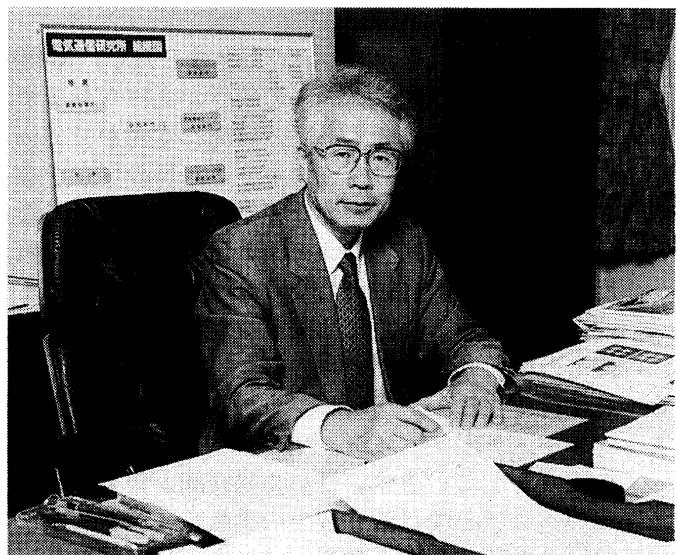


第 1 章 緒 言

沢田新所長に聞く

— 緒言にかえて —



沢田所長は、1996年4月1日より宮本前所長の後を受けて電気通信研究所の所長になりました。そこで、本編集委員会は、新所長に電気通信研究所の現状と将来について伺いました。

Q：電気通信研究所は、2年前に全国で唯一の情報通信に関する共同利用研究所になった訳ですが、従来の共同利用研究所との在り方の違いとその理念についてお聞かせください。

A：従来の共同利用研究所というものは、他にない特別な装置を共同利用研究所に設置し、全国から利用研究者が集まって研究を行なう装置利用型でした。しかし、共同利用研究所は必ずしも装置の利用のみにとらわれるのではなくて、研究所に培われた基盤技術や研究のアイデアを互いに共有しながら研究を進めていくのがこれからアドバンスした共同利用研究所のイメージではないでしょうか。

電気通信研究所は、これまで常に情報通信に関する基盤技術と共に歩んできましたし、また、新設された附属超高密度・高速知能システム実験施設では原子制御プロセス基盤技術、極微細波動基盤技術、大規模集積化基盤技術の3つの基盤技術の創生を目的としています。このような研究部門と実験施設の基盤技術を中心に共同研究が企画され、現在、約20の共同研究プロジェクトが走っています。

Q：研究所の設置目的は高密度及び高次の情報通信に関する学理及びその応用研究ということで、研究環境の設備も整いつつあるようですが、共同利用研究所として実際どのような活動が行われているのでしょうか？

A：第一に共同プロジェクト研究が立案され、実行されている点です。この成果は、活動報告1、2号に報告されていますが、お金の額が限られているなかではかなりの成果をあげています。第二は実験施設の新しい実験棟の完成が近づいており、これによって平成6年に発足した「超高密度・高速知能システム実験施設」の整備が進みますで増して本研究所の研究活動が活発になります。

今後の課題といえば、企業との対等の立場に立った共同研究をどの様に進めるかと言うことがあります。共同研究所の中でも工学的な色彩の濃い電気通信研究所にとって大変重要な問題です。更に外国の研究機関との国際共同研究も将来の課題です。研究所内では、大部門制に移行しましたが各研究分野の独立性とその間の流動性の調和も大切な課題と言えましょう。

Q：予算面についてはどうですか？

A：日本の科学行政がいま変化しようとしています。昨秋、科学技術基本法が国会で認められ、文部省、科学技術庁、通産省、郵政省などの各省庁がそれに基づいた策定を行っています。文部省は学術審議会の方針に沿った研究費配分、COE支援と形成、PD増員、出資金制度等を中心に新しい政策を次々に実行しようとしており、それに適合した受け皿と提案に対しては、研究予算の面ではここ数年は期待できるようです。

Q：国の予算の現状をお話しいただきましたが、本研究所にはどんな問題点がありますでしょうか？

A：まず、第一に研究スペースの狭さがあげられます。共同プロジェクト研究グループが20名の研究者からなっている場合もあり、研究に支障がでています。もうひとつは、共同利用研究費として一年間に約2千万円きておりますが、20件のプロジェクト研究課題がありますので1件あたり約百万円しか割り当てられず、十分な額とは言えません。なんとか1桁多くならないものでしょうか。電気通信研究所では「共同プロジェクト研究費」を特に概算要求にも提案していますが、これからは出資金制度などを積極的に活用しなければならないでしょう。最後に共同プロジェクト研究を国際化する必要があります。この際に共同プロジェクト研究旅費を外国人研究者を招聘する旅費にも使えるように要請したいと考えています。

Q：高度情報化社会が実現しつつあるなかで電気通信研究所の果たす役割はどうでしょうか？

A：マルチメディア、インターネット等に代表されるように、社会を生き物に例えると情報はその神経網の役割をしています。社会の神経網が健全に動作するためには、多量の情報を伝達できる太さと、情報の送り手と受け取り側での柔軟なインターフェイスが必要です。電気通信研究所の設置目的はまさに、この研究課題と軸を一（いつ）にしており、この研究分野の唯一の共同利用研究所として社会に果たすべき役割の大きさが理解していただけると思います。

赤字国債にもかかわらず研究費の今年度の伸び率が約10%を超えてるという意味は大変重要です。特に新しい産業が期待されている情報通信分野において、本研究所は全国唯一の共同利用研究所、即ち学術研究拠点として認められていますが、この分野における研究成果を世界に発信する中心となる任務を負っていることは、心しなければならないと思っています。

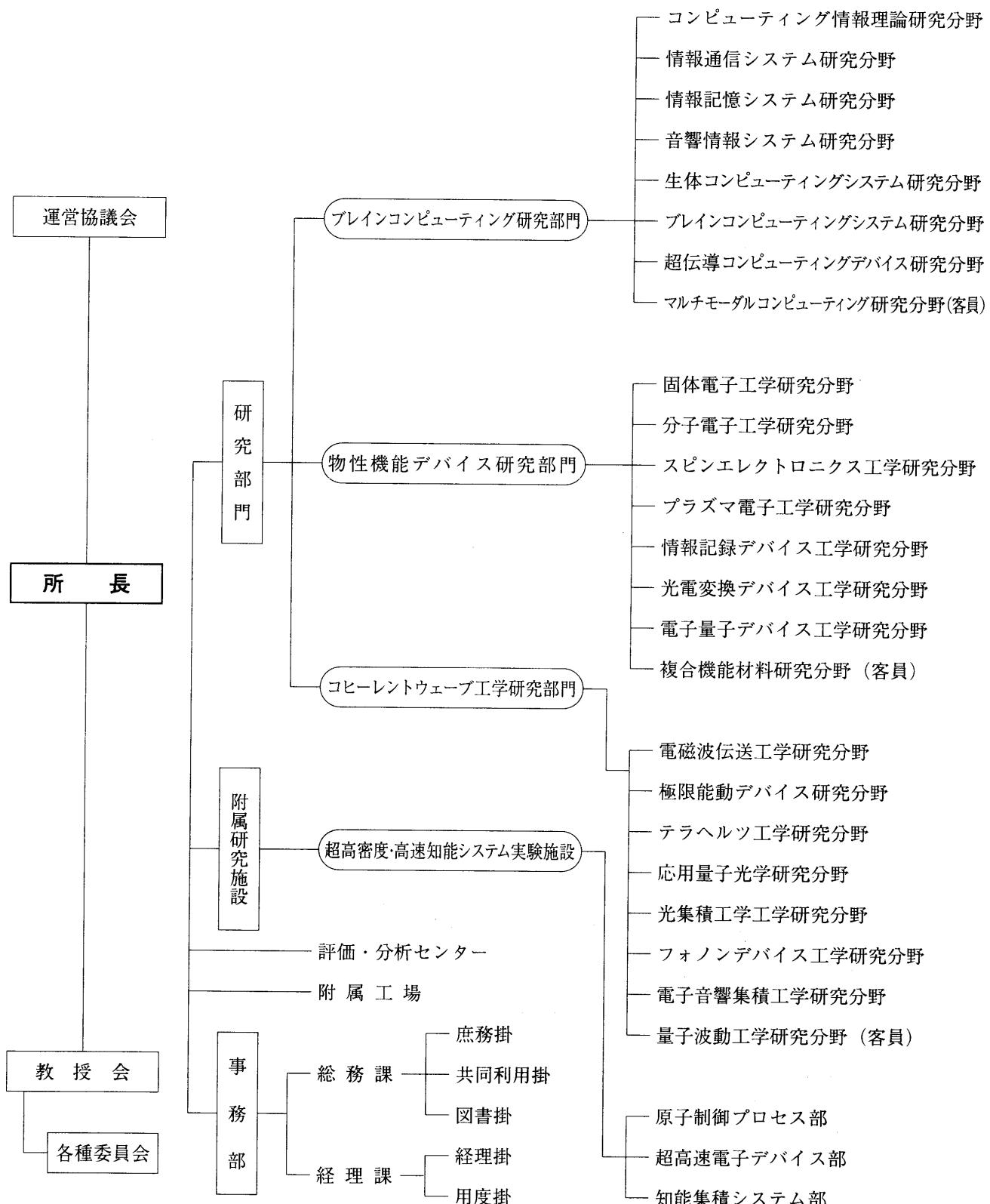
Q：数年内に電気通信研究所はどの方向に進むと考えますか？

A：平成6年に発足した「超高密度・高速知能システム実験施設」は10年の时限施設であり、整備が進むに応じて施設の利用者が増加し、この施設の目標に向かった研究が盛んになるでしょう。又、2年前の改組の次のステップとして極微磁性デバイスを研究する「スピニクス研究センター」、人と計算機のやわらかいインターフェイスを研究する「やわらかい情報研究センター」が教授会に提案されており、その具体化方策を進めています。これらの研究センターの実現により、本研究所の研究体制が更に幅を広げ、同時に若手研究員の育成方法に努力を傾け、COE研究所としての役割を果たして行きたいと考えています。

（文責 研究活動報告編集委員会）

第 2 章 組織・運営

2.1 組織図



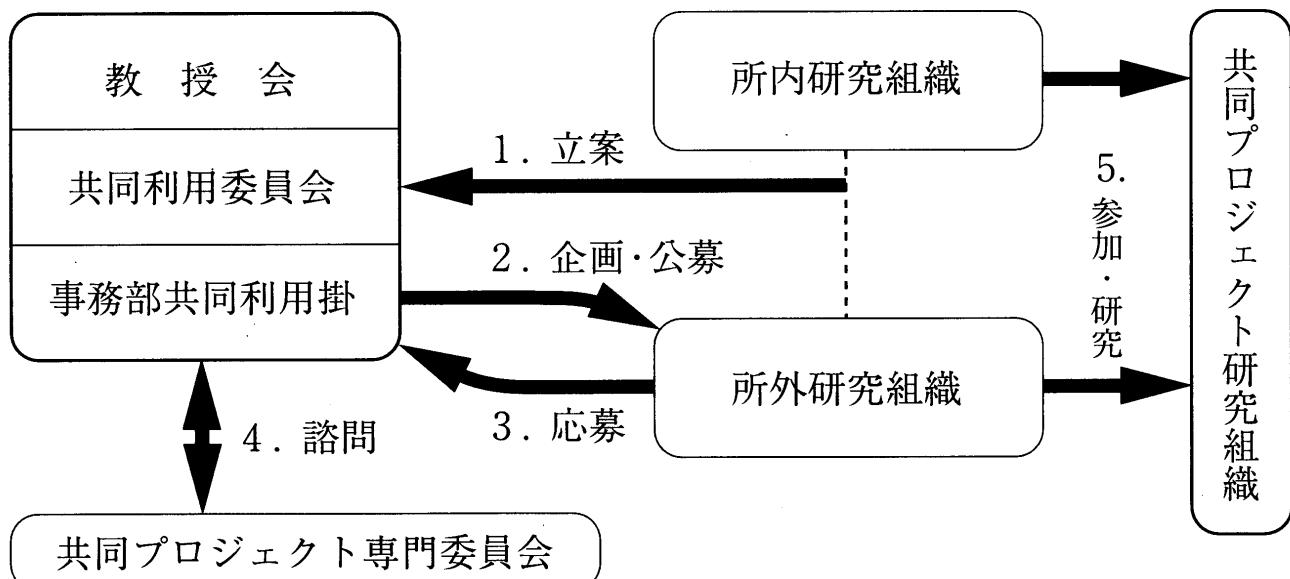
2.2 共同研究組織

本研究所は平成6年に国立大学附置の共同利用研究所に改組され、全国で唯一の情報通信に関する共同利用研究所となった。本研究所はこれまで半導体材料、デバイス、磁気記録、光通信、電磁波技術、超音波技術、音響通信、非線形物理工学、コンピュータソフトウェアなどの諸領域において数々の世界的業績を上げてきた。また、半導体プロセス技術、デバイス試作技術、ウルトラクリーン基盤技術など国内外に例を見ない技術を有していた「超微細電子回路実験施設」は改組を機として「超高密度・高速知能システム実験施設」としてさらに設備を充実して発足した。実験施設ではこれらの技術を発展させると共に大規模知能システムの先導的研究開発を目指すことになった。

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

共同プロジェクト研究の研究組織は次のような手続きを経て構成される。まず毎年所内の研究組織が研究者の英知を集めるために所内外から広くご意見を戴き、それを基に「共同プロジェクト研究」を立案する。それを「共同利用委員会」が審査し、課題を企画する。この課題は「事務部共同利用掛」より全国の国公私立大学及び公的研究機関に通知され、各共同プロジェクト研究への参加者を公募する。これにより応募研究者を含めた共同プロジェクト研究組織が編成される。これを研究所内外の委員からなる「共同プロジェクト専門委員会」に諮問し、その意見を尊重して「教授会」が最終的に共同プロジェクト研究実行案が承認し、実行に移される。

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



2.3 教育組織

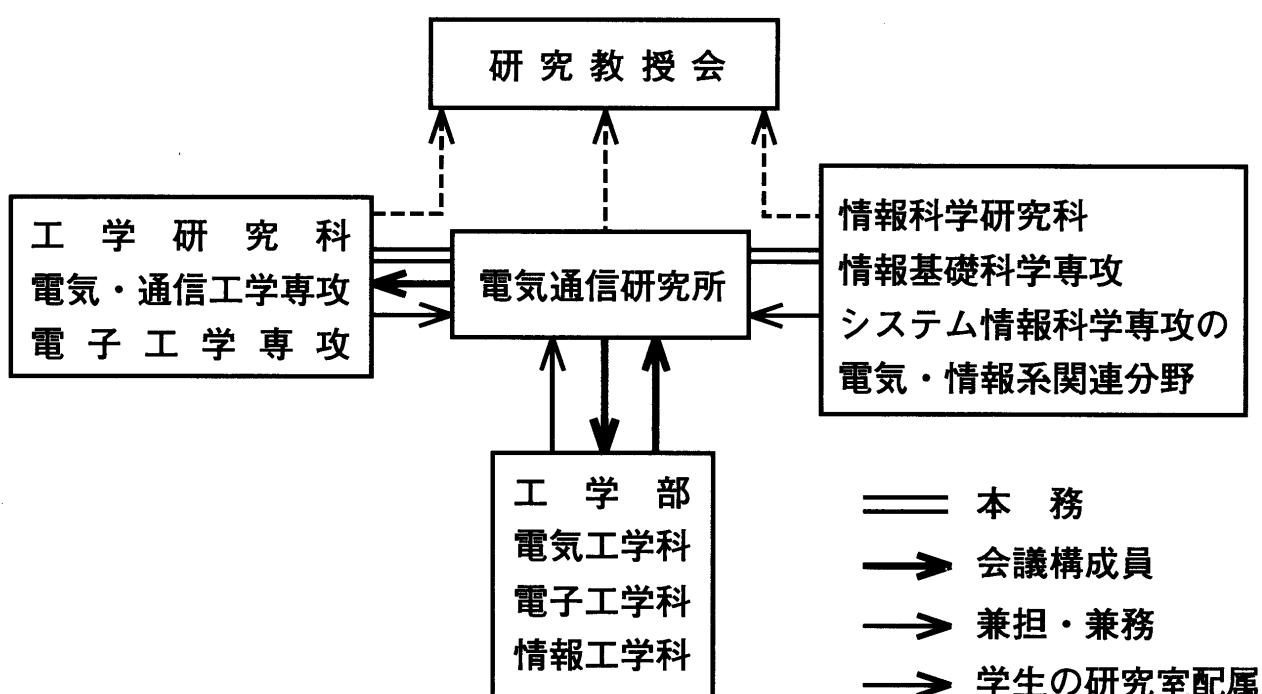
東北大電気通信研究所（以下、通研と略称）は、発足時から設立母体である電気工学科と協力体制をとり、教育・研究の成果を挙げた。その後、通信工学科、電子工学科、情報工学専攻、情報工学科が順次設立されたが、「一体運営」の協力関係は維持された。

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兼務へ変わり、情報科学研究科が本務の教官は工学研究科を兼務することになった。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。教授会通則に基づく会議とは別の性格の、部局を横断して形成された会議であって、教育問題など相互に関連する重要事項はここで審議される。教育上の具体的な事項の実行、運用に関しては、大学院に主任会議、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COEとしての責務をはたしている。



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

生体の特徴の一つは、外界を瞬時に認識し、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があるが、その機能の源泉は脳にあると言ってよい。この脳における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、脳におけ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、脳と同等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、老人やハンディキャップ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。

目的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、目的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。

構成的数学に基づくプログラミングの研究 ソフトウェアの生産が手作業で行われていたのでは、社会的に必要な質・量のソフトウェアを確保することは困難である。この研究は、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方法の開発を目的としている。本年度は、1) プログラム言語 Λ を拡張し、代入文を取り入れ、2) プログラム言語 Λ の効率良い実装を実現できた。 Λ は、Church-Rosser 性と参照透明性をもち、等式理論として、 λ 計算に対する保存的拡張である。今後は、 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に代入が行えるようにすることが課題である。

Flexible Computingに基づく情報通信システムの研究 利用方法の変化や誤り、故障によるシステム内の変化などに対して、システム自体が自律的に変化し、ユーザが必要とする環境を提供できるよう、Flexible Computingに基づくやわらかい情報通信システムの構成論を研究している。本年度は、情報ネットワークに関しては、1) やわらかいネットワーク構成法の基本となるエージェント指向言語 ADIPS94を開発して、千葉工大との間で実験を開始し、また、2) 発想支援システム「群元」を開発して、鹿児島大との間で広域分散環境に適用する実験に成功した。さらに、多種多様な利用者要求に対応するため、段階的詳細化に基づく情報通信システムの仕様記述に有効な仕様の変更法の研究を行い、ソフトウェアのやわらかい開発法と呼ぶ枠組を構成した。マルチメディア・アプリケーションに関する研究としては、マルチメディア・オーサリングシステム（CB-MMAS）を構築した。

聴覚情報処理過程の解明と高度音響通信システムの研究 高度音響通信システム実現のためには、ラウドネス、ピッチ、音色、音像定位などの聴覚を通しての情報受容が、音のどのような特性に基づいているのかを解明しなければならない。本年度は、音色の知覚に関しては、聴覚系内スペクトルの推定に有効な、側抑制を考慮した聴覚フィルタのモデルを提案した。ラウドネスに関しては、その知覚モデルに基づく等ラウドネスレベル特性の高精度な推定方法を提案し、さらに、音像定位に関して、人間の距離定位能力が音源-頭部間の伝達関数によってほぼ説明できることを明らかにした。このような音の知覚に必要な情報を忠実に伝送するためには、三次元音場情報の伝送・再現が必要であり、多点制御による精密音場制御手法の研究において進展をみた。また、すでに実用化したラウドネス補償型デジタル補聴器に適用する最適特性決定手法の研究、次世代デジタル補聴器への適用を目指した両耳補聴アルゴリズムの研究、不要音抑圧手法の研究などを進めており、さらに、騒音・非騒音を含む音環境の制御手法の研究を行っている。

無限定テクノロジーの設計原理の解明とその応用の研究 現代社会において、技術と人間の乖離は重大な

問題であり、人間との共生関係を前提とする人工物環境を実現するためには、新しい設計原理が必要となる。刻々と変化する無限定な環境に調和的に適応し、一定目的のもとで運動、行動、作業、コミュニケーション等を行うことができる技術は、無限定テクノロジーと呼ばれ、自律的なシステムによって実現される。本研究では、生体における自律的な活動、すなわち情報の自律生成の原理を明らかにしながら、それを応用して新しい工学システムを構築することを目指し、実験・理論の両面から研究を進めている。本年度は、無限定な環境下で環境情報を認識し、リアルタイムで制御情報を作り出すシステムの研究の一環として、歩行ロボットを試作した。制御には、従来の静的な神経回路網ではなく、自己と環境の関係を時々刻々取入れることのできる多形神経回路網を用いており、負荷状況に対応した制御情報を自律的に生成することに成功した。さらに、両耳に入る音の時間差の検出細胞の発火パターンから、水平方向の複数音源の定位を可能にし、システムと環境との関係を与える認知地図のリアルタイムでの作成に役立つ成果を得た。

複雑系の科学とブレインコンピュータの研究 複雑系としての生命状態を数理的に定義する目的で、ヒドラーの解離細胞の無秩序集合体が個体を形成する過程を研究し、神経ネットワークの再生を定量的に検証した。さらに、非線形非平衡系の普遍法則に関する研究の一環として、複雑系の構造と情報の自己組織に関して、生物個体群の集団運動に関する新しいモデルを提案し、編隊、迷走、蚊柱などの典型的な群運動が、同じ決定論的方程式で記述できることを示した。また、非線形振動子が空間的に分布している系における自律的な運動、カオスノイズにさらされた粒子の、周期ポテンシャル中での運動の解析、フラクタルなどの自己相似なパターンを特徴づけるエントロピースペクトルの概念の提案などの成果をあげている。ブレインコンピュータに関しては、実装のための新アナログメモリSDAMの開発、パルス出力ニューラルネットの集積化、非対称な学習ルールを組込んだハードウェアニューラルネットの開発など、着々と成果を積み上げている。

超伝導を利用した電子デバイスとシステムの研究 脳の優れた情報処理能力を人工的に実現するためには、熱発生の少ない高密度・高速の集積回路が求められる。超伝導体を利用した演算デバイスは、これに適しており、さらに、超伝導体による脳神経活動の計測（脳磁界計測）が可能な超高感度磁気計測デバイスの製作も可能である。本研究では、このような磁気計測デバイスの作製と、人工脳ともいべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力超伝導演算デバイスおよび人工神経回路の研究を行っている。本年度は、1)超小型、超低雑音、超高速で大電流のスイッチングが可能な酸化物超伝導単結晶スイッチングデバイスの提案、2)酸化物超伝導体や高温超伝導体の物性の計測、3)110°Kに転移温度をもつ高温相の合成条件の確立、4)異方性エッチングによるYBCO Sテップエッジ接合の作製とその特性解析、などに成果をあげた。

時間変動音の知覚の研究 聴覚における音情報知覚の性質の研究は、従来、定常音を刺激とする静的な面を主な対象に行われてきた。しかし、現実音では、時間的変動が担う情報の割合は少なくない。このような点に着目し、振幅および周波数変調の知覚を対象に研究を進めている。本年度は、1)変調波および搬送波の周波数の関数として、ランダム振幅変調の検知限を求め、低い変調周波数では、正弦波振幅変調とランダム振幅変調の間に差がないが、高い変調周波数では、ランダム振幅変調の方が検出し易いことを明らかにした。また、2)両耳に、変調周波数が一定で変調度の異なる信号を与え、知覚される等価変調度を調べた。その結果、変調度が小さい範囲では、等価変調度はほぼ両耳の変調度の算術平均に等しいが、変調度が大きくなると、等価変調度は両耳信号の変調度の算術平均よりも小さくなることがわかった。これに基づく振幅変調音の両耳情報処理モデルの作成が、今後の課題である。

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

分野の目標

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

過去1年間の主な成果

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ふ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基礎理論の構築のため、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こ

である。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た。

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ぬ。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条件である。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に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 (1986年より)

助教授 龍田 真 (1994年より)

助手 亀山 幸義

教授のプロフィール

1947年生。

1971年東京大学理学部数学科卒。

1973年同大学大学院理学研究科数学専攻修士課程修了。

1974年京都大学理学系大学院数学専攻博士課程退学。

1974年京都大学数理解析研究所助手。

1977年東京大学教養学部数学教室助教授。

1979年東京大学理学部情報科学助教授。

1986年東北大学電気通信研究所教授。

構成的プログラミングの研究に従事。

著書に「プログラムの基礎理論」(桜井貴文と共に著、岩波書店) がある。

過去 1 年間の発表論文、解説記事、著書

1. 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).

2. A Type-Free Theory of Half-Monotone Inductive Definitions, Yukiyoshi Kameyama, International Journal of Foundations of Computer Science, Vol. 6, No. 3 (1995), pp. 203-234.

3. 分担執筆, 龍田 真, 情報処理学会編, 新版情報処理ハンドブック, オーム社 (1995).

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

1. 分野の目標

当研究室では、4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。情報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、

それぞれについて今年度の成果を要約する。

2. 過去1年間(95年4月から96年3月まで)の主な成果

(1) 情報ネットワーク

1) やわらかいネットワーク

やわらかい情報システム構成法の基本となるエージェント指向言語ADIPS94を開発した。次にこれを用いてエージェント指向ネットワークアーキテクチャの研究・開発を理論と実験の両面から行い、既に仙台(東北大)-千葉(千葉工大)間でインターネットを介した広域分散環境を構成し、ネットワークやワークステーションの負荷の変化を自律的に吸収しシステムの安定な動作を保証する基本的なやわらかいシステムを実現した。

2) 発想・教育支援

知的生産支援システムと分散協調システムの融合である、発想支援システム「群元」を開発し、これを用いて協調作業に関する実験と評価を行い、さらに同システムの教育支援への適用を試みた。またこのシステムを、構内ネットワークだけでなく、インターネットを介した広域分散環境に適用する実験を、仙台(東北大)-鹿児島(鹿児島大)間で行い、その有効性を実証している。

(2) ソフトウェアのやわらかい開発

近年、情報通信システムの利用者の増加にともない、システムに対する利用者要求は多種多様化してきている。これらの要求を満足させるため、必然的にシステムは大規模・複雑化してきているが、高品質・高信頼なシステムの仕様を設計するための手法は、十分には確立されていない。そこで本研究では、段階的詳細化に基づく情報通信システムの仕様記述に有効な仕様の変更法の詳細な研究を行なった、まず、仕様の段階的詳細化に適した仕様の変更法について考察を行った。具体的には、設計工程の初期段階における要求の変更に柔軟に対応する方法として、ソフトウェアのやわらかい開発法と呼ぶ枠組を構成した。これは、やわらかいシステムの適用性を実現するための基盤技術として位置付けられる。さらにその応用として、情報通信システムのサービス仕様の変更に対するプロトコル仕様の自動変更法を提案した。本手法の特徴は、ある等価性を保った既存のサービ

ス仕様と既存のプロトコル仕様が存在する状況で、サービス仕様の変更に対し、変更後のサービス仕様と等価性を保つようにプロトコル仕様を自動変更する点にある。また、この変更法が、変更後のサービス仕様とプロトコル仕様で仕様の等価性を保証することを証明した。すなわち、この手法によって変更されたプロトコル仕様は、サービス仕様で保証されている正当性を保存する。そのため本手法は、高信頼システムの設計工程における要求仕様の円滑な変更や拡張に有効となる。

(3)マルチメディアヒューマンインターフェース

近年、音声や画像などマルチメディアを利用可能なコンピュータの普及とその低価格化に伴い、多種多様な領域においてマルチメディア・アプリケーション(MMA)の開発に対する要求が高まっている。そのような要求は、コンピュータの専門家ののみならずコンピュータに対する専門的な知識を持たないユーザ(非専門家ユーザと呼ぶ)へも拡大している。一方、MMAを作成するためには、膨大なオブジェクトの時間的及び空間的配置やユーザの操作などによる動作を定義する必要があり、そのようなオーサリングには専門的知識や経験が要求される。従って知識等のギャップから、非専門家ユーザによるマルチメディアオーサリングにおける負荷は大きく、ユーザが所望のMMAを構築することは容易でない。本研究では、上記の問題の解決策として、まず事例の再利用に基づくオーサリングプロセスと、シナリオ、シーン、オブジェクトによるMMAのモデル化を提案し、それらをもとに事例に基づくマルチメディアオーサリングシステム(CB-MMAS)を構築した。

3. 職員名

教授：白鳥 則郎 (1993年より)

助手：Jokanovic Dusan

郷 健太郎

4. 教授のプロフィール

1946年 生れ

1977年 東北大学大学院博士課程修了

1984年 東北大学電気通信研究所助教授

1990年 東北大学教授(工学部情報工学科)

1993年 東北大学教授(電気通信研究所)

昭和40年より現在まで、主としてコンピュータネットワークの研究に従事。初期はネットワークの性能評価を行い、昭和52年よりプロトコルの仕様化環境、昭和60年より通信ソフトウェアやヒューマンインターフェースの研究に従事。平成4年に「やわらかいネットワーク」を提唱し、爾来その

研究開発を中心に推進している。

5. 過去1年間(95年4月から96年3月まで)の発表論文
 - 1) ポスト・モダン分散システム, 白鳥則郎, 情報処理学会誌, Vol.36, No.9, pp.811-814 (1995).
 - 2) A New Specification Environment for Communication Systems Based on Specification Reuse by the Application of Case Based Reasoning, Ching-Fa Huang, Susumu Yoshimura, Takuji Karahashi, and Norio Shiratori, IEICE TRANS. INF. & Syst., Vol. E78-D, No.10, pp.1269-1281 (1995).
 - 3) Fast Heuristic Scheduling based on Neural Networks for Real-Time Systems, Ruck Thawonmas, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, The International Journal of Time-Critical Computing Systems, Vol.9, No.3, pp.289-304 (1995).
 - 4) Verification and Refinement for System Requirements, Kukhwan Song, Atsushi Togashi, and Norio Shiratori, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E78-A, No.11, pp.1468-1478 (1995).
 - 5) Evaluation of Transmission Control Method in a Slotted Ring Network, Ken Teruya and Norio Shiratori, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E78-A, No.11, pp.1519-1526 (1995).
 - 6) Fast Heuristic Scheduling based on Neural Networks for Real-Time Systems, Ruck Thawonmas, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, The International Journal of Time-Critical Computing Systems, Vol.9, No.3, pp.289-304 (1995).

6. 著書

- 1) Protocol Test Systems 7th workshop, Tadanori Mizuno, Teruo Higashino and Norio Shiratori, CHAPMAN&HALL (1995).
- 2) 通信ソフトウェア工学, 白鳥則郎, 培風館 (1995).
- 3) 情報処理ハンドブック, 情報処理学会編(編集幹事, 執筆委員), オーム社 (1995).

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

【分野の目標】 通信システムでは、情報の発信と受容の担い手として、人間は大きな役割を担っている。しがたって、誰で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てゆくうえで、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。

本分野の研究目標は、聴覚系の情報処理過程を明らかにするとともに、その知見を応用して高度な音響通信システムや快適な音環境を実現することである。

【平成7年度の研究成果】

- ・聴覚情報処理過程の解明** 聴覚系における情報処理過程の研究とは、音の大きさ（ラウドネス）や、音の高さ（ピッチ）、音色、両耳相互作用による音像定位などの聴覚による知覚が、音のどのような物理特性に基づい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、ある音の周波数スペクトルと音色の多次元知覚空間との関係について重点的に研究を行った。音は、その物理的な周波数スペクトルそのものが、音色知覚過程の入力として用いられているのではなく、聴覚系における情報処理の結果得られる主観的な聴覚系内スペクトルが用いられていると考えるのが自然である。我々は、この聴覚系内スペクトルの高精度な推定手法の検討を行うとともに、そのスペクトルと音色知覚多次元空間との写像関係を明らかにするための研究に取り組んだ。その結果、聴覚フィルタと呼ばれるフロントエンド処理と、聴覚フィルタ出力間の側抑制が、聴覚系内スペクトルの生成に重要であることを明らかにした。また、疑似逆行列の考え方を用いることにより、主観スペクトル（の推定値）と音色知覚空間との間の写像関係を初めて定量的に明らかにした。その結果は、最大特異値に対応する軸は主観スペクトルの大局的構造、次の大きさの特異値に対応する軸は、微視的構造に対応しているとの極めて興味深い結果を得た。

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な、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った。これは現行の国際標準（ISO 226）を全面的に見直すための国際共同研究として行っているものである。国際標準化機構に実験データを提供するとともに、新しい標準を決定するためのラウドネス知覚モデルの提案とそのモデルに基づく等ラウドネスレベルの高精度推定手法の提案を行った。

音像定位の研究では、音源から外耳までの伝達関数（音源—頭部間の伝達関数）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に含まれる距離知覚の要因を明らかにするため、伝達関数を様々な方法でモデル化したうえで、様々な聴取実験を行った。その結果、1m以内の近距離では、左右の耳から見込んだ音源—頭部間の伝達関数の方向差が距離定位の決定要因として主要な役割を果たしていることを確認した。現在、更に詳しい解析を行っている。

- ・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。そのためには、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、多点制御による精密音場制御手法の研究を重点的に行った。音場の精密数値計算の研究では、壁面が局所作用するという、従来用いられてきた近似を行わず、より厳密な拡張作用をすると考えた場合に、ある閉空間の音場を高精度に数値解析するための手法を開発し、実際の音場における測定結果との比較検討を行った。その結果、壁の周辺部において、実効的な吸音率が、音響管法や統

計的手法によって求めた吸音率とは大きく異なるものとなることを初めて明らかにした。

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。

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、本研究グループは研究開始以来、この考え方の重要性を一貫して訴えてきた。平成6年度までに4次の試作を行い、良好な実験結果を得ている。本年度は、4次試作器の最適特性決定手法の開発を行った。

また、次世代のデジタル補聴器への適用を目指した両耳ラウドネス補償処理アルゴリズム開発のための研究を行った。更に将来的な応用を目指して、ウェーブレット変換を用いた不要音抑圧手法や、適応ビームフォーミングなど、基礎的なデジタル信号処理手法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、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。

また、環境騒音や道路交通騒音の予測手法、及び、その実証計測についても研究を行っている。

【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
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

【職員】

- | | | |
|-----|-------|-----------|
| 教 授 | 曾根 敏夫 | (1981年より) |
| 助教授 | 鈴木 陽一 | (1989年より) |
| 助 手 | 小澤 賢司 | |
| 助 手 | 高根 昭一 | |
| 技 官 | 齊藤 文孝 | |

【曾根敏夫プロフィール】1958年3月東北大学工学部電気工学科卒、1963年3月同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。東北大学工学部助手、同助教授、同教授を経て現職。大学院当時から、人間の聴覚を対象とする音響学の研究に従事。音響機器、ホールの音響特性の主観評価と物理特性の関連、聴覚における情報処理過程、騒音の評価と低減策、騒音中における音信号の伝送、音像の定位、デジタル補聴器、ラウドネス特性等の研究に従事。

【平成7年度の主な発表発表論文】

1. Weighted RLS adaptive beamformer with initial directivity, Futoshi Asano, Yôiti Suzuki, Toshio Sone, IEEE, Trans. on Speech and Audio Processing, 3, 424-428(1995).
2. 1次元振動インテンシティにおける近傍場成分の影響, 西村竜一, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, 曾根敏夫, 日本音響学会誌, 51, 763-768(1995).
3. ラウドネス補償型デジタル補聴器CLAIDHA, 鈴木陽一, 高橋辰, 曾根敏夫, 高坂知節, JOHNS, 11, 1294-1300(1995).
4. 2段階評定尺度法と1段階評定尺度法によるラウドネス関数の測定, 鈴木陽一, 伊勢友彦, 浅野太, 曾根敏夫, 大山健二, 高坂知節, Audiology Japan, 38, 803-816(1995).
5. A consideration on the difference limen for timbre of complex tones, Hisashi Uematsu, Kenji Ozawa, Yôiti Suzuki and Toshio Sone, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), 17, 105-108(1996)
6. Evaluation of the convergence characteristic of the filtered-x LMS algorithm in frequency domain, Gouyang Chen, Masato Abe and Toshio Sone, J. Acoust. Soc. Jpn.(E), 16, 331-340(1995)

生体コンピューティングシステム研究分野

無限定テクノロジーの設計原理の解明と その応用に関する研究

近代科学技術は急速に進歩し、今や近代社会を支える重要で不可欠な地位を占めるに至った。しかしながら進歩したが故に様々なひずみが生じていることも事実で、これを今後どの様に解決していくのが問われている。特に重大な問題は、技術と人間の乖離である。現在の方法論を推し進めていくと、技術を習得した熟練者のみが、その恩恵に与ることになり、万人に開かれた技術になりにくい。万人に開かれるた、人間との共生関係を前提とした人工物環境を実現するためには新しい設計原理が必要となる。

刻々と変化する無限定な環境に調和的に適応し、その中で一定の目的を持つ、運動、行動、作業、コミュニケーション等を行うことの出来る技術を無限定テクノロジーと呼ぶ。無限定な状況に適応するにはシステムが自律的でなくてはならない。この自律性を自然界で有しているのは生体である。従って、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が必要になる。本研究分野ではこれら生体の持つ自律的な活動を担う原理を明らかにしながら、それを応用して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。つまり、生命システムにおける自律性は「情報が自律生成される」ことであり、これを実験・理論の両面から研究を行い、それを工学的に実現することを研究している。

まず、一つには自在コマンドシステムの研究がある。本研究は目的をシステムに課すだけで、システムが無限定な環境情報を認識し、その状況に応じた制御情報を生成する原理を明らかにしながら、この原理を応用した自在コマンドシステムを作ることである。自在コマンドシステムとは状況が変化してもその状況に応じて操作者の目的を達成できる様な柔軟な機能を持つシステムを指す。そのためにはシステムと環境と操作者との関係を与えるものが必要で、そのためには操作者の意図を理解するシステムを構築する。無限定な環境下でシステムが機能するための制御情報をリアルタイムで作り出すシステムを製作する研究の一つとして、歩行ロボットを実際に作製した。本研究で用いた制御は、これまでのニューラルネットで行

われてきた静的な神経回路網ではなくて、自己と環境の関係を時々刻々取ることの出来る多形神経回路網である。この多形回路の生成機構を明らかにし、その成果を用いることによって、リアルタイムで負荷状況に対応した制御情報を自律的に生成する歩行ロボットを作成することに成功した。この制御方法は時々刻々変化する環境に対してリアルタイムで制御情報を生成する方法論として普遍性を持っており、その応用範囲は非常に大きいと言える。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」と言うことである。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。これをロボットに応用するとなると、ロボットを動かすアクチュエータとして現実的に考えられるのはDCモータである。DCモータを用いて進行方向に動かす機構としてチェビシェフリンクを用いた。幸いDCモータも筋肉と同様にある回転速度で回転するときには、最大の効率で回転するトルクが存在する。従って、昆虫ロボットにおいても6足に装着したモータをどんな負荷でも最適の効率で歩行する状態で目的速度を達成するように制御することである。これはモータの状態を検知器で検出することによって、生体と同様に最適な効率で動かすことが出来る。この方法論は現代の様々な動力機を並列に動かすときに用いることが出来る。例えば、将来は自動車は電気で駆動されるエンジンになることが予想されるが、その時は4輪に駆動モータを組み込むことになる。その4つのモータを常に最大効率で動かすことが出来れば、効率は飛躍的に上昇することが期待できるの

で、この方法論は非常に有用である。

さらに、本年度はこれまで不良設定問題として解決できなかった水平方向の複数音源の定位を可能にした。生物が意味のある情報を取り出すためには、予め意味のある情報を内的に表現しておき、内的な情報と入力情報の関係を定める必要がある。外界認識の場合の内的な情報表現は、システムと環境との関係を与える認知地図である。この認知地図は無限定な環境下では時々刻々変化する。システムが外界を認識するためには認知地図をリアルタイムで作らなくてはならない。予測不可能的に変化する環境にも対応できることは、制御情報をアルゴリズミックにシステム外部から与えなければ動かない従来のチューリングマシンとは本質的に異なる。聴覚による認知地図を生成するには両耳間の時間差と音圧差を異なる特徴抽出器で分類し、それを統合することで3次元空間を脳内に表現することが必要である。本年度はこの特徴抽出のうち水平方向の定位に重要となる両耳間時間差を取り出すことによって、水平方向の複数音源の定位の問題を研究した。一般に両耳間時間差を検出するだけでは、定位する音源は一意的には決定できない。それは左右の両耳間の音の時間差を、遅延回路で検出するだけでは位相多義性を生じる不良設定問題になるためである。

そこで実験を行い、低周波の方が高周波より定位が容易であり、倍音を加えると定位の正答率が上がる。これは各倍音間の位相差が音源定位に重要であることを示す。しかし倍音関係に無い周波数成分を加えるとさらに正答率が上昇し、その極限である白色雑音が定位の正答率が一番大きい。音源定位にはオンセットの情報と各周波数間の位相差が重要である。両者の役割を明確にする目的で、合成音源の各周波数の位相を揃えた音源と、ずらせた音源における定位の比較実験を行った。結果は位相差が揃った音源の方が、位相差がランダムな場合より定位の正答率が高く、周波数成分が多い方がさらに定位し易い。これは音源の遅延回路の位置間の関係情報を使って定位をしていることを意味する。さらに聴覚抹消モデルを用いて遅延回路の時間パターンを計算した。特徴の1番目は、周波数間の位相が揃っている場合は、位置検出細胞が正しい位置にあるものは時間的に連続したきれいな発火パターンになるのに反し、正しい位置に無い検出細胞は発火パターンが連続したものにならない。またオンセットの情報を使って音源を定位する特徴は、ある周波数に関する位置検出細胞をすべて切り取って、位置検出細胞間の時間的な変化を見ることによって明確になる。オ

ンセット直後は正しい位置にある位置検出細胞から両側に流れるような発火パターンが作られる。その後の変化は正しい位置にある検出細胞の方に流れ込むような、発火パターンを生成する。つまり両者は異なる特徴を持つ、発火パターンであるので、両者の情報を最適関係を取るように統合することによって、音源の定位が出来ることを示した。

職員

教授 矢野 雅文 (1992年より)

助手 牧野 悅也

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. 不特定話者の音声認識の研究

＜矢野雅文；福岡県久留米市生まれ、九州大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学、学術振興会奨励研究員、東京大学助手、講師、助教授を経て1992年より現職。物としての生物を研究することより、「こと」としての生命現象に興味がある。その究極は脳における情報生成にあると考え、通研に移ったのを機として本格的に脳の研究を開始する。チャレンジングなテーマゆえに時間も掛かると思われるが、腰を据えて取り組む予定。将来の情報システムの基礎を作りたい。＞

主な研究発表

1. 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)
2. Modulation of the feeding system by a radular mechanosensory neuron in the Terrestrial Slug, Incilaria Fruhstorferi S.Kawahara, M.Yano & H.Shimizu, J.Comp. Physiol. A, **176**, 193-203 (1995).
3. Environment-dependent self-organization of positional Information field in chemotaxis of Physarum Plasmodium, Y. Miyake, S. Tabata, H. Murakami, M. Yano & H. Shimizu J. theor. Biol. in press (1995).

