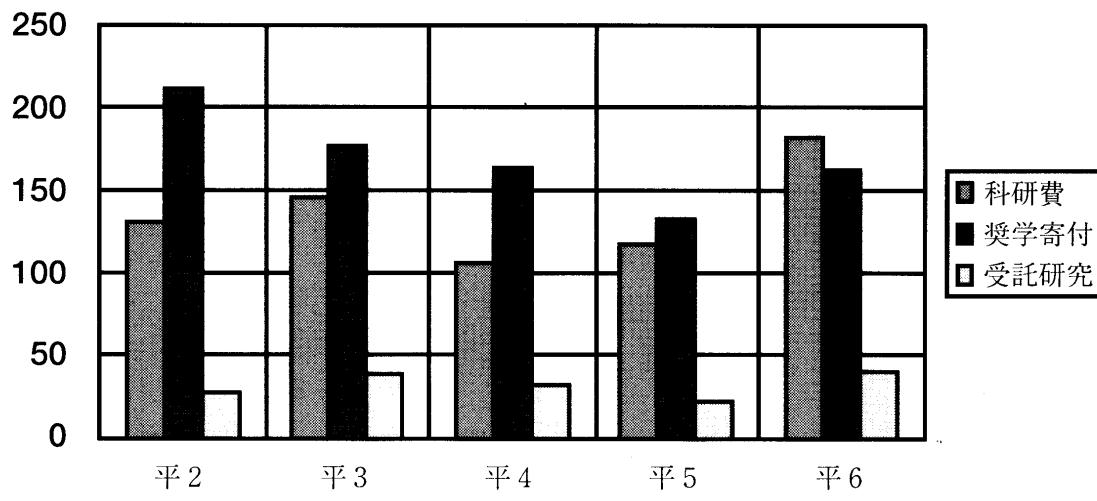
本研究所の予算の概要

項目 \ 年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度
千円	千円	千円	千円	千円	千円
人件費	678,583	740,603	758,314	813,509	843,785
物件費	576,120	545,291	539,527	712,592	623,659
科研費	131,500	146,300	107,300	118,800	183,000
奨学寄付金	212,346	177,752	164,816	132,890	163,667
受託研究費	26,220	38,902	32,559	22,649	41,981
共同利用研究施設運営費					26,572
その他経費	46,383	148,602	52,068	93,507	28,213
計	1,671,152	1,797,450	1,654,584	1,893,947	1,910,877

本研究所の過去5年間の予算は上の表に示したとおりである。

この内容を平成6年度について大まかに分析すると、物件費約6.2億円の中2億円が実験施設の維持費、2億円が光熱水道費及び事務経費を含む共通経費、1.3億円が営繕費、設備維持費、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9千万円であった。科学研究費1.8億円、奨学寄付金1.6億円及び受託研究費4千万円を加えた総額4.7億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約20%である。

この分析からわかるように、本研究所の研究活動を維持、発展させるために重要なのは科学研究費、奨学寄付金及び受託研究費である。また研究所の活動の活性度を反映するのもこれらの種目の予算であり、これからもこのカテゴリーの予算を増加させる努力が必要であると思われる。下に示した過去5年間のグラフに見えるように、これら3種目の予算は平成5年度まで減少した後平成6年度からは増加の傾向を示している。この傾向を維持すべく努力しなければならない。



(単位：百万円)

第7章 受章・受賞

賞 名 等	受賞者氏名	所属分野・部	研 究 課 題 名
学術奨励賞（通信学会）	李 懿碩	情報通信システム研究分野	通信ソフトウェア開発環境に関する一考察
奨励賞（情報処理学会）	郷 健太郎		プロセス台数仕様の1分割法の提案
大川出版賞	沢田 康次	ブレインコンピューティング システム研究分野	非平衡系の秩序と乱れ
IEEE FELLOW AWARD	舛岡富士雄	固体電子工学研究分野	フラッシュメモリの発明
電気学会論文発表賞A賞	河津 孝夫	スピニエレクトロニクス研究分野	マイクロストリップ線路による薄膜パームアンス測定装置
日本応用磁気学会 学術奨励賞（武井賞）	田河 育也	情報記録デバイス工学研究分野	磁気記録媒体における粒子間相互作用磁界
第6回アジア太平洋 マイクロ波国際会議 論文賞	W. A. Artuzi 米山 務	電磁波伝送工学研究分野	Ridge Coplanar Waveguide Structure for Optical Amplitude Modulator
IEEE FELLOW AWARD	山之内和彦	フォノンデバイス工学研究分野	弾性表面波及び光表面波の研究開発
市村学術賞 貢献賞	坪内 和夫	電子音響集積工学研究分野	「超信頼性無線通信技術： スペクトラム拡散通信モデルの開発」
電気関係学会 論文発表賞B賞	入江 剛	光集積工学研究分野	積層形偏光分離素子を用いた偏波無依存フ アイバ集積型アイソレータの作製

第 8 章 トピックス

(翻譯)

Display Seminar 今日, 部品研究所(KETI)で

世界のDisplay學會のSIDの韓國支部(幹事 JangJin, KyungHee Univ Prof)は
Field Emitter Display(FED)の専門家,Yokoo教授を 초빙, 14日 電子部品綜合技術研究所で
第2次學術Seminarを開催する豫定。

(招聘)