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

分野の目標：

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、その延長としての生命状態の物理数学的理論の枠組みの構築、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なしには、脳機能の解明は不可能である。

過去1年間の主な成果：本研究室の研究分野は、主として3つに分けることができる。

[I] 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持って、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)これまで、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ており、これにより生命状態、一個の細胞生命から多細胞生命への遷移などが説明可能になった。これを検証する目的で、ヒドラ解離細胞集合体を用いて実験を行ない、初期の無秩序状態から、秩序的集団運動状態への遷移、また同時期におこる神経ネットワークの再生を定量的に検証した。

2)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モデルと接着分子を基礎にした化学的見地の相互関係を明かにする研究を進めている。

[II] 非線形非平衡系の普遍法則

自然現象や生命現象を含めた、複雑系における構造と情報の自己組織に関して、研究を行なっている。95年度の主たる成果は、

1)生物個体群の集団運動に関する新しいモデルを提案し、編隊、迷走、蚊柱など様々の典型的な群運動が同じ決定論の方程式で記述されることを示した。また、遷移がある無次元パラメータでコントロールされているという理論的予測を提案した。

2)非線形振動子が空間的に分布している系において、パラメトリック共鳴外力を印下すると、新しいタイプの界面や特異点が現われ、形を保存

または変形しながら自律的に運動する現象を発見した。また、これが非線形系の普遍的な方程式で説明できる可能性を示した。

3)非線形振動子の実験系として、帶電した微少ローターの回転系を開発し、実験とその解析を行なった。長距離相互作用を持つ非線形振動子の実験はこれまで見つかっていないので、注目すべき実験系である。

4)カオスノイズにさらされた粒子の周期ポテンシャル中での運動を解析し、ホワイトノイズとは全く異なり、対称性を破った一方向の運動が生ずることを示した。これは、カオスの持つ時間的対称性の破れが回復する現象であり、確率過程論や統計力学の基礎に照らしても新しい現象である。

5)フラクタルなど自己相似なパターンは、自然界に数多くあるが、これらを特徴づける新たな指標として、エントロピースペクトラムの概念を新たに提案した。

6)進化を記述するレプリケータ方程式において、無限個の周期アトラクターおよびストレンジアトラクターが存在することを初めて示した。

[III] ブレインコンピューター

1)ハードウエアニューラルネットの実装のため新アナログメモリSDAMを開発した。

2)プログラマブルなシナプス荷重値を持つパルス出力ニューラルネットの集積化を行なった。

3)生体ニューロンにヒントを得た、非対称な学習ルールを組み込んだハードウエアニューラルネットの開発を行なった。

4)フラクタル結合を持つ階層型ニューラルネットを提案し、汎化の問題に適用し、全結合ネットやランダム結合ネットに比べて高い汎化能力を有することを明かにした。

5)1次元でサイクリック結合を持つニューラルネットモデルにおいて、リミットサイクル解の存在数、安定性の解析を行なった。

職員

教授 沢田康次 (1972年より)

助教授 佐野雅己 (1990年より)

助手 早川美德

助手 早川吉弘

COE研究員 茶碗谷毅
 COE研究員 小松輝久
 学振研究員 大内則幸
 学振研究員 Antoine Naert
 学振研究員 Jean-Paul Rieu

教授のプロフィール：

60年代に固体中のプラズマの研究からスタートし、70年代に液体ヘリウムの超流動現象や各種音波の研究、ソリトンの研究、化学反応系や流体系に代表される非線形非平衡系の散逸構造の研究を行なう。80年代は、非線形系のカオスやフラクタルの研究、生物の形態形成の研究、超伝導量子磁束による量子コンピュータの開発を経て、現在までブレインコンピュータの原理と設計の研究を行なっている。

過去1年間の発表論文、解説記事、著書

1. T. Itayama and Y. Sawada : Development of Electrical Activity in Regenerating Aggregates of Hydra Cells, *The Journal of Experimental Zoology* 273, 519-526 (1995)

2. T. Mizuguchi and M. Sano : Proportion Regulation of Biological Cells in Globally Coupled Nonlinear Systems, *Phys. Rev. Lett.*, 75, 966-969 (1995)

3. N. Shimoyama, K. Sugawara, T. Mizuguchi, Y. Hayakawa and M. Sano : Collective Motions in a System of Motile Elements, *Phys. Rev. Lett.*, 76, 3870-3873 (1996).

4. T. Hondou and Y. Sawada : Dynamical Behavior of a Dissipative Particle in a Periodic Potential Subject to Chaotic Noise: Retrieval of Chaotic Determinism with Broken Parity, *Phys. Rev. Lett.*, 75, 3269-3272 (1995)

5. T. Kawagishi, T. Mizuguchi and M. Sano : Points, Walls and Loops in Resonant Oscillatory Media, *Phys. Rev. Lett.*, 75, 3768-3771 (1995).

6. H. Honjo and M. Sano : Entropy Spectrum of Self-Similar Patterns, *Prog. Theor. Phys.*, 94, 737-744 (1995).

7. T. Takeshita, T. Segawa, J. A. Glazier, and M. Sano : Thermal Turbulence in Mercury, *Phys. Rev. Lett.* 76, 1465-1468 (1996).

8. S. Chiba and Y. Sawada : Experimental Study on the Nonlinear Dynamics of Coupled Charged Rotators, *J. of the Phys. Soc. Japan*, Vol.65, No.2, 345-347 (1996).

9. Tsuyoshi CHAWANYA, A New Type of Irregular Motion in a Class of Game Dynamics Systems, *Prog. Theor. Phys.*, 94, 2, 163-179 (1995).

10. Tsuyoshi CHAWANYA, Infinitely Many Attractors in Game Dynamical System, *Prog. Theor. Phys.*, 95, 3, 679-684 (1996).

11. Y. Hayakawa, A. Marumoto, and Y. Sawada, Effects of Chaotic Noise on the Performance of a Neural Network Model, *Phys. Rev. E* 51, 2693-2696 (1995).

12. K. Nakajima, S. Sato, T. Kitaura, J. Murota, and Y. Sawada", Hardware Implementation of New Analog Memory for Neural Networks, *IEICE Trans. Electron.*, E78-C, 1, 101-105 (1995).

13. S. Sato, M. Yumine, T. Yama, J. Murota, K. Nakajima, and Y. Sawada, LSI Neural Chip of Pulse-Output Network with Programmable Synapse, *IEICE Trans. Electron.*, E78-C, 1, 94-100 (1995).

14. 沢田康次「自己組織の科学」北森俊行編, オーム社(共著), 1996.

15. 佐野雅己「時系列データからのカオスの診断法をめぐって」バイオメカニズム学会誌, 19, 90-96 (1995).

国際会議プロシーディング

16. T. Hondou and Y. Sawada : Dynamics of multi-stable systems under chaotic noise, in *Dynamical Systems and Chaos*, Vol.2 (Eds. Y. Aizawa, S. Saito and K. Shiraiwa, World Scientific) (1995) pp.282-287.

17. B. Chakraborty and Y. Sawada : A Hierarchical Fractal Net for Pattern Classification, *Proceedings of IEEE Conf. on Neural Networks ICNN '95*, Vol 1, (1995) pp.127-131.

18. B. Chakraborty and Y. Sawada : Feature Subset Evaluation using Fuzzy Measures, *Proceedings of ANZIIS' 95* (1995) pp.220-225.

19. B. Chakraborty and Y. Sawada : Improving Generalization with Fractal Connection, *Proceedings 1995 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA'95)*, (1995) pp.1033-1036.

20. C. Y. Park, K. Nakajima and Y. Sawada : Limit Cycles of One-Dimensional Neural Networks with the Cyclic Connection Matrix, *Proc. JTC-CSCL '95*, (1995) pp.715-718

21. H. Won, Y. Hayakawa, K. Nakajima and Y. Sawada : An Asymmetric Learning Rule Modified from Biological System, 1995 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA '95), (1995) pp.231-234

22. H. Won, K. Nakajima and Y. Sawada : Quantized Charge Transfer in SDAM for Neural Networks, *Proc. JTC-CSCL '95*, (1995) pp.362-365

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

○本研究分野の目標

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

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

本分野では、脳神経活動を計測可能な超高感度超伝導磁気計測デバイスの研究を行うとともに人工脳ともいべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力超伝導演算デバイスおよび人工神経回路の研究を行う。

○本研究分野の研究成果

1)酸化物超伝導単結晶スイッチングデバイスの提案を行った。このデバイスは超高速(スイッチ時間ピコ秒)，超小型(サブ μm サイズ)，超低雑音，THz帯増幅，大電流スイッチなどの特徴を持つ。

2)酸化物超伝導体の新規物性の探索を目的に、高品位La-Sr-Cu-O単結晶を用いたトンネル分光測定を行い、その層状構造に由来する周期的なポテンシャルに起因すると考えられる特異な状態密度の欠落構造を見出した。

3)高温超伝導体Y-Ba-Cu-O薄膜の高周波表面抵抗の測定を行い、薄膜中の粒界構造とそこにおける弱い超伝導性が表面抵抗を大きく左右することを明らかにした。

4)SrO-Bi₂O₃-CaO-CuO系の相平衡に関する研究によって、110Kに転移温度(T_c)をもつ高温相($n=3$;H相)の合成条件を確立した。本相は、基本的には $n=1$ 相($T_c \sim 10\text{K}$;R相)とn(CaO-CuO)の結合系から得られる。しかし、本相はX線的には单一相と同定し得るが一般に鋭敏な超伝導転移を示さない。転移幅(T)は組成比A(Sr:Bi)に依存し、 $A=1.0$ の条件

を必要とすることを見い出した。これは化学量的組成(2223)の有効性を示唆するが、その条件はPbOの導入によってのみ充足し得るものである。

5)Si基板上に異方性エッチングを用いて正確な角度をもつステップを形成し、それを用いてYBCOステップエッジ接合の作製に成功した。

6)YBCOジョセフソン素子のホワイトノイズ雑音を定量的評価したところ、雑音は主に素子の熱雑音に起因することが確認された。これはYBCO dc-SQUIDでもホワイトエネルギー分解能が低温で量子雑音限界に達する可能性を示唆した。この様な低雑音デバイスを実現するため、素子の基本パラメータを詳細に評価し、それに基づいてデバイスの最適設計、作製を試みた。その結果、予想通り4.2Kで量子雑音限界まで達するYBCO dc-SQUIDの動作が実証され、YBCOが高性能なSQUID材料として有望であることを明らかにした。

7)YBCOジョセフソン素子のミリ波固有雑音温度を評価したところ、動作温度に近い結果が得られた。更に、マイクロ波、ミリ波および遠赤外電磁波の照射により、YBCOジョセフソン素子は高温でもテラヘルツまで動作することを確認した。これらの結果により、YBCOジョセフソン素子はミリ波ないしサブミリ波帯での検出素子として有望であることが結論づけられる。

○職員

教 授 山下 努 (1991年より)

助教授 中島 健介(1993年より)

助 手 菅井 徳行

助 手 明連 広昭

助 手 陳 健

○山下努教授プロフィール

1939年4月11日生まれ、専門=電子デバイス工学、電子材料工学。研究分野=超伝導エレクトロニクスと超伝導材料。最終学歴=東北大学博士課程・電子工学専攻、1963年修了。工学博士<東北大学>1969年。学位論文「ジョセフソン素子に関する研究」。学会=応用物理学会、電子情報通信学会、電気学会。略歴=電気通信研究所助教授を経た後、

長岡技術科学大学電気系教授を歴任。南京大学情報物理系客員教授。著書「超伝導回路」共立出版(1981), 「薄膜ハンドブック」オーム社(1933), 「ジョセフソン効果の物理と応用」近代科学社(1988), 新潟日報文化賞受賞(1985)。

○発表論文

1)"Sub- μm^2 sub-ps Single Crystal Switching Gates by Cuprate Superconductors"

T.Yamashita and M.Tachiki

ISEC' 95, Sept. 18-21, Nagoya, 11-32

2)"Superconducting Neural Circuits Using SQUIDs"

Y.Mizugaki, K.Nakajima, Y.Sawada and T.Yamashita
IEEE, Trans. on Appl. Supercond., Vol.5, No.2,
pp.3168-3171, 1995

3)"Flip-flop Circuits using dc-biased coupled-SQUID gates"

Y.Mizugaki, K.Nakajima, and T.Yamashita

Inst. Phys. Conf. Ser. No148, Paper presented at
Applied Supercond., Edinburgh, 3-6 July,
pp.1713-1716, 1995

4)"White-noise Properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ Grain-boundary dc Superconducting Quantum Interference Devices"

H.Nakamura, J.Chen, T.Ogawa, and T.Yamashita

Jpn. J.Appl. Phys. Vol. 34, No.11 A, pp.L1448-L1451,
1995

5)"Extended Phase-Mode Logic-Circuits with Resistive Ground Contact"

T.Onomi, Y.Mizugaki, K.Nakajima, and T.Yamashita
IEEE. Trans. on Appl. Supercond., Vol.5, No.3,
pp.3464-3471, 1995

6)"Neuro-Base Josephson Flip-Flop"

Y.Mizugaki, K.Nakajima, and T.Yamashita

IEICE Trans. Electron., Vol.E78-C, No.5, pp 531-534,
1995

7)"Atomic oxygen effect on the in situ growth of stoichiometric $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ epitaxial films by facing targets 90 off-axis radiofrequency magnetron sputtering"

G. Oya, C.Diao, S.Imai, T.Uzawa, Y.Sawada, T.Sugai,
K.Nakajima, and T.Yamashita

J. Appl. Phys., Vol.77, No.11, pp.5809-5818 1995

8)"Successful fabrication of bicrystal Si substrates for $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ Josephson junctions"

S.J.Kim, H.Myoren, J.Chen, K.Nakajima, and
T.Yamashita

Cryogenics Vol.35, No.12, pp.901-903, 1995

9)"Millimeter Wave Mixing in Thin-Film YBCO

Josephson Junctions"

T.Nozue, Y.Yasuoka, J.Chen, and T.Yamashita

Electronics and Communications in Japan, Part 2,
Vol.78, No.8, 1995

10)"高温超伝導体素子の展望と新しい単結晶エレクトロニクス"

山下努

までりあ, 第34卷, 第12号, 1384-1388, 1995年

11)"中間CIP法による高温超伝導体の磁気シールド特性の向上"

石井守, 塚本恵三, 下嶋浩正, 山岸千丈, 高田雅介, 山下努

Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol.103,
No.12, pp.1243-1245, 1995

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

○分野の目標

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視覚、聴覚などの諸感覚器官を通しての知覚過程に対する理解が不可欠である。

それは、一つには、人間の脳に比肩する高度な情報処理能力をもつコンピュータは、当然のことながら人間と同様の知覚情報処理能力をもつことが期待されるからである。更には、そのような高度のコンピュータは、人間のさまざま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、すなわちマルチモーダルコミュニケーションの能力を有することが期待される。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。

人間の知覚過程においては、それぞれの過程が独立な情報処理過程として機能しているばかりでなく、複数の知覚過程が影響を及ぼし合い、連係りて機能している。すなわち、知覚過程のクロスモダル性である。

「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ダル性に着目し、音、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などに基礎資料を提供するものと期待されている。

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。

○過去1年間の主な成果

時間変動音の知覚について研究を行っているが、最初は、振幅変調音の知覚を対象に実験的研究を進めてきた。

[ランダム振幅変調の知覚に関する研究] この研究の主な目的は、変調波および搬送波の周波数の関数としてのランダム振幅変調の検知限を考察することである。ランダム振幅変調は、ガウス過程から取られた標本関数 (modulator) で純音キャリアを振幅変調することによって得られた。実験で使った変調周波数は、 $f_m = 4, 16, 64, 128, 256, 512, 1028\text{Hz}$ であり、キャリアの周波数は $f_c = 250, 1000, 4000, 6000\text{Hz}$ で、音の提示レベルはラウドネスレベル 70 phon であった。

2つの実験を行った。実験1は、一定の変調周波数で、振幅のみランダムに変化させた場合の検知限に関するものであり、実験2は、振幅と変調周波数の両方を、同時にランダムに変化させた場合の検知限を扱ったものである。得られたデータから、低い変調周波数 f_m では、正弦波による振幅変調の検知限、一定変調周波数におけるランダム振幅変調の検知限、および振幅と変調周波数の両方をランダムとした場合の検知限が、ほぼ一致することがわかった。しかしながら、実験1によれば、キャリアの周波数と変調周波数が高い場合、変調周波数のある範囲では、ランダム振幅変調（変調周波数一定）の検知限は、正弦振幅変調の検知限より小さい傾向がある。実験2では、変調周波数と振幅の変化が共にランダムの場合、ランダム振幅変調 (f_m : ランダム) の検知限は、高いキャリア周波数において、変調周波数のある範囲で、ランダム振幅変調（変調周波数：一定）の検知限にくらべ 3 ~ 6 dB 減少することが示された。

[時間変動音の両耳知覚に関する研究] 両耳で音を聴く場合、聴覚系は、単耳では得られないさまざまな物理的手掛けりを利用することができます。両耳に入る音の間に、時間や強さの差があったり、頭や耳介による陰影効果のためスペクトルに差が生ずれば、それらが知覚に影響を与える。両耳受聴の場合、音をスピーカから提示するか (localization), ヘッドホンによって提示するか

ブレインコンピューティング研究部門

(lateralization) が重要である。自然環境においては、音源の距離や方向を知覚することも重要である。両耳受聴の研究は、普通、両耳間時間差と両耳間強度差を基本として行われる。低い周波数では、両耳間時間差が重要であり、高い周波数で強度差が重要であることは、よく知られている。ここでは、振幅変調波の変調度を両耳の間で変えた場合に知覚される等価変調度を調べている。すなわち、正弦波で変調した音の変調度を変えた刺激を左右の耳に与え、全体として知覚される変調度と等しい単耳変調音を選択させることによって、等価変調度を求めた。結果は、変調指数が小さい場合、等価変調度は、両耳の変調度の算術平均にほぼ等しいことがわかった。逆に、変調指数が大きい場合、知覚される変調度は、両耳の音の変調度の算術平均より小さくなる。これに基づいて、振幅変調音の両耳情報処理のモデルを考案中である。

○職員名

教授 エドワード・オジメック（1995年9月より）

○教授のプロフィール

1961年にポーランドのアダム・ミツケビッヂ大学で物理学修士を、1968年には同大学で理学博士の称号を受け、同大学助教授を経て、現在同大学音響研究所教授。1995年9月より、東北大学電気通信研究所の客員教授。これまでの主な研究テーマは、聴覚における時間変動音の知覚、および音の伝搬変形に着目した室の音響特性の評価の研究であるが、他に音響計測および音響診断、騒音制御などの研究にも従事してきた。

○過去1年間の発表論文等

なし。投稿準備中の論文が2編ある。

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・高機能情報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いく情報を、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

知的情報化社会の基盤を支え、21世紀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が固体電子工学研究分野の目標である。

そのために、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、さらにシリコンデバイスを構成する材料として絶縁膜、配線材料およびコンタクト材料などの研究を行う。さらにシステムからみた新しいアーキテクチャーおよび回路を持つ半導体装置の研究を行う。

2. 分子電子工学研究分野

本分野では半導体プロセスで用いられる結晶・薄膜の(1)成長・堆積および(2)評価研究を行っている。(1)では、超高真空化での化学反応を用いて単原子層単位で成膜制御するガスソース分子線エピタキシー(GSMBE)を中心に、その表面素過程の解明とプロセスの低温・高品質化を、また(2)では、作られた結晶・薄膜の結晶構造、化学状態の各種表面分析手段による評価から、それらとデバイス特性との関連を明らかにすることを目標としている。さらにこれらの研究を支える基幹技術である(3)放射線利用技術および超高真空発生技術の研究も行っている。95年度の成果は以下の通りである。

(A) Si GSMBEに関する研究

Si GSMBEにおける水素脱離過程を、n型ドーパントであるフォスフィン吸着Si表面の場合について調べ、Si表面上のPは(a)脱離エネルギーの増大、および(2)反応次数の高次化という2因子を通して水素脱離を抑制可能であることを明らかにした。

(B) 半絶縁性GaAs中の深い準位に関する研究

GaAs結晶の半絶縁化に有用な固有欠陥であるEL2の同定と制御を目指し、EL2を最も特徴づける低温光学効果であるフォトクエンチング効果を取り上げて、その微視的機構の解明を行った。その結果、①従来EL2準位単独で起こると考えられてきたフォトクエンチング効果が、実は深いアクセプタ型準位の荷電状態変化が引き金となって起こっていること、②それゆえEL2は複合欠陥である可能性が高いことを明らかにした。

3. スピンエレクトロニクス研究分野

本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、本年度は主として以下のような成果を得た。

磁性材料に関しては表面エネルギー制御技術を利用することにより、3%方向性珪素鋼の新たな作成方法の開発に成功した。この材料は含有不純物量を極度に低下させた熱延板を冷間圧延し、特殊な雰囲気制御熱処理を施すことにより作製され、極低損失、低騒音特性が得られており、将来有望な電力用新磁性材料となるものといえる。

マイクロ磁気デバイスに関しては、マイクロ電源用磁性薄膜の高周波磁化曲線を10MHz、5Oeの大振幅のもとで測定可能な装置の開発、ならびに1.5GHzまでの透磁率の新測定法の開発に成功した。これら装置は共に世界初のもので今後の磁性薄膜の開発、マイクロ磁気デバイス研究の進展に不可欠な

もので、平成8年度にはいずれも実用化される見込みである。

マイクロ磁気アクチュエータに関しては歩行形、遊泳形、飛行形マイクロ磁気アクチュエータを考案し実現すると共に、その運動のメカニズムについて理論的解析を行った。

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

垂直磁気記録を基礎とする超高密度情報ストレージ方式とそれを用いる大容量高速ファイルシステムの実現を目指して研究を行ない、主として以下のような成果を得た。

超高密度でデータを記録するには、制御されたナノスケールの微細構造を持つ高分解能で低ノイズの記録メディアを作製できることが先ず必要である。このために、本所附属工場と連携して内壁を特殊加工したアルミニウムチャンバーを持つ多元スパッタ装置の試作を完了した。この装置で残留不純物ガスを低減した清浄雰囲気を実現し、本分野で提案した構造のプラズマ閉じこめ型の新規スパッタターゲットを用いて、良好な結晶性と平滑な表面性を持つ微粒子性メディアの作製法について研究を進めている。

このメディアに対して並列型信号処理方式に基づく新しい記録再生方式を試みた。記録ヘッドとしてサブミクロン幅の狭トラックユニットを複数配列した広帯域並列記録ヘッドを試作し、0.5ミクロン幅300k FRPIの狭トラック高密度マルチトラック記録を確認した。また、このための信号処理方式として、3値論理を用いる新変復調方式を確立し、実際に再生信号から復調可能なことを検証した。

さらに、サブミクロントラック幅領域での記録現象を解析して的確な設計指針を導くために、3次元に拡張した大規模コンピュータシミュレーションを開発した。本シミュレーションで超高密度記録の可能性を検証したところ、垂直磁気記録によって数十ナノメータの微小ビットに記録でき、1平方インチ当たり 10^3 ギガビットの超高面記録密度が可能なことを理論的に確かめた。

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、光電変換デバイスの基礎を固めるのが本分野の目標である。表面の物理・化学現象を原子・分子レベルで理解し、その結果を原子レベルで制御された機能性表面・界面および薄膜の作製、発光素子の開発、光エネルギー変換などに応用する。また表面超微細構造の物性を計測するための新しい手法を開発することも目標としている。

現状はレーザー・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の発光分光(STM発光分光)などの測定手段を用い、主に超高真空環境下で表面・界面物性の研究を行っている。また、分子線蒸着装置(MBE)を用いた半導体微細構造作成に関する研究も開始した。

成果としては、Ni(111)面上の数分子層以下の厚さのニトロベンゼンの紫外光レーザー・ラマン分光、SHGによるCs/O₂/GaAs系の表面電子状態の研究、光学的手法による液晶の配向膜の分子配向測定法の確立、数分子層オーダーの薄い膜厚を有するGaAs-AlAs超格子のHREELS測定と誘電関数理論との比較解析、ポーラスSi表面上の個々のSi微粒子および薄い酸化膜上の個々のAu微粒子のSTM発光分光、などがある。

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。本年度は主としてアモルファス合金および酸化物とナノ結晶材料を取り上げ研究を行い、高磁歪と軟磁気特性を合わせもつTb-Ho-Feアモルファス合金薄膜の開発に成功した。またLiNbO₃単結晶基板を用いた弾性表面波ソリトンの生成、Bi₂O₃-Fe₂O₃-PbTiO₃系アモルファス酸化物の作製と強磁性と強誘電性の共存を確認した。

固体電子工学研究分野

知的情報化社会の基盤を支える 新しい半導体デバイス・システムの研究

知的情報化社会の基盤を支える新しい半導体デバイス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、バーディン及び布拉ティーン等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発展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スタの成長は、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続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きた。牽引車としての第一の条件は、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もっている事である。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30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。

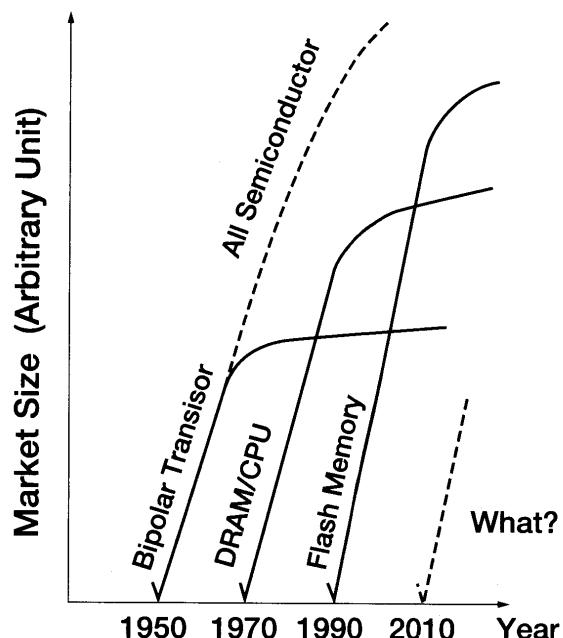
フラッシュメモリは順調に成長すると見込まれ

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ように、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出来なくなる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.

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

職員

- 教 授 夔岡富士雄（1996年より）
講 師 遠藤 哲郎（1995年より）
助 手 桜庭 弘
技 官 酒井 俊章

教授のプロフィール

1971年 東北大学 大学院工学研究科電子工学博士過程修了。工学博士。
1971年（株）東芝 総合研究所 入社。
1994年 退社。同10月 東北大学情報科学研究科教授。
1996年4月 東北大学電気通信研究所教授。
2層多結晶シリコンを用いたEPROMの発明で昭和55年度全国発明表彰発明賞。昭和53年度第一回渡辺賞。その他フィールドシールド、多層配線、DRAM、SRAM、EPROM回路及びフラッシュEEPROM等の発明で関東地方発明表彰発明奨励賞6回受賞。1995年IEEE Fellow Award。最近ではフラッシュEEPROM及びNAND型EEPROMの発明者として知られる。

過去1年間の発表論文、解説記事

1. H. Yamashita, M. Sasaki, S. Ohsawa, R. Miyagawa, E. Ohba, K. Mabuchi, N. Nakamura, N. Tanaka, N. Endoh, I. Inoue, Y. Matsunaga, Y. Egawa, Y. Endo, T. Yamaguchi, Y. Iida, A. Furukawa, S. Manabe, Y. Ishizuka, H. Ichinose, T. Niiyama, H. Ihara, H. Nozaki, I. Yanase, N. Sakuma, T. Sakakubo, H. Honda, F. Masuoka, O. Yoshida, H. Tango, and S. Sano. “A 2/3 - in 2 Million Pixel STACK - CCD HDTV Imager” , IEEE J. of SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 30. NO. 8. PP. 881-889, AUGUST 1995.
2. S. Watanabe, K. Tsuchida, D. Takashima, Y.

Oowaki, A. Nitayama, K. Hieda, H. Takato, K. Sunouchi, F. Horiguchi, K. Ohuchi, F. Masuoka, and H. Hara. “A Novel Circuit Technology with Surrounding Gate Transistors (SGT's) for Ultra High Density DRAM's”, IEEE J. of SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 30. NO. 9. PP. 960-971, SEPTEMBER 1995.

3. 夔岡富士雄、「半導体メモリー」、テレビジョン学会誌、VOL.49.NO.10.PP.1365-1372,1995.

分子電子工学研究分野

半導体プロセスの表面科学

—原子オーダ制御に向けて—

本分野の目標と研究概要

本分野では半導体プロセスで用いられる結晶・薄膜について、(1)これらをどう作るか(結晶成長・薄膜堆積)、(2)これらをどう観るか(結晶・薄膜評価)を研究している。(1)では、超高真空下での化学反応を用いて單原子層単位で成膜制御するガスソース分子線エピタキシー(GSMBE)を中心に、その表面素過程の解明とプロセスの低温・高品質化を目指している。(2)では作られた結晶・薄膜の結晶構造、化学状態を光電子分光法、赤外吸収法、オージェ電子分光法、昇温脱離法、トンネル顕微鏡、高速反射電子線回折などによって評価しており、それらとデバイス特性との関連を明らかにすることを目標としている。さらにこれらの研究を支える基幹技術である(3)放射光利用技術および極高真空発生技術の研究も行っている。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持ち合わせている。また極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。

従来、薄膜評価は成膜プロセスの終了後に別の場所で行われてきたが、GSMBEという超高真空成膜プロセスを採用することで、成膜中にこれを行うことが可能になった。本分野では上に述べた各種表面分析手段をプロセス装置に組み込み、結晶成長あるいは酸化プロセスにおける表面化学反応を原子・分子レベルで明らかにしている。これらの知見はGSMBEに限らず従来のCVDプロセスの表面化学の解明にも大いに貢献している。本分野では評価結果を成膜条件にフィードバックさせる〈その場評価・制御プロセス〉、あるいは分子・原子の物理・化学的な特性を利用した〈自己組織化プロセス〉の構築をさらにめざしている。

主な研究成果

(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。**解説3**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、(d)Geの混入はSi表面の水素脱離過程を促進すること——等を明らかにしている。

成長表面からの水素脱離は水素化原料ガスを用いたGSMBEあるいはCVDにおける重要な素過程であるが、これについては前年度までに、(a)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、(b)シランにゲルマンを添加した場合、成長低温領域において水素脱離過程が促進されること、を明らかにしている。95年度はさらに、この研究をSiエピタキシープロセスにおける重要なn型ドーパントであるフォスフィン吸着Si(100)表面からの水素脱離過程へと展開した(**論文3**)。その結果、Si表面上のPは(a)脱離エネルギーの増大、および(b)反応次数の高次化という2因子を通して水素脱離を抑制することを明らかにした。

(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」観察すると单原子層の成長に伴って光電子強度が振動する光電子強度振動現象を初めて見いだしている。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現在明らかになっている。現在、この現象に励起光の偏光性が本質的かどうかを解明すべく研究を進めている。

(3)半絶縁性GaAs中の深い準位(論文2, 4)

今日の移動体通信に欠くことの出来ない化合物半導体デバイスの材料的基礎となるGaAs結晶であるが、結晶中の点欠陥の種類、密度、同定、点欠陥相互の電荷補償関係はいまだ完全に理解された

とは言いがたい。中でも結晶の半絶縁化に有用な固有欠陥であるEL2は、その長い研究の歴史にも関わらず、その微視的構造の同定が依然として論争の渦中にある。今後、結晶を一層高品質化するためにはEL2の同定と制御は避けて通れない問題であり、このため本分野ではEL2を最も特徴づける低温光学効果であるフォトクエンチング効果を取り上げ、その微視的機構の解明を行った。その結果、①従来EL2準位単独で起こると考えられてきたフォトクエンチング効果が、実は深いアクセプタ型準位の荷電状態変化が引き金となって起こっていること、②それゆえEL2は複合欠陥である可能性が高いこと、を明らかにした。

職員

教 授 宮本信雄（1979年より1996年3月31日）

助教授 末光眞希（1990年より）

助 手 遠田義晴

研究テーマ

1. Si系(Si, SiGe, SiC)GSMBEの表面化学
2. ドーピングの表面化学
3. 熱酸化膜形成初期過程と電気特性
4. 光電子強度振動法による半導体結晶成長その場モニター
5. 光電子分光法による半導体／半導体、金属／半導体、酸化膜／半導体の界面構造
6. 化合物半導体点欠陥の評価と制御
7. 化合物半導体表面欠陥とデバイス特性
8. 燃焼炎法によるダイヤモンド微結晶薄膜形成
9. 極高真空技術の開発と半導体プロセスへの応用

教授のプロフィール

1956年東北大学理学部地球物理学科を卒業後、選鉱製錬研究所を経て1979年より固体電子工学研究部門、1991年からは分子電子工学研究部門（現物性機能デバイス研究部門分子電子工学研究分野）を担当、また1994-1995年度には電気通信研究所長を歴任した。専門は半導体結晶工学で、最近は光励起プロセスおよび極高真空の半導体プロセス応用に関心を持って研究を行っている。

主な研究発表

＜論文＞

1. In situ deoxidization/oxidization of a copper surface: A new concept for attaining ultralow outgassing rates from a vacuum wall, F. Watanabe, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, J. Vac. Sci. Technol. Vol. A13, No. 1 (1995), pp. 147-150.
2. Deep-acceptor-mediated photoquenching of the midgap donor EL2 in semi-insulating GaAs, M. Suemitsu, H. Takahashi, and N. Miyamoto, Phys. Rev. Vol. B52, (1995), pp. 1666-1673.
3. Hydrogen desorption process of Si(100)/PH3, D. S. Yoo, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, J. Appl. Phys., Vol. 78, (1995), pp. 4988-4993.
4. The role of a 70-80 meV acceptor in the photoquenching of EL2, M. Suemitsu, H. Takahashi, Y. Sagae, and N. Miyamoto, Materials Science Forum (Trans Tech Publications, Switzerland), Vols.196-201 (1995), pp. 1037-1042.

＜解説記事＞

1. 半導体と真空, 末光, 「SUT Bulletin」(1995), 4月号, pp.15-19.
2. HF/UVOCクリーニング, 末光, 庭野「フッ素化学が拓くプロセスイノベーション」(1995)
3. Growth kinetics of SiGe gas-source molecular beam epitaxy, M. Suemitsu
Current Topics in Crystal Growth Res., 1(1994), pp. 35-46.

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

分野の目標 携帯機器やインターネットの普及をバックグラウンドとして、高密度高速度情報通信へのニーズは益々高まっている。本分野では、磁性薄膜をキーマテリアルとしたマイクロデバイスの微細加工プロセスを開発し、情報通信機器に数多く使用されているバルク状のコイル、トランス、鉄心をマイクロ化・集積化した磁気デバイスに置換し一層の小型化・高機能化を推進するとともに、次世代情報通信機器の入出力に関わるマイクロ磁気センサ、マイクロ磁気アクチュエータを具現化してゆく。更に薄膜インダクタ・トランスをキーデバイスとした高効率超薄型電源や、超低損失かつ低騒音の電力用変圧器材料の開発を通して、高度情報化社会を支える電気エネルギーの高効率利用技術を推進する。

以上の目標を達成するためのデバイス面からのガイドラインは、磁性体の高周波利用(～3GHz程度)と磁気デバイスの微小化である。磁性体の高周波特性はナノメートルオーダーの磁気的微細構造のゆらぎに支配され、デバイスの微細化の極限は結晶粒径に強く依存することなどに着目すれば、次世代材料の開発はナノメートルオーダーの磁気物性、微細構造の解明と制御技術に基盤が置かれるることは明らかである。すなわち磁気発生の根元である電子スピンのオーダーを意識した新材料(スピニックマテリアル)の開発を機軸に、デバイスプロセス、設計法ならびに測定技術などを総合的に推進することによって、電子スピンとエレクトロニクスを融合させた高度高機能デバイスシステムが初めて実現可能となる。スピニエレクトロニクスという分野名称はこのような理念に立脚したもので、本分野の長期的な方向性を示したものである。

過去1年間の主な成果

(a) 磁性材料の微細構造と磁気特性

二軸方向の磁化成分を検出可能な高感度振動試料型磁力計(二軸VSM)を用いて、磁性薄膜の磁気特性の微視的不均一性を定量的に評価する手法を確立し、ナノメートル領域における異方性分散の低減がGHz対応磁性薄膜材料の基本的開発指針となることを明らかにした。

一方、表面結晶構造制御を利用した手法により

超低損失・低騒音電力用変圧器鉄心材料の開発に成功し、ppmオーダーの微量不純物が再結晶組織ならびに磁気特性に著しい影響を与えることを示した。更に、磁区構造と損失との関連を走査型電子顕微鏡による動的磁区観察より明らかにした。以上より、スピニックマテリアルのキーワードは不純物量、界面あるいは微小領域の制御であることをアピールした。

(b) マイクロ磁気デバイスの微細加工プロセス

Fe,Co,Niなどの磁性元素は難エッチング材料であり、半導体プロセスで常用される反応性イオンエッチング(RIE)の適用が困難である。このため磁性薄膜の微細加工には、従来から基板への損傷をある程度覚悟してイオンミリングが適用されてきた。この問題を解決すべく電気化学的手法による磁性薄膜・導体厚膜の形成を試み、膜組成の均一性、磁気特性、電気的特性などについて基本的知見を得た。

(c) 薄膜インダクタのマイクロ電源への応用

携帯機器の小型化を促進するためには電源装置の小型集積化が必要である。マイクロ電源では単位体積当たりの電力取扱量(エネルギー密度)を高める必要があり、必然的に磁性薄膜は飽和磁束密度に近い高磁束密度領域で使用される。本年度はマイクロ電源用薄膜インダクタをスパッタ法ならびにイオンミリングにより試作するとともに、大振幅通電時における高周波帯の電気的特性と温度上昇を計測・解析可能な計測システムを新たに開発した。その結果、温度上昇50度に対して渦電流損失を含む交流抵抗は4Ω以下との数値目標を得た。

更に磁性薄膜単独の透磁率と高周波磁化曲線を10MHz, 5Oeの大振幅励磁のもとで計測可能な装置を開発し、高周波励磁における磁性薄膜の飽和現象と電源への応用に関して有益な知見を得た。大振幅励磁と高周波励磁は互いに相入れない要素を内包しており、その装置限界を明らかにした点で有用な成果である。

(d) マイクロ磁気アクチュエータ

簡単な構造で歩行、飛行ならびに遊泳が可能なマイクロ磁気アクチュエータを考案するとともにcmサイズの拡大モデルを試作し、磁気トルクを駆

動力とすれば外部磁界によるワイヤレス駆動が可能でかつ従来にない形態のアクチュエータが実現可能であることを実証した。マイクロマシンの動力源への応用が期待される。とくに小形の飛行機構は世界に先駆けて本研究分野で実現されたものである。新聞報道等により専門家だけでなく一般市民からも大きな関心を呼んでいる。

一方、静電力あるいは圧電材料の機械的な歪みを磁歪薄膜に弹性結合し、微小な機械的歪みを磁性薄膜の透磁率の変化として出力する薄膜センサデバイスを開発し、磁気-弹性結合型の新形式のマイクロ磁気デバイスが実現可能であることを示した。可変遮断周波数LCフィルタ等への適用が期待される。

(e) 超高周波磁気計測技術

本年度は微弱磁界検出用無共振コイルを試作し、3GHzまでの微弱磁界を計測しうる可能性を示すとともに、これを用いて磁性薄膜の高周波透磁率を1MHz-1.5GHzまで一括して計測可能な新システムを世界に先駆けて開発した。高周波透磁率はナノメータオーダの磁気的微細構造を解析する有力なツールであり、同時にマイクロデバイスの性能に直接反映されるパラメータでもある。平成8年度には実用化される見込みである。

さらにこのコイルが容易にアレー化できる点に着目し、情報通信機器用回路基板からの電磁ノイズマッピングに応用した。

(f) その他

スピニックマテリアル開発、マイクロ磁気デバイス、超高周波磁気計測などの分野で、企業との共同開発を積極的に進めている。1996年度にはFIB(Focused Ion Beam)とSQUID磁束計が本研究所に導入される見込みなので、これらを活用しながら微細領域における磁気物性探求に本格的に取り組む予定である。

職 員

教 授 荒井賢一（1986年から）

助教授 山口正洋（1991年から）

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. 高機能スピニックマテリアルの創製
2. 磁気デバイスの微細加工プロセス
3. マイクロ磁気デバイス・マイクロ磁気アクチュエータの開発
4. 超高周波磁気計測技術

教授のプロフィール

1966年3月 東北大学工学部電子工学科卒業

1971年3月 同学大学院工学研究科博士課程修了

1971年4月 同学助手、電気通信研究所

1975年4月 同学助教授、電気通信研究所

1986年4月 同学教授、電気通信研究所

主として軟質磁性材料の研究およびマイクロ磁気デバイス、マイクロ磁気センサ、アクチュエータなどのスピニックスデバイスの研究に従事。

過去1年間の主な発表論文

1. Observation of Dynamic Domain Patterns using Lorentz SEM, Y. H. Kim, K. I. Arai, Journal of Korean Magnetics Society, **5**, 885-891 (1995).
2. High Frequency Magnetic Field Sensing Coil Using Microstrip Lines, M. Yamaguchi, S. Yabukami, K.I. Arai, IEEE Trans. on Magnetics, **31**, 3173-3175 (1995).
3. Fabrication of Small Flying Machines Using Magnetic Thin Films, K.I. Arai, W. Sugawara, K. Ishiyama, T. Honda, M. Yamaguchi, IEEE Trans. on Magnetics, **31**, 3758-3760 (1995)
4. Measurement of Anisotropy Dispersion in Soft Magnetic Films with Quantitative Estimation, K. Ishiyama, A. Toyoda, K. I. Arai, K. Okita, IEEE Trans. on Magnetics, **31**, 3841-3843 (1995).
5. Production of Ultra Thin Grain Oriented Silicon Steel Sheets, M. Nakano, K. Ishiyama, K. I. Arai, IEEE Trans. on Magnetics, **31**, 3886-3888 (1995).
6. Characteristics of Magnetic Thin-Film Inductor at Large Magnetic Field, M. Yamaguchi, H. Okuyama, K.I. Arai, IEEE Trans. on Magnetics, **31**, 4249-4251 (1995).

（一般論文11件、招待講演3件）

解説記事

1. Microactuators Using Magnetostrictive Thin-films, K. I. Arai, T. Honda, Journal of Advanced Automation Technology, **7**, 277-280 (1995).
2. 磁性薄膜の磁歪現象を用いた新タイプのマイクロアクチュエータ,荒井賢一,本田崇, M&E, **22**, 116-122 (1995).
3. マイクロ磁気デバイスと微細加工技術,山口正洋,荒井賢一,粉体および粉末冶金, **42**, 1145-1150 (1995).

情報記録デバイス工学研究分野

スピニックストレージとそのテラビット 情報ストレージシステムへの応用の研究

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普及が進んでいる。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。すなわち、伝達と演算の高速化に伴い、取り扱う情報量が飛躍的に増大し、これを蓄積するファイルシステムの大容量化・高密度化と高速化が全体のシステムの性能を決める重要な要因になりつつある。

特に動画情報を中心とする大容量情報の普及はテラバイトクラスの超大容量高速ファイルシステムの実現を求めている。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可能性が再び注目されている。ただし、実用方式として具体化するには、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、などをシステム的に検討する必要がある。

本分野ではこのような背景で研究を行ない、以下に示す主な成果を得た。先ず、昨年度までに達成した1平方センチ当たり2ギガビットの記録密度を、マルチトラック記録に発展させた。即ち、0.5ミクロン幅という超狭トラックのヘッドユニットを複数配列した広帯域ヘッドを試作して記録再生を行なった。図には、高分解能磁気力顕微鏡で記録ビットを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の能力を新しい面から引き出すものである。

さらに、サブミクロンという超狭トラック領域での記録現象を解析し的確な設計指針を導くために、ヘッドメディアの磁気特性を精密にモデル化した3次元の大規模コンピュータシミュレーションを開発した。本シミュレーションを用いて超高速記録の可能性を検証したところ、垂直磁気記録によれば飛躍的に高密度のナノメータサイズの微小領域で記録ができ、1平方センチ当たりテラビットの記録密度が可能であることを理論的に確

かめた。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に記録することになる。このような超高密度の記録を実現するには、これまで必ずしも明らかでなかった磁性膜の成膜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ことが先ず不可欠である。このために、本所附属工場と連携して内壁を特殊加工したアルミニウムチャンバーを持つ多元スパッタ装置を試作した。本装置は残留不純物ガスが低減でき、清浄雰囲気中でディスク媒体が成膜可能である。この装置に本分野で提案しすでに実験を進めているプラズマ閉じこめ型の新規スパッタターゲットを装備して、良好な結晶性を持つ微粒子性垂直磁化メディアの作製を検討している。

一方、新しい展開として、スピニク偏極トンネル効果を用いる固体磁気メモリ素子（MRAM）の研究にも着手し、軟磁性膜／非磁性膜／半硬質磁性膜の積層膜構造を持つ弱結合型の新構造を提案した。さらにこの原理に基づいた多ビット素子の試作実験を行ない、メモリ動作を確認している。本素子はスピニクの反転を用いるもので、半導体メモリに比べて超高速動作が可能な利点を持つ。

以上の高密度ストレージに共通するのは、もはや連続磁性薄膜に情報を記録するというマクロな考え方では不十分な点である。むしろ、記録媒体構成要素の最小単位である単磁区磁性微粒子あるいは電子スピニク群に情報を書き込むという新規の概念の方が、これらの研究を統一的に理解するために適当と考えられる。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。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いたストレージシステムの設計原理を導く必要がある。

本分野では、この新しい指導原理を導入して今後の発展を図るために、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製とそのナノスピニク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、昨年度には、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開催した。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クスの量子論的研究、ナノ構造でのスピニクス挙動の研究、ナノスピニクスメモリやスピニクストレージへの展開に関する研究、などである。本研究会では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い、活発な議論を通じてこの新規学問分野に対する理解が深まった。この活動は基礎理学分野での研究を工学的に考え直すことで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3年に一度「垂直磁気記録国際会議」を開催しているが、これを補完して国内会議である「垂直磁気記録シンポジウム」を主体的に運営している。平成7年10月には、第4回を裏磐梯で約100名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。本分野からは、清浄雰囲気を実現できる新規アルミチャンバを用いて成膜した低ノイズメディア、高再生感度MRヘッドを用いた垂直磁気記録の高出力化、マルチトラック並列型記録方式などを発表した。この会議では、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（1987年より）
 助教授 村岡 裕明（1992年より）
 助手 丹 健二
 助手 清水 幸也
 技官 渡辺 功

教授プロフィール

昭和43年東北大学大学院工学研究科博士課程了。同年、同大電気通信研究所助手、昭和46年助教授を経て、昭和62年より教授、現在に至る。磁気記録の高密度化に関する研究、とくに磁気記録機構の解明と超高密度磁気記録方式の研究開発に従事。セルフコンシスティントベクトル記録理論の確立、垂直磁気記録方式の研究、高分解能高感度磁気ヘッドおよびそのマイクロ加工と物性の研究などを行ない、最近は大規模計算機シミュレーションの研究や超高密度スピニクストレージの提唱とその記録再生理論の研究、高速大容量ファイルシステムの研究などに従事。電気学会、電子情報通信学会、テレビジョン学会、日本応用磁気

学会、各会員。IEEEシニアメンバー。

研究テーマ

1. サブミクロン幅マルチトラック記録の研究
2. 薄膜コイル型高感度広帯域単磁極ヘッドの研究
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
5. スピントンネリングメモリの研究

主な研究発表

1. Extremely high-density magnetic information storage, -Outlook based on analysis of magnetic recording mechanism, Y. Nakamura, IEICE Trans. Electron., E78-C, 11, 1477-1492, 1995
 2. Highly sensitive single pole head with laminated thin film coils, J. Jiang, H. Muraoka, and Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 31, 6, 2715-2717, 1995
 3. Trial for deep submicron track width recording, H. Muraoka and Y. Nakamura, IEICE Trans. Electron., E78-C, 11, 1517-1522, 1995
 4. An analysis on multi-track submicron-width recording in perpendicular magnetic recording, Y. Simizu, I. Tagawa, H. Muraoka, and Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., 31, 6, 3096-3098, 1995
 5. A new type of GMR memory, Z.G. Wang and Y. Nakamura, J. Magn. Magn. Mat., 155, 6098, 1996
- (他17件)

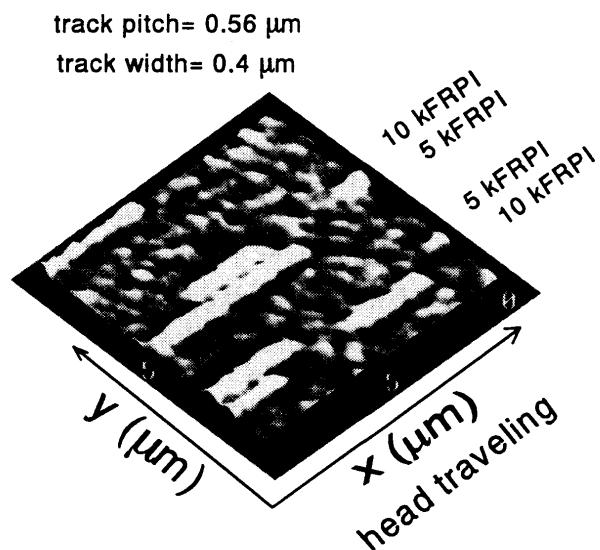


図 高分解能磁気力顕微鏡で観察した0.5 μm ラック幅の並列記録ビット。

光電変換デバイス工学研究分野

表面界面物性の研究と光電変換デバイスへの応用

○光電変換デバイス工学分野の目標

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

○過去1年間の主な成果

本分野ではレーザー・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)の発光分光などの測定手段を用い、表面・界面物性の研究を行っている。過去1年間の研究成果を研究テーマ別に述べる。

1. 表面吸着分子の研究

ラマン分光法は非常に高いエネルギー分解能、広いスペクトル範囲を有し、しかも超高真空から液体／固体界面の試料の測定が可能であるということから表面や界面の振動を研究する手段として期待されている。しかしながら可視光レーザーを励起光源とした場合、平滑な金属表面に吸着した単分子層からのラマン散乱光は非常に微弱でその検出は困難である。本分野ではラマン散乱断面積の ω^4 則、共鳴効果による増強に注目し、紫外光レーザー（波長266nm）を光源として単分子層からのラマン散乱を観測することを試みた。測定試料としてNi(111)面上のニトロベンゼンを選んだ。

20mW/cm²という非常に弱い励起強度密度にもかかわらずで2分子層からのラマン散乱が観測できた。これはニトロベンゼンのラマン散乱断面積が ω^4 則、共鳴効果により（波長488 nm励起の場合に対して）約4500倍増強したためで、紫外光励起の有用性を示した結果である。今回の実験ではパルス幅2nsの紫外光レーザーを用いたため、励起強度密度を20mW/cm²以上に上げることができなかつたが、連続発振のレーザーを用いることにより単分子層の測定感度が実現できると期待され

る。

2. 半導体／金属界面の研究

Csと酸素を共吸着したp型のGaAsは負の電子親和力(NEA)を持つ表面であるが、その発現機構はまだ完全には知られていない。本分野では仕事関数に密接に関わる表面電子状態に注目し、それに敏感な表面SHGを用いてこの表面の研究を行った。

p型のGaAs(100)にCsを吸着した表面とCsを吸着した後に酸素を吸着した表面からのSHG強度と光電子放出電流を同時に測定した。その結果、表面SHG強度と光電子放出電流のCs及びO₂の吸着量依存性の関係は一方が強いともう一方は弱いという明らかな反相関性があることがわかった。SHG強度の変化は定性的に表面の電子遷移との共鳴効果で説明され、この共鳴SHGに寄与する表面電子遷移が光電子放出を抑制することがわかった。

3. 液晶の配向機構の研究

ポリイミド・ラビング膜の分子配向を測定することはその膜上の液晶の配向機構の解明や高品位の液晶デバイスを実現するために重要である。本分野ではこれまでポリイミド・ラビング膜の表面領域(~12nm)の分子配向を偏光赤外吸収法によって決定してきた。しかし、赤外吸収法は液晶デバイスの応用で最も重要なポリイミド／ガラス系の試料に応用できない。そこでポリイミド／ガラス系の試料に応用可能な分子配向測定法の確立を行った。

エリプソメトリーを使ってポリイミド・ラビング膜の光学リタデーションの入射角依存性を測定した。その結果をVuksの関係式を用いて理論解析することによって分子配向を決定した。光学リタデーションによって測定した分子配向と赤外吸収法によって測定した分子配向がよく一致したことから、光学リタデーションによってもポリイミド・ラビング膜の分子配向が決定できることがわかった。

4. 半導体超格子の研究

固体表面の分極と電磁波が結合して形成される表面ポラリトンは固体内部へ波長の長さ程度侵入するため、表面から数十nmの深さにある界面の状

態を探るプローブとして注目されている。HREELSはこの表面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、多層膜あるいは超格子構造の界面物性を探る強力な手段となる。本分野では、これまで数十nmの膜厚を有する長周期GaAs-AlAs超格子のHREELSスペクトルを測定し、実験結果が誘電理論によって完全に記述できることを明らかにしてきた。そこでさらに、MBE法により作製した数種類の短周期GaAs-AlAs超格子についてHREELS測定を行い、巨視的な誘電理論の適用範囲を検討した。その結果、数分子層オーダーの極めて薄い膜厚の超格子においても、誘電理論と実験結果は定性的によい一致を示すことが分かった。このことは数分子層厚の超薄膜構造においても、その誘電応答は超格子を構成する各層のバルクの誘電関数によって決定されることを示している。

5. 電子トンネル発光による表面物性の研究

STM発光分光はSTMでの電子トンネルに伴う発光を計測することにより表面の局所的な状態に関する情報を得ようとするものであり、表面物性研究のための新しい手法として注目されている。一般に表面の物性はSTM発光の強度、スペクトル、偏光特性等に反映されるが、この発光は大変に微弱なため、世界的には発光強度と表面構造の関係を議論することが主に行われている。しかし、発光強度の変化をもたらす要因は複雑であり、発光強度のみの変化の計測から表面物性に関して確定的な結論を得るのは困難な場合が多い。

本分野では数年来発光計測系の高感度化に努めてきた。その結果、個々の表面微細構造からのSTM発光スペクトルが計測可能になった。本年度はこのことに基づき、ポーラスシリコン表面のSTM像計測と個々のSi微粒子からのSTM発光を観測した。その結果、発光スペクトルのピークエネルギーがSi微粒子のサイズに依存すること、その依存性が量子閉じ込め効果として理解できることを見いだした。また、薄い酸化膜上に形成した個々の金微粒子からのSTM発光スペクトルの微粒子サイズ依存性を解析した結果、単一電子によるチャージアップ効果が発光スペクトルに反映されていることを見いだした。

電子トンネルによる発光は最初トンネル接合で発見されたが、この場合には接合の酸化膜界面の粗さが発光特性に強く影響を及ぼすことがよく知られている。従来、この粗さ（酸化膜界面の粗さ）の効果は1次摂動の範囲でのみ研究されてきたが、高次項が発光特性に及ぼす効果を初めて理論的に研究した。

○職員名

教授	潮田 資勝	(1985年より)
助教授	上原 洋一	(1992年より)
助手	坂本 謙二	
助手	鶴岡 徹	
COE研究員	伊藤 仁彦	

○潮田教授のプロフィール

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

○過去1年間の発表論文、解説記事、著書

<発表論文>

1. Multiple-scattering effect of surface-plasmon polaritons in light emission from tunnel junctions, J. Watanabe, Y. Uehara, and S. Ushioda, Phys. Rev. B **52**, 2860-2867 (1995).
2. Visible light emission spectra of individual microstructure of porous Si, K. Ito, S. Ohyama, Y. Uehara, and S. Ushioda, Appl. Phys. Lett. **67**, 2536-2538 (1995).
3. STM light emission spectroscopy, S. Ushioda, Optoelectron., Devices Technol. (Japan) **10**, 193-204 (1995).
4. Unusually large absolute Raman scattering cross section of hydrogen vibrations on Si(111), H. Sano and S. Ushioda, Phys. Rev. B **53**, 1958-1962 (1996).
5. Optical observation of single-electron charging effect at room temperature, Y. Uehara, S. Ohyama, K. Ito, and S. Ushioda, Jpn. J. Appl. Phys. **35**, L167-170 (1996).

<解説記事>

1. 表面微細構造からのSTM発光スペクトル, 上原 洋一, 潮田資勝, 表面科学, **16**, 286-290 (1995).

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

分野の目標

磁性薄膜を研究の中心に据えて、磁性薄膜の磁気モーメントと光波、超音波、電気分極等との相互作用を取り込んで複合化することによって、高度の機能性を備えた薄膜電子素子を実現するための材料開発に関する基礎的研究を行う。ターゲットにしている材料は、(1) アモルファス合金および酸化物、(2) ナノ結晶材料、である。

1995年度の主な成果

- (1) PMMAプラスチック中に分散固化したコバルト・ナノ粒子薄膜の磁気光学効果と微粒子配向による磁気光学効果の制御。
- (2) マイクロアクチュエータ用高磁歪軟磁性 Tb-Ho-Fe アモルファス合金薄膜の開発。
- (3) アモルファス FeB 合金膜と SiNx (または SiOx) 膜との多層構造膜を用いた Love 型磁気弾性表面波素子の高性能化。
- (4) ナイフエッジ法による弹性表面波精密計測システムの構築と LiNbO₃ 単結晶基板を用いた弹性表面波ソリトンの生成。
- (5) グル・ゲル法による高ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット薄膜の作製。
- (6) グル・ゲル法による Bi₂O₃-Fe₂O₃-PbTiO₃ 系アモルファス酸化物薄膜の作製と、その強磁性と強誘電性。

職員名

教授（客員） 藤井壽崇（1995年1月～1996年3月）

教授のプロフィール

1968年名古屋大学大学院博士課程修了、その後同大学工学部の助手、講師、助教授、教授を経て、1978年から豊橋技術科学大学・電気電子工学系・教授、現在に至る。現在同大学・技術開発センター長併任。その間、ドイツ・レーゲンスブルク大学・物理学科の客員研究員（1971～1973）として勤務。現在、日本学術振興会アモルファス・ナノ結晶材料第147委員会副委員長を務める。

過去一年間の発表論文

- (1) Analysis of Magneto-Optical Faraday

Effect in Discontinuous Magnetic Medium with Periodic Air Gaps, IEEE Trans. Magn., 31, No.6 (1995) 3286-3288.

(2) Interference effect in Love-type magneto-surface acoustic waves, IEEE Trans. Magn., 31, No.6 (1995) 4115-4117.

(3) Experimental Studies on Nonlinear Dispersive Surface Acoustic Waves for Solitons, Jpn. J. Appl. Phys., 34, Part 1, No.5B (1995) 2653-2659.

(4) Magneto-optical Faraday effect of discontinuous magnetic media with a non-dimensional array structure, J. Appl. Phys., 79 (3), 1 (1996) 1611-1624.

(5) Phase Sensitive Optical Probe for SAW Soliton Observation, Jpn. J. Appl. Phys., 35, Part 1, No.5B (1996) [in press].

(6) Improvement of Low Field Magnetostriction of Amorphous TbFe Sputtered Films by Thermal Annealing, IEEE Trans. Magn., 32, No.6 (1996) [in press].

(7) Magneto-Optical Faraday Effect of Cobalt Nano-Clusters Oriented Uniaxially in a Transparent Plastic, J. Magn. Soc. Jpn., 21 (1996) [in press].

(8) High Bismuth Substituted Yttrium Iron Garnet Films Prepared by Gel-Coating Technique, J. Magn. Soc. Jpn., 21 (1996) [in press].

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施するためにも、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・目標にして組織されているものである。情報通信の発展にとって、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。本研究部門では、これら電磁波・光波・音響波更に量子波の研究・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7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、超高速光変調機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い、サイクロトロン高速波管における空間高調波相互作用の概念の確立、電界放射陰極アレイからの放射電子の電流安定化、及びビーム収束技術に大きな進展があった。

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1.4 THz 帯動作の実現、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電力合成動、ミリ波帯イメージング・アレー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っている。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、および非線形光学効果を用いた波長可変なテラヘルツ波発生の研究で大きな進展がみられた。

光集積工学研究分野

光ファイバ・ネットワークを加入者系へ発展させることを目的に、高性能でかつ生産性の高い光機能デバイスの開発を目指している。具体的には、光ファイバに直接集積できる薄型の光機能デバイス（アイソレータ、増幅器、液晶偏波コントローラ、スイッチ、多層構造をもつ偏光分離素子（LPS）など）の開発と無調整でコア拡大（TEC）ファイバに集積化する技術の研究を行っている。様々な光デバイスについて、新しい構成を提案し、その有用性を実証している。例えばTECファイバを用いたアイソレータは最近実用化されている。

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 10^5 倍である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。

圧電体基板表面に弾性表面波を励振・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、10GHz帯のコヒーレント弾性表面波の高効率励振・受信に成功した。これらの成果は、次世代の電子・情報・通信システムへの応用が期待される技術である。

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（Tele-Pad）」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通信システムの研究を行っている。

今年度は、高効率2.4GHzフロントエンド AlN/Al₂O₃ SAWマッチドフィルタの設計・試作、及びこれを用いた「低消費電力(28mW@9.4mA, 3V)カードサイズ2.4GHzスペクトラム拡散通信復調器」を開発した。さらに、サブ0.1μm 超高速Si CMOS集積回路を目指して、選択Al CVD技術を用いた「完全自己整合メタライゼーションMOSFET」の開発を行っている。

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。堀越佳治氏（NTT基礎研究所）が着任しておられ、原子層制御結晶成長とその物理、および半導体ヘテロ接合の評価技術について研究討論を行った。

電磁波伝送工学研究分野

ミリ波利用技術の確立を目指して

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は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NRD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NRD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LAN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、伝送速度100Mbps以上、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実用化が近い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。ガンドイオードを外部反射から保護するためのバファには、高価なサーキュレータは必要なく、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NRD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NRDガイドミリ波システムの実用化研究と平行して、NRDガイド技術の新しい展開も試みている。NRD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、NRD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、NRDガイドにはLSMモード、LSE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LSM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LSE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増幅器及び発振器の試作に成功した。

NRDガイド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。具体的には、2つのガンドイオードを並列発振する方式、4つのガンドイオードの発振電力を方向性結合器で合成する方式、NRDガイド中にガンド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、合成功率100%の成果が得られた。実験は35GHzで行ったが、今後60GHzで同様な研究を進める予定である。

昨年度はNRDガイドを基に、ミリ波利用技術についても研究した。ミリ波ホログラフィとミリ波6ポートネットワークシステムがそれである。ミリ波ホログラフィは物体識別に有効であり、車載レーダとの併用が検討されている。ここで問題となるのは虚像の除去であるが、これに対し、2平面上で回折界を測定するという手法を提案し、成功をおさめた。6ポートネットワークシステムは簡単な6端子回路網で電力を測定するだけで、反射係数の振幅と位相が同時に求められるものであるが、NRDガイドの非放射性を利用してコンパクトで高精度なシステムが実現できた。

一方、NRDガイドは摂動を加えることで漏れ波アンテナになる。しかし、我々は漏れ波NRD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NRD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。

なお、NRDガイド研究の成果が認められ、電子情報通信学会1996年総合大会において「NRDガイドもう一つのミリ波回路技術ー」と題する論文5編を集めてチュートリアル講演会が挙行された。

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LN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に成功した。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 (1986年~)
- 助手 デバシス ドーン
- 技官 我妻 寿彦

教授のプロフィール

昭和34年東北大学通信工学科卒。40年同大学電気通信研究所助教授、現在教授。マイクロ波／ミリ波の研究に従事。NRDガイドを提案。電子情報通信学会マイクロ波研究会委員長、評議員、東北支部長を歴任。第3回アジア太平洋マイクロ波国際会議実行委員長。郵政省通信総合研究所客員研究官。IEEE MTT-S東京支部長、1993-1995 Distinguished Lecturer。電子情報通信学会稻田賞、著述賞、論文賞受賞。1995年度志田林三郎賞受賞。

主な研究発表

1. Filter-Like Design and Optimization of NRD-Guide Mode Suppressors, Jifu Huang, Ke Wu, Futoshi Kuroki, IEEE MTT-S 1995 Int.Microwave Sump., pp995-998, May 1995.
2. Millimeter Waves and Beyond, Tsukasa Yoneyama, IEICE Trans. Electron., Vol. E78-C, No.8, pp 893-901, August 1995.
3. NRDガイドを用いたミリ波誘電体材料の複素誘電率測定, 石川, 谷崎, 斎藤, 米山, 電子情報通信学会論文誌, C-I Vol.J78-C-I No.9, pp. 418-429, 1995.
4. Periodic Metal Plate-Loaded Dielectric Slab Antenna with Broadside Radiation, Debasis Dawn and Tsukasa Yoneyama, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.43, No.10, pp 1076-1081, October 1995.
5. NRDガイドー新しいミリ波へのアプローチー, 米山 務, Journal of IEE of Japan, Vol.116, No.1, 1996.
6. 電子情報通信学会1996年総合大会チュートリアル講演"NRDガイドーもう一つのミリ波回路技術ー"

NRDガイドのあらまし, 米山 務

NRDガイド回路素子, 内田偉津美

NRDガイドトランシーバとデータ伝送, 黒木 太司

NRDガイドFM送受信機と画像伝送, 佐藤 智之

NRDガイド車載レーダ, 馬場 潤寧

(1996年3月31日)

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。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、動作後の余剰エネルギーの回収が可能で、本質的に動作効率が高いという利点があり、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たが、現在では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。これまでの研究で、電子

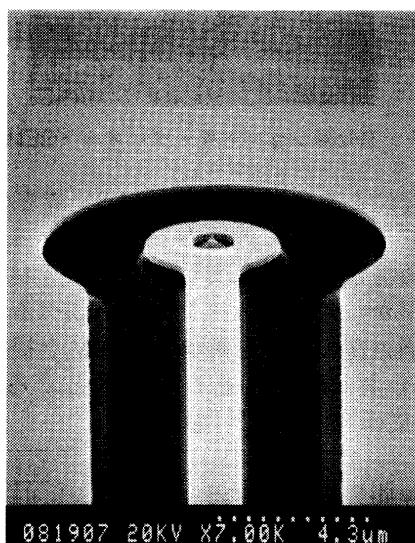
ビームの運動エネルギーから電磁波のエネルギーへの変換効率をほぼ100%にできることが理論的に実証されている。また、高周波数化につれて要求されるサイクロトロン高調波動作において、高効率動作を維持できることもペニオトロンの大きな長所である。

これまで、種々のペニオトロンの開発研究を行い、ペニオトロンの長所である高効率性をサイクロトロン基本波並びに高調波動作においても実証してきた。これらの研究成果を踏まえて、本年度は、ミリ波帯サイクロトロン高次高調波ペニオトロン、及び実用化に向けて、小型、軽量化の可能な永久磁石を用いたペニオトロンの実験研究を行った。その結果、前者にあってはサイクロトロン10倍高調波動作による100GHz帯電磁波の発生に成功すると共に、サイクロトロン高速波管に初めて空間高調波相互作用の概念を導入し、その妥当性を実験的に検証した。この概念は、さらなる高次高調波動作を可能とし、高周波数化に向けて極めて有効である。現在、空間高調波概念に基づくミリ波帯ペニオトロンの設計試作を進めている。後者については、マイクロ波帯サイクロトロン2倍高調波ペニオトロンを試作し、40%を越える動作効率を得た。これは小型化により、安定な電子ビーム輸送が可能となったこと、実験系の構成精度が高くなったことによると思われるが、現在、実験を継続中であり、更なる改善が期待される。また、ミリ波帯電磁波源の小型化、省エネ化に向けて、伝導冷却超伝導マグネットの使用を提案し、マグネットを試作、5Tの磁場の発生に成功した。今後このマグネットを用いたミリ波帯サイクロトロン高速波管の実験を計画している。

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てきたが、本年度もこの研究を継続すると共に、更に素子製作プロセス上、接合型FEA構造が有効であることを提案し、その製作を進めている。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てきたが、集束電極付きFEAの試作を行い、その有効性を示した。



S i 電界放射陰極

平面構造微小冷陰極として、これまでMOSトンネル陰極の研究を行い、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、酸化膜中での電子の散乱にあることを明らかにしてきた。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、後者においては高効率の電子放射を得た。

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行っている。

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 (1993年より)

助教授 三村 秀典 (1996年より)
助手 佐藤 信之 助手 嶋脇 秀隆
技官 寒河江 克巳

教授の研究歴

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

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

発表論文

○Kuniyoshi Yokoo, Manabu Arai, Masahiro Mori, Jongsuck Bae and Shoichi Ono; "Active Control of the Emission Current of Field Emitter Arrays", J. Vac. Sci. & Technol., B13(2), (1995), 491-493.

国際会議報告

○K. Yokoo, G. Koshita, S. Hanzawa and Y. Abe; "Experiments of Highly Emissive MOS Electron Tunneling Cathode", Tech. Digest of Int. Vacuum Microelectronics Conf., (1995), 494-498.

○K. Ishizuka, A. Watanabe, M. Shiho, S. Kawasaki, J. Itoh, M. Arai, H. Shimawaki and K. Yokoo; "Beam Extraction Experiment with Field-Emission Arrays", Tech Digest of 17th Int. Free Electron Laser Conf. (1995)

○K. Yokoo; "Does the Vacuum Microelectronics Provide Tube Rebirth?", Conf. Proc. of 25th Euro Microwave Conf., (1995), 1275-1280.

○Y. Yokoo, S. Suzuki, K. Sagae, N. Sato and T. Kikunaga; "Design of Permanent Magnet Peniotron", Conf. Digest of 20th Int. Conf. on IR and MM Waves, (1995), 9-10.

解説記事

○横尾邦義; 「電界放射ディスプレイ」, 電子情報通信学会誌, 78, (1995), 650-654.

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、その実用化技術の開発が格段に遅れている。しかし、近年の情報通信インフラの整備推進に見られるように、将来の高度情報化社会に向けて周波数資源は益々その重要性を増してきている。また、新機能材料の評価、地球環境計測、あるいはプラズマ計測等の諸分野においても、テラヘルツ領域の技術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、この領域において、実用的な検出器、発振器、計測システム等種々の技術を開発し、新しい電磁波スペクトラムを開拓するための研究を行っている。我々のデバイス開発の指針は次のキーワードに要約される：常温、高速動作、コヒーレント光、cw, tunable。

なお、本分野が中心となって開催している「テラヘルツ工学研究会」（5.2節を参照）は、テラヘルツ帯研究に関する討論の場として所内外の研究者へ公開されているものである。また、本所共同プロジェクト研究「ミリ波帯のイメージング技術」（4.1節を参照）も本分野の企画、実施によるものである。

以下に本年度の研究テーマ及び成果を述べる。

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、高速検出器、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。これまでには、0.8ミクロンまでの直径のPt-GaAs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所に供給してきた（核融合科学研究所等との共同研究）。現在研究の主題は1.4THz用0.3ミクロン径ダイオードの開発およびその応用にあり、今年度、電圧感度400V/W以上、ミクサー雑音温度8000度（DSB）の高性能のダイオード製作に成功した。この成果を基に、このダイオード応用のシンポジウムを来年度始め仙台にて開催する予定である。図1に製作したドットマトリックス構造ダイオードのSEM写真を示す。

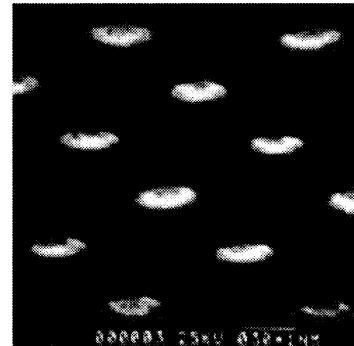


図1. THz帯ショットキ・ダイオードSEM写真

2. 雜音による金属-半導体（M-S）界面の評価

現在、界面のごく近傍のトラップレベル等を評価できる方法は知られていない。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ところである。（NTT基礎研究所との共同研究）

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おける固体素子は、いずれも出力が小さく実用的なものからは程遠い。発振器アレイを用いたコヒーレントな電力合成は、固体素子のこの欠点を克服するためのものである。今年度は、ホーンアンテナをも用いた電力合成器で50GHz帯ガンドライオード9個の合成を得、また共鳴トンネルダイオード2個をファブリ・ペロー共振器に組み込み80GHzにおける電力合成に成功（東京大学との共同研究）した。いずれも、cw常温動作である。図2に共鳴トンネルダイオード発振器の出力スペクトルを示す。

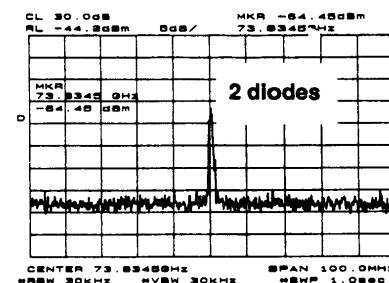


図2. 2素子共鳴トンネルダイオード発振器の出力スペクトル

4. ミリ波帯イメージング・アレーの研究

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・アレーを提案・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た。

今年度の研究は、昨年に引き続き主に i) アレーの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点について行った。先ず、2次元アレー化に関しては、テーパースロット・アンテナおよびマイクロストリップ・アンテナを用いて、各々 5×5 の25素子のアレーの試作に成功し、55GHz帯イメージングの基礎データを得た。この研究は本年度の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た。

次に、ニューラルネットワーク信号処理については、東洋大学、(株)リコー情報通信研究所と共同で研究を行い、これまでミリ波アクティブ・イメージングの信号処理として極めて有効であることを示してきたが、今年度は特に各種のネットワーク処理法の比較を行った。図3にフィードフォワード型ニューラルネットワーク方式による像再生の例を示す(60GHz帯イメージング)。

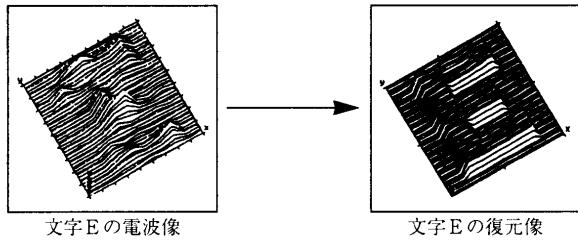


図3. フィードフォワード型ニューラルネットワーク方式によるアルファベットEの再生像

5. 光と電子との相互作用に関する基礎研究

クライストロン等電子ビーム装置のcw動作の高周波限界は、量子効果によってサブミリ波帯にあるとされている。本研究は、この理論的な予想を実験によって検証するために計画されたもので、光 ($h\nu = 1.6\text{eV}$) と相互作用した電子ビームのエネルギーを精密に測定することを目的としている。相互作用回路は、光ファイバー先端上の間隔幅195nmの金属スリットを用いる予定で、現在マイクロマシン技術を利用してその製作を進めているところである。将来、光領域における小型電子ビーム装置開発のための基礎データーの取得、

あるいはエバネッセント波の精密測定手段の開発などの分野に応用できると考えている。

職員：水野皓司（教授、1984年より）、裴 鐘石（助教授、1992年より）、鈴木 哲（助手）。

水野皓司のプロフィール

昭38東北大・工・電子卒。昭43同大学院博士課程了。工博。東北大助手(昭43)、助教授(昭47)を経て、昭59教授(電気通信研究所)。昭47ロンドン大客員研究員、平2カリフォルニア工科大、ロンドン大客員教授。平2より理化学研究所(フォトダイナミクス研究センター)チームリーダーを兼務。昭59科学計測振興会賞受賞。平5 IEEEフェロー。学会活動；国内：応用物理学会東北支部長、電気学会「ミリ波・サブミリ波の技術」調査専門委員会委員長など。国際：94 IR & MM Wavesの実行委員長など。

1995年度の発表論文

1. ミリ波・サブミリ波の光源と検出器、水野皓司、プラズマ・核融合学会誌, 71, 51-54, (1995),
2. Meral Mesh Couplers Using Evanescent Waves at Millimeter and Submillimeter Wavelengths, Jongsuck Bae, Jung-Chin Chiao, Koji Mizuno, David B. Rutledge, International Journal of Infrared and Millimeter Waves, vol.16, pp.377-390, (1995),
3. Millimeter-Wave Phase-Imaging Interferometry Using Two-Dimensional Detector Array, Naoyuki Oyama, Atsushi Mase, Tokihiko Tokuzawa, Yasuhiko Ito, Akiyosi Itakura, Teruo Tamano, Yasuo Harada, Koji Mizuno, Jpn. J. Appl. Phys., pp. 2006-2007, (1995),
4. ミリ波・サブミリ波のイメージング計測、渡部謙一、水野皓司、プラズマ・核融合学会誌, vol. 71, pp. 402-406, (1996).
5. ミリ波帯イメージングアレー、水野皓司、電子情報通信学会誌, 79, (1996).