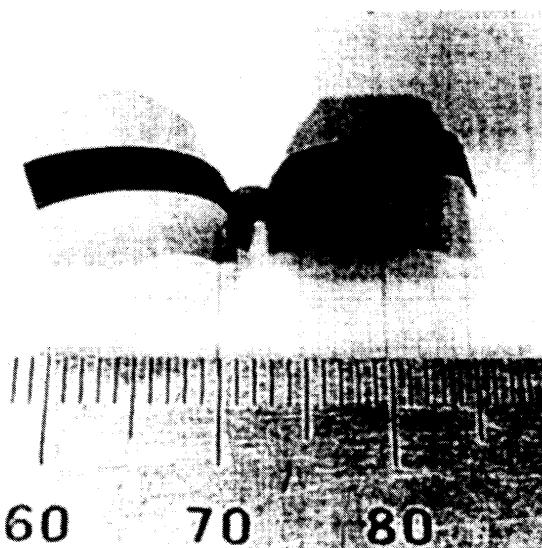
다. 2. 14. 유코 (FED) 필드 간사 S I D의 세계 디스플레이
 차부 경기 박람회 전시회를 장전 한국 지부 (총무)는
 학품 경기를 전문가인 미연구 초빙 디스플레이
 세미나를 개최하여 한국 대교수 (총무)는
 津 나구 소재 온라인으로 디스플레이
 기 개회 한 제 전 회의
 자 한 제 전 회의

※東北大学電気通信研究所 横尾邦義教授

電子新聞 (韓国) 平成 6年 3月 14日掲載

ミクロ世界へ画期的な羽根、

マイクロ磁気アクチュエータ



空飛ぶロボットの「足」。これに磁界をかけると空中に浮かび上がる
—東北大電気通信研究所



荒井賢一教授

小型ロボット用技術開発

東北大
世界初

人体の中に入ったり診断したり、原子力発電所など危険な施設の配管検査などに期待される小型ロボットで、「足」の役割を果たす移動手段として、磁気の力で空中を飛ぶことができる小型移動機械（マイクロ磁気アクチュエータ）を世界で初めて開発したと、東北大電気通信研究所の荒井賢一教授（電気通信材料学）の研究グループが九日、発表した。

新方式では、機械本体には、バタフライ型とヘリコプター型の二つ。いずれも駆動用の電源が必要ない。これまで難しかった羽根が長さ十三ミリ、幅四ミリでレス化や小型・軽量化が可能となった。開発した飛行する機械表面に鉄を含む合金が塗つてある羽根に、外部のコイルから交流の磁界をかけ始めると上下あるいは回転運動を始め、金体が空中に浮かび上がる仕組み。

また、磁界がかかると液体の中や天井にぶら下がった状態で歩行できる機械も同時に開発した。

小型ロボットは、血管に

入って病気の診断や治療を

したり、人間が近寄れない

場所で検査や修理をする

人体内部診断や配管検査

磁気の力で駆動

とが期待され、開発が進められている。従来の小型移動機械は水平面を歩くものが一般的で、昆虫より小さいサイズになると空気抵抗を受けやすく、飛ばすのは難しかった。同グループは「小型ロボット実現の可能性が高まった」としている。

東北大で行われた記者会見で、荒井教授は「実用に向けて研究を進めなければいけない」と話し、実用化に時間がかかるとの認識を示したが、「血液中のコレステロールの除去や腫瘍（しゆよう）の診断、手術にも使える」と、幅広い応用の可能性を指摘した。

産経新聞 平成6年9月10日掲載

半世紀の風景

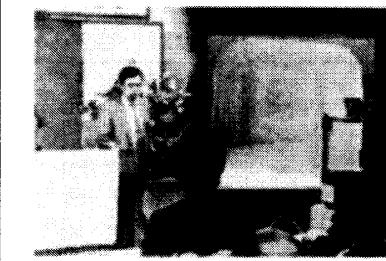
第5部

世界をリード



西澤道場

独創
西澤道場
世界をリード
河北新報 平成6年10月29日掲載



光通信の推進訴え

北京政経文
化懇9月例会

舛岡氏が講演

北京都政経文化懇話会の九月例会は十四日、舞鶴市舞鶴グランドホテルで開かれ、舛岡富士雄・東芝LSI第三研究所長が「マ

ルチメディア社会のこくみー私たちの生活はこうなる」のテーマで講演した。写真=この中で舛岡氏は、

光ファイバ通信網の整備と商品の低価格化が現時点の課題となること、「二〇一〇年までの家庭にもマルチメディア機器が普及するのだが、との見通しを述べた。

同氏は光ファイバーは、日本でも大都市近辺を中心

でマルチメディア市場は、日本国内で六十兆円、世界で三百兆円と推計され、情報通信整備の遅れは経済や文化活動に影響するので、まず、光ファイバーを張り巡らせることが重要と話した。

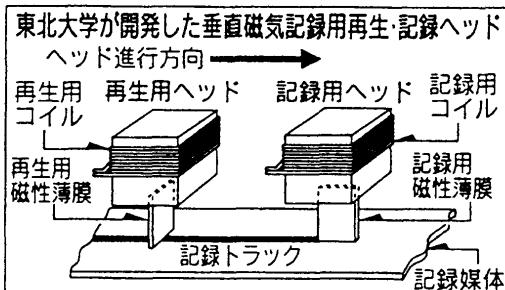
また、マルチメディアがもたらす社会構造の変化について、画像や音声など情報の共有化が進んで地方格差がなくなる結果、東京への一極集中が崩れ、住みやすい所に住む傾向が高まるのでは、と予想。今後の普及のカギは、マルチメディア機器や通信回線使用料の低価格設定が握っていると強調した。

京都新報 平成6年9月18日掲載

垂直磁気記録

世界最高2ギガ

東北大グループ 密度、テラ級に道



東北大電気通信研究所の中村慶久教授の研究グループは、次世代の高密度記録方式として期待される垂直磁気記録技術を用いて、世界最高の一平方inch当たり二ギガ(ギガ十億)ビットの記録密度を達成した。これは市販のハードディスクの約二十五倍に相当する。

相当する密度。垂直磁気記録方式は磁気媒体の中で磁石同士がN極とN極を角突き合わせることがないため微細化の限界が高く、原理的に一平方inchに一チラ(チラは一兆)ビットの記録密度が可能と同教授は話している。

垂直磁気記録は磁気ヘッドの細さで記録密度が決まる。中村教授は一チラ(チラは千分の一ミリ以下)の幅でも安定して書き込めると、O・四ミリのトラック幅でO・一二七ミリの長さで情報を書き込んだことが確認できた。これは一平方inch当たり二ギガビットの記録密度になる。

従来型の水平磁気記録では同じドット級の記録密度になると、情報を保持する微小磁石同士の

反発力が強まる欠点があった。また光磁気ディスクでは、読み書き用レーザー光の波長の一ミリ内外以下には絞り込めないという物理的限界がある。

一方、垂直磁気記録はチラ(チラは十億分の一)の大きさまで微細化しても記録ができる。松下電器産業は先の応用物理学會で、原子レベルで電気抵抗を制御する原子間力顕微鏡(AFM)を利用し、一平方inch当たり一チラ

ビットの超高密度記録ができる技術を開発したと発表したが、垂直磁気でも同等の性能は達成できるといふ。

高温超電導体で高速通信

東北大グループ 実現へ見通し 伝達、光通信の10倍

東北大の立木昌吉材料研究所教授と山下努電気通信研究所教授は、高温超電導体を利用することで光通信を大幅に向上させることで、高速通信技術を実現できるといふ見通しが得た。高温超電導体の内部に「プラスマ振動」と呼ばれる現象が起きることを突き止めたもので、この振動に信号を乗せれば通信に利用できるという。信号変調速度が百ギガ（一ギガは十億）ほど、現在最高の光通信の十倍の情報伝達が可能になるという。研究チームは一年以内に素子を試作して基本技術を確認し、実用化の可能性を探っていくといふ。

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

高温超電導体では結晶を構成している鋼鉄界面に電流が流れ、その面と垂直な方向にも量子力学的な効果によってわずかな電流（トンネル電流）が流れ

波の形でも取り出せない。波長は0・210・337nmで電波と光との境目にあらゆるサブミリ波。これまで適当な発振技術がなく、空白領域だったが、計算では線材端面一平方センチメートル当たり1.3Wの高出力発振が可能という。

計算では、このスイッチ速度は百ギガ（一ギガは十億）ほど、現在最高の光通信の変調速度の十倍にまで高くなる。

高温超電導体の中には安定な振動が発生する現象は東京大学の内田俊一教授が一昨年に検出した。立木教授はこの現象の仕組みを理論的に裏付け、通信技術として使える可能性を明らかにした。

研究チームは今後、同技術の実現性を確認するため実験的の発振素子や信号伝送部分を試作す

る。「高温超電導体の素材と加工技術が進めば、実用化するのも意外に早いかもしれません」と立木教授は期待している。

「SDL-GR」で仕様記述

支援ソフト開発へ

サイエンティア

パイオニア・
東北大と共同
3年後完成目指す



東 社長

通信システムなど

6種類の図形で完全記述

独立系ソフトハウスのサイエンティア（仙台市泉区寺岡2の20の13、社長東出樹氏、☎022・377・2600）はパイオニア（社長松本誠也氏）、東北大電気通信研究所とともに「コンピューター言語「SDL-GR」で通信システムなどの仕様を記述するためのソフトウェアの開発に乗り出した。これはソフトウェア開発工程の中で要求分析や設計といったプログラムを作成前段までの、いわゆる開発の上流工程を六種類の基本図形で完全記述するソフトウェア。三年後をめどに仕様記述、検証、実装まで一貫して支援するソフトの開発を目指す。

サイエンティアなどソフトハウスが取り組むソフトウェア開発はユーザーの要求分析や仕様書作成、設計といった上流工程と実際のプログラム作成といった下流工程の二つに分けられる。特に上流工程は手書きや文書記述のため発注者、受託者、設計担当者などの間で仕様や動作を完全記述するのは難しい状況にある。今回の開発では上流通のソフト開発機械問題へ置き換えて開発工程を高機能化、高効率化するのが狙い。東北大電気通信研究所の白鳥則郎教授らの指導を受けてサイエンティアが

開発し、パイオニアに納入する。パイオニアではCATV端末、コンピュータディスプレー、組み込みマイクロコンピュータ上で、图形式によって仕様を記述するため、ソフト開発機械言語は国際電信電話諮問委員会（CCITT）が標準化を求めていた仕様記述語、SDL-GRのグラフィカル版のSDL-GRを使用する。具体的には六種類の基本图形を用いて大まかな内容を段階的に詳細化していく方式。システム図、ブロック図、プロセス図、動的記述といった