その他 国内学会発表：14件、国際会議発表：5件、学会誌等発表(解説)：8件。また、今年度の成果として、1996 IEEE MTT-Sにて3件発表の予定である(採択済)。

応用量子光学研究分野

多次元高機能コヒーレント光源の創出と その応用に関する研究

<はじめに>

応用量子光学研究分野では、強誘電体、半導体、有機の各種材料における非線形光学特性をはじめとした光物性およびレーザ動作を、材料のミクロな構造制御により時間的空間的に高度に制御した新しい超小型・超広帯域コヒーレント光源の開拓とその応用について研究を行なっている。

光波による光波の制御を可能とする非線形光学を中心に、光波からテラヘルツ波に至る広範なコヒーレント波を、光波から発生させる基礎研究と、その知見と成果に基づいた新たな応用領域の創製を目指している。これらの研究テーマの中で、本年度は特に2つのテーマの成果をまとめた。

<機能集積化非線形固体レーザ>

我々は強誘電体の非線形光学材料に対して、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、その成果を報告してきた。研究の特長は、 $500\mu\text{m}$ 以上の厚い基板の深さ方向に一様な周期ドメイン反転構造を形成するもので、 LiTaO_3 や LiNbO_3 結晶に作られたミクロンサイズのドメイン超格子を用いて、非線形相互作用における擬似位相整合を実現することである。

周期約 $8\mu\text{m}$ の LiNbO_3 や LiTaO_3 のドメイン超格子により、Ndイオンの固体レーザ光の高効率な第2高調波発生をこれまでに報告してきた。一般的な構成では、Ndをドープした固体レーザと、このドメイン超格子による非線形光学デバイスの組み合わせが用いられるが、我々は LiTaO_3 にNdイオンをドープした Nd:LiTaO_3 結晶（金研福田研作成）にドメイン超格子を形成し、半導体レーザの励起によるレーザ発振とともに、第2高調波発生とさらにQスイッチ動作を单一素子で実現し、機能の複合化、集積化についての新たな展開をはかった。

図1はこの複合機能を集積化した全固体レーザの構成を示す。厚さ 0.5mm の Nd:LiTaO_3 基板に、周期 $8.1\mu\text{m}$ のドメイン超格子が長さ 4mm にわたって形成されている。また、斜めに形成した金属電極に電界を印加することにより、電気光学効果により引き起こされる屈折率変化が、プリズムと同様の効果を生じ、高速な光スイッチとして動作し、

Qスイッチ動作が実現できる。39nsのパルス幅で、2.6Wのピーク出力の第2高調波が 700mW の半導体レーザ励起で得られている。非線形光学素子と固体レーザ機能の複合集積化の一例であるが、この方式は近赤外の波長可変な光源である光学的パラメトリック発振器に展開が可能である。

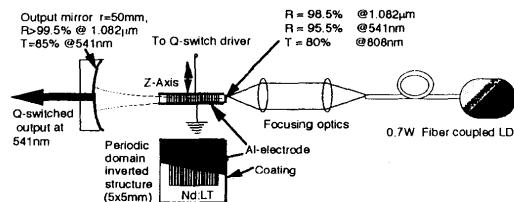


図1 半導体レーザ励起の複合集積機能光源。周期ドメイン超格子とQスイッチ電極を持つNdをドープした LiNbO_3 集積子による擬似位相整合第2高調波発生の実験構成図。

<光パラメトリックプロセスによるTHz波発生>

コヒーレントで波長可変なTHz波（サブミリ波）の、光波を用いた高効率な発生に初めて本年度成功し、学術誌や国際会議等で報告し大きな反響を得た。 LiNbO_3 結晶のポラリトンによる誘導ラマン散乱を介した光パラメトリック発振によるもので、図2に用いた実験の構成を示す。入力励起光には、波長 $1.064\mu\text{m}$ 、強度約 30mJ/pulse 、パルス幅25nsのQスイッチNd:YAGレーザ光を用い、ラマンのストークス光に相当するアイドラー波（波長 $1.072\sim 1.068\mu\text{m}$ ）に対して光共振器を構成する。ノンコリニアな位相整合の条件を約 0.5° 変化させることにより、波長 $140\sim 270\mu\text{m}$ ($2.2\sim 1.1\text{THz}$)を同調可能であった。テラ波の出力は、表面に形成した周期 $125\mu\text{m}$ 、深さ $60\mu\text{m}$ 、長さ 10mm のグレーティングカプラから、取り出している。出力ビームはほぼガウシアン形状で、その広がりは回折限界に近い 30mrad 程度である。

従来この周波数領域の波長可変な光源としては、自由電子レーザや特殊な後進波管がある。また、ステップチューナブルな分子を用いたサブミリ波レーザが用いられてきた。小型で特別な施設を必要としない本方式によるこの光源の開拓は、

これまでほとんど未開拓であったこの周波数帯の分光を始めとする基礎研究から、光波の持つ超高周波特性の有効な利用の開拓に不可欠なものである。

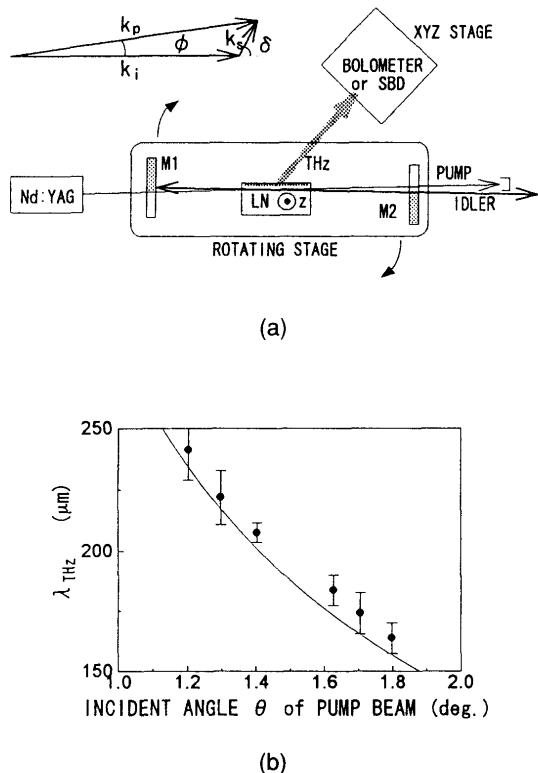


図1 光パラメトリック発振によるTHz波発生装置の構成(a)と同調特性(b)

職員

教 授 伊藤弘昌(1993/1~)
助教授 谷内哲夫(1996/1~)
助 手 佐藤 学
技 官 今野勇治, 田久長一
秘 書 溪井亜紀子

教授のプロフィール

1966年東北大学工学部通信工学科卒業、1972年同大大学院工学研究科電子工学専攻博士課程終了。以来、量子電子工学研究分野（改組により応用量子光学研究分野に移行）で、研究・教育に従事。この間、1975~1976年に日本学術振興会派遣によるスタンフォード大学客員研究員として、非線形光学の研究に従事する。

本分野の先端的な研究の展開には、東北大学の伝統でもある材料、プロセスを含めた研究展開が極めて重要である。現在我々は、金属材料研究所や反応化学研究所をはじめとする学内の幾つかの研究室と日常的に密接な研究協力関係を持ちつ

つ、独自の研究推進を計ってきている。このような学際研究の一層の推進にも、東北大学の“キャンパス統合”の実現は大変重要なことだと思う。

研究テーマ

1. ドメイン制御非線形光学の研究
2. 非線形光学効果を用いたTHz波の発生とその応用の研究
3. 周波数シフト帰還型レーザの研究
4. 超高速・超短光パルスの発生・制御の研究
5. 有機非線形光学結晶DASTの結晶成長と超高周波域への応用の研究

主な研究発表

1. 500μm-Thick Periodic Volume Domain Grating of LiTaO₃ Fabricated by Static Electric Field, Hiromasa Ito, Choichi Takyu, Motoki Ohashi and Manabu Sato, Nonlinear Optics, **14**, 283-289(1995).
2. Efficient continuous-wave lasing operation of Nd:KGd(WO₄)₂ at 1.067μm with diode and Ti:sapphire laser pumping, Jose M. Esmeria Jr., Hiroyuki Ishii, Manabu Sato and Hiromasa Ito, Optics Letters, **20**(14), 1538-1540(1995).
3. Ordinary and extraordinary continuous wave lasing at 1.092 and 1.082μm in bulk Nd:LiTaO₃ crystal, J. Appl. Phys., **78**(2), 691-693(1995).
4. Integrated electro-optic Q switching in a domain-inverted Nd:LiTaO₃ Laser, Kazi Sarwar Abedin, Takehiro Tsuritani, Manabu Sato, Hiromasa Ito, Kiyoshi Shimamura and Tsuguo Fukuda, Optics Letters, **20**(19), 1985-1987(1995).
5. Interferometric studies on a diode-pumped Nd:YVO₄ laser with frequency-shifted feedback, K. Nakamura, K. Kasahara, M. Sato, H. Ito, Optics Comm., **121**, 137-140(1995).

光集積工学研究分野

光機能デバイスのレンズフリー集積化技術の研究

光ファイバ・ネットワークを加入者系へ拡張・発展させるためには、光機能デバイスの高性能化と共に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ため、光デバイスを光ファイバや平面光導波路などにレンズフリーで直接集積化する技術を提案・開発している。高精度な位置合せが不要であること、ファイバアレイにデバイスを一括して集積できることが大きな特長である。光路長の短いデバイスチップを開発すること、光ファイバのコアを拡大してビーム径を大きくすること（TECファイバ）が重要技術である。

今年度は、光システム構築に重要な種々の機能デバイスを開発し、光回路に集積化することを目標に、以下の項目に示す研究をおこなった。

1. ファイバ集積型アイソレータ

光ファイバ増幅器の安定動作のため、アイソレータは必要不可欠なデバイスである。我々はTECファイバの結合損失の特徴を活かした新しいチップ構成のアイソレータを提案した。プロトタイプ(軸調整を必要とする)のアイソレータを組立て、挿入損失0.9dB、逆方向損失30.5dBと良好な結果を得た。さらにファイバアレイに溝加工を施した後、無調整でチップを挿入することで複数アイソレータを一括して作製した(図1)。逆方向損失は二つのアイソレータとも32dB以上という、優れた無調整動作を確認した。

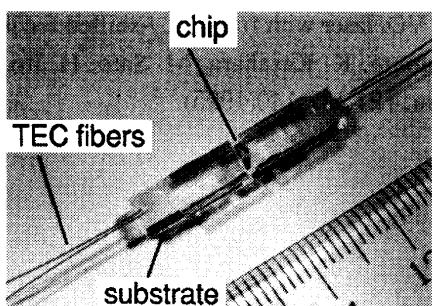


図1. ファイバアレイ集積形光アイソレータ

2. 積層形偏光分離素子と応用デバイス

積層形偏光分離素子(laminated polarization splitter:LPS)(図2)は誘電体交互多層膜からなり、大きな分離角を有する極めて小型な素子である。

LPSの作製においては、多層膜を平坦に低応力で積層することが重要である。波長 $1.55\mu\text{m}$ 帶用LPSとして、 $\text{a-Si}_{1-x}\text{C}_x$ と SiO_2 の交互多層膜をプラズマCVD法で作製した。基板温度と供給ガス流量を最適化し、従来に比べ大幅に低損失化できた。

ターリング法で作製した。厚さ $210\mu\text{m}$ 以上の多層膜により高性能なLPSを実現した。波長 $1.3\mu\text{m}$ 帶用LPSとして、 $\text{a-Si}_{1-x}\text{C}_x$ と SiO_2 の交互多層膜をプラズマCVD法で作製した。基板温度と供給ガス流量を最適化し、従来に比べ大幅に低損失化できた。

現在広く応用されている平面光回路に、LPSと液晶波長板を集積化して構成する光スイッチを検討した(図2)。今回は、実験の第一段階として、作製したLPSを導波路に挿入して偏光分離をおこない、基本的なスイッチング動作を確認した。

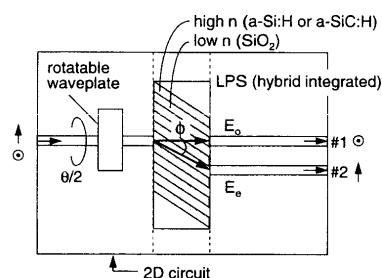


図2. 平面光回路に集積したLPS

3. 光励起面型光増幅器

加入者系光ネットワークにおいて、分岐損失を補償するための光増幅器は重要である。我々は、偏波無依存、ファイバ集積化が容易な光励起面型光増幅器を検討している(図3)。

MBE法で成長したInGaAs/InGaAlAsからなる100周期の歪み格子MQWからなる増幅器を作製した。波長 $1.585\mu\text{m}$ において最大 2.6dB の正味のゲインを得た。

広い動作波長域を持ちながら、大きなゲインが得られるように、ファブリ・ペロー共振構造を設計した。1パスのゲインが 3dB 、反射率 36% のとき、波長範囲 4.6nm で 10dB のゲインを実現できる。

活性層をメサ加工し、熱処理によるpassivationを施すことにより、キャリヤ再結合がメサの中央に集中されることを自然放出光分布の測定より明らかにした。

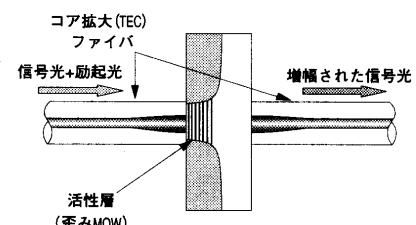


図3. 光励起面型増幅器の構造

4. 液晶光機能デバイス

(a). 回転波長板と偏波コントローラ

偏波コントローラは、光通信システム中に偏波依存性のある光機能デバイスを組込む際に必要となる。小型で高生産性、低電圧動作などを目的に、液晶セルからなる回転波長板を組合わせ、偏波コントローラの動作を実証した(図4)。波長 $1.55\mu\text{m}$ 用の1/2回転波長板では、印加電圧40Vで、ファイバ中の偏波変動に対して十分な速い20回転/secの回転を実現した。作製した1/2, 1/4回転波長板を組合せて、熱変動により与えたファイバ中の偏波変動を0.1dB以下の一様な直線偏波に制御した。

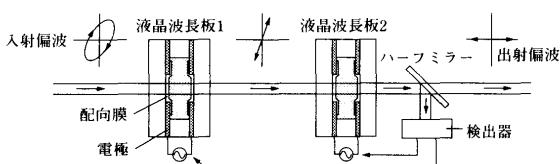


図4. 液晶偏波コントローラの構造

(b). チューナブル・フィルタ

チューナブル・フィルタは、波長分割多重(WDM)システムで所望の波長の光のみを抽出するデバイスである。我々は、液晶セルを共振器とし、低電圧で動作する可変波長フィルタを検討した。

液晶セルにはねじれネマティック(Twisted Nematic: TN)タイプを用いることで、少ない構成素子で偏波無依存性が得られる。実際に作製したフィルタでは、印加電圧4V以下で、波長選択範囲14nmが得られた。また電圧を印加した時の液晶分子の振舞いをモデル化して、フィルタの動作解析をおこない、特性向上への設計指針を得た。

職員

教授 川上彰二郎 (1979年)

助手 花泉修, 佐藤尚

技官 相沢芳三

秘書 赤沢晴子

研究成果の実用化

GIファイバ、W型ファイバが広く実用化されているのは衆知のとおりである。近年の成果については、積層型偏光子(LAMIPOL), ビーム拡大(TEC)ファイバ、TECファイバを用いたアイソレータは各国でLN変調器、EDFA、光センサなど多くの用途で実用化されている。

教授のプロフィール

昭和40年東北大学電気通信研究所に入所以来、光通信、光エレクトロニクス技術の分野で研究を続けている。はじめグレーテッドインデックス光ファイバ、W形光ファイバの解析、設計など光フ

ァイバに最大の興味をもった。近年は主に光機能デバイス・部品に興味をもち、積層型偏光制御素子(LAMIPOL, LPS), 光アイソレータ、スイッチ、アンプ、ビーム拡大(TEC)ファイバなどについて研究している。また、それらを統合した光ファイバ集積化機能デバイスの開発を目指している。

主な発表論文

- [1] K.Shiraishi, O.Hanaizumi, T.Sato, and S.Kawakami, "Vertical integration technology for fiber-optic circuit," Optoelectronics - Devices and Technologies -, Mita Press, March 1995.
- [2] 川上彰二郎, 大寺康夫, 「ヴァーティカル・フォトニクスと光スイッチ・光制御」, 光学, vol.24, no.6, pp.318-323, 1995年6月.
- [3] T.Sato, T.Sasaki, K.Shiraishi and S.Kawakami, "Design and fabrication of laminated polarization splitters for a fiber-integrated isolator," IOOC'95, June 1995, paper TuD2-1.
- [4] O.Hanaizumi, Y.Lee, I.Takahashi, T.Nakajo, J.Murota, and S.Kawakami, "a-SiC:H/SiO₂ laminated polarization splitter for the wavelength region longer than 1.3 μm prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition," Optical Fiber Technology, vol.1, pp.359-362, 1995.
- [5] T.Irie, K.Shiraishi, T.Sato, R.Kasahara, and S.Kawakami, "Fiber-integrated isolators with high performance," OFC'96, February 1996, paper TuJ4.
- [6] O.Hanaizumi, Jeong Ki Tae, S.Kashiwada, I.Syuaiib, K.Kawase, and S.Kawakami, "Observation of gain in an optically pumped surface-normal multiple-quantum-well optical amplifier," Opt. Lett., vol.21, no.4, 1996.
- [7] Y.Ohtera, T.Chiba, S.Kawakami, "Liquid crystal rotatable waveplates," IEEE Photo. Technol. Lett., vol.8, no.3, 1996.

フォノンデバイス工学研究分野

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

情報通信システムの高度化に伴い、優れた性能と独自の機能を有する超高周波の弹性波（フォノン）素子の研究・開発とその応用も急速に発展し、弹性波を利用した各種デバイスが電子情報システムをはじめ、社会のあらゆる分野において、多種多様に用いられている。そして、21世紀の高度情報化社会に向けて、小型、高性能、高機能を有し、かつ高度に集積化された弹性波素子に対する要求は、質的、量的にますます増大している。

本研究分野では、次世代情報通信システム構築のための、優れた特性や機能を持つ高速・高密度・超小型の弹性波デバイスの研究・開発を行うことを目的としている。

具体的には、高速・高密度・超小型の弹性表面波デバイスの研究開発のために、大きな電気機械結合係数と大きな音速をもつ圧電体結晶及び圧電薄膜単結晶材料の研究・開発、それらの材料中を伝搬する線形・非線形の弹性波動の解明、及びその波動を用いた高性能デバイス、また、弹性表面波と光波の相互作用を利用して、光の偏向、変調、周波数変換、フィルタリング、ミキシング、などの機能をもつ高性能光デバイスを開発、また、薄膜半導体と弹性表面波との相互作用を利用した、スペクトル拡散通信のキーデバイスである高効率コンポルバの開発を行う。また、GHz帯から数十GHz帯のデバイスを得るためにナノメータ超微細加工プロセスの研究を行い、GHz帯の弹性表面波機能素子を実現する。

過去1年間の主な成果

1. 弹性表面波(SAW)素子の高周波化のためには、電子ビーム露光装置を用いた細加工プロセスの研究開発が重要である。また、同じ電極幅で従来の2倍の周波数で動作する微小ギャップ電極は、SAWデバイスの高周波化に極めて有効である。電子ビーム露光と陽極酸化を用いた微細加工プロセスにより、最小電極幅 $0.13\mu\text{m}$ の微小ギャップ電極作製に成功し、15GHz帯で挿入損失16.7dBの結果を得た。また、SAWフィルタの低損失化のためには、すだれ状電極の一つ方向性化が必要である。この作製プロセスにより浮き電極を用いた微小ギ

ャップ一方向性変換器を12GHz帯で実現し、良好な一つ方向性特性を得た。

2. 高性能SAWデバイスには、電極構造が正規型に近い構造で一つ方向性を得ることが、微細電極作製の点、及び素子の高周波・低損失・広帯域化の点で重要である。そこで、新しい作製プロセスを考案し、従来作製が困難であった正規型と同じ $\lambda/4$ (λ : SAWの波長) 幅の電極を用いた膜厚差型一つ方向性変換器の実現に成功し、5GHz帯で挿入損失4.1dBの低損失フィルタ特性を得た。この一つ方向性変換器は、励振効率が正規型を1とした場合約0.64であり、従来の一つ方向性変換器の中でも、非常に高効率な励振特性を有するものである。

3. すだれ状電極の一つ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て一つ方向性を得るNSPUDTは正規型と同じ電極で一つ方向性変換器を実現できる。 $\text{Li}_2\text{B}_3\text{O}_5$ 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、 $(0, 78^\circ, 90^\circ)$ では温度特性(TCD)が0となることを理論的に見いだし実験的に確認した。NSPUDTの方向性の向きは基板と電極材料・膜厚により決まっていたが、この方向性の向きを自由に制御する方法を新たに考案し、同一電極材料・同一プロセスで送受のすだれ状電極の方向性の向きを向かい合わせることに成功した。また、正規型と同じ $\lambda/4$ 幅の電極で動作するNSPUDTフィルタを考案し、良好な実験結果を得た。

職員名

教 授	山之内和彦 (1979年より)
助教授	竹内 正男 (1985年より)
助 手	目黒 敏靖
助 手	小田川裕之
技 官	我妻 康夫

教授のプロフィール

山之内 和彦 (やまのうち かずひこ)
 東北大通信工学科卒業(1959年)，博士課程修了(1965年)，博士論文「サイクロトロン波を用いたマイクロ波電子管に関する研究」。東北大通研助

手(1965年), 助教授(1968年), 教授(1979年), 米国コーネル大学客員教授(1979~1980年)。1979年発明賞, 1984年市村賞, 1995年電子情報通信学会業績賞。1995年からIEEE Transaction of UFFC のAssociate Editor。

誘電体・圧電体単結晶の育成, 誘電体薄膜の作成などの材料の研究, その応用としての弾性表面波の伝搬特性及び励振・受信する一方向性のすだれ状電極の研究及びこの電極を用いた低損失フィルタ, 高効率コンボルバの研究を行っている。また, 次世代の情報通信に重要なGHz帯の弾性表面波デバイスの研究とそのための電子線を用いた超微細加工プロセスの研究を行っている。

主な研究発表

- (1) High tempererature stable GHz-range low-loss wide band transdusers and filter using $\text{SiO}_2/\text{LiNbO}_3/\text{LiTaO}_3$, K.Yamanouchi, H.Satoh, T.Megro and Y.Wagatsuma, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr., 42, No.3, 392-396(1995).
- (2) 超微細加工プロセス技術とGHz帯弾性表面波変換器, 目黒敏靖, 長康雄, 山之内和彦, 日本音響学会誌, 51, No.10, 51769-773(1995).
- (3) 2 GHz range low loss IIDT filters using narrow gap IDT structure and new cross-over techniques, K.Yamanouchi and T.Terashima, IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 103-107(1995).
- (4) SAW transducer configurations for reversing the directivity of NSPU DT substrates, M.Takeuchi, H.Odagawa, M.Tanaka and K.Yamanouchi, IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 17-22(1995).
- (5) GHz-range low-loss wide band flters using new electrode thickness difference type of unidirectional transducers, T.Meguro, H.Odagawa and K.Yamanouchi, IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 99-102(1995).
- (6) A low loss SAW matched filter using unidirectional transducers under the compensation method of temperature deviations, Y.Takeuchi and K.Yamanouchi, IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 7-12(1995).

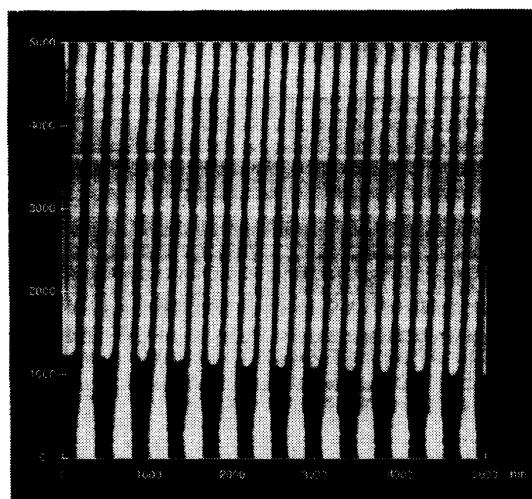


図1. 10GHz帯すだれ状電極
(線幅0.1 μm , アルミニウム)

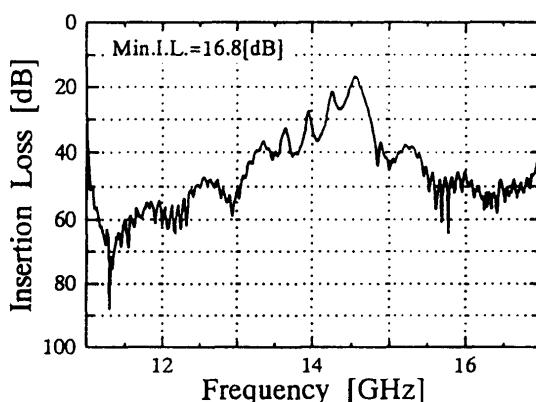


図2. 15GHz帯弾性表面波フィルタの周波数特性

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り(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る。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相関素子が必要であり、特に携帯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(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・実用化した。さらにSAWコンボルバのコヒーレント相関特性を利用した非同期SS無線モデムを開発し、国内認可第1号となる2.4GHz SS無線モデムを完成させた。本年度は、コンボルバシステムにおいて直交符号を用いたマルチチャネル化を検討した。

ZnO/SiコンボルバはIF帯で動作するため、2.4GHz信号処理のためには周辺RF回路が必要となる。フロントエンドマッチトフィルタを用いると、2.4GHz SS信号を直接ベースバンドデータに復調可能となる。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(AIN/Al₂O₃)構造は、約6,000m/secの高音速を有し、かつ本研究分野で見出した零温度係数伝搬遅延時間特性を持つので、2.4GHzフロントエンドSAWマッチトフィルタに最適な材料である。これまでにAIN/Al₂O₃ SAWマッチトフィルタを設計・試作し、これを用いた2Mbps伝送2.4GHz SSモデムを開発した。

本年度は特に、2.4GHzフロントエンドマッチトフィルタの高性能化に関して、フィルタの電極対数に重み付けを行い、伝搬損失による効率低下の抑制を図った。さらにモデル全体の低消費電力化

のため、SS信号の特徴を利用した増幅器の設計を行い、マッチトフィルタの高効率化と組み合わせることによりわずか28mWで動作するSSモデムが実現可能である事を明らかにした。図2は、AIN/Al₂O₃ SAWマッチトフィルタを搭載した「2Mbps伝送・カードサイズSS復調器」である。

さらに、AIN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AINエピタキシャル膜を成長させる「クヌーセン圧MO-CVD技術」の確立を行った。

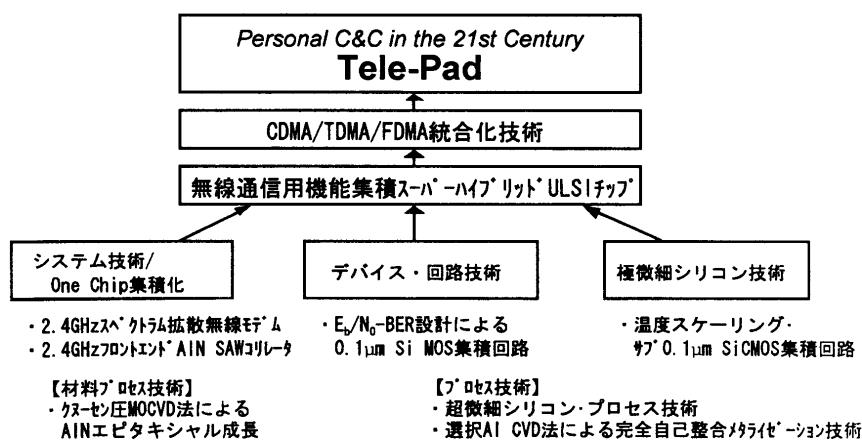


図1 電子音響集積工学研究分野の研究目標

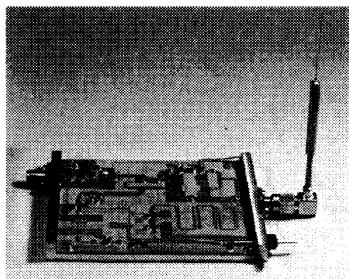


図2 2.4GHzフロントエンドSAWマッチトフィルタ搭載
「2Mbps伝送・カードサイズSS復調器」

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・デジタル信号処理のために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で示した。また、 $0.1\mu m$ MOSFETを試作し、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-MOS FETを実現してきた。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。

また、ULSI多層配線技術として研究してきた選択Al CVD技術に関して、本年度は、ULSI多層配線に必須であるバリアメタル上のAl堆積における「ClF₃プラズマレスクリーニング法」を確立した。現在選択Al CVD技術を積極的に活用し、MOSFET回路の高速化をはかる「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

これらのデバイス・プロセス技術の研究を発展させて、サブ10psec・サブ $0.1\mu m$ 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していく。

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。本研究分野では、システムから回路、デバイスレベルまでを一貫して評価、議論できる指標として、従来から通信システムの設計・評価に広く用いられているEb/No-BER (Eb: 1ビット当たりのエネルギー、No: 1Hz当たりの雑音電力、BER: ビット誤り率) 特性に着目している。本年度は、まずEb/No-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並びにシミュレーションによって明らかにした。現在、実際の回路におけるノイズ源を定量的に解析可能な回路の試作を進めている。今後、超低消費電力回路設計技術、さら

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 (1993年より)
助教授 益一哉 (1993年より)
助手 橫山道央

<坪内和夫教授のプロフィール>

昭和49年3月名古屋大学大学院博士課程修了。工学博士。昭和49年4月東北大学電気通信研究所助手。昭和57年3月～10月米国パーデュ大学客員助教授。昭和58年3月助教授。平成5年3月教授。昭和58年服部報公賞、平成6年第26回市村学術賞貢献賞、平成8年第11回電気通信普及財団賞（テレコムシステム技術賞）受賞。日本物理学会、日本応用物理学会、電気学会、電子情報通信学会、IEEE会員

<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 $0.1\mu m$ Si CMOS集積回路の研究
4. サブ $0.1\mu m$ 超微細プロセス技術の研究
5. $0.01\mu m$ プロセス技術とデバイスの研究

<主な研究発表>

1. Compact Spread Spectrum Demodulator Using 2.4GHz Front-End SAW Correalator, K. Tsubouchi, H. Nakase and K. Masu, Int. Conf. on Personal Wireless Commun., Victoria, Canada, 3B-1, 1995 (Invited Paper).
2. Transmission Electron Microscopic Observation of AlN/ α -Al₂O₃ Heterointerface with Initial Nitridation AlN layer, K. Masu, Y. Nakamura, T. Yamazaki, T. Shibata, M. Takahashi and K. Tsubouchi, Jpn. J. Appl. Phys. 34(6B) L760-L763 (1995).
3. Precursor Design and Selective Aluminium CVD, K. Tsubouchi and K. Masu, Vacuum 46(11) 1249-1253 (1995). (Invited Paper)
4. Dimension-Temperature Combination Scaling for Low-Temperature 0.1 μm CMOS, K. Masu, M. Yokoyama and K. Tsubouchi, Microelect. Dev. & Multilevel Interconnection Technol., SPIE Microelect. Manufact. '95 Symp., Austin, Oct 25-26, 1995, pp.62-73 (1995). (Invited Paper)
5. Mirror-Like Surface Morphology of CVD-Al on TiN by ClF₃ Pretreatment, H. Matsuhashi, A. Gotoh, J.H. Chung, K. Masu and K. Tsubouchi, Adv. Metallization & Interconnect. Sys. for ULSI Appl. in 1995, Japan session, Tokyo October 24-25, 1995, p.22-23.

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

教授のプロフィール

1966年東北大学工学部電気工学科卒業、1971年同大学大学院工学研究科博士課程（電子工学専攻）修了。ただちに日本電信電話公社電気通信研究所（現NTT基礎研究所）に入社。以来化合物半導体エピタキシャル成長、半導体レーザ、光検出器など、光通信用半導体デバイスの研究開発に従事。1982年以降、半導体物性に関する基礎研究に転じ、半導体超格子、低次元電子構造の光および電子物性に関する研究、半導体表面の相転移の研究などに従事、現在に至る。1995年1月東北大学電気通信研究所量子波動工学研究分野客員教授に、1996年4月早稲田大学理工学部電気電子情報工学科教授に就任。

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

主な研究発表

1. エピタキシャル成長過程, Horikoshi Yoshiji, 固体表面分析(II) 第10章, 講談社サイエンティフィ

ク, 468-481(1995).

2. Growth of low dimensional structures for optical application, Horikoshi Yoshiji, Ando Seigo, Ando Hiroaki, Kobayashi Naoki, Nato Advanced Science Institute Series, 298, 325-33(1995).

3. Effect of As pressure on Se δ-doped in GaAs by molecular beam epitaxy, Sano Eriko, Horikoshi Yoshiji, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1, 34, 4627-30(1995).

4. Flattening transition on GaAs(411)A surfaces observed by scanning tunneling microscopy, Yamaguchi Hiroshi, Yamada Takumi, Horikoshi Yoshiji, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1, 34, 1490-93(1995).

5. Unified model for first-order transition electrical properties of InAs(001) surface based on atom-recoiled scanning tunneling microscopy imaging, Yamaguchi Hiroshi, Horikoshi Yoshiji, J. Cryst. Growth, 150, 148-51(1995).

6. Limit of electron mobility in AlGaAs/GaAs modulation-doped heterostructures, Saku Tadashi, Horikoshi Yoshiji, Tokura Yasuhiro, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1, 35, 34-38(1995).

3.4 超高密度・高速知能システム実験施設の目標と成果

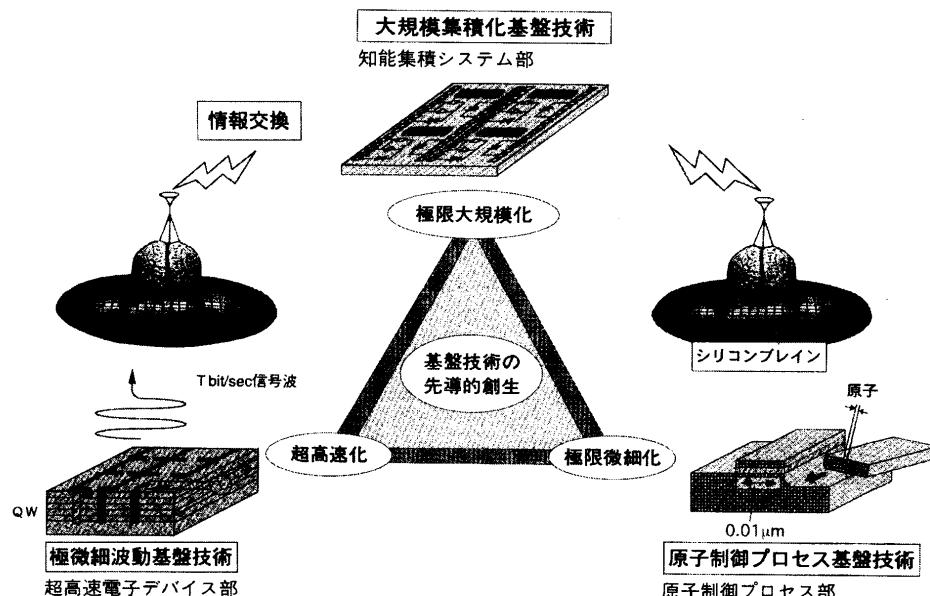
東北大学電気通信研究所超高密度・高速知能システム実験施設は、平成6年6月24日、極微細構造電子回路加工技術を進展させると共に、極微新機能電子デバイスの開発と、それらの性能を活用して瞬時の判断や認識を行い得る超高密度・高速知能システムを構築することを目的として設置された。

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、原子スケールで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・電子工学専攻や情報科学研究科の各講座が研究開発した成果を有効かつ集中的に具体化すると同時に、全国の電気通信分野の研究者の英知を結集して共同プロジェクト研究を行う。

原子制御プロセス部では、本年度は原子精度の極微細構造の形成を目指し、SiやGeの原子層成長制御CVD・原子層エッチングに加え、低温での極薄Si窒化膜の形成やW選択成長を中心に研究を進め、またSiGeを自己整合型に極浅ソース・ドレイン接合に用いた極微細MOSFETを実現した。

超高速電子デバイス部では、半導体極微ヘテロ量子構造におけるサブバンド間吸収(THz-遠赤外)の電界依存性を調べた。またGaAsをベースとする希薄磁性半導体(Ga,Mn)Asを世界に先駆けて成長することに成功し、それが強磁性体であることを明らかにした。

知能集積システム部では、新しく開発したアナログメモリSDAMの完全線形化動作モードを確立し、これを用いて連想記憶システムの開発を行い集積回路を試作した。また集積化人工神経回路網の学習回路をコンパクトに実現、決定論的ボルツマンマシンと時系列情報の発生と記憶を可能とする回路網の試作を行った。



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。

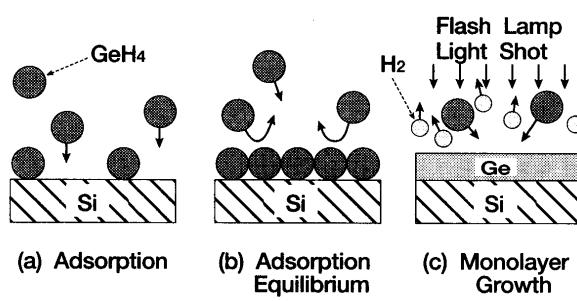
原子層成長制御 CVD

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)に保ったまま単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。本年度までに、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℃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

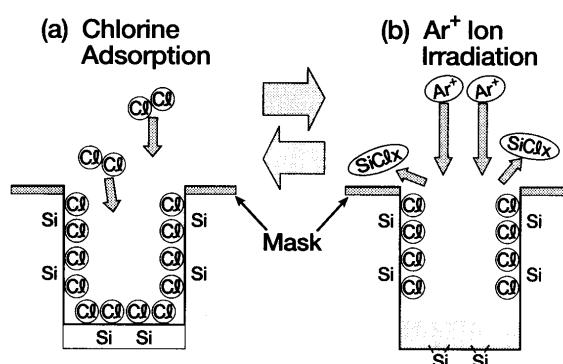
定化技術の開発と同時に、SiとGeが一原子層ずつ積層した共鳴トンネルダイオードの製作を進めている。また、新機能デバイス製作に必要な窒化膜、W膜の原子層オーダの成膜制御の研究を開始している。

原子層エッチング

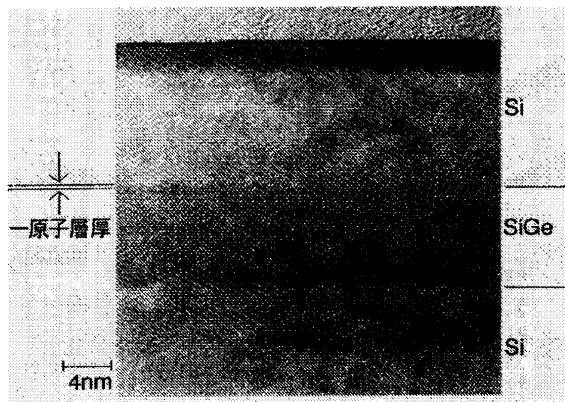
ドライエッチングにおけるエッチ量のデジタル的制御の報告はあるが、Siのエッチングを完全に自己制限型にはできなかった。本研究部では、高清浄電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマエッチング装置を用いてSi表面への塩素の吸着と低エネルギー Ar^+ イオン照射を交互に行うことにより、Siの自己制限型原子層エッチングが可能であり、超微細パターン加工もできることを実証してきた。本年度までに基板面方位と吸着種の違いの効果を研究し、1サイクル当たりのエッチ量は、表面の塩素吸着量とともに増加し各面方位ともそれぞれの1原子層厚に簡単な分数を掛けた値に飽和すること、塩素分子のみを供給した場合、それらの飽和値は塩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サイクル当た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、Ge及びSi窒化膜の原子層エッチングの研究を進めている。



瞬時加熱CVD法による原子層成長



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、本年度までに、SiGe混晶の形成におけるB及びPの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/cm²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0.075μmルールの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ている。

職員

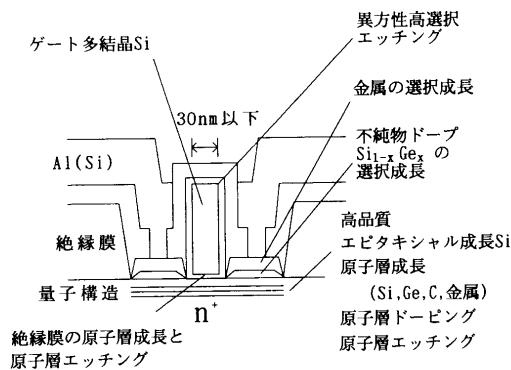
教授 室田 淳一 (1995年より)

助教授 松浦 孝 (1993年より)

助手 櫻庭 政夫

教授のプロフィール

室田淳一：1948年生まれ。1970年北大・工・電子



極微細構造形成プロセス

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

研究テーマ

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

主な研究発表

1. Low-Energy Ion IrradiationによるSiの原子層エッチング, 松浦孝, 室田淳一, 表面科学, **16**, 346-352, (1995).
2. Atomic Layer-by-Layer Epitaxy of Silicon and Germanium Using Flash Heating in CVD, J.Murota, M.Sakuraba, T.Watanabe, T.Matsuura, and Y.Sawada, J.de Physique IV, **5**, C5-1101-C5-1108, (1995).
3. Low-Temperature Epitaxial Growth Mechanism of Si_{1-x}Ge_x Films in the Silane and Germanium Reactions, J.Murota, Y.Takasawa, H.Fujimoto, K.Goto, T.Matsuura, and Y.Sawada, J.de Physique IV, **5**, C5-1165-C5-1172, (1995).
4. A Super Self-Aligned Ultrashallow Junction Formation Using Selective Si_{1-x}Ge_x CVD in Deep-Submicron MOSFET's Fabrication, K.Goto, J.Murota, F.Honma, T.Matsuura, and Y.Sawada, in ULSI Science and Technology/1995(The Electrochemical Society, Pennington, NJ, 1995), pp.512-518.
5. Self-limited Atomic-Layer Etching of Si, T.Matsuura, K.Suzue, J.Murota, Y.Sawada, and T.Ohmi, in ULSI Science and Technology/1995(The Electrochemical Society, Pennington, NJ, 1995), pp.109-115.
6. In-Situ Doping Control of P and B in Si_{1-x}Ge_x Epitaxial Growth by CVD, H.Fujimoto, J.Murota, Y.Takasawa, K.Goto, T.Matsuura and Y.Sawada, 13th International Vacuum Congress(IVC-13), 9th International Conference on Solid Surfaces(ICSS-9), September 25-29, 1995, p.EM3-tuA-7.

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、すな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ている。

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ている。

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単電子凝縮など物理の基礎に関わるものから、単電子トンネル現象、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。

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・Tbit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。平成7年度では、初めてGaAsをベースとした(Ga,Mn)Asのエピタキシャル成長に成功し、これが90K以下で強磁性を示すことを見いだした。

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

職員

教授 大野 英男 (1994年より)

助手 松倉 文礼

大野 裕三

秘書 佐々木延子

教授のプロフィール

1982年 北海道大学講師、1983年 北海道大学助教授、1988-1990年 IBM T.J. Watson研究所客員研究員、1994年より東北大学教授。

一貫して化合物半導体の分子線エピタキシおよび有機金属気相成長法を用いた薄膜・超構造の結

晶成長を行い、その電気的・光学的物性の解明と電子デバイス、光デバイスへの応用の研究を進めてきた。

現在最も高い周波数で動作する電界効果トランジスタ材料であるAlInAs/GaInAsへテロ接合を初めて実現しそれを用いたMESFETを製作してその後の超高速電子デバイス応用の端緒をつくった。

1988年よりIII-V族ベースの希薄磁性半導体の研究を開始し、それまで存在しなかったIII-V族希薄磁性半導体((In,Mn)As)を初めて創成した。さらに最近では(Ga,Mn)Asの成長に成功しGaAs系デバイスへの応用の道を切り開きつつある。

発表論文

1. H. Ohno, F. Matsukura, H. Munekata, Y. Iye, and J. Nakahara, "Temperature dependence of anomalous Hall effect and magnetism of (In,Mn)As/(Al,Ga)Sb heterostructures," Proc. 22nd. Int. Conf. Physics of Semiconductors (World Scientific, Singapore, 1995), pp. 2605-2608.
2. S. Goto, Y. Nomura, Y. Morishita, Y. Katayama, and H. Ohno, "Growth of GaAs by molecular-beam epitaxy using trisdimethylaminoarsine," J. Crystal Growth, vol. 149, pp. 143-146, 1995.
3. H. Ohno, "Mn-based III-V diluted magnetic (semimagnetic) semiconductors," Materials Science Forum, vols. 182-184, pp. 443-450, 1995.