大項目から小項目に向けて厳密に图形表現で記述するため、仕様内容は極めて容易に理解でき、高機能のソフト開発を支援できるところ。

来春、仙台に「センター」開設

**東北大
グループ**

老人性難聴などに悩れた効果を持つ日本初の携帯型完全デジタル式補聴器を開発した東北大医学部の高坂知節教授(耳鼻咽喉科)と同大電気通信研究所の曾根敏夫教授(音響通信)のグループが来春、仙台市青葉区五橋の河北新報社の別館にある河北診療所内に「聴覚総合研究室河北聴覚センター」を開設する。センターは一般診療を行うほか、新型補聴器を使つ初の臨床適用の場となる。試験希望は全国から寄せられおり応募を呼びそうだ。

70セド「会話明瞭」

難聴者対象に調整、検査

臨床アンケート



新型デジタル補聴器。これよつさる「小型で、胸ポケットに収まるサイズのものが使用される—東北大医学部



高坂教授



曾根教授

新型デジタル補聴器は、省のシルバーサイエンス計画の一環として、昭和六十一年に同グループが開発に

高齢化社会に対応した厚生省による「良好」で四人が「普通」と評判は上々だった。

これまでのデジタル補聴器は、聞こえる音の周波数

の範囲を二つか四つに区分して処理するのが精いといは

いたが、新規補聴器は二十四区分で対応が可能。

使用者個人の聞こえやすさもデータとして組み込まれ

るため、より自然で快適な音を聞くことができるよう

になる。

センターは将来、東北大

河北診療所耳鼻科のつロア

を活用し、来年四月二日の開業を予定している。セン

ター長には河本和友東北大

耳鼻咽喉科の医師を派遣し、新型補聴器を希望す

る難聴患者に対し調整や検

査を行う。現在空いている

河北診療所耳鼻科のつロア

を活用し、来年四月二日の開業を予定している。セン

タル化され、患者の聞き取りやすい音域に合わせて、音が自動的に増幅され明瞭(りょう)度は十人中

るようになる。

新型補聴器 デジタル式

評判は上々 普及に本腰

第 9 章 評価と課題

9.1 発表論文数

区分	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度	合計
掲載された論文数						
学会誌	89	108	99	117	129	542
国際会議議事録等	59	72	78	121	102	432

9.2 修士論文

題目	著者	教授名
コードの正当性を保証する論理体系MDにおけるプログラム変換の研究	北枝 俊則	(佐藤(雅)教授)
マルチエージェントシステムにおけるエージェントの複製と協調に関する研究	岡田ロベルト	(白鳥教授)
実時間コネクション管理に基づいた通信ネットワークのやわらかさに関する研究	ポンナワライ・チョティパット	(白鳥教授)
プロセス計算記述言語とその処理系の開発	吉田 仙	(白鳥教授)
コミュニケーションメディアのためのネットワーク電子本	三石 大	(白鳥教授)
通信システムの仕様記述とその教育支援システム	朴 炳昊	(白鳥教授)
コミュニケーションツールのためのエージェントに関する研究	小山 和也	(白鳥教授)
コネクションストモデルに基づいた自然言語ユーザインターフェース	谷垣 宏一	(白鳥教授)
マルチエージェントシステムにおけるコミュニケーション機構に関する研究	小野 良司	(白鳥教授)
感覚系難聴者における広大域音のラウドネス知覚に関する基礎的研究	小泉 正樹	(曾根教授)
頭部伝達関数に着目した音像距離定位の制御に関する基礎的研究	金 海永	(曾根教授)
小空間領域の音場の制御手法に関する基礎的研究	三上 学	(曾根教授)
ウエーブレット変換を用いた音声了解度の改善手法に関する研究	西村 龍一	(曾根教授)
高周波構造をもつ複合音の音色知覚過程に関する研究	森谷 彰	(曾根教授)
識別学習に基づく連続音声認識に関する研究	沖本 純幸	(曾根教授)
3次元ダイナミックビジョンに関する研究	岩本 敏幸	(矢野教授)
多形神経回路網の生成機構とその機能の研究	秋山 雅則	(矢野教授)
シリコン表面のエッティングにおける不安定性の研究	林 政男	(澤田教授)
熱乱流の統計的性質の研究	瀬川 武彦	(澤田教授)
CMOS階層型人工神経回路網の集積化の研究	小泉 直幸	(澤田教授)
方向性破壊におけるパターン選択の研究	三井 雄平	(澤田教授)
人工神経回路網の高機能化の研究	高橋 清	(澤田教授)
内外逆転した生体からの再生過程の研究	川島 久佳	(澤田教授)

評価と課題

シリコン原子層エッティングに関する研究	鈴江 孝司	(澤田教授)
ヒドラ解離細胞集合体の再生過程における細胞選別の研究	水口 穎二	(澤田教授)
酸化物超伝導体の電界効果と異方性	佐藤 英樹	(山下教授)
磁束量子論理集積回路に関する研究	小野美 武	(山下教授)
酸化物超伝導ジョセフソンデバイスの雑音特性	中村 弘幸	(山下教授)
LB膜の構造と内蔵電界に関する研究	野海 茂昭	(山下教授)
半絶縁性GaAs中主要電子ドナの光消失効果の研究	高橋 英紀	(宮本教授)
紫外光励起水素キャリアを用いたSiエピタキシーの研究	竹村 浩	(宮本教授)
Si酸化薄膜の初期形成過程に関する研究	竹川 洋一	(宮本教授)
タンゲステン薄膜の低温選択成長に関する研究	塚原 克之	(宮本教授)
炭素系薄膜の低温形成に関する研究	澤幡 純一	(宮本教授)
珪素鋼単結晶の磁化過程に関する研究	川崎 正利	(荒井教授)
マイクロ波磁気デバイスの動作の解析に関する研究	藪上 信	(荒井教授)
軟磁性薄膜の異方性分散に関する研究	豊田 明久	(荒井教授)
磁気メディアのマイクロ磁化機構の研究	竹尾 明彦	(中村(慶)教授)
高分解能高感度磁気ヘッドの研究	住谷 典之	(中村(慶)教授)
広大域高感度インダクティブ磁気ヘッドの研究	山田 洋	(中村(慶)教授)
電子トンネル発光における单電子チャージアップ効果	大山 貞之	(潮田教授)
高感度マルチチャネルラマン分光法による表面吸着分子の研究	長房 政秀	(潮田教授)
非弾性トンネル過程の分光学的研究	井上 康史	(潮田教授)
微細MOS接合の発光現象の研究	佐々木宣介	(潮田教授)
ラマン散乱による半導体表面素励起の研究	内野 穎敬	(潮田教授)
電子エネルギー損失分光における遅延と表面粗さの効果	鈴木 芳英	(潮田教授)
ミリ波ペニオトロンに関する研究	植平 哲也	(横尾教授)
トンネルエミッタに関する研究	越田 元	(横尾教授)
量子効果素子を用いたコヒーレント電力合成法の研究	藤井 哲	(水野教授)
微少間隙を用いた電子-光子相互作用の研究	宮嶋 幹	(水野教授)
近視野光学走査型顕微鏡に関する研究	三浦 広志	(伊藤(弘)教授)
化合物半導体面型光増幅器に関する研究	松田 淳一	(川上教授)
積層型偏光分離素子とその応用デバイスに関する研究	青木 謙治	(川上教授)
プラズマCVD法による積層型偏光分離素子の作製に関する研究	高橋 功	(川上教授)
弾性表面波と半導体キャリアとの相互作用を用いた信号処理デバイスに関する研究	熊谷 誠司	(山之内教授)
陽極酸化微少ギャップすだれ状電極を用いたGHz帯低損失フィルタに関する研究	寺島 敏和	(山之内教授)
FeイオンドープLiNbO ₃ 基盤の弾性表面波伝搬特性と非線形デバイスへの応用に関する研究	池田 智	(山之内教授)
超微細選択Al-CVD技術の研究	松橋 秀樹	(坪内教授)
MOCVD技術によるAINエピタキシャル成長の研究	中村 幸則	(坪内教授)
準光学的手法によるNRDガイドFET増幅器に関する研究	玉置 尚哉	(米山教授)
NRDガイドを用いた車載用FM-CWレーダの試作	馬場 潤寧	(米山教授)
ガンダイオードアレーを用いたマイクロ波発振器に関する研究	鈴木 義規	(米山教授)
NRDガイド漏れ波アンテナを配列した場合の放射特性とその応用に関する研究	筒井 正文	(米山教授)

9.3 博士論文

題	目	著 者	教 授 名
---	---	-----	-------

電気及通信工学専攻

1. A STUDY ON THE ADAPTIVE SUPPRESSION OF HOWLING IN HEARING AIDS.	ハリー・アルフォンソ・デ・ララ・ホソン	(曾根教授)
2. Si-Ge 系薄膜の原子層成長制御に関する研究	櫻庭 政夫	(澤田教授)
3. SAW デバイスを用いたスペクトル拡散通信システムの研究	中瀬 博之	(坪内教授)

電気・通信工学専攻

1. 移動体通信基地局用マイクロ波誘電体フィルタの実用化に関する研究	石川 容平	(米山教授)
------------------------------------	-------	--------

電子工学専攻

1. 超伝導集積デバイスによる神経回路網の研究	水柿 義直	(山下教授)
2. RHEED/AES法による半導体結晶ヘテロ界面のその場観察に関する研究	下敷領文一	(宮本教授)
3. 粒界接合型ジョセフソン素子に関する研究	尾川 智也	(山下教授)
4. 超格子構造中の表面・界面素励起の研究	鶴岡 徹	(潮田教授)
5. 方向性珪素鋼薄帯の作製と磁気特性に関する研究	中野 正基	(荒井教授)
6. ULSI多層配線に関する研究	大場 隆之	(坪内教授)
7. ZnO/Si 構造 SAW コンボルバとスペクトル拡散通信への応用	皆川 昭一	(坪内教授)

システム情報科学専攻

1. 生体方式を指向した人工神経回路網の集積化の研究	佐藤 茂雄	(澤田教授)
----------------------------	-------	--------

	平成 2 年度	平成 3 年度	平成 4 年度	平成 5 年度	平成 6 年度	合 計
特別研究員の受入状況	3	3	3	4	6	19
大学院生の受入状況	179	167	145	175	205	871

9.4 運営協議会報告

初年度、大学及び民間の有識者の意見をもとに研究教授会において運営協議委員が選考され、最初の運営協議会が11月2日に開催され、所長を始めとする電気通信研究所各種委員会委員長同席のもとに、委員会は各委員の合意を得て以下のように選出された。