著書

1. 大野 英男, 「物性科学事典」, 東京大学物性研究所編 (分担執筆), 東京書籍, 1996年.

知能集積システム部

集積化知的情報処理システムの基盤技術の研究

〈部の目標〉

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

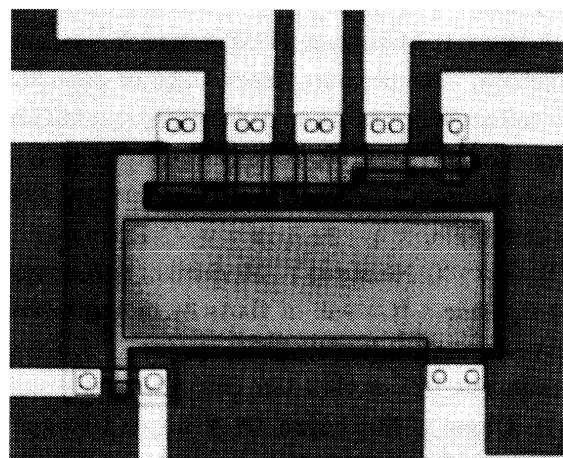
これまでに神経回路網が目的とする動作を正確に行う設計法と同時に神経回路網のキーデバイスとなる新しいアナログメモリを開発、これらを用いて信頼性の高いパルス出力型でしかも超並列高速演算が可能な電流加算アナログ動作を行う神経回路網をシリコンチップ上に作り出した。このチップの製作にはCMOS集積化技術をベースにフローティングゲートと薄膜トランジスタの製作技術を同時に用いており、知的情報処理システムの集積化を進めるうえで技術的にも重要な位置づけを与えるチップとなっている。また超伝導デバイスを用いた神経回路網の集積化にも成功している。さらに新たな機能を持つデバイスや知的回路構成法を探索しており、次の世代の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

〈過去1年間の主な成果〉

新しく開発したアナログメモリSDAMの入力パルス数と保持電荷量の間の関係について、付加的なフィードバック回路の増加無しに実行される完全線形化動作モードを確立し、数値実験と試作集積回路により実証した。これによりSDAMの回路素子としての適用範囲が大幅に広がり応用分野が開けた。

そのためこのSDAMを用いて、知的情報処理シ

ステムの一翼を担うとされる連想記憶システムの開発を行い集積回路を試作した。新開発のアナログメモリを用いているために、このシステムは従来処理速度のネックとなっているアナログ→デジタル変換を必要としない特徴がある。

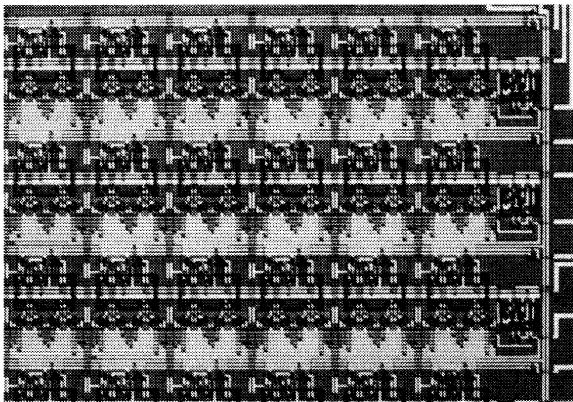


アナログメモリSDAM

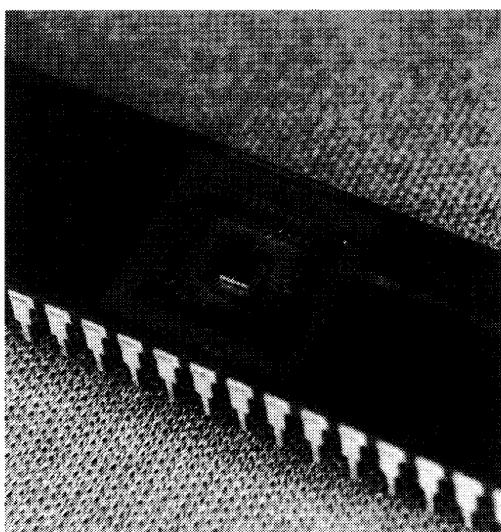
またSDAM開発の本来の目標であった集積化人工神経回路網の学習回路をコンパクトに実現し、決定論的ボルツマンマシンを試作、知的情報処理システムの実現に向け前進した。学習回路に関しては従来の対称な結合強度を実現するモデルから非対称な結合強度の獲得へと発展させ、その能力を数値実験により評価した。

さらに知的情報処理システムに必須とされる動的なパターンの処理能力を実現する第一歩として、人工神経回路網における時系列情報の発生と記憶に関する解析を行い、その結果を基に時系列情報の発生と記憶を可能とする集積化人工神経回路網の試作を行った。

その他に超伝導デバイスによる集積化人工神経回路網の試作を行い、その動作を検証し低消費電力性を実証、将来の情報処理システムとしての高い可能性を確認した。



動的パターン処理用ニューロチップ



パッケージしたニューロチップ

〈職員〉

教授 中島康治 (1995年より)
助手 佐藤茂雄 水柿義直

〈教授のプロフィール〉

1949年仙台市生まれ、東北大学工学部電気工学科、同大学院博士課程修了の後、東北大学電気通信研究所助手、助教授を経て1995年より同研究所教授。ジョセフソン能動伝送線路に関する研究で博士の学位を取得、その後磁束量子・反磁束量子のソリトンとしての相互作用の直接観測に成功、その結果を基に量子力学的な位相の概念に基づく電子計算機システムを提案し、基本集積回路の試作と動作の検証を行った。さらにシリコン集積回路による知的情報処理の研究に進み、現在は連想記憶システムやニューラルネットワークによるシリコンブレインの実現を目指している。

〈研究テーマ〉

1. 集積化ニューラルネットワークの基本構成に関する研究
2. 知的記憶システム・ダイナミックメモリの構成に関する研究
3. 集積化ニューラルネットワークの学習性能に関する研究
4. アナログメモリSDAMの高性能化に関する研究
5. 大規模集積回路の製作・設計に関する基礎的研究

〈主な研究発表〉

1. Neuro-Base Josephson Flip-Flop, Y. Mizugaki, K. Nakajima and T. Yamashita, IEICE Transactions on Electronics, E78-C, 5, 531-534, (1995).
2. Superconducting Neural Circuits Using SQUIDs, Y. Mizugaki, K. Nakajima, Y. Sawada and T. Yamashita, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 5, 2, 3168-3171, (1995).
3. Extended Phase-Mode Logic-Circuits with Resistive Ground Contact, T. Onomi, Y. Mizugaki, K. Nakajima and T. Yamashita, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 5, 3, 3464-3471(1995).
4. Limit Cycles of One-Dimensional Neural Networks with the Cyclic Connection Matrix, C. Y. Park, K. Nakajima and Y. Sawada, Proc. JTC-CSCL '95, 715-718(1995).
5. An Asymmetric Learning Rule Modified from Biological System, H. Won, Y. Hayakawa, K. Nakajima and Y. Sawada, Proc. 1995 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, 231-234(1995).
6. Quantized Charge Transfer in SDAM for Neural Networks, H. Won, K. Nakajima and Y. Sawada, Proc. JTC-CSCL' 95, 362-365(1995).
7. Flip-Flop Circuits Using DC-Biased Coupled - SQUID Gates, Y. Mizugaki, K. Nakajima, and T. Yamashita, Applied Superconductivity 1995, 2, 1713-1716(1995).
8. DC-Biased Flip-Flop Composed of Coupled-SQUID Gates, Y. Mizugaki, K. Nakajima and T. Yamashita, Extended Abstracts of 5th International Supserconductive Electronics Conf., 34-36(1995).
9. Experimental Realization of Extended Phase-Mode Logic Elements, T. Onomi, Y. Mizugaki, K. Nakajima and T. Yamashita, Extended Abstracts of 5th International Supserconductive Electronics Conf., 195-197(1995).

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

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・感度をどこまで上げられるかが大きな課題になる。この課題に取り組むことが評価・分析センターの大きな研究目標である。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、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しつつある。

現在、評価・分析センターには、汎用X線回折装置、二結晶X線回折装置、走査型電子顕微鏡、X線トポグラフ装置、赤外分光装置、電子スピン共鳴装置、ヘリウム後方散乱装置、昇温脱離装置、原子間力顕微鏡、紫外・可視分光器、液体クロマトグラフィなどが揃っている。

1995年度は、評価分析センター運営委員会（運営委員長：荒井賢一教授）において、これらの装置の管理方法を決め、旧測定解析部からの継続で各種測定依頼に応じるとともに、所内外の研究者・学生に対して装置の公開を行ってきた。特に使用頻度の高かった装置は昨年度と同様X線回折装置である。主な用途は磁性材料、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や化合物半導体超格子の格子定数の測定も増えている。昨年度導入した汎用X線回折装置は、自動測定が可能であるとともに、初心者でも取り扱いが便利なため、ユーザーに使用方法に習熟してもらい、装置を隨時使用出来る体制にした。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。昨年度に引き続き、シリコン表面のエッティング・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。

可視・紫外分光器と高速液体クロマトグラフィ装置は、共同プロジェクト研究「フラーレンプラズマ」（研究代表者：佐藤徳芳教授）の研究推進のために導入されたものである。センター内に設置されたフラーレン生成・評価分析装置を用いて生成したC₆₀の生成効率の分析、C₆₀の精製・分取にこれらの装置が使用された。

また、センター内の測定装置をネットワークに組み入れることを現在検討している。近い内に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。

評価分析センターの主な研究テーマは、

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
- である。今年度の主な研究成果は以下の通りである。

(溶液処理シリコン表面の酸化)

シリコンウェーハのクリーニング・テクノロジーにおいて、希フッ酸溶液などのエッティング溶液で処理した後のシリコン・ウェーハ表面の化学状態や表面平坦性に大きな関心がもたれている。極薄の酸化膜やシリコン・エピタキシャル膜を処理表面上に形成するとき、これらが膜質やデバイスの電気的特性を左右するからである。

希フッ酸溶液で処理した後のシリコン・ウェーハ表面は水素で終端されることが分かっているが、この水素終端シリコン表面は大気に晒すと表面が酸化する。この酸化の過程を赤外分光法と光電子分光法を用いて詳細に調べた。大気中酸化では、大気の湿度が表面の酸化速度を決めること、また、表面水素が酸化の抑制に大きな役割を果たしていることを系統的に明らかにした。

(溶液中シリコン表面状態のその場観察)

フッ酸などのエッティング溶液中のシリコン表面の化学状態を赤外分光法で“その場”観察した。フッ酸溶液でシリコン・ウェーハを処理すると表面が水素で終端されるが、どのような反応がこの水素終端化をもたらすかについては未知の部分が多い。フッ酸溶液中のシリコン表面はフッ化物と水素が混在したかなり複雑な表面となっており、従来、理論モデルで考えられていたように完全な水素終端は実現されていないことを明らかにした。現在、フッ酸以外の溶液中の実験も続行中であり、例えば純水に浸した水素終端シリコン表面上では水素置換反応が激しく進行していることが

分かった。なお、この研究は、科研費試験研究(B)「赤外反射分光法による半導体結晶表面の原子制御計測の開発」の助成を受けて行った。

(G a A s 表面清浄化の研究)

G a A s 表面の処理法として硫化アンモニウム溶液処理法が注目されているが、硫化アンモニウム処理表面に金属や絶縁膜を堆積していくときの界面構造や界面化学状態の変化を光電子分光法、ヘリウム後方散乱法を用いて調べた。硫化アンモニウム処理したG a A s 表面にA u, A g, I n やC a F₂を堆積する場合、処理表面上の硫黄保護膜が界面反応を抑制することが分かった。

(有機分子光分解・重合反応過程の研究)

真空紫外域の光照射により、テトラエトキシシラン(T E O S, Si(O C₂H₅)₄)分子が分解・重合してシリコン酸化膜が形成されることを示した。T E O SはSi-O結合を含んだ分子であり、これを原料として用いれば、シランと酸素のような爆発性の混合ガスを用いず、簡便にシリコン酸化膜が形成できる。光があたったT E O S分子が光分解して炭化水素を放出し、炭素がとれた活性種同士が重合してSi-O-Si架橋結合を形成していく過程を解明した。また、光励起法によりテトラメチルシラン(T M S)からアモルファス炭化珪素(a-SiC)を形成できることを示した。ただし、この分子の場合、Si-C結合がSi-OやC-H結合に較べて光照射に対して安定であり、良質のSiC薄膜を形成する場合には炭素含有量の少ない分子、例えばSiH₂(CH₃)₂を用いる必要があることが分かった。

現在、光励起法により有機金属化合物から金属薄膜、絶縁薄膜を低温形成する方法の開発研究を、科研費一般研究(B)「有機金属を用いた光触媒反応による層状超薄膜構造の形成」の助成も受けて行っている。

(フーレン重合体薄膜の形成法)

管状炭素高分子C₆₀フーレンの光分解・重合反応を赤外分光法を用いて調べた。大気中で低圧水銀ランプからの真空紫外光をC₆₀薄膜に照射するとC₆₀分子が酸素を介して重合することが分かった。この結果は、C₆₀薄膜がリソグラフィのレジストに応用できることを示唆している。

(ゾル・ゲル法による強誘電体薄膜形成法)

近年、種々の電子素子への適用を目的とした強誘電体薄膜に関する研究が盛んであり、様々な物質が検討されているが、その中でBi₄Ti₃O₁₂(BITO)は異方性が強く、C軸方向の抗電界が小さいため、メモリ素子に適している。

そこで、ゾルゲル法を用いたBITO薄膜形成について調べた。結晶化アニール方法の違いによるBITO薄膜の膜質の違いについて調べた結果、昇温レートが大きいとC軸優先配向性を示し、結晶

粒が板状で大きくなること、一方、昇温レートが小さいと結晶粒が粒状で小さくなることなどがわかった。

職員

センター長・教授 宮本 信雄(分子電子工学研究分野、1994年～1996年3月31日)

助教授 庭野 道夫(電子量子デバイス工学研究分野、1994年より)

研究発表

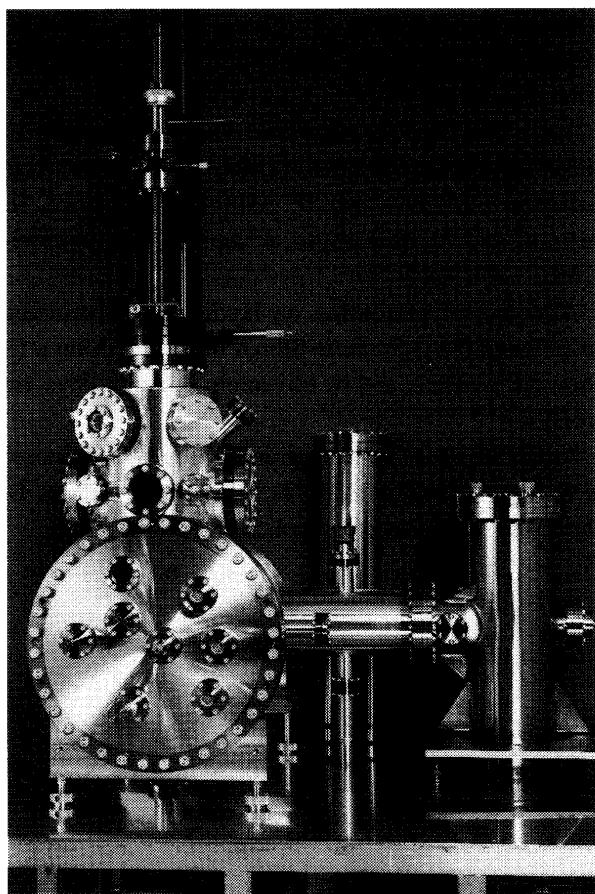
- 1."Synchrotron Radiation Induced Reactions of a Condensed Layer of Silicon Alkoxide on Si", K. Kinashi, M. Niwano, J. Sawahata, F. Shimoshikiryo, and N. Miyamoto, J. Vac. Sci. Technol. Vol.A13, No.4 (1995) 1879-1884.
- 2."Infrared Study of Chemistry of Si Surfaces in Etching Solution", M. Niwano, T. Miura, R. Tajima, and N. Miyamoto, Appl. Surf. Sci. (in press).
- 3."Synchrotron Radiation Induced Reactions of Condensed Layer of Organosilicon Compounds", M. Niwano, J. Sawahata, T. Miura, D. Shoji, and N. Miyamoto, J. Electron Spectr. Related Phenomenon (1996) (in press).
- 4."Real-Time, In-Situ Infrared Study of Etching of Si(100) and (111) Surfaces in Dilute Hydrofluoric Acid Solution", M. Niwano, T. Miura, Y. Kimura, R. Tajima, and N. Miyamoto, J. Appl. Phys. 9 (1996) 3708.
- 5."Kinetics of Oxidation on Hydrogen-Terminated Si(100) and (111) Surfaces Stored in Air", T. Miura, D. Shoji, M. Niwano, and N. Miyamoto, J. Appl. Phys. (in press).
- 6."Initial Stages of Oxidation on Hydrogen-Terminated Si Surface Stored in Air", T. Miura, M. Niwano, D. Shoji, and N. Miyamoto, Appl. Surf. Sci. (in press).

3.6 附属工場

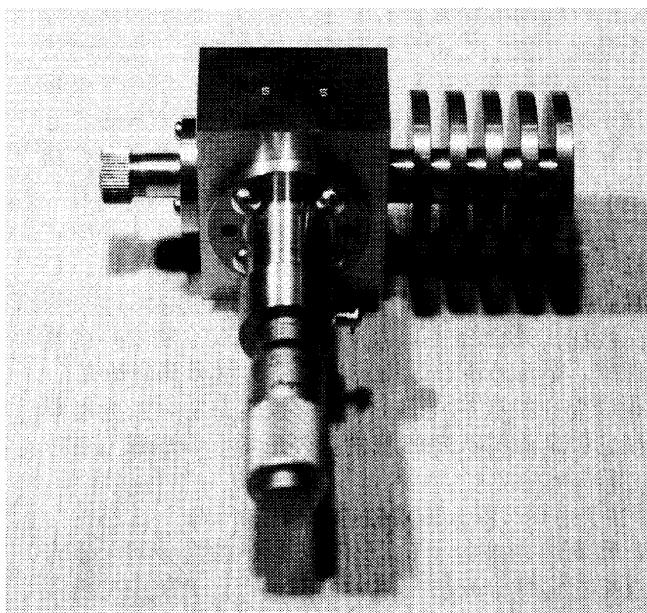
本附属工場は、研究所付置の工場として、各分野、施設からの要求に応じて、電気通信研究用の各種の実験装置の設計、試作をはじめ、学生、教職員への工作指導を行っている。工作の方法としては、旋盤、フライス盤等による精密機械工作が主であるが、本工場は従来より新しい工作方法を探り入れることにも積極的で、超音波加工、ガラス研磨の技術を始め、近年はステンレス材、アルミニウム材の溶接技術をいち早く研究してその技術を修得し、各種超高真空容器の精密工作に成功し、半導体界面、磁気記録の研究を始め種々の電気通信の研究に対して多大な貢献をしている。これらの精密工作を行うために本工場ではその内部に、温度コントロールされた精密工作室、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、溶接機 10台（アルゴン直交用 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EELS/RAMAN複合
表面分析システム



ミリ波帯ガン発振器

第 4 章 共同研究

4.1 共同プロジェクト研究の理念と概要

○共同プロジェクト研究

本研究所は、情報通信分野における COE (Center of Excellence) として、その成果をより広く社会に公開しました研究所自体がさらに発展するために、全国共同利用研究所として所外の研究者と共同プロジェクト研究を遂行している。本所の学問の性格上、単なる設備の共同利用ではなく、本研究所教官との共同研究を前提とした共同利用研究所であるところに特徴がある。本研究所の「共同プロジェクト研究」とは、情報通信分野における技術・システムに関する各種の研究を国内外の優れた研究者の協力のもとに企画・コーディネートし、プロジェクト研究として実施していくもので、大規模な装置・施設の共同使用に重点がある従来の共同利用型研究とは異なり、研究内容主導型の共同研究である。

共同プロジェクト研究は、所内外の研究者の英知を集めて企画され、さらにその積極的な参加を得て実施されることが肝要である。これまで、共同プロジェクト研究の提案およびその参加は、国・公・私立大学の教官及び国・公立研究所等の研究者、又はこれに準ずる研究者を主な対象として、公募により行っている（本共同プロジェクト研究については、www - URL: <http://www.riecl.tohoku.ac.jp> - にても広報している）。現在のところ、本プロジェクト研究に企業など民間からの参加は少ないが、本所全体としては受託研究あるいは財団法人電気通信工学振興会などを通して70社を越す企業等と一緒に研究を行っている。

なお、本研究所はその設立以来、本学工学部電気・情報系学科と研究・教育における一体運営を遂行してきており、これにより人材の育成と研究の実を挙げることを共に果たしてきた。この運営方法は共同プロジェクト研究所に移行した現在も維持している。

○共同利用委員会

共同プロジェクト研究の運営のために、共同利用委員会が設置されている。本委員会は、共同プロジェクト研究の計画、公募、採択、実施、その他研究に関する重要な事項を審議するために設置されており、その構成は、本研究所の研究部門の専任教官3名、付属実施施設の専任教官1名、研究所に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名の委員よりなっている。共同利用委員会は、本研究所で遂行されている研究内容の特徴を重視しながら、所内外の意見を広く求め、研究所の目的である「高密度及び高次の情報通信に関する学理並びにその応用の研究」の発展に不可欠な共同プロジェクト研究を積極的に推進することを、その使命としている。なお、研究の採択にあたっては、必要に応じて所外の研究者の意見を参考にしている。

○平成7年度共同プロジェクト研究

平成7年度の共同プロジェクト研究は所内外から公募され、審議の結果次の20件（A:10件、B:10件）が採択された。なお、Aタイプは各々の研究課題について行う研究であり、Bタイプは短期開催の研究会形式の研究である。

平成7年度共同プロジェクト研究採択一覧

- A-1 ブレインコンピュータの構成に関する基礎的研究
- A-2 ULSI用高品質酸化膜形成プロセスの研究
- A-3 フラーレンプラズマに関与するプラズマ現象の解明とその物質創製への応用
- A-4 ヴァーティカル・フォトニクス技術の研究
- A-5 聴覚情報処理過程に関する研究
- A-6 微小電子源の物理と電子ビーム応用
- A-7 結晶成長面における原料原子の積層課程に関する基礎的研究
- A-8 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
- A-9 フォノン集積デバイス・材料の研究
- A-10 やわらかい情報システムに関する基礎的研究

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
- B-2 プラズマ中の自己組織化現象の解明とその応用
- B-3 並列・分散・協調コンピューティング
- B-4 複雑系の設計・制御に関する研究
- B-5 光励起表面反応の半導体プロセスへの応用
- B-6 ミリ波帯イメージング技術の研究
- B-7 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
- B-8 ミリ波帯電波の利用に関する調査研究
- B-9 ナノスピニクスの科学
- B-10 半導体スピニクス工学の基礎と応用

課題番号 A-1

ブレインコンピュータの構成に関する基礎的研究

[1] 組織

企画者：澤田 康次（東北大学電気通信研究所）
 責任者：澤田 康次（東北大学電気通信研究所）
 分担者：矢野 雅文（東北大学電気通信研究所）
 中島 康治（東北大学電気通信研究所）
 佐野 雅己（東北大学電気通信研究所）
 星宮 望（東北大学工学部）
 山本 光璋（東北大学工学部）
 中尾 光之（東北大学工学部）
 二見 亮弘（東北大学工学部）
 甘利 俊一（東京大学工学部）
 合原 一幸（東京大学工学部）
 金子 邦彦（東京大学教養学部）
 佐々 真一（東京大学教養学部）
 岡部 洋一（東京大学
 先端科学技術研究センター）
 藏本 由紀（京都大学理学部）
 津田 一郎（北海道大学理学部）
 本庄 春雄（九州大学工学部）
 新貝 鈴藏（岩手大学工学部）
 佐藤 信一（静岡大学教養学部）
 和久屋 寛（佐賀大学理工学部）
 山崎 義武（九州工業大学情報工学部）
 八木 哲也（九州工業大学情報工学部）
 矢内 浩文（玉川大学工学部）
 藤井 宏（京都産業大学工学部）
 川人 光男（ATR人間情報通信研究所）

[2] 研究経過

もとよりブレインコンピューターの研究は、ブレインの持つ知的な情報処理を実現するために従来の計算機の構造とは全く異なるアーキテクチャで実現されるものである。ニューラルネットによる超並列動作はその計算速度とロバスト性が注目され、将来にブレインコンピューターの基本要素アーキテクチャのひとつとなることが予想されるが、ブレインコンピューター全体のアーキテクチャに対する基本的構成についての研究は殆ど無いと言ってよい。本研究は、ブレインコンピューターシステムの構築をめざして共同プロジェクトを組み、さまざまな角度から進めるものである。

ブレインコンピューターを実現するためには、

Intelligence とはなにか、それを実現するためにはどのような構造が必要であるかという、2つの問題に対する答えを模索する必要がある。Intelligence とは何かという質問に対しては、「Intelligenceは生物が生存をより有利にするために長年において獲得してきたソフトウェアである」との認識が必要である。従って、生命状態とは何かという研究が必要である。

生物が獲得したIntelligence実現の最低必要条件は、柔軟性、実時間性、能動性の3つの基本要素の実現が挙げられる。さらに、高度な知性を将来実現する必要があるが、この3要素のどの1つを欠いても知的とは言えなくなる。この意味においてニューラルネットのみでは超並列・分散というハード的要求を満たしているに過ぎなかった。ここでこの3要素を実現するために「学習の効率化」の研究が必要となる。続いて、MacLlough-Pittsモデルのニューロン、Hebbの学習則をベースにするニューロコンピューターを越えて新しいデバイス、学習則を開拓するために、現実のニューロンとシナプスの生理的研究が必要となる。そして、新しいデバイスを用い、Intelligenceを実現するための複雑なシステムを動作させるOSを構築するために「複雑系の数理」の研究を推進させなければならない。又、大規模ブレインコンピューターを実装するためには結線の複雑さ回避して高速、低発熱化するあらゆる方策を研究しなければならない。

以上の理由により、研究課題を I 「生きている状態」とは何か、II 「脳におけるシナプス、ニューロンとそのゆらぎ」、III 「複雑系の数理」、IV 「学習の効率化」、V 「実装」に分類することが出来る。

今年度の成果として、I の「生きている状態」の研究では、生物が生命状態を再生する過程、生物集団の行動パターン等の研究により多細胞生物の生命状態、群知能に対する知見を得た。II ではデンドライト能動性を持たせたactive dendrite modelを提案し、神経細胞の新しい機能の可能性について研究した。III では脳のような複雑系においてカオスダイナミクスが果たす新しい現象を発見し、群知能に関する新しい知見を得た。IV では

聴覚系における音の長さの学習に対する新しい知見、階層性フラクタルネットワークによる学習の効率化等の成果を得た。Vではニューラルネットワークの超伝導化などを行なった。

[3] 研究会活動

- 今年度は、工学研究会「ブレインコンピューティング研究会」と共済で開催した。
- 日時：平成8年3月1日（金）
 場所：仙台国際センター 中会議室
- (1) 「不特定話者の連続母音認識」
 伊藤 仁（東北大通研）
 - (2) 「聴覚系における時間長情報の処理に関する研究」
 加納慎一郎（東北大）
 - (3) 「大脳視覚野で局所運動を検出する神経網の情報表現」
 川上 進（(株)富士通）
 - (4) 「時空間符号化原理としての動的細胞集成体仮説（色と形の動的バインディングを例に）」
 藤井 宏（京都産業大）
 - (5) 「階層型フラクタルネットワークの汎化能力」
 バサビ・チャクラボルティ（東北大通研）
 - (6) 「関数の特徴を考慮した関数学習の高速化について」
 早川 吉弘（東北大通研）
 - (7) 「神経回路の情報処理におけるニューロン活動ダイナミクスと学習ダイナミクスの関連性」
 矢内 浩文（玉川大）
 - (8) 「ニューロン樹状突起の能動性とその機能的意義」
 片山 統裕（東北大）
 - (9) 「線虫の神経系と運動（GABAニューロンを中心として）」
 新貝 鋼蔵（岩手大）
 - (10) 「物体認知の脳内機構と双方向モデル」
 安藤 広志（A T R）
 - (11) 「運動制御系と感覚受容系の統合型神経回路モデル」
 和久屋 寛（佐賀大）
 - (12) 「ランダム対称結合回路における時系列符号化について」
 二見 亮弘（東北大）
 - (13) 「順応機能をもつビジョンチップ」
 八木 哲也（九州工大）
 - (14) 「非対称神経回路のダイナミクスとその集積化」
 中島 康治（東北大通研）

[4] 主な研究発表

- (1) T. Itayama and Y. Sawada : Development of Electrical Activity in Regenerating Aggregates of Hydra Cells, *The Journal of Experimental Zoology* 273 : (1995) pp.519-526
- (2) S. Kawahara, M. Yano and H. Shimizu : Modulation of the feeding system by a radular mechanosensory neuron in the terrestrial slug, *Incilaria fruhstorferi*, *J.Comp. Physiol. A* vol.176, (1995) pp.193-203
- (3) N. Shimoyama, K. Sugawara, T. Mizuguchi, Y. Hayakawa and M. Sano : Collective Motions in a System of Motile Elements, submitted to *Phys. Rev. Lett.*, (1995)
- (4) M. Nakao and M. Yamamoto : 脳におけるゆらぎ, *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, vol14-5, (1995) pp.497-502
- (5) 山本, 中尾, 水谷:脳・1/fゆらぎ・ニューラルネットワーク, 応用物理, 第64巻, 第12号, (1995) pp.1216-1220
- (6) T. Hondou and Y. Sawada : Dynamical behavior of a dissipative particle in a periodic potential subject to chaotic noise: Retrieval of chaotic determinism with broken parity, *Physical Review Letters*, Vol. 75 (1995) pp.3269 - 3272
- (7) T. Kawagishi, T. Mizuguchi and M. Sano : Points, Walls and Loops in Resonant Oscillatory Media, *Phys. Rev. Lett.*, 75 (1995) pp.3768-3771
- (8) T. Mizuguchi and M. Sano : Proportion Regulation of biological cells in Globally Coupled Nonlinear Systems, *Phys. Rev. Lett.*, 75 (1995) pp.966-969
- (9) H. Honjo and M. Sano : Entropy Spectrum of Self-Similar Patterns, *Prog. Theor. Phys.*, 94 (1995) pp.737-744
- (10) T. Takeshita, T. Segawa, J. A. Glazier, and M. Sano : Thermal Turbulence in Mercury, *Phys. Rev. Lett.* 76 (1996) pp.1465-1468
- (11) S. Chiba and Y. Sawada : Experimental Study on the Nonlinear Dynamics of Coupled Charged Rotators, *Journal of the Physical Society of Japan* Vol.65, No.2, (1996) pp.345-347
- (12) 加納, 二見, 星宮:ヒト聴覚系における音の長さに関する情報の短期記憶特性について, 電子情報通信学会論文誌, vol.J78-A, No.7, (1995) pp.753-762
- (13) H. Won, Y. Hayakawa, K. Nakajima and Y. Sawada : Switched Diffusion Analog Memory for Neural Networks with Hebbian Learning Function and Its Linear Operation, *IEICE Trans. Fundamentals* (to

be published)

- (14) B. Chakraborty and Y. Sawada : Performance of Hierarchical Fractal Neural Net as a Pattern Classifier, submitted to Journal IEICE Transactions on Information and Systems.
- (15) B. Chakraborty and Y. Sawada : Fractal Connection Structure, A simple way to improve Generalization in Nonlinear Learning Systems, submitted to Journal IEICE Transactions on Fundamental of Electronics, Communications and Computer Sciences.
- (16) C. Y.Park ,Y. Hayakawa , K. Nakajima and Y. Sawada : Limit Cycles of One-Dimensional Neural Networks with the Cyclic Connection Matrix, IEICE Trans. Fundamentals (to be published)
- (17) Y. Mizugaki, K. Nakajima, Y. Sawada, and T. Yamashita : Superconducting Neural Circuits Using SQUIDs, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.5, No.2, (1995) pp.3168-3171
- (18) T. Onomi, Y. Mizugaki, K. Nakajima and T. Yamashita : Extended Phase-Mode Logic-Circuits with Resistive Ground Contact, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.5, No.3, (1995) pp.3464-3471
- (19) Y. Mizugaki, K. Nakajima, and T. Yamashita : Neuro-Base Josephson Flip-Flop, IEICE Trans. Electron., Vol.E78-C, No.5, (1995) pp.531-534

課題番号 A-2

U L S I 用高品質酸化膜形成プロセスの研究

[1]組織

代表者：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）
 冬木 隆（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）
 野平 博司（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 270万円、旅費 228万円

[2]研究経過

高度情報化社会の発展を支える超々大規模集積回路（U L S I）のシステム性能を向上させるためには、デバイスの微細化およびチップの大面積化が不可欠である。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U L S I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、U L S I用金属-酸化物-半導体（M O S）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。超高清浄シリコン（S i）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S i、化学気相堆積（C V D）アルミニウム（A l）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S i基板を用い、金属、有機物汚染のない超高清浄且つ表面マイクロラフネスが極めて小さいS i表面を生成し、酸化時にウィ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S i、C V D-A l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S i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素過程を精密に分析・制御するために、研究対象を各素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）

ゲート酸化膜形成前のウェハの洗浄メカニズムを明らかにし、HF, H₂O₂, O₃/H₂O, 界面活性剤、メガソニックを用いた全工程室温の新しい洗浄技術を開発した。従来の洗浄方法では、使用薬液が多く、高温かつ長い洗浄時間を要していた。開発した新しい洗浄技術は、従来の洗浄技術に比べ、薬液量、工程面で劇的に簡略することに成功した。洗浄対象は、パーティクル、有機物、金属である。パーティクルは、ウェハ表面とパーティクル表面のゼータポテンシャルを同極にし、表面のわずかなエッティングとメガソニックの振動でパーティクルをウェハ表面から離脱させることにより、再付着することなく除去できる。従来の洗浄においてアルカリ溶液の洗浄工程が必要であったのは各種基板表面とパーティクル表面のゼータポテンシャルを同極にするためであったことを明らかにした。新方法では、少量の界面活性剤を洗浄液に添加し、ゼータポテンシャルを同極に制御した。また、酸化還元電位の高い洗浄液を用いることにより、有機物および金属はそれぞれ酸化分解、イオン化され、ウェハ表面から除去できる。従来、有機物や金属汚染の除去に酸性薬液が使用されていたが、pHが低いほど酸化還元電位が高くなることがこれらの洗浄を可能にしていたことを見いだし、O₃/H₂Oを用いればpHを中性に保ったままこれらを効率よく除去できることを明らかにした。以上のように汚染物質の洗浄メカニズムを明らかにすることにより、全工程室温の画期的な洗浄技術を開発した。

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

ゲート酸化膜形成後の酸化膜表面へのカーボン汚染がもたらすゲート酸化膜の電気的特性への影響を明らかにした。通常、ゲート酸化膜形成後、ゲート電極を形成する前にウェハはクリーンルームエア中を搬送される。クリーンルームエアにウェハが曝露されると、ウェハ表面にクリーンルームエア中のハイドロカーボンが付着する。ゲート酸化膜表面にクリーンルームエア中から付着するハイドロカーボンの量をFT-I R-A T R法を用いて測定を行い、曝露時間が長くなるに従ってハイドロカーボンの付着量が増加することを明らかにした。また、ゲート酸化膜形成後にクリーンルームエア中に曝露し、ゲート電極の成膜を行った試料は、ゲート電極/ゲート酸化膜界面にカーボンが残っていることをS I M Sを用いた測定か

ら明らかにした。一方、同一の反応炉でゲート酸化膜、ゲート電極の連続成膜を行った試料は、ゲート電極/ゲート酸化膜界面にカーボンは観測されなかった。カーボン汚染試料は、ゲート酸化膜を流れる電流値にばらつきがあり、また経時絶縁破壊測定においては低電荷注入量での絶縁破壊が観測された。一方、カーボン汚染のない試料は、電流値のばらつきがなく、しかも経時絶縁破壊測定においてもばらつきがなく、信頼性が高いことを確認した。ゲート酸化膜、ゲート電極の連続成膜により、ゲート酸化膜の信頼性が向上することを実証した。

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とポストアニール方法を開発した。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。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、電荷注入に対してさらに高い信頼性を有する酸化膜を得た。さらに、水素ラジカル水分酸化とアルゴンガス中で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。これまでの研究では、アルゴンガス中でのポストアニールは5時間といった非常に長いアニール時間を要していたが、アルゴンガス中に1%の酸素ガスを添加することによって短い時間でポストアニールを実現することが可能となった。1%の酸素添加アルゴンガスアニールを60分行うことにより、4.9 nmの厚さの酸化膜において、電流ストレスが1 A/cm²の基板注入に対して、最高113 C/cm²の絶縁破壊電荷量を達成した。

共同プロジェクト研究

さらに、これまでの研究を発展させて、生体情報処理ハードウェア、新しい情報処理、の研究を進めている。

また、各大学のレベルアップを図り、国全体のレベルアップに貢献するために、これまでの共同研究で得られた成果を基に、大学院学生の洗浄技術トレーニングを行った。

[3]研究会活動

研究討論会を4回行った。

[第1回]

日時：平成7年11月17日、18日

場所：東北大学電気通信研究所2号館

4階大会議室

(1)「 SiO_2/Si 界面形成に及ぼすケミカルオキサイドの効果」

野平博司、関川宏昭、大橋正俊、服部健雄（武蔵工業大学工学部）

(2)「励起活性種を用いたシリコン酸化膜の低温形成と評価」

冬木隆、松波弘之（京都大学工学部）

(3)「 Si-Ge 系薄膜のCVD成長機構と不純物ドーピング」

室田淳一、松浦孝（東北大学電気通信研究所）

(4)「Al選択CVDの反応機構に関する量子化学」

立花明知（京都大学工学部）

(5)「ULSI用高熱伝導率AIN薄膜」

坪内和夫、益一哉（東北大学電気通信研究所）

(6)「酸化膜電流注入箇所の Si/SiO_2 界面のTEM観察」

陶山直樹（MST(財)材料科学技術振興財団 構造解析部）

(7)「ゲート酸化膜の界面歪と信頼性」

広瀬全孝（広島大学工学部）

(8)「トンネル分光法による $\text{Si}(100)$ 表面酸化過程の評価」

財満鎮明、安田幸夫（名古屋大学工学部）

(9)「 ZnSe 系青色面発光レーザのための酸化物多層膜反射鏡を用いる共振器形成とその特性」

坂口孝浩、本田徹、小山二三夫、伊賀健一（東京工業大学精密工学研究所）

(10)「酸化物強誘電体薄膜の半導体（シリコン）基板上への形成」

徳光永輔、中邑良一、石原宏（東京工業大学精密工学研究所）

(11)「極薄酸化膜高品質化の研究」

大見忠弘、岩本敏幸、三宅利紀、薮根辰弘（東北大学工学部）

(12)「 Si イオン注入ゲート酸化膜の電気的特性」

大曾根隆志（富山県立大学工学部）

(13)「 N_2O 酸窒化酸化膜の特性」

松岡俊匡、田口滋也、大塚秀樹、谷口研二、浜口智尋（大阪大学工学部）

[第2回]

日時：平成8年3月1日、2日

場所：東北大学電気通信研究所2号館

4階大会議室

(1)「極薄酸化膜高性能化に与えるカーボン汚染の影響」

岩本敏幸、三宅利紀、大見忠弘（東北大学工学部）

(2)「極薄 SiO_2/Si における構造と電子状態の評価」

宮崎誠一（広島大学工学部）

(3)「酸化膜形成ドライ及びウェットプロセスの量子化学」

立花明知（京都大学工学部）

(4)「Al CVD技術における表面処理技術」

益一哉、坪内和夫（東北大学電気通信研究所）

(5)「選択成長を用いた自己整合ソース／ドレンイン極浅接合形成による超微細MOSFETの製作」

松浦孝、後藤欣哉、根石克己、石井真、山本裕司、室田淳一（東北大学電気通信研究所）

(6)「酸化物強誘電体をゲート絶縁膜に用いたトランジスタの特性」

石原宏、中邑良一、徳光永輔（東京工業大学精密工学研究所）

(7)「極微構造面発光レーザのためのAlAs選択酸化膜形成と特性」

向原智一、小山二三夫、伊賀健一（東京工業大学精密工学研究所）

(8)「Design of Oxide-confined Vertical Cavity Surface Emitting Lasers」

H. Bissessur, T. Mukaihara, F. Koyama, K. Iga（東京工業大学精密工学研究所）

(9)「酸化膜中の結晶相からのX線散乱」

志村考功、梅野正隆（大阪大学工学部）

(10)「水素終端したSiの酸化の初期過程」

服部健雄、飯島悦夫、奥部陽一、野平博司（武蔵工業大学工学部）

[第3回]

日時：平成8年3月25日、26日

場所：青葉記念会館中研修室

(1)「生体化学反応を電子回路でモデルする－Natural Intelligenceのハードウェア化－」

岡本正宏（九州工業大学情報工学部）

(2)「生体情報処理メカニズムの不思議」

「コホーネンネットワーク研究の紹介」

米津宏雄（豊橋技術工科大学電気・電子工学系）
 (3)「ニューロンMOS技術の紹介」
 柴田直（東北大学工学部）

[第4回]

日時：平成8年3月29日
 場所：青葉記念会館中研修室
 (1)「手書きインターフェースとロバストな文字認識」
 中川正樹（東京農工大学工学部）

大学院学生の技術トレーニングを1回行った。

[第1回]
 日時：平成8年3月28日～30日

場所：東北大学工学部ミニスーパークリーンルーム
 受講者：東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程3年生 1名
 東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程1年生 2名

[4]主な研究発表

- (1)K. Ohmi, T. Iwamoto, T. Yabune, T. Miyake and T. Ohmi, "Formation Process of Highly Reliable Ultra-Thin Gate Oxide," Extended Abstracts, 1995 International Conference on Solid State Device and Materials, Osaka, pp.258-260, August 1995.
- (2)岩本敏幸, 三宅利紀, 大見忠弘, “極薄酸化膜の形成”, 東京大学物性研だより, 第35巻, 1996年1月, pp.41-46
- (3)K. Ohmi, T. Iwamoto, T. Yabune, T. Miyake and T. Ohmi, "Formation Process of Highly Reliable Ultra-Thin Gate Oxide," Jpn. J. Appl. Phys. 35, 1531-1534 (1996).
- (4)K. Tsubouchi and K. Masu, "Precursor Design and Selective Aluminium CVD," Vacuum 46(11) 1249-1253 (1995). (Invited Paper)
- (5)H. Matsuhashi, A. Gotoh, J. H. Chung, K. Masu and K. Tsubouchi, "Mirror-Like Surface Morphology of CVD-Al on TiN by ClF₃ Pretreatment," Advanced Metallization and Interconnection systems for ULSI Applications in 1995, Japan session, Tokyo, October 24-25, 1995, pp. 22-23.
- (6)J. Murota, M. Sakuraba, T. Watanabe, T. Matsuura, and Y. Sawada, "Atomic Layer-by-Layer Epitaxy of Silicon and Germanium Using Flash Heating in CVD," J. de Physique IV, Vol.5, Colloque C5, pp.C5-1101-C5-1108, (1995).
- (7)J. Murota, Y. Takasawa, H. Fujimoto, K. Goto, T.

Matsuura, and Y. Sawada, "Low-Temperature Epitaxial Growth Mechanism of Si_{1-x}Ge_x Films in the Silane and Germanium Reactions," J. de Physique IV, Vol.5, Colloque C5, pp.C5-1165-C5-1172, (1995).

(8)K. Goto, J. Murota, F. Honma, T. Matsuura, and Y. Sawada, "A Super Self-Aligned Ultrashallow Junction Formation Using Selective Si_{1-x}Ge_x CVD in Deep-Submicron MOSFET's Fabrication," Edited by E. M. Middlesworth and H. Massoud, Proceedings of the 5th International Symposium on Ultra Large Scale Integration Science and Technology/1995(The Electrochemical Society, Pennington, NJ, 1995), pp.512-518.

課題番号 A-3

フラーレンプラズマに関するプラズマ現象の解明と その物質創製への応用

[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：宮本 信雄（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）
 畠山 力三（東北大学工学部）
 飯塚 哲（東北大学工学部）
 石黒 静児（東北大学工学部）
 李 雲龍（東北大学工学部）
 平田 孝道（東北大学工学部）
 真瀬 寛（茨城大学工学部）
 佐藤 直幸（茨城大学工学部）
 石川稜威男（山梨大学工学部）
 三重野 哲（静岡大学理学部）
 菅井 秀郎（名古屋大学工学部）
 庄司多津男（名古屋大学工学部）
 池上 英雄（核融合科学研究所）
 八坂 保能（京都大学工学部）
 三宅 正司（大阪大学溶接工学研究所）
 福政 修（山口大学工学部）
 板谷 良平（新居浜工業高等専門学校）
 河合 良信（九州大学総合理工学研究科）
 渡辺 征夫（九州大学工学部）
 藤山 寛（長崎大学工学部）
 藤田 寛治（佐賀大学理工学部）

研究費：校費 250万円、旅費 150万円

[2]研究経過

微粒子（ダスト）を含むプラズマあるいはプラズマ中の微粒子の振る舞いは、物理的に興味があるのみならず、宇宙空間物理学、プラズマ材料プロセス、及び核融合プラズマ閉じ込め、などの研究に関連して広く注目を集めている。本プロジェクトにおいては、炭素60個が結合した球状で安定な超微粒子であるC₆₀に代表されるフラーレンを取り上げ、フラーレン粒子とプラズマの相互作用を調べ、一般に極めて難しいと言われているダストプラズマの解明に資する研究を行う。

また、フラーレンは特異な電気、磁気、光特性を発現する可能性を秘めていることに注目し、それを次世代の新機能光・電子デバイスに応用する

ことを目標に、内包型のような新種フラーレンの高効率大量生成法の開発、及びフラーレンと他の元素・分子から成るフラーレンプラズマを用いた新機能性複合材料創製を目指した研究を、全国のプラズマ工学者の英知を集めて行う。

本年度の研究内容は以下の通りである。

①フラーレンプラズマを用いる研究

実験は図1に示すように、直径 15.7 cm、長さ 400 cmの真空容器から構成されているシングルエンディドQマシーンで行っている。密度 $n_p = (5 \sim 10) \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ 、電子温度 $T_e = 0.2 \text{ eV} (\geq T_+)$ の電子とカリウムイオンK⁺（温度 T_+ ）から成るプラズマが、直径 5.2 cmのホットタングステンプレート上でのK原子の接触電離によって生成される。プラズマは均一磁場（B=2~4 kG）に沿って管軸方向に流れ、マシーン中央付近に位置し、加熱系と銅製のフラーレン昇華用オープンを内蔵している直径 7.6 cm、長さ 29 cmの銅製円筒を通していく。噴射されたフラーレンは電子の付着反応（C₆₀ + e → C₆₀⁻）によって負イオン化される。こうして生成されたK⁺とC₆₀⁻及び残留電子から成るプラズマは、ホットプレートから200 cmの位置にあり半径方向に並べられた各々の大きさが 2 cm × 1.5 cm の5枚のSi基板に達する。これらの基板電極には接地電位のホットプレートに対して直流バイアス ϕ_{ap} を印加することができ、通常はプラズマ流束に対して30分間曝すが、この時形成される膜厚は本実験の典型的条件では 5000–15000 Å の範囲にある。

成膜を行ったSi基板をQマシーン外に取り出し大気圧に曝した資料について、フーリエ変換赤外吸収分光分析（FTIR）を行った。図2 (a) はプラズマエッヂ領域にある基板においてバイアス電圧を変化させた場合の分析結果であり、2つの点線はC₆₀分子の極めて対称な波動関数に由来する吸収ピーク（527.4, 576.4 cm⁻¹）を示し、△ ϕ_{ap} はプラズマ空間電位からの印加電位の差（= $\phi_{ap} - \phi_s$ ）を表している。負に深くバイアスした場合には吸収ピークが見つからないが、これはほとんどのC₆₀⁻が基板前面のシース電位降下により反射され基板に到達できないことによる。バイア

スを上昇し空間電位より正 ($\Delta \phi_{ap} \geq 0$) になると, C_{60} ピークが大きく現れる。これらの薄膜の元素分析を X 線マイクロアナライザーを用いた特性 X 線測定で行うと, 今度は負バイアスでは全ての K^+ イオンが加速されて基板に到達するので, 図 2 (b) に見られるように膜中に K の特性 X 線が大きく検出される。しかし, バイアスを正に上昇するにつれて K のピーク高さが徐々に減少していくのが観測されるが, これは K^+ が基板全面のシース電位上昇によりバイアス値に応じて部分的に反射されるためである。次に薄膜の表面粗さを測定した結果, 負バイアスの場合は膜中の主成分元素が K であるので膜の表面は極めて粗くなっている。これは, 金属薄膜形成における初期段階に典型的な島状構造に起因している。バイアスを上昇して ϕ_{ap} が ϕ_s より大きくなると, 膜表面は極めて滑らかになるが, このバイアス条件では膜中には C_{60} が支配的に含まれている。

基板バイアスによる K^+ 及び C_{60}^- イオンの入射エネルギー制御に伴う新物質創製の可能性を探る目的で, 形成された薄膜を一度大気圧に曝した後レーザー脱離(イオン化)飛行時間型装置に移動して質量分析を行った。十分負バイアスの場合はマススペクトル上には K 組成分を与えるピーク以外は C_{60} 及び C_{70} を与えるピークは全く存在しない。基板バイアスを正に上げていき $\Delta \phi_{ap} > 0$ となると, プラズマ中の C_{60}^- と C_{70}^- イオン密度比に対応して C_{60} と C_{70} の存在を示す大きなピークが現れた。またこれに加えて, 図 3 に示すように C_{60} と K 及び C_{58} と K を加え合わせた質量数を与えるピークがスペクトル上に明瞭に見いだされた。今回の質量分析はその場測定ではないので, 薄膜中の K 原子は大気に曝されると直ちに酸化され KO_2 や KOH などに変化する。また, K_2 と C_{60} や K_3 と C_{60} を加え合わせたような質量数を与えるピークはスペクトル上には見いだされていない。以上より図 3 に示された C_{60} より少し高い質量数の 2 つのピークは, C_{60} あるいは C_{58} ケージの外部に K が着いているのではなく, それらのケージ内に K 原子が挿入された金属内包フラーレン $K@C_{60}$ 及び $K@C_{58}$ の存在を示しているものと考えられる。この場合, $K@C_{60}$ のピーク高さは C_{60} のその 30 % 以上にも達していて, フラーレンプラズマ法による金属内包フラーレンの大量生産の可能性を示唆している。

②アーカ放電プラズマを用いる研究

前項のフラーレンプラズマを発生するには大量の C_{60} が必要とされるので, その供給をも兼ねて,

アーカ放電プラズマを用いるフラーレン高収率生成法, 新物質の合成及びその高収率化に関する研究を行う目的でカーボンベース超微粒子生成装置を製作した(図 4)。この中の新物質創製に関しては, 前項で既に形成されたフラーレンケージ内に外から異種原子を注入する方法について述べたが, ここでは対照的にフラーレンケージを形成しながら異種原子を包み込む方法に興味を注いでいる。この場合本共同プロジェクトチームがターゲットにした原子内包フラーレンとしては, 典型的な磁性及び半導体材料として重要な鉄 (Fe) 及びシリコン (Si) を内包する新物質である。現在, 炭素電極アーカ放電における高次フラーレン生成条件を探し, 含浸あるいはポート法などによりシリコン粉末を蒸発させてシリコン内包フラーレンの生成を目指して精力的に実験を行っている。

[3]研究会活動

研究会を 2 回, シンポジウム(通研シンポジウムと共に)を 1 回行った。

[第 1 回]

日時: 平成 7 年 11 月 15 日(水)

場所: 東北大学電気通信研究所 2 号館 4 階中会議室

題目: 新方式フラーレン生成装置完成記念研究会

(1) 「企画者挨拶」

佐藤徳芳(東北大学工学部)

(2) 「フラーレン生成研究の静岡大における現状」

三重野哲(静岡大学理学部)

(3) 「フラーレン生成研究の茨城大における現状」

真瀬寛, 佐藤直幸(茨城大学工学部)

(4) 「“共同プロジェクト” フラーレン生成装置の試運転結果」

畠山力三, 平田孝道, 石田裕康, 林豊彦, 飯塚哲, 佐藤徳芳(以上, 東北大学工学部),

庭野道夫, 赤間洋助, 寺師三哉子, 宮本信雄(以上, 東北大学電気通信研究所), 三重野哲(静岡大学理学部),

真瀬寛, 佐藤直幸(以上, 茨城大学工学部), 井上英明(大亜真空)

[第 2 回]

日時: 平成 7 年 11 月 30 日(木), 12 月 1 日(金)

場所: 東北大学工学部青葉記念会館 4 階大研修室

題目: 光・プラズマ表面励起過程

演題/講師については、「通研シンポジウム」の項を参照のこと。

[第3回]

日時：平成8年3月25日（月）

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室

題目：“共同プロジェクト” フラーレンプラズマ研究成果報告会

(1) 「企画者挨拶及び共同プロジェクト研究の現状」

佐藤徳芳（東北大学工学部）

(2) 「カーボン材料を用いた高気圧マイクロ波プラズマの生成と特性—フラーレン形成への応用」

藤山寛、桑原清（長崎大学工学部）

(3) 「アークプラズマジェット法によるフラーレンの高収率合成」

真瀬寛、佐藤直幸（茨城大学工学部）

(4) 「J×B アークジェット自動放電によるランタン内包フラーレンの合成」

三重野哲、櫻井厚（以上、静岡大学理学部）、平田孝道、畠山力三、佐藤徳芳（以上、東北大学工学部）

(5) 「“共同プロジェクト” フラーレン生成装置におけるシリコン内包フラーレン合成の研究」

畠山力三、林豊彦、平田孝道、石田裕康、飯塚哲、佐藤徳芳（以上、東北大学工学部）、庭野道夫、赤間洋助、宮本信雄（以上、東北大学電気通信研究所）、三重野哲（静岡大学理学部）、佐藤直幸、真瀬寛（以上、茨城大学工学部）

(6) 「特別講演“金属内包フラーレンの構造”」

篠原久典（名古屋大学理学部）

(7) 「フラーレンーアルゴン混合プラズマの基礎特性」

佐藤直幸、真瀬寛（茨城大学工学部）

(8) 「K—フラーレンプラズマの応用：K@C₆₀の生成」

平田孝道、畠山力三、佐藤徳芳（以上、東北大学工学部）、三重野哲（静岡大学理学部）

(9) 「特別講演“C₆₀⁻とアルカリ金属イオン衝突過程の第一原理分子動力学シミュレーション—フラーレン高温超伝導体実用化の可能性—”」

大野かほる、丸山豊、川添良幸（以上、東北大学金属材料研究所）佐藤徳芳、畠山力三、平田孝道（以上、東北大学工学部）、庭野道夫（東北大学電気通信研究所）

(10) 「ナノクラスターから見たフラーレン」

山崎義武（九州工業大学情報工学部）

[4] 主な研究発表

1. “Analysis of ion species in potassium—fullerene plasmas”, T. Hirata, R. Hatakeyama, Y. Yagi, T. Mieno, S. Iizuka, and N. Sato, J. Plasma Fusion Res. **71**, 615 (1995).
2. “K⁺—C₆₀⁻ plasma for material processing”, T. Hirata, R. Hatakeyama, T. Mieno, S. Iizuka, and N. Sato, Proc. IUVSTA Int. Workshop on Plasma Sources and Surface Interactions in Materials Processing, Fuji-Yoshida, Japan, September 1995, p.34.
3. “Production and control of K—C₆₀ plasma for material processing”, T. Hirata, R. Hatakeyama, T. Mieno, and N. Sato, Proc. Workshop on Generation, Transport and Removal of Particles in Plasmas, Arizona, U.S.A., October 1995, p.44.
4. “Production and characteristic analysis of K—Fullerene plasmas”, T. Hirata, R. Hatakeyama, T. Mieno, and N. Sato, J. Vac. Soc. Japan **38**, 918 (1995).
5. “Analysis of K—C₆₀ film formed on substrates in a K—C₆₀”, T. Hirata, M. Niwano, R. Hatakeyama, T. Mieno, and N. Sato, Proc. 13th Symp. on Plasma Processing, Tokyo, Japan, January 1996, p.161.

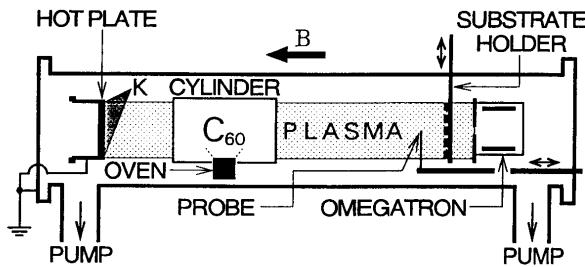


図1 実験装置の概略。

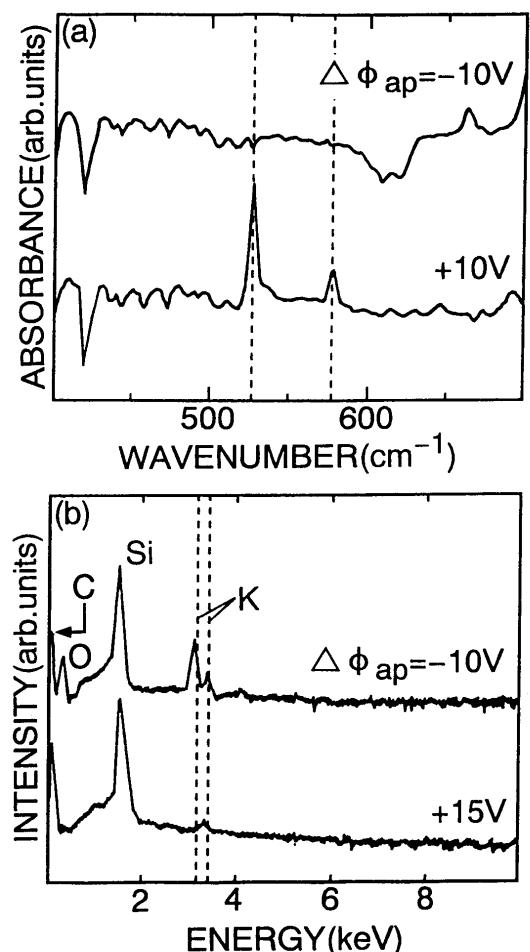


図2 薄膜の赤外吸収分光スペクトルの変化（a）とX線マイクロアナライザーによる元素組成分析（b）。

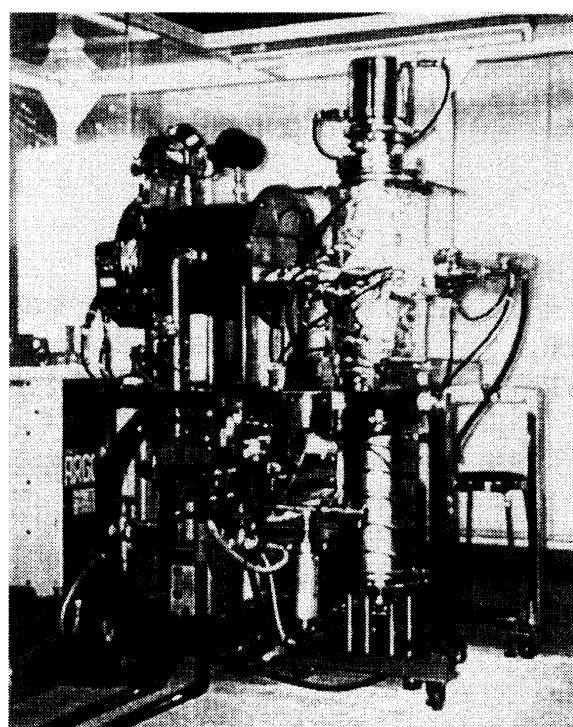


図4 カーボンベース超微粒子生成装置。

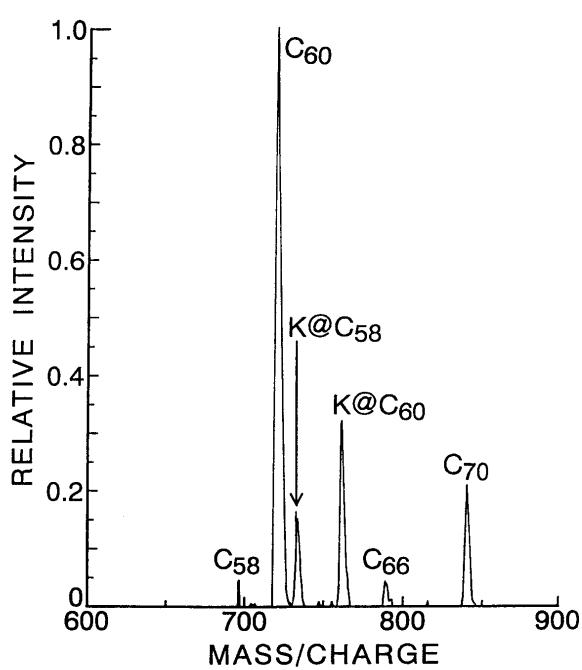


図3 薄膜のレーザー脱離飛行時間型質量分析スペクトル。

課題番号 A-4

ヴァーティカル・フォトニクス技術の研究

[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（東北大学電気通信研究所）
白石 和男（宇都宮大学工学部）

研究費：校費 100万円、旅費 60万円

[2]研究経過

面型光アイソレータ(川上、白石)

本年度は、本共同プロジェクト研究で目標としていた性能をほぼ満足する、光ファイバ集積型アイソレータの実現に成功した。この成功のポイントは、コア拡大(TEC)ファイバの製作技術の高度化と、TECファイバの特性を有効に利用した新構造アイソレータチップの開発にある。

TECファイバに関しては、マイクロバーナによる作製方法を改良し、ファイバ外径を殆ど変化させずにスポット直径を $10\mu\text{m}$ から $40\mu\text{m}$ 以上に拡大する技術を確立することができた。これにより、素子長1.5mmの導波作用の無いアイソレータチップであっても、回折損失を0.5dB以下に抑えることができるようになった。

アイソレータチップの動作に関し、TECファイバが角度つき入射光に対しては高損失で、軸ずれやギャップが生じた場合に対しては、比較的低損失であることに着目した。順方向光に対してはギャップのみ、逆方向光に対してはギャップと角度ずれで光が入射するような動作をする、新構造を考案した。

以上の成果により、挿入損失0.8dB、アイソレーション33dBの高性能ファイバ集積型アイソレータを実現することができ、特性に関してはほぼ当初の目標を達成することができた。今後の課題は、並列化技術の高度化と耐環境特性の評価・改善である。

面型光制御素子(川上)

積層形偏光分離素子(LPS)の作製では、誘電体

交互多層膜の成膜技術が重要である。波長 $1.55\mu\text{m}$ 用ではa-Si:HとSiO_x:Hの多層膜をスパッタリング法で、 $1.3\mu\text{m}$ 用ではa-SiC:HとSiO₂の多層膜をプラズマCVD法で作製した。詳細な成膜条件の検討により、境界面の高い平坦性と低応力を同時に実現し、良好な特性のLPSを得た。これを平面光回路にハイブリッド集積し、偏光分離とスイッチングの動作確認をした。

次に、入射光の偏波状態をリアルタイムで安定化させる偏波コントローラへの応用を前提として、液晶を用いた回転波長板の開発を行なった。結果として波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯で挿入損失が十分に低く、かつ連続的に方位が制御できる波長板が得られた。また2枚の液晶回転波長板をコンピュータで制御し、実際に偏波面制御の実験を行なったところ、偏波制御系の起動と同時に出射光の偏波状態がほぼ完全に安定化されることを確認した。

面型光増幅器については、MBE法によりInGaAs/InGaAlAsからなる100周期の歪み格子MQW光増幅器を作製し、波長 $1.585\mu\text{m}$ において最大2.6dBのゲインを得た。また、ファブリ・ペロー共振器構造にすることにより、波長範囲4.6nmで10dBのゲインが得られることがわかった。さらに、活性層をメサエッティングし、熱処理によってpassivationを施すことにより、キャリヤ再結合がメサの中央に集中されることを自然放出光分布の測定より明らかにした。

面型光スイッチ(多田)

矩形量子井戸構造を用いた自己電気光学効果素子(SEED)は高性能な面型光スイッチとして有望であるが、従来のものではスイッチングのON/OFF比が限られており、電界印加状態で大きな残留吸収が存在する。この問題点は、対称(S)-SEEDで光論理回路を組んだ場合、システムビットレートなどの性能を制限する要因となっている。本共同研究では、変形ポテンシャル量子井戸構造によって残留吸収の低減されたSEEDを作製することを主な目的とし、以下の成果を得た。

(1) SEEDで構成されるシステムの特性評価に通常用いられているTwo Steps Responsivity Modelに比べて、より近似精度の高いTriangular Responsivity

Modelを提案し、それに基づいてSEEDを構成する量子材料が持つべき光吸収の電界依存性を定めた。

(2) 対称結合量子井戸構造に比べて設計自由度が遥かに大きい非対称結合量子井戸(ACQW)構造を取り上げ、同構造における光吸収の電界依存性を数値解析により求めた。その結果から、さらに大きい吸収係数変化比の得られる変形ポテンシャル構造を発案した。実際に分子線エピタキシャル成長によって試料を作製し、Type-BのACQW構造で光吸収係数変化比4.4、吸収変化量 11200cm^{-1} という値を得た。量子井戸構造および結晶成長の最適化を通じて、これらの値はさらに改善される見通しである。

面発光レーザ(伊賀)

基板面内で面発光レーザの発振波長の精密な制御が可能になれば、多波長2次元レーザアレーなどの実現が期待できる。本研究では、メサ基板上への有機金属気相成長を用いた面発光レーザの基板面内での波長制御法を提案し、その広範囲な波長制御の可能性を探求するとともに、2次元多波長レーザアレーを実現した。

GaAs基板上に直径の異なる円形メサを通常のフォトリソグラフィとエッチングにより形成し、その上に減圧有機金属気相成長法を用いて、半導体多層膜反射鏡を含む面発光レーザ構造を成長した。サイズの小さなメサ上部では、成長速度が増大するため共振波長が長くなる。3層のGaInAs歪み量子井戸活性層を含むレーザ構造を成長し、しきい値以下の自然放出光の共振スペクトルから共振波長の変化を測定した。ここで、同一基板上でメサ直径を $200\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ まで変化させたところ、45nmを越える広範囲な波長制御の可能性が得られた。

本手法はメサ基板を用いる以外は製作プロセスが通常の構造と全く同様と簡便であり、また、ウェハ内の発振波長の均一化にも用いることができるという利点を持つ。実際にこの手法を用いて、 3×3 の多波長アレーを実現し、発振しきい3mA程度の低しきい値動作が得ることができた。

液晶(内田)

電子ニューロチップにおいては、ニューロン、シナプス間の膨大な配線に伴うチップ面積の利用効率の低下や処理速度の低下が大きな問題となっている。本研究では、この問題を、プロセッサ面に垂直に伝搬する光による超並列光演算および、自由空間の3次元超並列光通信網によって克服す

る4つの新しい液晶ヴァーティカルフォトニックプロセッサを提案した。これらは、(1)1次元2値パターン認識に威力を發揮する液晶ハミングネットプロセッサ、(2)スーパーセットテンプレートの適応的学习に優れ、繰り返し学習不要の高速自己組織化アルゴリズムを実現する液晶適応的ハミングネットプロセッサ、(3)2次元パターン認識に威力を発揮するIncoherent Optical Convolution-Winner Take All network system (IOC-WTA)、(4)同様に2次元パターン認識に優れた性能を有するIncoherent Optical Convolution-Hamming Network system (IOC-HN)、である。ここで(3)の IOC-WTA はインコヒーレント光による2次元光学的コンボリューション演算部と2次元階層マックスネットにより構成されており、従来の光学的フーリエ変換を応用したシステムと比較して低精度なデバイスによって実現可能であること、認識に必要なコンボリューションのみを計算できるため光の利用効率が良いこと、クロストークが全く生じないこと、カラーパターン認識も容易であることなどの長所を有している。なお、この IOC-WTA ではスーパーセットテンプレートの類似度が全て同じになり認識不能となる問題を有しているが、(4)の IOC-HN システムではこの問題を克服することができた。

面型光アイソレータ用磁性半導体(大野)

これまでのIII-V族ベース希薄磁性半導体には本研究者らが成長に成功した(In,Mn)Asという禁制帯幅が約0.4eVのものしかなかったが、本研究において低温非平衡状態における分子線エピタキシにより、III-V族ベースの新しい希薄磁性半導体(Ga,Mn)AsをGaAs(001)基板上にエピタキシャル成長することに成功した。(Ga,Mn)Asの磁気特性の詳細は以下の通りである。基板温度250°CにおいてMn組成x=0.07まで混晶となっている。EPMAで較正した組成比xと格子定数aは比例関係にあり、Vegardの法則が成立している。さらにSQUID測定より、 $x \geq 0.035$ のとき低温で強磁性秩序が形成されることが明らかになった。キュリー温度は最大で約90 Kであり、磁化容易軸は面内を向いている。磁気輸送特性を解析した結果、伝導型はp形、キャリア濃度は $3-4 \times 10^{20}\text{ cm}^{-3}$ であり、ほぼMn濃度と同じオーダーであることがわかった。閃亜鉛鉱型結晶構造におけるMn間の直接相互作用は反強磁性的であることが知られていることから、強磁性相互作用は正孔誘起のRKKY(Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida)的なものであると考えられる。

本年度の成果により禁制帯幅1.4eVのGaAsペー

スのIII-V族希薄磁性半導体が成長可能となったことから、(In,Ga,Mn)As混晶により光ファイバ通信に用いられる1.3-1.5 μm帯のアイソレータ応用に道が開かれたと考えられる。

[3]研究会活動

研究会を1回行なった。

日時：平成8年3月6日

場所：東北大学電気通信研究所大会議室

- (1)「液晶ヴァーティカルフォトニックプロセッサによるニューラルコンピューティングシステム」川上徹, 内田龍男(東北大学工学部)
- (2)「液晶光制御デバイス」大寺康夫, 千葉貴史, 依田秀彦, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (3)「面発光レーザの波長制御と多波長レーザアレーへの応用」小山二三夫, 向原智一, 伊賀健一(東京工業大学精密工学研究所)
- (4)「変形ポテンシャル量子井戸構造を用いた自己電気光学効果素子(SEED)」梁吉鎬, 多田邦雄, 中野義昭(東京大学工学部)
- (5)「光励起面型光増幅器の高性能化」花泉修, 鄭期太, I.Syuaiib, 柏田伸也, 川瀬賢司, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (6)(招待講演)「コア拡大による異種ファイバの低損失接続(光ファイバアンプへの応用)」王一民, 片岡春樹(住友大阪セメント(株)), 式井滋, 柿沼孝之(沖電気工業(株))
- (7)「積層形偏光分離素子と平面光回路集積デバイス」佐藤尚, 李慵基, 大野潤, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (8)(招待講演)「－光アイソレータ用結晶－CdMnHgTe及びガーネット系の結晶育成と物性及び小形光アイソレータへの適用」大場裕行((株)トーキン商品開発研究所)
- (9)「高性能集積形アイソレータの設計と試作」白石和男(宇都宮大学工学部), 入江剛, 佐藤尚, 笠原亮一, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)
- (10)「(Ga,Mn)As : III V族ベースの新しい希薄磁性半導体」大野英男, A. Shen, 松倉文礼, 菅原靖宏(東北大学電気通信研究所)

[4]主な研究発表(グループあたり2編ずつ)

1. J.-H. Liang, K. Tada, and Y. Nakano, "Observation of Large Electro-Absorption Changes in a Modified Asymmetric Coupled Quantum Wells," PS'96, PThD2,184-185(1996)
2. J.-H. Liang, K. Tada, and Y. Nakano, "Electric-Field-Induced Absorption Changes in Asymmetric Coupled Quantum Wells," to be submitted to IEEE

Photon. Technol. Lett., (1996)

3. F. Koyama, T. Mukaihara, Y. Hayashi, N. Ohnoki, N. Hatori and K. Iga, "Two-dimensional multiwavelength surface emitting laser arrays fabricated by nonplanar MOCVD," Electron., Lett., 30,1947-1948(1994)
4. F. Koyama, T. Mukaihara, Y. Hayashi, N. Ohnoki, N. Hatori and K. Iga, "Wavelength control of vertical cavity surface emitting lasers by using nonplanar MOCVD," IEEE Photon. Tech. Lett., 7,10-12(1995)
5. T.Kawakami, T.Uchida, "Hybrid optoelectronic adaptive hamming net processor," OC' 96, 1,168-169(1996)
6. T.Kawakami and T.Uchida, "Programmable Photonic Veitch Processor (PPVP) Array with Local Connected Memory," OC' 96, 1,160-161(1996)
7. H. Ohno, "Mn-based III-V diluted magnetic (semimagnetic) semiconductors," Materials Science Forum, 182-184,443-450(1995)
8. H. Ohno, A. Shen, F. Matsukura, A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto, and Y. Iye, "(Ga,Mn)As: A new diluted magnetic semiconductor based on GaAs," submitted to Appl. Phys. Lett.
9. T. Irie, K. Shiraishi, T. Sato, R. Kasahara, and S. Kawakami, "Fiber-integrated isolators with high performance," OFC' 96, TuJ4(1996)
10. K. Shiraishi, T. Irie, T. Sato, R. Kasahara, O. Hanaizumi, and S. Kawakami, "Integration of in-line optical isolators," IEEE Trans. on Magnetics, to be published.
11. T.Sato, T.Sasaki, K.Shiraishi, and S. Kawakami, "Design and fabrication of laminated polarization splitters for a fiber-integrated isolator," IOOC' 95,TuD2-1,(1995)
12. Y. Ohtera, T. Chiba, and S. Kawakami, "Liquid crystal rotatable waveplates," IEEE Photon. Technol. Lett., 8, 390-392(1996)

課題番号 A-5

聴覚情報処理過程に関する研究

[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）
 岩谷 幸雄（秋田大学）
 岡田 齊（新潟中央短期大学）
 平原 達也（N T T 基礎研究所）
 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）
 浅野 太（通産省電子技術総合研究所）
 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）
 高根 昭一（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費 100万円、旅費 107万円

[2] 研究経過

本研究所が掲げる「いつでも、どこでも、だれとでも」というバリアフリー通信、あるいはマルチメディア通信といった、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を構築するには、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。本年度の研究は、以下の点を主眼として行った。①音色知覚過程という観点から聴覚情報処理過程を明らかにする。②両耳に入力された音に対する聴覚系内の情報処理過程を明らかにする。③上記2点に基づき、高次音響信号伝達方式について検討する。

① 音色知覚過程としての聴覚情報処理過程

ヒトの聴覚系における情報処理過程を解明するにあたっては、生理学的手法を用いることは極め

て困難である。それゆえ、音の知覚結果を基に、逆問題として解く手法が有効となる。すなわち、音の物理的な特性の相違は、主観的には音色の相違として知覚されることから、本プロジェクトでは音色知覚に直接対応する音のスペクトル表現が、聴覚系内における音のスペクトル表現であるという仮説を設け、音色知覚過程を明らかにすることを通して、その逆問題として聴覚系での情報処理過程を明らかにすることとした。

広帯域高調波複合音を刺激音として音色類似度に関する主観実験を行い、その実験結果に多次元尺度構成法を適用して、3次元音色知覚空間を導出した。その空間の広がりは、音の物理的なスペクトルでは説明できないことを、まず明らかにした。次に、現在までに知られている聴覚末梢系の種々の特性を模擬した伝達特性を有するフィルタ（ROEX フィルタ）バンクを計算機上に構築し、聴覚系内のスペクトル表現を推定したが、音色知覚を説明するのには十分ではなかった。そこで、上記の計算機モデルに、さらに聴神経系中枢で生ずる側抑制現象を組み入れ、より精密なスペクトル表現を推定することを試みた。そのスペクトル表現により、主観実験の結果が定量的に説明された。このことから、ヒトの聴覚情報処理過程を、生理学的知見に基づいてモデル化することによりかなりの程度まで明らかにできたものと考える。（以上担当：曾根、鈴木、小澤、平原）

② 両耳に入力された音に対する聴覚系の情報処理

①項で問題とした音色の知覚は、単耳に与えられた情報に対する処理の結果である。一方、ヒトは両耳相互作用（両耳という2つのセンサからの入力信号を統合して処理する機能）により、音像の空間定位や、複数音源の分離といった機能を実現している。

両耳に加えられた音情報の処理過程を明らかにするために、本プロジェクト研究では、まず両耳への入力信号に内在する情報を、頭部音響伝達関数（音源から外耳までの伝達関数）に基づいて統一的に説明することを考えた。これまでに、水平面の音像定位については、ヒトは両耳情報の差分を抽出して音像定位を実現していることを示して

いる。本年度は距離知覚について検証するために、頭部音響伝達関数に基づいて制御した音信号についての距離定位実験を行った。具体的には、ある音源から両耳に至る二つの音響経路についての頭部音響伝達関数を、輻輳角モデルに基づいて複数の音源から両耳に至る伝達関数の線形結合として実現するための信号処理を行い、その合成された頭部音響伝達関数を用いて聴取実験を行った。その結果、距離を固定した音源を用いているにもかかわらず、近接する位置については、音像を任意の距離に合成できることを示した。これにより、両耳相互作用の一つである音像定位に用いられる両耳の情報は、近接音像の距離についても頭部音響伝達関数により記述できることを明らかにした。(以上担当：曾根、鈴木、浅野、高根、岩谷、江端、宇佐川)

次に、聴覚系内における両耳情報の処理過程を探るために、健聴者と難聴者における両耳相互作用の差異を調べた。これは、難聴者では聴覚経路に何らかの障害があり、両耳相互作用が失われた場合にはその障害に起因すると考えられ、逆に両耳相互作用が聴覚経路のどの部位において機能しているかを知ることができるという仮説に基づいている。実験としては、MLD (Masking Level Difference : 両耳に与える信号音とマスキング雑音の位相を片耳ずつ反転させることによる信号音の域値の変化) を測定した。その結果、外耳および中耳に障害のある伝音系難聴者では、両耳相互作用は失われることはなく、内耳以降の聴覚経路において両耳相互作用が生じていることが確かめられた。一方、内耳に障害のある内耳性難聴者では、狭帯域マスキング雑音に対するMLDは健聴者と同様であったが、広帯域雑音を用いた場合のMLDは健聴者よりも小さいことが明らかとなった。このことは、内耳における信号処理が、両耳相互作用の第一段階であることを示している。また、広帯域音に対して、MLDが消失したことから、内耳における臨界帯域の幅（聴覚系に固有の帯域フィルタの幅）が、両耳相互作用に密接に関係することが示された。(以上担当：曾根、鈴木、小澤、津村、高坂、和田)

③高次音響信号伝達方式に関する研究

②項で述べた、複数の音源から頭部音響伝達関数制御による信号を両耳に独立に提示するため、本プロジェクトでは AMLSE 法 (Adjacent Multiple Least Square Error method) を提案した。従来までの複数音源により両耳近傍の音場を制御する方法では、聴取者の頭部が移動した場合には、

極端に性能が劣化することが問題とされていた。一方、ここで用いた AMLSE 法では、予め聴取者の頭部の移動を考慮して、より広い領域において均一な制御を行うことによって、高い性能を実現した。この方法は、バーチャルリアリティ用の聴覚ディスプレイとして、従来型のヘッドマウント方式ではなく、より自然な音場受聴方式を実現するための基礎技術として利用できる。(以上担当：曾根、鈴木、浅野、高根、岩谷)

また、従来の Hi-Fi 音響通信では、原音の音響特性を高忠実に伝送することが特性設計の規範とされていた。しかし、このことは聴取者が好みの音を聴けるようにすることを必ずしも意味しない。一方、①項で示されたように、音色に直接関係するスペクトル表現を制御対象とすることにより、従来は不可能であった主観的 Hi-Fi 通信が可能となると期待される。実際、家庭用オーディオ機器に設けられているラウドネス回路の特性設計を、聴覚系内スペクトルの保存という観点から行い良好な結果を得ている。(以上担当：曾根、鈴木、小澤)

ところで、②項で、難聴者には両耳相互作用の劣化が観測される場合があることが確認された。その難聴の型が、高齢化社会の進展に伴い確実に増加が見込まれる内耳性難聴（加齢性難聴）であることから、将来的な高品位両耳補聴器のあるべき姿として、両耳相互作用を積極的に補償するような、マルチマイクロホン信号処理を用いた両耳装用型補聴器を開発することが必要であることが示唆された。これは、次年度以降の課題である。

[3] 研究会報告

本年度は2回の研究会を開催した。第1回は、「聴覚情報処理と知覚のマルチモダリティ－マルチメディアを支える基礎科学－」と題する公開シンポジウム形式の討論会とした。このテーマは、伝送すべき「場」の情報を、複数の感覚を通して伝えるマルチモーダル情報伝送が、マルチメディア時代の到来によって重要な課題となっていることを背景として設定したものである。マルチメディア通信の基となる科学を基礎研究の立場から推進していくことは重要であり、本共同プロジェクトでは、特に聴覚情報処理を明らかにした上で、それに基づく通信方式を考案し、実現していくことが当面の課題である。ただし、複数の知覚の中にあって、聴覚は独立したものではなく、他の感覚と協調するクロスモダリティの性質が知られている。したがって、聴覚情報処理課程を明らかにするためには、人間の知覚におけるマルチモダリ

ティの性質を考慮に入れることも必要である。第1回研究会では、マルチメディアを支える基礎科学の広範な領域についての最新の情報を把握し、今後の研究のあるべき方向について議論した。企画者からの趣旨説明に続き、5名の演者による講演がなされ、その後に聴取者を含めて熱心な質疑応答が行われた。学内外から約120名の参加者があった。

第2回研究会は、講師として大山健二 東北労災病院耳鼻咽喉科部長を招き、人工内耳に関する最新の技術情報を把握するとともに、聴覚情報処理過程における内耳の機能について議論した。また、本プロジェクトの各分担者が、聴覚情報処理について重要・緊急と考えている研究課題を挙げ、参加者全員で討論した。その結果、生理学的手法により得られた知見と心理音響学的に得られた知見の間の関係付けを積極的に行うことが必要であるという点で意見の一一致をみた。

・第1回研究会

日時：平成7年10月27日（金）13:00～17:20
場所：東北大学電気通信研究所 講堂

公開シンポジウム形式研究会

テーマ：「聴覚情報処理と知覚のマルチモダリティ—マルチメディアを支える基礎科学—」

- (1) 曽根敏夫（東北大通研）
『企画者からの趣旨説明』
- (2) 平原達也（NTT基礎研）
『聴覚における情報処理』
- (3) 鈴木陽一（東北大通研）
『情報通信と聴覚情報処理』
- (4) 行場二朗（九州大文）
『視覚における情報処理』
- (5) 丸山欣哉（宮城学院女子大）
『視覚と聴覚の相互作用』
- (6) 宮坂栄一（NHK放送技研）
『視覚と聴覚の空間知覚』

・第2回研究会

日時：平成8年1月29日（月）15:00～17:30
場所：東北大学電気通信研究所 中会議室

- (1) 大山健二（東北労災病院）
『人工内耳』
- (2) 総合討論
『聴覚情報処理に関する現在の課題』

[4] 主な研究発表

- (1) F. Asano, Y. Suzuki, T. Sone, "Weighted RLS adaptive beamformer with initial directivity,"

IEEE, Trans. on Speech and Audio Processing, Vol. 3, No. 5, pp. 424-428 (1995).