1. 運営委員長：植之原道行（日本電気（株）特別顧問）
2. 委 員：大槻 幹雄（富士通（株）代表取締役 副社長）
 (学 外) 東海林恵二郎（三菱電機（株）取締役 副社長）
 平石 次郎（通産省工業技術院 院長）
 吉村 和幸（郵政省通信総合研究所 所長）
 田中 英彦（東京大学 工学部教授）
 長尾 真（京都大学 工学部教授）
 宇理須恒雄（岡崎国立研究機構分子科学研究所教授）
3. 委 員：田中 正之（東北大学理学部長）
 (学 内) 阿部 博之（東北大学工学部長）
 樋口 龍雄（東北大学情報科学研究所長）
 高木 相（東北大学情報科学研究所教授）
 鈴木 謙爾（東北大学金属材料研究所長）
 石亀 希男（東北大学科学計測研究所長）
 曽根 敏夫（東北大学大型計算センタ長）
 澤田 康次（東北大学電気通信研究所教授）
 中村 慶久（東北大学電気通信研究所教授）
 米山 務（東北大学電気通信研究所教授）

研究所改組後初めての運営協議会では、植之原新委員長を議長とし、議長より関連の各委員長より説明を求めた。まず、宮本所長より①本研究所の改組後の現状について説明がなされた。ここでは、研究部門の構成とその研究内容、共同利用の運営組織、研究教授会の組織、共同プロジェクト研究の主旨、研究所の研究活動など、また、川上実験施設運営委員会委員長より附属実験施設の構成と研究目的、研究部門と附属実験施設の役割、について説明がなされた。

次に、佐藤（徳）共同利用委員長より、②新しく取り入れた平成6年度共同プロジェクト研究についての説明がなされた。政府の予算成立が遅れたことという時間的な制約もあり、研究テーマの公募は次年度以降とし、今年度は従来から中心的に研究活動を行ってきた、工学研究会から提案された研究テーマを採択し、採択された15研究テーマについては共同研究者を公募する方法で実施することとした。更に、平成7年度については、大型の共同プロジェクト研究を概算要求し、平成6年度からの継続を中心に新規募集の共同プロジェクト研究を加える方針で実施することとし、平成8年度については概算要求を含め新たな視点に立って検討することにしている。他方、民間企業との共同研究の受け入れ方法が今後の検討課題であると、運営委員会委員との意見交換がなされた。

最後に、研究評価委員会委員でもある澤田運営協議委員より③平成6年度までの研究成果についての説明があり、各研究分野の担当者とその研究内容についての紹介の後、研究成果の公表方法などについての説明がなされた。これに対して、運営協議会より、外国人を含めた外部評価の方法などについて検討するよう進言があった。

運営協議会は年二回開催の予定であるが、本年度は予算措置の遅滞もさることながら、共同利用研究の実行面での基本方針作り（共同利用委員会の項参照）、自己評価、外部評価など評価組織のあり方、共同利用研究所としての新実験施設の運営方針及び評価分析センタ等の共通組織作り、などいくつかの問題の検討にせまられ一回だけの実施となった。来年度以降より年二回実施する予定である。

9.5 今後の課題

昭和62年11月、研究所の将来構想の策定、現状分析と将来展望、研究体制の整備、自己評価組織の確立を図るため、将来計画検討委員会が設置され、研究所の組織及び設置目的の見直しがなされて平成6年6月24日付けで国立大学附置の共同利用研究所への改組を見るにいたった。上記の委員会の発足を機に多くの議論を経て、平成4年3月自己評価のための「研究評価委員会」が組織され、そこで検討された自己評価は平成6年3月東北大学自己評価報告書として公表された。その後、外部に開かれたCOEたる研究所として平成7年2月所長を中心とする研究評価委員会に組織を改めている。この委員会では、本研究所の研究活動を出来るだけ外部に示し、外部の批判に耳を傾けるという基本方針から、研究活動報告を毎年出版する事にした。本年度は何分初年度と言うこともあって、編集方針に多くの討論の時間を費やし、発行も遅れましたが研究所の実情を示す内容になっていることをご理解いただきたい。以下に反省と今後の課題について述べます。

1. 研究成果

まず、今年度に示された各大部門の分野毎の研究題目の取り上げ方を見ると必ずしも適切とは言えず、独創的なものが少ない。本学の総長よりは“カタカナ”的研究が多すぎる、と批評されています。つまり、外国の研究に追随し過ぎる例が多いところで、独創性がなく日本流の科学研究費の申請の弊害とも言えます。これは日本における研究の特徴なのかもしれないが反省の必要があります。その故か、独創的で優れた研究成果が少なく、本年度の研究成果のハイライトは特にないと言わざるをえない。このことは研究評価委員会での一致した意見でもありました。それでも、全体として研究論文は数字が示すとおり着実に発表されている事から、次に紹介しますように研究活動は全般的に活発であるとも言えます。

2. 研究活動

研究活動の面では、改組のときに示した共同プロジェクト研究を基本とした共同利用研究について共同利用委員会の報告の通り積極的に取り組んでいます。改組の当初より、工学研究会という研究活動の母体が全面的にプロジェクト研究を支援する形になり、初年度のスタートとしては良い結果をもたらしたといえます。だた残念ながら、ここでも本研究所にふさわしい萌芽的で独創性のある研究題目が共同利用委員会に提案されているとは言いがたい。また、予算が伴わず一部の研究プロジェクトに対してのみ研究援助がなされたが、今後どのような形で予算要求に結びつけて行くべきか検討の必要があります。更に、本研究所はこれまで企業との共同利用研究の場が殆どなく、主として奨学寄付金、受託研究費と言う名目だけで研究費が入り、企業を指導する形が殆どであるので共同研究としてどのような受け入れ方を取るべきか今後の課題となっています。いづれにしても、共同利用研究所として外部に対する研究活動の動きは活発で評価できます。又、対外的には、国際会議を積極的に主催して関係専門分野を先導していることも評価に値すると思います。