- (2) K. Abe, F. Asano, Y. Suzuki, and T. Sone, "Sound pressure control at multiple points for sound reproduction," Proc. 15th Inter. Cong. on Acoustics, pp. 349-352 (1995).
- (3) K. Ozawa, Y. Suzuki, and T. Sone, "A masked frequency spectrum of a broad-band noise and its timbre," Proc. 15th Inter. Cong. on Acoustics, pp. 465-468 (1995).
- (4) H. Uematsu, K. Ozawa, Y. Suzuki, and T. Sone, "A consideration on the timbre of complex tones only consisting of higher harmonics," Proc. 15th Inter. Cong. on Acoustics, pp. 509-512 (1995).
- (5) 金海永, 阿部一任, 高根昭一, 鈴木陽一, 曾根敏夫, "多点制御を用いた頭部伝達関数模擬における物理的模擬精度と聴感上の模擬精度," 信学技報 EA-95-27, pp. 1-8 (1995).
- (6) 高根昭一, 三上学, 鈴木陽一, 曾根敏夫, "Kirchhoff の積分公式に基づく音場制御手法における音圧制御点の検討," 音響学会建築音響研資 AA95-36, pp. 1-8 (1995).
- (7) T. Nishimura, T. Usagawa, and M. Ebata, "A correction of insertion-loss for constant sound pressure with flow," J. Acoust. Soc. Jpn. (E), Vol. 16, No. 3, pp. 159-164 (1995).
- (8) A. Nishimura and T. Tsumura, "Difference limens for pitch of harmonic complex tones comprising higher harmonics," J. Acoust. Soc. Jpn. (E), Vol. 16, No. 4, pp. 247-250 (1995).
- (9) H. Uematsu, K. Ozawa, Y. Suzuki, and T. Sone, "A consideration on the difference limen for timbre of complex tones consisting of higher harmonics," J. Acoust. Soc. Jpn. (E), Vol. 17, No. 2, pp. 105-108 (1996).
- (10) 金海永, 高根昭一, 浅野太, 鈴木陽一, 曾根敏夫, "近距離音像の距離定位のモデル化に関する一考察," 音響学会建築音響研資 AA96-7, pp. 1-8 (1996).
- (11) 和田治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曾根敏夫, 川瀬哲明, 高坂知節, "ラウドネス補償型補聴器の両耳装用に関する考察," 音響学会聴覚研資 H-96-15, pp. 1-8 (1996).

課題番号 A-6

微小電子源の物理と電子ビーム応用

[1] 組織

代表者：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）
 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（室蘭工業大学）
 中根 英章（室蘭工業大学）
 斎藤 宏文（文部省宇宙科学研究所）
 水野 貴秀（文部省宇宙科学研究所）
 黒木 聖司（創価大学
 システム科学研究所）
 嶋脇 秀隆（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究の概要と成果報告

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、X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、画像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。

本年度は、微小電子源から放射するマイクロ電子ビームの特性診断に関する研究を福岡工業大学、埼玉大学等と共同で開始した。その成果の一部は、17th International Free Electron Laser Conference, 8Th ICFA Beam Dynamics Workshopで報告された(1)(2)。

また、本プロジェクトに関する研究会は、電気

通信研究所工学研究分科会電子ビーム工学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7年7月17日（月）
 13:30-17:00

場所：東北大学電気通信研究所1号館
 2階小講義室

- (1)澤田和明（静岡大学電子工学研究所）
 「電界放出微小エミッタのイメージデバイスへの応用」
- (2)後藤康仁（京都大学大学院工学研究科）
 「微小電子源の安定性の評価と安定性改善のための諸検討」
- (3)新井 学（東北大学電気通信研究所）
 「東北大通研におけるFEAの開発の現状」

<要旨>

澤田和明（静岡大学電子工学研究所）は「電界放出微小エミッタのイメージデバイスへの応用」と題して、固体撮像素子の高感度化と高画質化に答えるための1つのアプローチとして、電界放射エミッタアレイとアモルファスシリコンアバランシェ増倍型光電変換膜を組み合わせた新しいデバイスを提案した。さらに、撮像デバイスの読み出し部に電界放射エミッタを使用する場合の有望なエミッタ形状として火口型の電界放射エミッタを作成し、その基本特性について報告した。後藤康仁（京都大学大学院工学研究科）は「微小電子源の安定性の評価と安定性改善のための諸検討」と題して、タンゲステン針に各種金属を蒸着したエミッタを用いた電子放射特性の雰囲気ガス依存性を調査すると共に、電子放射特性の新しい評価方法を紹介した。また、電子放出特性が表面状態の影響を受け難い素子としてコーン型MIS電子源を提案した。新井 学（東北大学電気通信研究所）は「東北大通研におけるFEAの開発の現状」と題し、電界放射陰極の根本的課題である放射電流の安定化、放射電子の放射角の制御に対する一手法として、電界効果トランジスタを利用した放射電流の安定化と電子ビーム収束のための新しい平面構造

収束型電界放射陰極を紹介し、能動制御した場合としない場合の電子放射特性を比較検討し、また、新しい平面収束構造の電子ビーム収束特性について検討した。

<プログラム>

第2回 日時：平成7年12月7日（木）
14:00-17:00

場所：東北大学電気通信研究所大会議室

- (1) 浅野種正（九州工業大学マイクロ化
総合技術センター）
「プラズマCVDダイヤモンドからの電子放出」

- (2) 岡野 健（東海大学工学部）
「気相成長ダイヤモンドからの電子放出」

<要旨>

ダイヤモンドは低い電子親和力（結晶面によつては負）を持ち化学的に安定であるため、近年、微小電子源材料として注目を集めている。

浅野種正（九州工業大学マイクロ化総合技術センター）は「プラズマCVDダイヤモンドからの電子放出」と題し、SiおよびCu基板上に合成したダイヤモンドの電子放出特性について、ダイヤモンドの粒子形状、プラズマ処理、冷却雰囲気、熱処理等による違いを検討し、合成ダイヤモンド表面に存在する「表面導電性」と電子放出との関わりを示唆した。岡野 健（東海大学工学部）は「気相成長ダイヤモンドからの電子放出」と題し、ダイヤモンドが持つと言われている負の電子親和力を利用した冷陰極の開発について、現在までに報告されているダイヤモンド表面における電子親和力の評価、ダイヤモンドからの電子放出、およびダイヤモンドを用いたディスプレイなどに関する研究を紹介し、実用レベルでのダイヤモンド電子放出素子開発の展望を述べた。

第3回 日時：平成8年3月8日（金）
13:00-17:45
平成8年3月9日（土）
9:00-12:00

場所：東北大学電気通信研究所大講義室

<プログラム>

8日（13:00-17:45）

- (1) 瞳道 恭（京都大学理学部）
「準光学伝送によるミリ波電子サイクロトロン
過熱システム」
- (2) 際本泰士（筑波大学プラズマ研究所）
「タンデムミラーガンマ10におけるマイクロ
波加熱の現状」
- (3) 出原敏孝（福井大学応用物理学部）
「サブミリ波ジャイロトロンの開発と応用」

「サブミリ波ジャイロトロンの開発と応用」

- (4) 小椋一夫（新潟大学工学部）

「周期的コルゲート導波管を用いた遅波サイクロトロンメーザ」

- (5) 佐藤信之（東北大学電気通信研究所）

「東北大学におけるペニオトロンの研究」

9日（9:00-12:00）

- (6) 菊永敏之（三菱電機（株）先端研究所）

「永久磁石を用いた2.8GHz, 10kW, CW
ジャイロトロン」

- (7) 坂本慶司（日本原子力研究所那珂研究所）

「原研におけるITER用170GHz/1MW
ジャイロトロンの開発」

- (8) 下妻 隆（核融合研究所）

「核融合科学研究所でのジャイロトロン開発研
究の現状」

<要旨>

瞳道 恭（京都大学理学部）は「準光学伝送によるミリ波電子サイクロトロン過熱システム」と題して、局所的電子サイクロトロン共鳴加熱（ECRH）によるトカマクプラズマのプラズマ電流分布の制御の可能性について述べ、プラズマ電流分布に由来する不安定性の代表的一例である鋸歯状振動の制御を例に、ECRH応用のためのヴラゾフアンテナと橈円筒面鏡を組み合わせた収束アンテナの有効性を示した。際本泰士（筑波大学プラズマ研究所）は「タンデムミラーガンマ10におけるマイクロ波加熱の現状」と題して、これまでのガンマ10におけるプラズマ閉じこめ電位形成と微小ミラー部の高ベータ化のためのマイクロ波加熱の利用法を述べると共に、新たに、中央ミラー部の電子加熱とプラズマ熱流制御のためにマイクロ波加熱を適用する方法を紹介した。出原敏孝（福井大学応用物理学部）は「サブミリ波ジャイロトロンの開発と応用」と題し、高出力ミリ波ジャイロトロンの応用として、プラズマ加熱、電流駆動、セラミック焼結等を紹介し、高周波数化を目指して開発した中出力サブミリ波ジャイロトロンの動作特性とプラズマ散乱計測への応用とESR研究への応用について報告した。小椋一夫（新潟大学工学部）は「周期的コルゲート導波管を用いた遅波サイクロトロンメーザ」と題して、エネルギーが比較的低くかつ大電流の電子ビームで駆動できる大電力マイクロ波源の開発を目的として、軸方向のビームエネルギーと電磁波エネルギーの変換が可能なチェレンコフ相互作用と遅波導波管における遅波サイクロトロン共鳴相互作用を用いた遅波サイクロトロンメーザを提案し、その動作実験について報告した。佐藤信之（東北大学電気

通信研究所)は「東北大大学におけるペニオトロンの研究」と題して、ペニオトロンの動作周波数の高周波数化のためにはサイクロトロン高調波動作が有効であることを示した。さらにサイクロトロン高速波管の小型化、取り扱いの利便性向上のための直流磁場系の改良策として、低磁場においては永久磁石の利用が、また強磁場に対しては伝導冷却超伝導マグネットの利用を提案し、それらを用いたペニオトロンの開発について紹介した。菊永敏之(三菱電機(株)先端研究所)は「永久磁石を用いた28GHz, 10kW, CWジャイロトロン」と題して、ジャイロトロンの工業応用の一例としてセラミック焼結用マイクロ波源として開発した永久磁石を用いた28GHz, 10kW, CWジャイロトロンの設計、動作シミュレーション、動作仕様および実際の動作特性について報告した。CW動作において発振周波数28GHz、出力電力10kW、動作効率30.8%を達成した。坂本慶司(日本原子力研究所那珂研究所)は「原研におけるITER用170GHz, 1MWジャイロトロンの開発」と題して、ITERの概要と主加熱/電流駆動用110GHzジャイロトロンの動作特性について現状を報告した。また、次期主加熱/電流駆動用として開発した170GHzエネルギー回収型ジャイロトロンの現状と将来計画について報告した。下妻 隆(核融合研究所)は「核融合科学研究所でのジャイロトロン開発研究の現状」と題して、LHDにおけるECHの計画を紹介し、LHD用ECHシステムとしての84GHz, 1MWジャイロトロンおよび168GHz, 3MWジャイロトロンの開発状況ならびに大電力ミリ波用真空窓の研究開発について報告した。

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。

- (1)H.Ishizuka, A.Watanabe, M.Shiho, S.Kawasaki, J.Itoh, M.Arai, H.Shimawaki and K.Yokoo, "Beam Extraction Experiment with Field-Emission Arrays", Tech. Digest of 17th Int. Free Electron Laser Conf., 1995.
- (2)S.Kawasaki, H.Ishizuka, M.Shiho and K.Yokoo, "Dynamics of Microbeam from a Point Emitter and its Arrays", Conf. Digest of 8th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop, 1995.

課題番号 A-7

結晶成長面における 原料原子の積層過程に関する基礎的研究

[1] 組織

代表者：潮田 資勝

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ハブ)
山崎 隆浩	(産業技術融合領域研究所 アトムテクノロジーハブ)
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)
佐野 陽之	(北陸先端科学技術大学院大学)
井上 直久	(大阪府立大学先端科学研究所)
楠 獻	(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)
鶴岡 徹	(東北大学電気通信研究所)
伊藤 仁彦	(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。この研究を効果的に推進するために、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

目的がより効率的に達成されると考えている。

これまでの研究活動は研究会を中心に行ってきただが、今年度も第三回の研究会を開催した。その他に標記課題に関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3回研究会

日時：平成7年12月20日（水）

場所：東北大学電気通信研究所

1号館N棟4階・セミナー室

プログラム：

1. 潮田資勝（東北大学電気通信研究所）
「開会の辞」
2. 尾関雅志（オングストロームテクノロジー研究機構）
「GaAs成長における化学反応の動的解析」
3. 大塚信雄（北陸先端科学技術大学院大学）
「Structures of Se-passivated GaAs(001) surfaces」
4. 井上直久（大阪府立大学先端科学研究所）
「GaAsのMBE成長過程のSEMその場観察による解明」
5. 山崎隆浩（オングストロームテクノロジー研究機構）
「Si(001)表面のホモエピタキシャル成長の初期過程」
6. 河野省三（東北大学科学計測研究所）
「Si(001)表面上のIII, IV, V属原子吸着状態」
7. 楠 獻（東北大学科学計測研究所）
「C₂H₄とSi(100)の反応 初期過程に現れるc(4x4), 2x2 LEEDパターン」
8. 松村英樹（北陸先端科学技術大学院大学）
「トランジスター特性から見た触媒CVD法によるポリ・シリコン成長界面」
9. 佐藤信一郎（北陸先端科学技術大学院大学）
「パルス電場イオン化法による運動エネルギー電子・イオンの検出-ZEKE・MATI分光」
10. 佐野陽之 北陸先端科学技術大学院大学
「SHG顕微鏡による金属多層膜パターンの像観察」

プログラムの2.から4.がIII-V族結晶成長に関するものであり、新しい結晶成長技術や評価技術の提案、話題の提供があった。5.はSi(001)表面の結晶成長過程に関して理論の立場からの講演をしていただいた。6.はII, IV, V属の原子が吸着したSi(001)面の表面構造について、7.はSiC結晶膜成長過程に関する研究について表面科学の立場から最近の成果を講演していただいた。8.は新しいポリシリコンの成長技術とそれを用いて作成したデバイスの特性について講演していただいた。9.と10.は新しい評価分析技術に関する講演である。

以上の講演内容を分類すれば、III-V族とIV族、結晶成長と評価分析、実験と理論となることからもわかるように、標記研究表題にたいして幅広い研究をカバーしうるプロジェクトを形成することができたと考えている。

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David Bottomley氏（電子総合技術研究所）と岩見正之氏（広島大学理学部）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った。

D. Bottomley氏は第二高調波発生分光（SHG）の専門家で、この方法を用いたSi-Ge超格子の界面粗さの評価についてお話をいただいた。SHGは反転対称性がある物質では発生しないことが知られている。Si-Ge超格子は超格子を構成する各層の厚さを制御することにより反転対称があるものもないものもつくれる。このような系についてSHG強度を組織的に計測し、結果を比較することによりSi/Ge界面の粗さに関する情報を得ることができる。

岩見氏には陽電子トラップを用いた格子欠陥の評価技術について講演していただいた。陽電子は格子欠陥周辺の電子構造に敏感であり、金属中や半導体中の格子欠陥の検出手段として広く用いられている。しかし、転移による陽電子捕獲機構については未だに明らかにされていない。岩見氏には高純度アルミニウム単結晶中の転移による陽電子捕獲効率を陽電子寿命時間測定より決定したことについてお話をいただいた。

[3] 研究活動報告

本年度は共同研究旅費とは別に80万円の研究

費補助があった。この予算を「共同研究受け入れ環境を整備する方向に活用する」という観点から、MBE装置の整備費に用いた。このMBE装置は沖電気株式会社でHEMT素子等の作成に用いられていたものを、平成6年度末にご寄付いただいたものであり、実際に動作させるためには配管、電気配線等も含めてかなりの整備作業が必要であった。電気通信研究所・潮田研究室が中心になって整備努力をした結果、平成7年度末にはGaAsエピタキシャル膜の成長が可能になるまで整備された。今後標記研究に活用していきたい。

なお、研究予算の使用内訳は

ターボ分子ポンプ保守	396,550
GaAs基板	164,800
ロータリーポンプ保守	82,400
オシロスコープ	76,529
電気部品	27,992
フランジ等真空部品	18,022
その他	5,715
計	800,000

である。

[4]まとめ

昨年度は共同プロジェクト研究がスタートした年でもあり、「研究組織を作る年」という観点から努力した。その結果、この研究プロジェクトは当初12名でスタートしたが、各方面からのご賛同を頂き、来年度の参加希望人員は19名に増加することになった。構成員の研究背景も第3回研究会のプログラムからもわかるように表記研究題目にたいして幅広い領域をカバーしうるものとなっている。

現状では十分な研究予算の措置がなされていないこともあり、共同プロジェクト研究の構成員と実質的な共同研究活動はできにくく状況にあるが、比較的余裕のある旅費援助が得られているので、今後とも電気通信研究所サイドの設備拡充に努め、実のある共同プロジェクト研究が行えるよう最大限の努力をしたい。

課題番号 A-8

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

[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：

立木 昌（東北大学・金属材料研究所）

兒嶋 弘直（山梨大学・工学部）

遠藤 忠（電子技術総合研究所）

大矢銀一郎（宇都宮大学・工学部）

道上 修（岩手大学・工学部）

大嶋 重利（山形大学・工学部）

岸田 悟（鳥取大学・工学部）

鈴木 光政（東北大学・工学部）

中島 健介（東北大学・電気通信研究所）

研究費：校費 100万円、 旅費 150万円

[2]研究経過

超伝導酸化物単結晶内に数ギガヘルツから数テラヘルツの周波数を持つ電磁プラズマ状態が存在し得ることが提唱され、それを支持する実験事実も見出されつつある。本現象は高温超伝導体の層状構造に深く関わっており、物理現象としての興味だけでなく、そのプラズマの周波数領域から高温超伝導体を利用した新しい高周波デバイスや高速演算デバイスへの応用を開くものとして期待されている。また、層状構造の齊一さが本現象の発現に大きく影響することからその研究には非常に高品位な単結晶を必要とする。本共同プロジェクト研究は、本現象に代表される高温超伝導体の層状構造に由来する様々な特異性に関して基礎的研究を行うと共に、それらを利用した機能性高周波デバイス、高速演算デバイスといった応用研究を行うことを目的としている。

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に加えてギャップ周波数以下のプラズマ振動は、これまでにない電磁波と超伝導現象の相互作用をもたらす。例えば、ジョセフソン効果とプラズマとの相互作用や磁束量子の運動と電磁波との相互作用などが挙げられる。これらの相互作用を利用した高温超伝導体の新しい超高周波デバイスへの応用が考えられている。また、層状高

温超伝導体内における磁束量子の運動が非常に高速であることを利用して従来のジョセフソンデバイスと同じ機能を有し、しかも数段高速で小型な超高速スイッチング、增幅デバイスを高温超伝導単結晶自体で構成することも提案されている。

平成7年度は、層状高温超伝導体の特性を利用してデバイスを開発する上で最も重要な磁束量子の運動と層状構造に起因する特異な物性の発現に関する課題を中心に研究を行い、それらの成果を基に層状高温超伝導体単結晶を利用した超高速超伝導単結晶電子デバイスを提案した。この他に層状高温超伝導体の新規物性探索の一環であるトンネル分光測定から、高温超伝導体のCuO₂層積層方向に特異な状態密度の欠損が存在することを見出し、その現象が層状構造に伴う超伝導性の周期的揺らぎに起因することを理論的に明らかにした。

超高速超伝導単結晶電子デバイスの提案

銅酸化物単結晶中の低周波プラズマ励起に関連して新しい超高速集積回路用デバイスを提案した。

現在、層状超伝導体単結晶の低周波プラズマ励起現象の存在が明らかになりつつある。このプラズマ周波数 ω_p はジョセフソン・プラズマ周波数 ω_J よりも約100倍高いTHz帯にある。一方、高温超伝導体のCuO₂導電層と半導体的ブロック層の積層構造は、定性的にはジョセフソン接合の積層と見ることができ、そういった観点から層状単結晶を用いたデバイスを考えると、その性能はこれまでのジョセフソン接合に比べてスピードで約2桁の向上が見込まれる。この場合、c軸方向にゲート電流 I_g を流し、入力電流 I_i によりab層に平行な制御磁界を印加する構造を有するゲートが基本デバイスとなる（図1参照）。このゲートが十分な電流利得を持つためのゲート長はc軸方向の磁界侵入長とすればよい。これは、ジョセフソン接合のそれより2桁小さく、ゲートの占有面積は単結晶中の1個の磁束量子の大きさ程度となって超小型ゲートが実現できることになる。この基本デバイスは、磁束量子の速度を V_F とすると、その出力電圧 $V_o = \mu_0 V_F (h/w) I_c$ は、最大超伝導電流 I_o に関する図2のような動作特性を持つことが期待される。ゲートの

スイッチング時間は、磁束量子がゲート横切る時間に相当しサブpsとなる。また、メモリセルはゲート単結晶の中心に適当な大きさの穴を導入し、2接合SQUIDの構造を作ることにより実現できる。動作はジョセフソン接合によるSQUIDセルと同じであるが、前述のような理由から集積度、動作速度共に約2桁改善できる。さらに、このゲートを並列接続すれば超伝導高速大電流スイッチも実現できる。このゲートの入出力特性の線形領域を用れば相互抵抗 $r_m = \mu_0 h V_F / w$ を持つ磁束流増幅器となる。この磁束流増幅器は ω_p 付近、すなわち THz 帯まで動作可能な超高周波線形増幅器となるはずである。これらのデバイスに欠陥の少ない単結晶を用いると、物理的、化学的欠陥に由来する雑音を極小化できるため、低雑音特性が期待できる。このように層状酸化物超伝導体を利用したデバイス開発によって高集積・超高速論理デバイスや THz 帯まで動作することのできる超高周波能動デバイスの実現が可能であると予想される。層状高温超伝導体の積層構造に基づく諸特性を利用したこれらのデバイスは、既存のジョセフソンデバイスと同様に超低消費電力性を有しながら、その集積度にして 4 桁、高速性では約 2 桁の改善が可能である。

層状高温超伝導体トンネル分光

銅酸化物超電導体は、電気伝導を担う CuO_2 面がブロック層によって互いに隔てられ c 軸方向に積層した結晶構造を有している。したがって、 CuO_2 面内方向（a-b 面方向）と CuO_2 面間方向（ c 軸方向）で異方性を持つことになる。試料の質の向上にともない、THz 固有プラズマのように、この結晶構造を強く反映した特異な現象の発現が期待されている。このような c 軸方向の特異性を探る研究の一環として $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($x \sim 0.13$) の良質な単結晶を使用したトンネル分光を行った。La 系は、 CuO_2 面と La_2O_3 層が交互に繰り返す、最も単純な周期構造を持っている。供試トンネル接合として、LSCO の (001) 表面を処理した後に直接 Pb を蒸着した平面型トンネル接合を用いた。その結果、図 1 に示すように微分抵抗-バイアス電圧特性に非常に幅の狭い (~0.5 mV) 特異なスパイク構造を観測し、その電圧位置には、奇数倍の法則が成り立ことを見出した。つまり、1 番目のスパイク構造の電圧を V_0 とすると、2 番目が $3V_0$ 、3 番目は $5V_0$ の位置に現れる。この特異性は、LSCO の (100) 面すなわち CuO_2 面に垂直な方向表面に作製したトンネル接合には観測されなかった。我々は、このような奇数列スパイク構造が、LSCO-Pb トンネル接

合面に平行な周期的結晶構造、すなわち超伝導面、非超伝導層の積層構造によって生じた周期的ポテンシャルとそのポテンシャル界面でのアンドレーエフ反射によって生ずるミニサブバンド構造で説明出来ることを示した。

[3]研究会活動

研究会を 1 回、討論会を 1 回開催した。

[研究会]

日時：平成 7 年 7 月 7 日

場所：東北大学電気通信研究所 1 号館 4 階講堂

議題：

「高温超伝導体の臨界電流密度と磁束ピンニング」
研究上の最重要課題である磁束量子の運動を中心
に討論を行った。

- (1) 「多層超伝導体の磁束ピンニング」
高橋三郎（東北大・金研）
- (2) 「Bi 系 2223 相薄膜の臨界電流密度と磁束線状態転移」 山崎裕文（電総研）
- (3) 「Bi 系 単結晶の磁束線観察」
大嶋重利（山形大・工）
- (4) 「高温超伝導体の不可逆磁場と磁気相図」
小林典男（東北大・金研）
- (5) 「YBCO 薄膜の臨界電流密度と次元性」
淡路 智（東北大・金研）
- (6) 「YBCO 薄膜の面内配向制と臨界電流密度」
鈴木光政（東北大・情報科学）
- (7) 「RBCO バルクの臨界電流密度とピンニング機構」 村上雅人（超伝導工研）

[討論会]

日時：平成 8 年 3 月 11 日

場所：東北大学電気通信研究所 1 号館 4 階講堂

テーマ：層状構造に起因する高温超伝導体の物性

- (1) “The Critical Pair Breaking Current in Superconductor”, Cristiana Buzea, Research Student, RIEC, Tohoku Univ.
- (2) “Mini Subbands in Electron Spectrum of Layered Short Coherence-length Superconductor”, Sergei Shafranjuk, Visiting Scientist, RIEC, Tohoku Univ.

[4]主な研究発表

- 1) "Sub. Mm² sub. Ps Single Crystal Switching Gates by Cuprate Superconductors" T. Yamashita and M. Tachiki, ISEC '95, Sept. 18-21, Nagoya, 11-32
- 2) "White-noise Properties of YBa₂Cu₃O_{7-y} Grain-boundary dc Superconducting Quantum Interference

Devices", H. Nakamura, J. Chen, T. Ogawa, and T. Yamashita, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34, No.11 A, pp. L1448-L1451, 1995

- 3) "Atomic oxygen effect on the in situ growth of stoichiometric $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ epitaxial films by facing targets 90 degs off axis radiofrequency magnetron sputtering", G.Oya, C.Diao, S.Imai, T.Uzawa, Y.Sawada, T.Sugai, K. Nakajima, and T.Yamashita, J. Appl. Phys., Vol.77, No.11, pp.5809-5818 1995
- 4) "Successful fabrication of bicrystal Si substrates for $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ Josephson juctions", S.J.Kim, H.Myoren, Chen, K.Nakajima, and T.Yamashta, Cryogenics Vol.35, No.12, pp.901-903, 1995
- 5) "Millimeter Wave Mixing in Thin Film YBCO Josephson Junctions", T.Nozue, Y.Yasuoka, J.Chen, and T.Yamashita, Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol.78, No.8, 1995

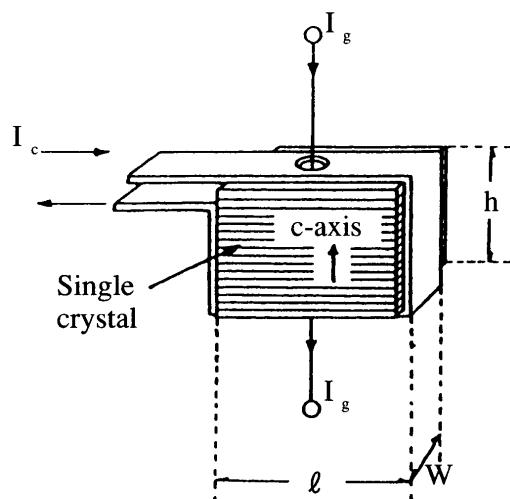


図1. 層状高温超伝導体単結晶ゲートの概念図

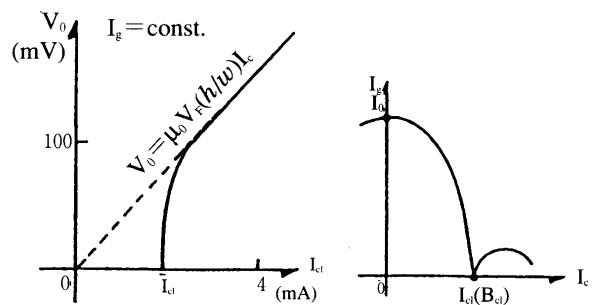


図2. 層状高温超伝導体単結晶ゲートの入出力特性

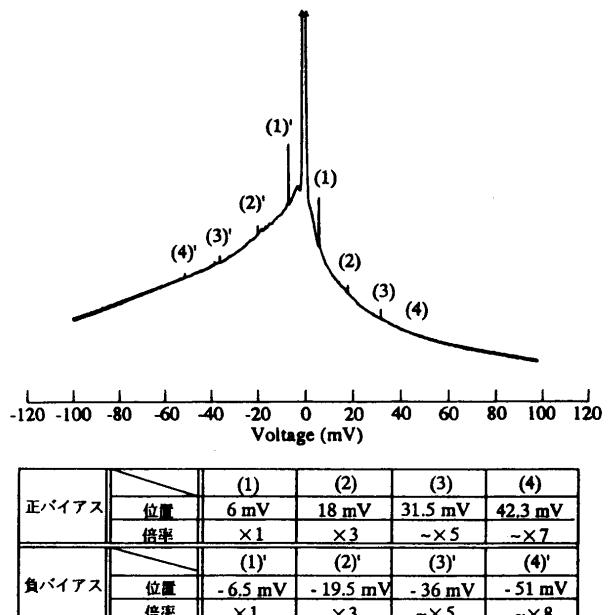


図3. LSCO-Pb 接合の微分抵抗-電圧特性に見られる奇数次列スパイク構造

課題番号 A-9

フォノン集積デバイス・材料の研究

[1]組織

代表者：山之内和彦（東北大学電気通信研究所）
 分担者：中鉢 憲賢（東北大学工学部）
 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）
 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 正恆（千葉大学工学部）
 中川 恭彦（山梨大学工学部）
 皆方 誠（静岡大学電子工学研究所）
 塩崎 忠（京都大学工学部）
 長 康雄（山口大学工学部）

研究費：校費 80万円、旅費 100万円

[2]研究経過

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、平成6年度に準備研究として発足した。

本年度は、昨年度の研究会の成果を踏まえて、以下に示す内容について研究を行った。

(1)弹性波・静磁波デバイスの解析法及びCADシステムの研究開発（中村、小柴、兒島、小池）

弹性表面波デバイス及び静磁波デバイスの種々の解析方法について検討した。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デバイスの動作解析に有効である。本方法を用いて、2組のMetal Strip Arrayを有するグレーティングレゾネータの解析を行い諸特性を計算により求めた。また、電極の振動効果が直接解析に反映され、どのよう

な形の周期振動に対しても適用可能である、モード結合理論に基づいた等価回路(COM等価回路)を導波モード毎に考慮して、交差長重み付けIDTを用いたフィルタの解析を行った。これらの等価回路定数、COMパラメータを決定する際に用いることが可能である有限要素法(FEM)解析に、部分空間反復法を導入して大幅な高速化を実現した。これにより、FEMをCADシステムのソルバーとして用いることが可能であるとの見通しを得た。また、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の回路解析法を拡張した非線形等価回路を提案し、静磁ソリトン波についてシミュレーションを行い実験結果と良く説明する結果を得た。

(2)優れた伝搬特性を有する結晶方位の研究（清水、山之内）

速い横波を越える伝搬速度を有する弹性表面波(第2漏洩弹性表面波)について解析を行った。LiTaO₃基板でオイラー角(90°, 90°, ϕ)の場合、レーリー波の約2倍の伝搬速度を有し、特にϕ=164°では伝搬損失が0になり、また、ϕ=31°では電気機械結合係数(K²)が2.14%で、温度特性も良好であるという結果を得た。ϕ=31°のカットについて実験的検討を行い、位相速度5912m/sの第2漏洩表面波の存在を確認した。これらの波は非常に高速であるため、高周波デバイスへの応用が期待される。また、基板の異方性と電極の反射を積極的に利用することで、対称の電極構造で一方向性特性を得ることが可能となるNSPUDTについて検討を行った。Li₂B₄O₇基板についてNSPUDTカットの探索を行った結果、オイラー角(0°, μ, 90°)基板でNSPUDTカットが存在した。特に、μ=51°近傍は、位相条件を満足し、モード結合係数も大きく更に温度特性が良好であり有力なカットである。また、μ=78°は零温度係数となるカットであることが分かった。両カットについて実験によりNSPUDTを作製し、理論計算と良く一致する結果を得た。更に、有用な結晶方位が存在する可能性があり、探索を続ける必要性がある。

(3)高性能デバイス及び微細加工プロセスの研究（山之内、中鉢、山口）

高性能デバイスについて、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研究開発を行った。新しい微小ギヤップ構造電極を作製するプロセスを開発し、これにより5GHz帯で挿入損失4.1dBの低挿入損失特性を有するフィルタを得た。また、多層構造からなる厚み縦振動モード圧電トランスジューサの非励振部分の電気端子に、電気的な負荷を加え、それを変化させることで周波数特性を広範囲に渡って制御するトランスジューサについて研究開発を行った。新しい等価回路を提案して行った特性解析の結果と実験結果は良く一致し、比帶域幅89%に亘り20%以上の変換効率を得た。更に、浮き構造ダイアフラムを用いたZnO/パイラックスガラス複合薄膜構造共振子について作製プロセスの検討を行った。これにより、ダイアフラムの面積が0.1mm²と小型の、800MHz帯共振器が作製可能となった。この素子は零温度特性を実現する事が可能であり、引き続き検討中である。

(4)熱的非平衡系でのフォノン挙動の研究（高木）

熱的非平衡状態、特に試料に一定の温度勾配を作りその温度勾配方向に伝搬する熱フォノンによるブリュアン散乱について研究を行った。光ビート分光法により、これまで光周波数で行われてきた分光をブリュアンシフトの周波数で行うことで電気的な分光を可能とし、周波数分解能数kHzという高い分解能でブリュアン測定を行うことが可能となった。熱流中のブリュアンスペクトルを観測した結果、スペクトルに非対称が現れることを確認した。また、ブリュアン非対称を波動論的に解釈することにより、反射の影響と単一でない温度分布の影響を考慮して実験値と理論値を比較することができることを示した。

(5)光・弾性波デバイス用薄膜の研究（坪内、中川、皆方、塩崎）

高音速、零温度係数を有するAlN/ α -Al₂O₃構造基板のMO-CVD法による作製技術について研究を行った。AlNとサファイア基板の格子不整合を、サファイア表面を窒化することで整合する初期窒化技術の条件を求めた。また、新たにN₂ガスを導入したクヌーセン圧MO-CVD法により、2インチサイズで±1%の膜厚分布で、平均表面荒さ(Ra)7nmといった高い表面平坦性を有したエピタキシャル成長が可能となった。また、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に対応して変化した位相格子ができることを見いだ

しており、この現象のメカニズムについて検討を行った。これにより、定在波の腹にあたる部分の薄膜表面が高くなっていることまた、電界が生成要因の1つとして影響を与えていたことがわかった。これについてはより詳細なメカニズムの解明が必要である。また、RFマグネットロン型ECRエピタキシャル成長装置でZnO薄膜を作製し、圧電的及光学的特性の評価を行った。これにより、バルクに近い格子定数及び電気機械結合係数を有するエピタキシャル薄膜を得た。また、光学的特性として、フォトルミネッセンスを測定することによりエキシトンの吸収ピークを観測できた。成膜条件を選ぶことにより強い偏光依存性を示す膜が得られ、これにより367.5nmのフリーエキシトンを見出すことができた。

(6)材料の評価方法に関する研究（櫛引、長）

材料の弾性的・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る、直線集束ビーム超音波顕微鏡を用い、光用MgOドープLiNbO₃単結晶基板の音響的特性を評価した。その結果、単結晶内に存在する化学組成比の変化によるものと考えられる漏洩弹性表面波(LSAW)速度の変化を捉えることができた。各基板において、同じ測定線上でも伝搬方向によって速度の分布が異なった。これはLSAWの伝搬特性に関する弹性関連物理定数び変化に対して敏感に影響を受ける伝搬方向があることを示しており、各基板面で得られた速度変化と化学組成比等の関連について詳細に検討を行う必要がある。また、誘電材料や圧電材料に断続光を照射すると光吸収による試料の局所的温度変化を原因として生ずる誘電率の交番的変化測定することにより材料評価を行う、光熱誘電率分光顕微鏡の研究開発を行った。本方法は光音響分光法より応答速度が速く、真空中での測定が可能であり、測定結果が試料の形状に依存しないといった特長を有する。これにより、基板、粉末、液体の材料評価化が可能であることが確かめられた。

以上のように、フォノン集積デバイスに必要となる研究項目を網羅した研究開発を行い、大きな成果を得ている。

本研究は来年度も継続される予定である。

[3]研究会活動

研究回を下記のとおり行った。

日時：平成8年3月8日（金）

場所：東北大学電気通信研究所中会議室

(1)「SAWデバイスの有限要素法解析の高速化と

CADシステムの開発

小柴正則（北海道大学工学部）

- (2)「重み付けIDTの導波モードを考慮したCOM等価回路」
廣田和博，中村僖良，本郷哲，水迫正幸（東北大学工学部）

- (3)「フェライト薄膜中を伝搬する静磁ソリトン波の等価回路解析」
小池卓郎（玉川大学工学部）

- (4)「弾性表面波グレーティングレゾネータの一解析法」
兒島俊弘（玉川大学工学部）

- (5)「電気端子のインピーダンス制御による周波数可変の多層構造圧電超音波トランスジューサ」
中鉢憲賢（東北大学工学部）

- (6)「圧電基板を伝搬する漏洩表面波の検討」
清水康敬，當波茂孝（東京工業大学教育工学開発センター）

- (7)「Li₂BO₃基板のNSPUDTカット」
竹内正男，小田川裕之，山之内和彦（東北大学電気通信研究所）

- (8)「5GHz帯低損失広帯域一方向性弾性表面波フィルタ」
山之内和彦，目黒敏靖，小田川裕之（東北大学電気通信研究所）

- (9)「浮き構造を用いたZnO/パイレックスガラス複合薄膜構造共振子」
坂本真道，橋本研也，山口正恆（千葉大学工学部）

- (10)「熱的非平衡系でのブリュアン散乱」
酒井啓司，服部浩一郎，高木堅志郎（東京大學生産技術研究所）

- (11)「弾性表面波アシストによる位相格子の作成」
渡辺昌彦，垣尾省司，中川恭彦（山梨大学工学部）

- (12)「ECR-ZnOエピタキシャル膜の作製とその応用」
皆方誠（静岡大学電子工学研究所），門田道雄（村田製作所）

- (13)「クヌーセン圧MOCVD法によるAlNエピタキシャル成長」
坪内和夫，益一哉（東北大学電気通信研究所）

- (14)「光熱誘電率分光顕微鏡による機能性材料の評価法の開発」
長康雄，熊丸知之（山口大学工学部）

- (15)「LFB超音波顕微鏡によるLiNbO₃・LiTaO₃単結晶の評価」
櫛引淳一（東北大学工学部）

[4]主な研究発表

- (1)K.Yamanouchi and T.Terashima, "2GHz range low loss HBDT filters using narrow gap IDT structure and new cross-over techniques", IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, pp.103-106(1995).
- (2)M.Takeuchi, H.Odagawa, M.Tanaka and K.Yamanouchi, "SAW transducer configurations for reversing the directivity of NSPUDT substrates", IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, pp.17-22(1995).
- (3)T.Meguro, H.Odagawa and K.Yamanouchi, "GHz-range low-loss wide band filters using new electrode thickness difference type of unidirectional transducers", IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, pp.99-102(1995).
- (4)中鉢憲賢,櫛引淳一, "SAWデバイス用基板材料の評価", 学振第150委員会46回研究会資料, pp.27-30(1995).
- (5)櫛引淳一,松村隆史, "直線集束ビーム超音波顕微鏡による光用MgO:LiNbO₃単結晶の音響的均質性の評価", 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, pp.981-982(1996).
- (6)廣田和博,中村僖良,本郷哲,水迫正幸, "重み付けIDTの導波モードを考慮したCOM等価回路", 日本国音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp.995-996(1995).
- (7)K.Masu, Y.Nakamura, T.Yamazaki, T.Shibata, M.Takahashi and K.Tsubouchi, "Transmission electron microscopic observation of AlN/β-Al₂O₃ heteroepitaxial interface with initial-nitriding AlN layer", Jpn.J.Appl.Phys.,34(6B),pp.760-763(1995).
- (8)K.Hasegawa and M.Koshiba, "Finite-element analysis of periodic surface acoustic waves", Jpn.J.Appl.Phys.,34,pp.2642-2645(1995).
- (9)Y.Nakagwa, "Fabrication of diffraction grating assisted by surface acoustic wave", Jpn.J.Appl.Phys.,34(5B), pp.2650-2652(1995).
- (10)門田道雄, 皆方誠, "RFマグネットロン型ECRスパッタ装置によるZnO膜特性", 信学論C,J78-C-I,11,pp.580-586(1995).
- (11)Y.Cho and T.Kumamasu, "Theoretical and experimental studies of photothermal dielectric microscope", Jpn.J.Appl.Phys.,34(5B),pp.2895-2899(1995).