3. 大学院教育と若手研究者

前章の冒頭で述べましたように、本研究所は教育研究を工学部電気・情報系4学科と一体となって運営しておりますので、研究所改組以前から、積極的に教育に参加してまいりました。第2章3節に示しましたように、大学院学生の受け入れは勿論、講義についても全教官が担当しております。それ故、後継者となる若手研究員の育成には研究所としては努力しているところであるが、大学院後期課程に進学する学生はかなり少ない。このことについては教官に対する待遇の悪さ、教官のポストの不足もあるが、大学の研究設備、研究環境が若手研究者にとって魅力がなくなっていることも否めない。幸い、平成7年度より、COE支援プログラムとして、PDF(Post Doctoral Fellow)を対象とした若手研究者への研究の道が開けたことは大いに評価すべきであろう。COE研究所としての教育努力が求められるところで今後の課題でもあります。

4. COE研究所

最後に、欠員の補充と人事交流の促進、研究基盤の整備、COE研究所としての将来計画の策定と研究の活性化など改組後とはいまだまだ積極的に取りくまなければならない問題がたくさんある。中でも世界に先駆けて新しい研究領域を開拓するCOEたる共同利用研究所としての認識が構成員である教官に十分浸透しているとは言えないのは共同利用研究所として発足後初年度ではあるが反省すべき点であると思います。今後益々積極的に共同利用研究所としての電気通信研究所の発展に取り組んで行きたいと考えています。

- 教官の最終学歴 (大学または大学院等)

最終学歴	教 授	助教授	講 師	助 手	計
東北大学	1 2	9		2 2	4 3
ペンシルバニア大学	2				2
東京大学	2	3	1	2	8
北海道大学	1			1	2
名古屋大学	1				1
九州大学	1				1
東京工業大学		1		1	2
大阪府立大学		1			1
日本大学		1			1
朝鮮大学		1			1
広島大学				1	1
福井大学				1	1
長岡技術科学大学				1	1
東北学院大学				1	1
仙台電波高校				2	2
合 計	1 9	1 6	1	3 2	6 8

第10章 構成員

(平成7年4月1日現在)

所長（併）・教授 宮本信雄

事務補佐員 八代幸子

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

教授	佐藤 雅彦
〃(兼)	丸岡 章
〃(々)	阿曾 弘具
助教授	龍田 真
講師(兼)	神保 秀司
助手	亀山 幸義
事務補佐員	大西 美紀

■情報通信システム研究分野

教授	白鳥 則郎
〃(兼)	伊藤 貴康
〃(々)	豊田 淳一
〃(々)	根元 義章
助教授	富樫 敦
助教授(兼)	斎藤 浩海
助教授(々)	K. マックス
助手	石垣 久四郎
〃	チャクラボルティゴウタム
〃	藤井 章博
〃	小野 良司
事務補佐員	八巻 美智子

■情報記憶システム研究分野

教授(兼)	宮本 信雄
-------	-------

■音響情報システム研究分野

教授	曾根 敏夫
〃(兼)	牧野 正三
助教授	鈴木 陽一
〃	曾根 秀昭
〃(兼)	安倍 正人
〃(々)	木幡 稔
助手	小澤 賢司
〃	高根 昭一
技官	斎藤 文孝

■生体コンピューティングシステム研究分野

教授	矢野 雅文
〃(兼)	堀口 剛
助教授(々)	福井 芳彦
助手	牧野 悅也
〃	坂本 一寛

■ブレインコンピューティングシステム研究分野

教授	澤田 康次
〃(兼)	阿部 健一
〃(々)	樋口 龍雄
〃(々)	亀山 充隆
助教授	中島 康治
〃	佐野 雅己
〃(兼)	羽生 貴弘
〃(々)	川又 政征
〃(々)	A. A. リポウスキー
〃(々)	吉澤 誠
講師(々)	藤木 澄義
助手	早川 美徳
〃	早川 吉弘

■超伝導コンピューティングデバイス研究分野

教授	山下 努
〃(兼)	平井 敏雄
助教授	中島 健介
〃(兼)	鈴木 光政
助手	菅明 德行
〃	明連 昭広
〃	陳健 健
技官	土田 貞夫
事務補佐官	佐藤 道恵

■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

教 授 (兼)	舛 岡 富士雄
タ (タ)	江 刺 正喜
講 師	遠 藤 哲郎
技 官	酒 井 俊 章

■分子電子工学研究分野

教 授	宮 本 信 雄
タ (兼)	大 見 忠 弘
タ (タ)	佐 藤 繁
タ (タ)	H. アハロー二
タ (タ)	佐 藤 徳 芳
助教授	末 光 真 希
タ (兼)	柴 田 直
タ (タ)	森 田 瑞 穂
助 手	遠 田 義 晴
事務補佐員	高 橋 知 江

■スピニエレクトロニクス研究分野

教 授	荒 井 賢 一
タ (兼)	脇 山 徳 雄
タ (タ)	秦 泉 寺 敏 正
タ (タ)	高 橋 研
助教授	山 口 正 洋
タ (兼)	松 木 英 敏
タ (タ)	一 ノ 倉 理
助 手	石 山 和 志
タ	毕 晓 昝
技 官	師 岡 ケイ子
タ	我 妻 成 人

■プラズマ電子工学研究分野

教 授 (兼)	宮 本 信 雄
教 授 (兼)	山 本 光 璃
助教授	蝦 名 慎 子
タ (兼)	中 尾 光 之
タ (タ)	飯 塚 哲 晃
タ (タ)	安 藤 晃

■情報記録デバイス工学研究分野

教 授	中 村 慶 久
タ (兼)	西 関 隆 夫
助教授	村 岡 明 均
タ (タ)	鈴 木 均
助 手	田 河 育 也
タ	高 野 研 一
技 官	渡 邊 功
事務補佐員	梅 森 裕 香
タ	浅 野 ゆ み

■光電変換デバイス工学研究分野

教 授	潮 田 資 勝
タ (兼)	内 田 龍 男
タ (タ)	海 老 原 道 一
助教授	上 原 洋 謙
助 手	坂 本 徹
	鶴 岡 仁 彦
事務補佐員	伊 藤 由 理

■電子量子デバイス工学研究分野

教 授 (兼)	大 野 英 男
助教授	庭 野 道 夫
助 手	松 倉 文 礼

■複合機能材料研究分野 (客員)

教 授 (併)	藤 井 壽 崇
---------	---------

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

教 授	米 山 務
タ (兼)	澤 谷 邦 男
助 手	黒 木 太 司
タ	デバシス・ドーン
技 官	我 妻 壽 彦
事務補佐員	新 田 敦 子

■極限能動デバイス研究分野

教 授	横 尾 邦 義
助教授 (兼)	大 沼 俊 朗
タ (タ)	畠 山 三 之 隆
助 手	佐 藤 信 秀
タ	嶋 脇 秀 己
技 官	寒 河 江 克 己
事務補佐員	多 賀 谷 宏 子

■テラヘルツ工学研究分野

教 授	水 野 皓 司
タ (兼)	竹 内 峯 刚
タ (タ)	渡 辺 利 明
タ (タ)	犬 木 正 鐘
助教授	裴 鈴 哲 石
助 手	鈴 木 哲 綾
事務補佐員	鈴 木 木 木

■応用量子光学研究分野

教 授	伊 藤 弘 昌
〃 (兼)	星 宮 望 弘
助教授 (兼)	二 佐 見 亮 学
助 手	佐 藤 勇 治
技 官	今 野 勇 治
〃	田 久 長 一
事務補佐員	溪 井 亜 紀 子

■光集積工学研究分野

教 授	川 上 彰 二 郎
〃 (兼)	宮 城 光 信
助教授 (兼)	馬 場 一 隆
助 手	花 泉 修 尚
〃	佐 藤 尚 尚
技 官	相 澤 芳 三 子
事務補佐員	赤 澤 晴 三 子

■フォノンデバイス工学研究分野

教 授	山 之 内 和 彦
〃 (兼)	中 村 健 良
助教授	竹 内 正 男
〃 (兼)	山 田 顕 順
〃 (〃)	金 井 浩 靖
助 手	目 黒 敏 靖
〃	小 田 川 裕 之
技 官	我 妻 康 夫
事務補佐員	野 邊 貴 子

■電子音響集積工学研究分野

教 授	坪 内 和 夫
〃 (兼)	中 鉢 憲 賢
〃 (〃)	櫛 引 淳 一
助教授	益 一 戯
助 手	横 山 道 央

■量子波動工学研究分野 (客員)

教 授 (非)	堀 越 佳 治
---------	---------

附属研究施設

超高密度・高速知能システム実験施設

施設長 (併)	澤 田 康 次
教 授	千 葉 純 子
事務補佐員	

■原子制御プロセス部

教 授	室 田 淳 一
助 手	櫻 庭 政 助
技 官	赤 間 政 洋
事務補佐員	佐 藤 幸 裕
〃	高 橋 美 美

■超高速電子デバイス部

教 授 (兼)	川 上 彰 二 郎
---------	-----------

■知能集積システム部

教 授 (兼)	坪 内 和 夫
助教授	松 浦 孝 孝

附属施設

■評価・分析センター

センター長 (兼)	宮 本 信 雄
教 授	庭 野 道 助
助教授 (兼)	赤 間 洋 助
技 官 (兼)	

■附属工場

工場長 (兼)	横 尾 邦 義
教 授	高 橋 吉 博
技 官	渡 米 博 隆
〃	澤 原 宗 康
〃	原 阿 良 勝
〃	庄 子 一
〃	

事務部

事務部長	矢高	仁	經理課長	藏
総務課長	内田	行男	經理掛長	雄也
庶務掛長	弘定	彦	主任	人子
主任	本俊	彦	事務官	子介
〃	伊藤	恵美子	事務補佐員	雄治
事務補佐員	川北	久美子	〃	毅
〃	白鳥	千亜紀	用度掛長	美子
共同利用掛長	中嶋	四郎	主任	子
事務官	栗谷	直子	〃	子
図書掛長	小松	彦	事務官	弘
事務官	鹿島	正子	事務補佐員	郁
			〃	倫
			〃	き
			臨時用務員	澤
			〃	辺
			佐々木	ゑ
				静