課題番号 A-10

やわらかい情報システムに関する基礎的研究

[1]組織

企画者：白鳥則郎（東北大学電気通信研究所）
 責任者：白鳥則郎（東北大学電気通信研究所）
 分担者：
 根元 義章（東北大学大型計算機センター）
 西関 隆夫（東北大学大学院情報科学研究科）
 宮崎 正俊（東北大学大学院情報科学研究科）
 牧野 正三（東北大学大学院情報科学研究科）
 阿曾 弘具（東北大学大学院工学研究科）
 富樫 敦（東北大学電気通信研究所）
 鈴木 均（東北大学大学院情報科学研究科）
 安部 正人（東北大学大型計算機センター）
 曽根 秀昭（東北大学電気通信研究所）
 菅原 研次（千葉工業大学工学部）
 滝沢 誠（東京電機大学理工学部）
 平田 富夫（名古屋大学工学部）
 安浦 寛人（九州大学大学院総合理工学研究科）
 五十嵐善英（群馬大学工学部）
 宮野 悟（九州大学理学部）
 水野 忠則（静岡大学工学部）
 堀口 進（北陸先端科学技術大学院大学）
 柴田 義孝（東洋大学工学部）
 角田 良明（大阪大学工学部）

研究費：校費 40万円、旅費 93万3700円

[2]研究経過

本研究の目的は、「Flexible Computing」に基づいたやわらかい情報システム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。本研究の当面の目標は、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。

今年度の研究成果を以下に要約する。

(1)分散システム設計とADIPS構想（白鳥、菅原）

本研究では、DIPS(Distributed Information Processing System)とその動作環境との相互作用の結果として生起する諸問題を解決するために、DIPSの設計モデルとしてエージェント指向アーキテクチャを導入する。すなわち、DIPSを構成する計算機プロセスを、自律的で知的なエージェントとして定式化(エージェント化)し、これらのエージェントの協調作業に基づいて、DIPSの動作環境で生起する様々な変化に対して自律的に適応する機能を実現する。これをエージェント指向分散情報処理システム(Agent-based DIPS: ADIPS)と呼び、本研究では、その設計開発を効果的に支援する環境を提案する。今年度は、その基礎として、設計目標となるADIPSのアーキテクチャ、及び、ADIPSの構成要素となるエージェントのアーキテクチャを提案し設計した。

(2)ADIPSフレームワークの構成（白鳥、菅原、滝沢、柴田）

1) ADIPSフレームワークの設計構想

ADIPS及びその設計要素となるADIPSエージェントの設計開発を効果的に支援する環境としてADIPSフレームワークを提案した。ADIPSフレームワークにおける重要な概念は次の4点にある。

- a) エージェント化と協調機構
- b) 拡張契約ネットプロトコルとエージェント組織の構成／再構成
- c) 領域知識と設計プロセス
- d) リポジトリとクラスエージェント

2) ADIPS動作環境

ADIPS動作環境(ADIPS Workplace: AW)は、ADIPSアーキテクチャのAMM(Agent-based Management Mechanism)とDIPSの実現基盤であり、利用者に提供されるDIPSのサービスは、AW上で稼働する多数のADIPSエージェント組織として実現される。AWのADIPSエージェントはインスタンスエージェントと呼ばれ、それらがADIPSアーキテクチャにおけるAMMの組織エージェントやプリミティブエージェントとして動作する。こうし

たAWは、要求されるサービスの内容や形態に応じて、プラットホーム上で複数個生成することができる。

3) ADIPSリポジトリ

ADIPSリポジトリ(ADIPS Repository: AR)は、ADIPSのエージェント組織(AMM)を構成／再構成する際の部品となるADIPSエージェントを提供する機構であり、プラットホーム上の複数のADIPS動作環境から参照可能な共有知識ベースとして構成される。ARには、ADIPSフレームワークの設計構想で述べたように、ADIPSエージェント(組織エージェント／プリミティブエージェント)の原型がクラスエージェントとして登録されている。これらのクラスエージェントは、AW上のインスタンスエージェントからの利用要求に基づいて、要求されたサービスを提供するクラスエージェントの実体をAW上のインスタンスエージェントとして生成する。これをクラスエージェントの実体化と呼ぶ。

(3)拡張契約ネットプロトコルの設計（菅原、白鳥、水野、宗森）

拡張契約ネットプロトコル(Extended Contract Net Protocol: ECNP)は、契約ネットプロトコルをベースにして定義されたもので、(a)契約条件の変化による組織再構成、(b)契約履行が不能になったときの組織再構成、に関するプロトコルを新たに追加することにより、環境の変化に対応して柔軟に分散処理システムを構成する協調プロトコルである。ECNPは、契約ネットプロトコルと同様に、エージェントの内部状態の状態遷移、及び、タスク通知、入札、落札などの契約メタファに基づくメッセージパケットによって定義される。ADIPSエージェントのCM(Cooperation Mechanism)やTPM(Task Processing Mechanism)は、ECNPで定義した状態遷移を実行する機構であり、これらは知識ベースDKを参照することにより状態遷移を引き起こすイベントの分析とその処理を実行する。

(4)ADIPSフレームワークおよび応用事例の試作（菅原、白鳥、宗森）

1) ADIPS動作環境とADIPSリポジトリの試作

ADIPSフレームワークの有効性を評価するため、ADIPS動作環境とADIPSリポジトリの試験的実装を行った。TCP/IPプロトコルで接続されたUNIXワークステーション上で、Smalltalkおよび知識ベース管理システムKBMSを用いて実装した。ADIPS動作環境は、動作環境支援プロセスAWSPにより管理されるインスタンスエージェントの集合として実現される。また、ADIPSリポジトリは、リポジトリ支援プロセスARSPにより管

理されるクラスエージェントの集合として実現される。支援プロセスの間にはインスタンスエージェントの生成、エージェント間通信サービス、クラスエージェントの共有知識アクセスなどの支援プロセスプロトコルSPPが定義されている。

2) ADIPS型テレビ会議システムの試作

ADIPSの能力を評価するための例題として、ADIPSフレームワークを用いてテレビ会議システムを構成した。テレビ会議システムは、参加者を表示する動画像、図面や文書を表示する静止画、音声といった各種の通信メディアを含む複合システムである。これらのメディアに要求される品質は利用者ごとに異なり、さらに同じ利用者でも、利用場面ごとにそのQoS(Quality of Service)が変化する。さらに、通信回線は多数のアプリケーションによって共有されるため、回線の遅延時間などの動作状況が変化する。こうした変化に応じて、利用者が要求するQoSを維持するためには、例えば、音声通信の品質を下げるこことによって映像品質を維持するなど、テレビ会議システムの部分機能間でのトレードオフが必要となる。こうしたトレードオフの結果に基づいて、機能・性能を動的に変更できるシステムを、ここではADIPS型テレビ会議システムと呼ぶ。

このシステムによる実験例では、利用者1のテレビ会議システムに対する要求1は「参加者の画像は可能な限りスムーズな動画を表示する」ことであり、利用者2の要求2は「参加者の画像は高画質の画像を表示する」ことである。実験の初期段階では、利用者エージェント1と利用者エージェント2は、要求1と要求2に基づいて交渉を行い、そのときの回線状態が良好であったため、要求1と要求2を同時に満足するテレビ会議システムが双方のADIPS動作環境に生成された。

その後、回線の状況が劣化し、要求1と要求2が同時に満足できない状況を設定すると、TV会議-1とTV会議-2の再構成が自律的に開始される。その結果、TV会議-1では、モノクロの低解像度ではあるがスムーズな動画を見る事ができ、TV会議-2では、静止画ではあるがカラーで高解像度の高画質の画像を見る事ができる構成となり、回線が悪化した状態でも、利用者1と利用者2の双方の要求を満足することが確認された。

[3]研究活動

研究会を2回行なった。

[第1回]

日時：平成7年8月3日、4日

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室

- (1) 「やわらかいネットワーク」
菅原研次（千葉工業大学工学部）
- (2) 「Flexible Algorithm Scheduling for Optimal Quality of Service」
M. Moser（東北大学大学院情報科学研究科）
- (3) 「分散マルチメディアシステム」
柴田義孝（東洋大学工学部）
- (4) 「高並列・高分散システム」
塚本享治, 中村章人（電子技術総合研究所）
- (5) 「分散協調に基づいた問題解決手法」
北村泰彦（大阪市立大学）
- (6) 「分散システムとプロトコル」
滝沢誠（東京電機大学理工学部）
- (7) 「分散協調システムの評価」
宗森純（鹿児島大学工学部）

[第2回]

- 日時：平成7年10月6日， 7日
 場所：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室
- (1) 「Agent-based Architecture for Developing Distributed Information Processing Systems」
菅原研次（千葉工業大学工学部）
 - (2) 「ソフトウェアのやわらかい開発法」
郷健太郎（東北大学大学院情報科学研究科）
 - (3) 「やわらかいネットワークの開発法—実験—」
杉浦茂樹（東北大学大学院情報科学研究科）
 - (4) 「モバイルコンピューティング」
水野忠則（静岡大学工学部）

[4] 主な研究発表

- (1) 白鳥則郎, “ポスト・モダン分散システム”, 情報処理学会誌, Vol.36, No.9, pp.811-814 (1995).
- (2) 郷健太郎, 白鳥則郎, “プロセス仕様の等価性に基づく分割法の拡張”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J78-B-I No.10, pp.567-573 (1995)
- (3) Ching-Fa Huang, Susumu Yoshimura, Takuji Karahashi, and Norio Shiratori, "A New Specification Environment for Communication Systems Based on Specification Reuse by the Application of Case Based Reasoning", IEICE TRANS. INF. & Syst., Vol. E78-D, No.10 , pp.1269-1281 (1995).
- (4) Ruck Thawonmas, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, "Fast Heuristic Scheduling based on Neural Networks for Real-Time Systems", The International Journal of Time-Critical Computing Systems, pp.289-304, Vol.9, No.3 (1995).
- (5) Kukhwan Song, Atsushi Togashi, and Norio Shiratori, "Verification and Refinement for System

- Requirements", IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E78-A, No.11, pp. 1468-1478 (1995).
- (6) Ken Teruya and Norio Shiratori, "Evaluation of Transmission Control Method in a Slotted Ring Network", IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E78-A, No.11, pp.1519-1526 (1995).
 - (7) 吉田仙, 富樫敦, 白鳥則郎, “プロセス計算記述言語とその支援環境”, 情報処理学会誌, Vol.36, No.12, pp.2811-2818 (1995).
 - (8) 佐藤究, 布川博士, 楠見孝, 白鳥則郎, 野口正一, “分散システムのためのユーザインターフェースメタファ”, 電子情報通信学会誌, Vol.J79-A, No.2, pp.471-480 (1996).
 - (9) Kenji Sugawara, Takuo Saganuma, Goutam Chakraborty, Martin Moser, Tetsuo Kinoshita and Norio Shiratori, "Agent-oriented Architecture for Flexible Networks", Proc. of the Second International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, pp. 135-141 (1995).
 - (10) Tongjun Huang, Zixue Cheng, Minetada Osano and Norio Shiratori, "A Decentralized Social Algorithm for Committee Coordination Problem", Proc. of the Second International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, pp.345-351 (1995).
 - (11) Atsushi Togashi, Nobuyuki Usui, Kukhwan Song and Norio Shiratori, "A Derivation of System Specifications based on a Partial Logical Petri Net", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp.521-524 (1995).

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

代表者：米山 務（東北大学電気通信研究所）
 分担者：澤谷 邦男（東北大学工学部）
 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）
 福富 勝夫（科学技術庁金属材料技術研究所）

[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、以下に述べるように、2回の研究会を開催した。

第1回研究会のプログラムは以下の通りである。

日時：平成8年3月14日(木)

午後1時30分～4時30分

場所：東北大学工学部青葉記念会館5階大会議室
 (1)澤谷邦男（東北大学工学部）

『企画者挨拶』

(2)矢追宣彦、澤谷邦男（東北大学工学部）

『マイクロストリップ共振器法を用いた誘電体基板の複素誘電率と導体の表面抵抗の測定－端効果の影響－』

(3)榎原伸義、上野祥樹、星崎博紀((株)移動体通信先端技術研究所、略称AMTEL)

『YBCO薄膜を用いたバンドパスフィルタ』

(4)福富勝夫（金属材料技術研究所）、熊谷俊司(三ツ葉電機)

『多結晶及びアモルファス基板上の配向バッファー層/YBCO薄膜の作製と評価』

(5)大嶋重利、江畑克史、小笠原孝（山形大学工学部）

『YBCO薄膜を用いた方形パッチアンテナの設計と試作』

(6)大倉秀章、中島健介、山下努（東北大学電気通信研究所）

『YBCO薄膜の表面抵抗の測定』

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－端効果の影響－』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たおり、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。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し、種々のマイクロストリップ線路に対する計算式と実験により、誘電体の複素誘電率や導体の表面抵抗を求めてきた。しかしながら、従来はマイクロストリップ線路の開放端における端効果を無視してきたために、複素誘電率の測定結果が誘電体基板の厚さに依存するなどの問題点が指摘されていた。そこで、変分法に基づいて端効果を考慮した計算式を導出し、これに基づいて複素誘電率の測定を行った。その結果、従来指摘されていた問題が改善され、精度良い測定が可能となった。なお、新たに導出した式を用いても、表面抵抗の測定結果にはほとんど影響がないことも実験により確認された。

榎原伸義(AMTEL)は『YBCO薄膜を用いたバンドパスフィルタ』に関する講演を行った。まず、Qが高く低雑音のフィルタを開発することにより、移動体通信における周波数利用効率の向上が図ることができるとの報告があり、高温超伝導フィルタを用いた場合に低雑音化により最大2.5倍の伝送速度が得られ、フィルタのシャープカット化により許容ユーザ数を2倍にできるとの見通しが紹介された。次に対向式スパッタ法で作製したYBCO薄膜の表面抵抗を誘電体共振器法で評価した結果が報告された。結論としては、10GHz換算の表面抵抗が10mΩ以上のYBCO膜における抵抗の支配要因は膜中の積層欠陥であること、1mΩ以下の高品質YBCO膜における抵抗の支配要因は粒界密度

であることを明らかになった。最後に、YBCO薄膜を用いたバンドパスフィルタの試作と評価の結果が報告された。これによると、9段分布定数型フィルタが最も目標仕様に近く、挿入損失0.1～0.6dBと低損失になることが確認されたが、シャープカット特性については、今後の改善が必要である。

福富勝夫（金材技研）は『多結晶及びアモルファス基板上の配向バッファー層／YBCO薄膜の作製と評価』について講演を行った。まず、特殊な電極構造を用いたバイアスパッタ法により3軸配向膜を作製する方法（PBAD法）を提案し、誘電体基板にもRF誘起負バイアスを用いることにより、3軸配向膜が得られることが報告された。次に、面配向YSZバッファー層を用いて、多結晶およびアモルファス基板上にYBCO薄膜を作製し、その特性の評価を行った結果、配向度の向上が確認された。今後は薄膜のエビ成長条件の最適化を図ることにより、大面積のYBCO薄膜が得られるものと期待される。

大嶋重利（山形大工）は『YBCO薄膜を用いた方形パッチアンテナの設計と試作』について講演を行った。マイクロ波・ミリ波帯において、アンテナの高性能化を図るために、大形のアレーインテナを作製すると、銅損に伴う損失のためにアンテナ効率が低下するという大きな問題が発生する。これを克服する方法の一つとして、高温超伝導体でアンテナ並びに給電回路を構成する方法がある。本研究は、高効率パッチアレーインテナの実現を目指しており、まず伝送線路モデル並びにグリーン関数法を用いてパッチアンテナの設計を行っている。次に、この設計に基づいて銅で作製したパッチアンテナを試作・評価し、ほぼ設計通りの特性が得られることを確認している。また、YBCO薄膜によりパッチアンテナを作製してそのインピーダンス特性を測定した結果が報告された。これによると、温度によってインピーダンス特性がかなり変化するが、銅に比べてアンテナのQがかなり高くなることが観測され、アンテナ効率の向上が確認された。この他に、比較的低い周波数で必要となる小形アンテナを実現するために、電磁結合型メアンダーインテナを試作・評価した結果についても報告された。

中島健介（東北大通研）は『YBCO薄膜の表面抵抗の測定』について講演を行い、コプレーナ線路共振器法を用いてYBCO薄膜の表面抵抗を10GHz付近で測定して、表面抵抗と薄膜の特性の関係について詳細に検討した結果が報告された。まず、表面抵抗が臨界電流密度の-1.4～-1.5乗に比例することを示した。次に、表面抵抗と平均粒径の値には強い関係は見い出されないものの、

粒間の結合度は表面抵抗と密接に関係しているとの結論を得ている。粒間の結合度が最小になるのは、45度傾角粒界であり、45度傾角粒界の存在によって表面抵抗は急増する。

研究会の参加者は、学内外合わせて40名以上にのぼり、各講演に統じて活発な討論が行われた。

第2回研究会のプログラムは下記の通りである。

日時：平成8年3月22日(木)

午後1：30～3：30

場所：東北大学工学部電気・情報系102講義室
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)宇野亨（東京農工大学工学部）

『FDTD法を用いた材料特性の評価の数値シミュレーション』

(3)討論

澤谷邦男（東北大工）から材料特性の評価において、数値シミュレーションが極めて重要であるとの指摘があった。

宇野亨（東京農工大工）は『FDTD法を用いた材料特性の評価の数値シミュレーション』と題した講演を行い、時間領域差分法（Finite Difference Time Domain 法、FDTD法）の最近の研究動向についての解説を行った。近年の計算機の発達、特にいわゆるスーパーコンピュータの発達に伴って高速演算と大容量のメモリが得られ、従来考えられなかった複雑な構造に対して電磁界の数値シミュレーションが可能となってきた。このような背景から、特にFDTD法はその汎用性の高さから近年注目を集めているが、開放領域への適用等において問題点も少なくなかった。講演では、FDTD法の原理から出発し、そのアルゴリズムについて解説された。また、開放領域を扱うためのいわゆる吸収境界条件の中で最近提案されている幾つかの手法について、実例を示しながらその優劣を詳しく示した。さらに、マクロストリップ線路共振器、コプレーナ線路共振器、誘電体共振器、空洞共振器など用いた材料特性評価法へFDTD法を適用する際の利点並びに問題点についての講演があった。

参加者は25名程度と比較的小人数であったが、特に共振器の数値シミュレーションの問題点について活発な質疑・応答があった。

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8年度も開催していく予定である。

課題番号 B-2

プラズマ中の自己組織化現象の解明とその応用

[1]組織

企画者：犬竹 正明（東北大学工学部）
 責任者：横尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
 分担者：安藤 晃（東北大学工学部）
 服部 邦彦（東北大学工学部）
 市村 真（筑波大学プラズマ研究センター）
 際本 泰士（筑波大学プラズマ研究センター）
 間瀬 淳（筑波大学プラズマ研究センター）
 天岸 祥光（静岡大学教養部）
 桂井 誠（東京大学工学部）
 井上 信幸（東京大学工学部）
 荒川 義博（東京大学工学部）
 寺沢 敏夫（東京大学理学部）
 大沢 幸治（名古屋大学工学部）
 西田 靖（宇都宮大学工学部）
 栗木 恭一（宇宙科学研究所）
 宇山 忠男（姫路工業大学工学部）
 河野 光雄（中央大学総合政策学部）
 藤原 正巳（核融合科学研究所）
 佐藤浩之助（核融合科学研究所）
 川端 一男（核融合科学研究所）
 羽鳥 尹承（核融合科学研究所）
 長山 好夫（核融合科学研究所）
 伊藤 公孝（核融合科学研究所）
 曇道 恒（京都大学理学部）

[2]研究会報告

複雑性の科学の代表ともいえるプラズマ流体中での非線形性に起因する幾つかの構造形成や自己組織化現象が観測されている。これらに関する研究は、宇宙プラズマから核融合プラズマまで理論ならびに実験の中で多くのテーマを抱えている。これらの問題点を解明するためのアプローチとして広い視野に立ち問題の共通点を明確にする必要がある。さらにこれらの諸問題の解明と共に広範なプラズマ応用としてプラズマ加速や高気圧プラズマについても触れプラズマの基礎および応用研究の中での現状と課題について明らかにするために本共同研究会を企画した。

第1回

日時：平成7年9月28日（木）
 10:00～12:00
 場所：東北大学工学部電気・情報館351・353号室
 講師／演題
 (1)間瀬 淳（筑波大学プラズマ研究センター）
 「反射法による密度および磁場揺動の測定」
 (2)市村 真（筑波大学プラズマ研究センター）
 「飛行時間型中性粒子分析器（TOF）によるプラズマ計測」

<要旨>

間瀬 淳（筑波大）は、ミリ波帯の電磁波を用いた反射計で磁場閉じ込めプラズマの密度および磁場揺動計測を行い、さらに新しい試みとしてのCross-Polarization scatteringの原理と実験について報告した。市村 真（筑波大）は、TOFによるプラズマ計測の原理ならびに磁場閉じ込め装置によるプラズマの実験結果について報告した。

第2回

日時：平成7年12月25日（月）13:00
 ～26日（火）16:00
 場所：東北大学工学部 青葉記念館（401号室）
 題目：プラズマ中の電位・渦・揺らぎ・相転移・磁気再結合等の自己組織化に関する講演と討論
 講師／演題
 (1)犬竹正明（東北大学工学部）
 「企画者挨拶」
 (2)金子俊郎、畠山力三、佐藤徳芳
 （東北大学工学部）
 「プラズマ中の電位形成基礎実験」
 (3)北島純男、渡辺博茂（東北大学工学部）
 「東北大ヘリック閉じ込め基礎実験」
 (4)宇山忠男（姫路工大工学部）
 「プラズマガンによる自己組織化トーラスの形成（現状と課題）」
 (5)岡田成文、後藤誠一（阪大工学部）
 「テータピンチによる反転磁場配位の形成（現状と課題）」
 (6)桂井 誠、小野 靖（東大工学部）
 「コンパクトトーラスとコンパクトカマク

の生成・維持・合体」

(7)神部 勉 (東大理学部)

「流体力学における渦のダイナミックス」

(8)河野光雄 (中央大・総合政策学部)

「プラズマ渦系の結晶化理論」

(9)佐藤徳芳 (東北大学工学部)

「プラズマ物理のこれから」

(10)長谷川晃 (阪大工学部)

「ダイポール核融合」

(11)遠山闘志, 花田和明 (東大理学部)

「T S T (Tokyo Spherical Tokamak) 実験」

(12)若谷誠宏 (京大ヘリオトロン)

「プラズマ閉じ込めの最適な形状とは」

(13)吉田善章 (東大工学部)

「電磁流体における自己組織化」

(14)佐藤哲也 (核融合研)

「自己組織化の統一シナリオ」

(15)伊藤公孝 (核融合研), 伊藤早苗 (九州大応力研)

「揺動の自己維持と輸送理論」

(16)藤原正巳 (核融合研)

「核融合基礎研究のこれから」

<要旨>

本研究会では、核融合プラズマから一般の流体力学における幅広い分野にわたりポテンシャル・渦・相転移・磁気再結合などの自己組織化に関する研究の現状や問題点について講演があり、これらに対する討論が活発に行われた。また最後にこれらの話題を踏まえ、プラズマ科学や核融合の基礎研究における大学、研究所の役割、協力体制についての議論があった。

第3回

日時：平成8年 2月 8日（木）

13:30～15:30

場所：東北大学工学部電気・情報館451・453号室

講師／演題

荒川義博 (東京大学工学部)

「電気推進機の研究の現状」

<要旨>

荒川義博 (東京大学工学部) は、電気推進機の基本的特性について述べ、その代表的エンジンであるアークジェット、MPDスラスター、イオンエンジンについて研究の現状ならびに問題点を報告した。

第4回

日時：平成8年 3月 4日（月）13:30

～ 5日（火）12:00

場所：東北大学工学部 青葉記念館（401号室）

題目：高気圧プラズマ応用に関する研究会

講師／演題

(1)犬竹正明 (東北大学工学部)

「企画者挨拶」

(2)神沢 淳 (東京工業大学工学部)

「大気圧アークプラズマと環境保全への応用」

(3)杉山和夫 (埼玉大学工学部)

「大気圧マイクロ波プラズマと環境保全への応用」

(4)藤原民也 (岩手大学工学部)

「バリア放電によるプラズマと環境保全への応用」

(5)福政 修 (山口大学工学部)

「高気圧アークプラズマによるダイヤモンド合成」

(6)桑原 清 (長崎大学)

「カーボン材料を用いた大気圧マイクロ波プラズマの生成」

<要旨>

本研究会では、大気圧下でプラズマを生成し有害物質（フロン、PCB、窒素酸化物）などの分解処理やプラスチックなどの材料の表面改質、工業用ダイヤモンドの合成などに応用する際のプラズマ発生法や応用例に関する現状と問題点について講演ならびに討論を行った。

課題番号 B - 3

並列・分散・協調コンピューティング

[1] 組織

代表者：西関 隆夫（東北大学大学院情報科学研究科）
 分担者：白鳥 則郎（東北大学電気通信研究所）
 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）
 龍田 真（東北大学電気通信研究所）
 鈴木 均（東北大学大学院情報科学研究科）
 神保 秀司（東北大学大学院情報科学研究科）
 根元 義章（東北大学大型計算機センター）
 平田 富夫（名古屋大学工学部）
 五十嵐善英（群馬大学工学部）
 宮野 悟（九州大学理学部）
 岩間 一雄（九州大学理学部）
 堀口 進（北陸先端科学技術大学院大学）
 馬場 敬信（宇都宮大学工学部）
 菅原 研次（千葉工業大学工学部）
 荒井 秀一（千葉工業大学工学部）
 滝沢 誠（東京電機大学理工学部）
 柴田 義孝（東洋大学工学部）
 島崎 真昭（九州大学大型計算機センター）
 (注) 所属先は申請時のもの

[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、研究会と研究打合せ会を各々3回開催し、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する機会を設けた。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7年8月3日（木）4日（金）
 9:30-18:00

場所：電気通信研究所2号館4階大会議室

講師/演題

1. 白鳥則郎（東北大学）
 「次世代情報通信システムへ向けて」
2. 菅原研次（千葉工業大学）
 「やわらかいネットワーク」
3. M. Moser（東北大学）
 「Flexible Algorithm Scheduling for Optimal Quality of Service」
4. 塚本亨治、中村章人（電子総研）
 「高並列・高分散システム」
5. 北村泰彦（大阪市立大学）
 「分散協調に基づいた問題解決手法」
6. 滝沢誠（東京電機大学）
 「分散システムとプロトコル」
7. 柴田義孝（東洋大学）
 「分散マルチメディアシステム」
8. 宗森純（鹿児島大学）
 「分散協調システムの評価」

次世代情報通信システムとして必須である分散、協調、高並列システムのモデル化、実現法、評価について講演いただき、討論した。

第2回

日時：平成7年10月6日（金）7日（土）
 9:00-17:00

場所：電気通信研究所2号館3階W301

講師/演題

1. 宗森純（鹿児島大学）
 「発想支援システム」
2. 滝沢誠（東京電機大学）
 「やわらかい分散プロトコル」
3. 柴田義孝（東洋大学）
 「連続メディアとQoS」
4. ベッドバハドゥール・ビスター（東北大）
 「プロトコルのやわらかい開発法」

“やわらかな”情報システムについて、発想システム、分散プロトコル、開発法の視点から検討した結果を講演・討論した。

第3回

日時：平成7年10月26日（木）

10:00-18:00

場所：東北大学工学部 電気・情報系453号室

講師/演題

1. 平田富夫（名古屋大学）
「MAX 3-SAT の近似アルゴリズム」
2. 佐藤雅彦（京都大学）
「Catch and Throw 機構をもつ論理体系の強正規化可能性」
3. 五十嵐善英（群馬大学）
「Reliable Broadcasting in Product Networks with Byzantine Faults」
4. 加納幹雄（茨城大学）
「マッチングと奇次数部分グラフ」
5. 堀口進（北陸先端科学技術学院）
「Horizontal Rorate Crossed Cube ネットワークの特性」
6. 宮野悟（九州大学）
「並列知識発見システムBONSAI Gardenゲノムデータからの知識発見に向けて」
7. 岩間一雄（九州大学）
「並列計算モデル間の確率型シミュレーションについて」
8. 馬場敬信（宇都宮大学）
「並列オブジェクト指向トータルアーキテクチャ A-NET」

並列計算モデル間のシミュレーション、並列アーキテクチャ、超並列ネットワーク、近似アルゴリズム等について講演・討論した。

以上3回にわたる研究会では、いづれも重要課題に関しての最新の研究成果が発表され、講演後の質疑応答も活発になされた。また、別途3回にわたり行った研究打合せにおいても、参加者が積極的な意見交換を行い有意義な討論の場となり、研究会同様、本プロジェクト研究の試みを一層意義深いものにすることができた。

2年目となる本プロジェクト研究の活動は、高次並列および分散情報処理の分野の進展に大きく貢献しており、来年度も研究会や討論を重ね、更なる発展と成果を目指す。

課題番号 B-4

複雑系の設計・制御に関する研究

[1] 組織

企画者：阿部健一（東北大学大学院工学研究科）
 代表者：矢野雅文（東北大学電気通信研究所）
 分担者：樋口龍雄（東北大学大学院情報科学研究科）
 吉澤 誠（東北大学大学院情報科学研科）
 川又政征（東北大学大学院工学研究科）
 原 啓明（東北大学大学院情報科学研科）
 青木孝文（東北大学大学院情報科学研科）
 土屋和雄（京都大学大学院工学研究科）
 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（京都大学大学院工学研究科）
 三宅美博（金沢工業大学）

[2] 研究会報告

近年、生物システムなどの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、それらに基づいて、これまでにない高度な機能を持つシステム—知的システムを構築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、昨年に引き続き、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。

昨年度と同様に、この分野の研究者らとの交流をはかるため、2回の研究会を開催し、意見の交換を行った。なお、2回の研究会とも工学研究会「システム制御研究会」との共催とした。

研究会の内容はつぎの通りである。

第1回（参加者：35名）

日時：平成7年11月1日（水） 13:20～16:50
 11月2日（木） 10:00～16:50

場所：東北大学電気通信研究所講堂

11月1日（水）

(1) カオスの辺縁における情報処理能力

—ネットワーク構造の設計に向けて
 本間經康（東北大学）

講演概要：秩序と無秩序との境界（カオスの辺縁）

において、システムは優れた情報処理能力を有すると予想されている。そこで、複雑さを操作できるパラメータを導入して、リカレント型ネットワークをカオスの辺縁に保持する方法を提案し、そのようなネットワークが優れた学習・適応能力を示すことをシミュレーションにより実証した。

(2) 酵素トランジスタ

平塚眞彦（東北大学）

講演概要：信号の多重化に基づく新しいコンピューティングのパラダイムの創造を目指した分子コンピューティングシステムについて論じ、その基本素子である「酵素トランジスタ」とその素子による基本回路の構成法などを紹介した。

(3) 運動のプランニングと制御

伊藤宏司（豊橋技術科学大学）

講演概要：運動のプランニングにおける内部モデルの役割を指摘して、Task-orientedなモデルの生成について論じ、例として、テニスにおけるラケットの運動プランニングの生成法を示した。

11月2日（木）

(4) 無限定環境下におけるシステム制御

矢野雅文（東北大学）

講演概要：予測不可能的に変化する環境にリアルタイムで適応できる柔軟な情報処理の機構について論じ、とくに歩行の運動制御のための多様なパターンを、多形回路とよぶ一定の結合性の神経回路網により自ら作り出せることを示した。

(5) 電気回路におけるカオスの一考察

倉光正己（京都大学）

講演概要：カオスの生じる電気回路は多数知られているが、ある回路を見て、カオスがそこに生じるかどうかを判定する基準は知られていない。ある電気回路のグループを対象に、カオスが生じる条件は何かについて考察した。

(6) 運動視の神経網モデルと画像処理への応用

川上 進（富士通研究所）

概説：運動視の神経網モデルを提案した。これは、網膜細胞からMT野の運動検出細胞までの視路の全細胞網をシナプスのレベルでモデル化したものである。その結果を動画像圧縮で用いられる2次元相関に応用する方法を示した。

(7) ニューラルネットワークの依存度による特

徴領域の切り出し

石井直宏（名古屋工業大学）

講演概要：ニューラルネットワークにおける依存度というものを定義し、これを用いて画像パターンの特徴領域を切り出す方法を提案し、それを電車の類別に応用して、その有効性を示した。

(8) 嗅覚系における連想記憶－生体の複雑系へのアプローチ

原 健一（石巻専修大学）

講演概要：長期増強と長期抑圧の機能を嗅覚皮質の神経回路網モデルに組み込んで、計算機シミュレーションにより、そのモデルの自己連想記憶の機能を示した。

第2回（参加者：25名）

日時：平成8月3月7日（木） 9:50～17:30

場所：東北大学電気通信研究所セミナー室

(1) 人工脳を持つ移動物体識別システム

杉坂政典（大分大学）

講演概要：ニューラルネットワークを中心とした学習的制御機構を有する、人間の眼球運動-視覚系に近い移動物体捕捉システムを構築し、その制御特性を評価した。

(2) 複雑な粘弾性物質の統計的応答特性

：Riemann-Liouville積分表示とその逆変換
原 啓明（東北大学）

講演概要：粘弾性を持つ要素が木構造で入れ子状に複雑に連結したシステムは、Riemann-Liouville積分表示で表すことが可能であり、その周波数応答は $1/f$ 揺らぎのスペクトルに近似することを示した。

(3) 進化論的デジタルフィルタとその応用

阿部正英、川又政征
樋口龍雄（東北大学）

講演概要：生物集団の進化・適応戦略をモデルとした、進化論的デジタルフィルタとよぶ新たな適応フィルタリングの手法を提案した。本適応フィルタは、演算が簡単で並列性を有し、しかも従来の適応フィルタが十分適応できない条件に対しても有効に動作する。

(4) 分散配置共有メモリを介した異種結合網とその応用に関する研究

辰巳昭治（大阪市立大学）

講演概要：分散配置型共有メモリを介したメッシュとツリーの異種結合網を提案し、画像の分割領域問題への適応によりその処理機構の具体化を示した。

(5) 歩行運動の制御と発達

多賀巖太郎（東京大学）

講演概要：神経振動子からなる分散的神経回路網によるヒトの歩行運動の生成、予期できない環境での運動の生成メカニズムおよび歩行運動の発達について論じ、それらの考察に基づいて実現した歩行モデルのシミュレーション実験による検証結果を示した。

(6) 宇宙ロボットにおける故障適応性と自律分散的制御

木村真一（郵政省・通信総研）

講演概要：宇宙ロボットは間欠的な運用のもとで長期にわたるミッションをこなさなければならない。このようなロボットの故障適応性の必要性を指摘し、冗長マニピュレーターの自律分散的制御アルゴリズムを用いた故障適応制御法を紹介した。

(7) ダイナミカルシステムの入出力関係と分岐図

郷原一壽氏（北海道大学）

講演概要：ニューロネットワークを脳のモデルとして捉えるならば、入力信号は重要な役割を持つと考えられる。一方、従来の力学系の研究では、外界からの信号は一定値、あるいは周期信号のみの取り扱いしかなされていない。そこで、外界からの入力信号を持つニューロネットワークの動力学を解析するための一般的な力学系的枠組みを提示した。

上記のように、複雑系の研究はその数理的解明と応用との両面で、さまざまなアプローチがあり、関連する分野も、生物システム、ロボティックス、制御、信号処理、画像処理、力学系など多岐にわたる。これまで、これらの各分野間の相互交流の機会は必ずしも多くはなかったので、本共同プロジェクト研究での意見交換は有意義であった。

課題番号 B-5

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

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。

本年度の研究会は、第33回通研シンポジウムと兼ねて行った。このシンポジウムは、本共同プロジェクト研究と、仙台プラズマフォーラムが進めている”プラズマ基礎現象の諸問題”の2つの共同プロジェクト研究の研究討論を踏まえ、光とプラズマ励起に関する共通の諸問題について光励起の研究者とプラズマ研究者が情報交換と討論をする機会を設けるために、「光・プラズマ表面励起過程」というテーマで、1995年11月30日と12月1日の2日間にわたり、応用物理学会光励起プロセス分科会、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、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」、仙台”プラズマフォーラム”の4研究団体の協賛で、工学部青葉記念会館で開催された。講師は18研究機関からの23名で、全国の大学・高専、企業、国

立研究機関から100名の参加者があった。

シンポジウムのプログラムは以下の通りである。

11月30日（木）

開会挨拶&シンポジウム主旨 電気通信研究所所長 宮本信雄

I. 総説 「光励起反応過程研究の現状と展望」
宮本信雄（東北大学）「プラズマ表面プロセスの現状と展望」 松田彰久（電総研）

II. 光・プラズマ励起過程の基礎 「放射光励起表面反応過程」 宇理須恒雄（分子研）「光CVD反応のレーザを用いる分光計測」佐藤博保（三重大）「放射光励起表面反応の”その場”観察」高桑雄二、遠田義晴、宮本信雄（東北大学）「多価イオン表面励起反応」 持地広造（日立中研）「プラズマ・表面反応過程のその場計測」橘邦英（京都大）「酸素RFプラズマ構造と表面反応の相関のモデリング」真壁利明、柴田真理、中野誠彦（慶應大）「反応制御のためのプラズマ生成」高橋陽、飯塚哲、加藤公義、佐藤徳芳（東北大）

12月1日（金）

III. 表面反応素過程 「内殻励起イオン脱離反応」
関谷徹司、田中健一郎（広島大）「放射光励起エッチング反応」大橋治彦、正畠宏祐（分子研）「半導体表面におけるエッチング反応と光照射効果」千賀岳人、松見豊、川崎昌博（北大）「ガスソースMBEの表面反応素過程」末光真希（東北大学）「Modification of the structure of hydrogenated amorphous silicon through controlled energy ion-bombardment」G. Ganguly, T. Ikeda, I. Sakata, K. Kato, S. Iizuka, N. Sato and A. Matsuda（電総研、東北大）「ラジカル計測とプラズマ表面反応」後藤俊夫（名古屋大）「反応生成物によるプラズマ表面反応解析」斧高一（三菱電機）

IV. 光・プラズマ励起反応の応用 「放射光による選択AI-CVD」西山岩男、上杉文彦（NEC）「内殻励起による分子メス」上野信雄（千葉大）「光励起反応による薄膜形成」庭野道夫、宮本信雄（東北大）「II-VI化合物半導体の放射光励起エピタキシー」西尾光弘、小川博司（佐賀大）「超微細プラズマCVD技術」坪内和夫、益一哉（東北大）「微粒子プラズマ生成過程」渡辺征夫、白谷

正治, 川崎仁晴, 福澤 剛 (九州大) 「K-C₆₀ プラズマによる薄膜形成」畠山力三, 平田孝道, 庭野道夫, 三重野哲, 佐藤徳芳 (東北大)
 V. 総括 東北大学工学部電子工学科 佐藤徳芳 (東北大)

光励起プロセス関係の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〉

I. 総説

宮本信雄 (東北大学) は「光励起反応過程研究の現状と展望」と題して、1960年代前半から始まる光励起プロセスの歴史と、プラズマ励起との関連で将来の研究の展望を述べた。

II. 光・プラズマ励起過程の基礎

宇理須恒雄 (分子研) は「放射光励起表面反応過程」と題して、埋め込み金属基板を用いたIRAS法による放射光励起ガスソースMBEのその場観察、および、XPSによるジメチルアルミニウムハライド低温凝縮層への光照射効果のその場観察の実験結果について紹介した。佐藤博保 (三重大) は「光CVD反応のレーザを用いる分光計測」の測定原理およびそれを用いたトリメチルガリウムの光分解反応過程分析の結果を紹介した。高桑雄二 (東北大学) は「放射光励起表面反応の”その場”観察」法の重要性を指摘し、紫外線光電子分光法によるシリコン結晶成長過程のその場観察法について紹介した。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「多価イオン表面励起反応」についてGaAs表面にArイオンを照射したときに起こる反応過程の分析結果を紹介した。

12月1日 (金)

III. 表面反応素過程

関谷徹司 (広島大) は「内殻励起イオン脱離反応」に注目して、高エネルギー光によって起こるイオン脱離過程についての最近の実験結果を紹介した。シリコン基板上の水分子やPMMA膜の光分解過程をイオン飛行時間差法で調べた結果、内殻電子励起で生成される多価イオン状態がイオン脱離過程に重要な役割を果たすことを明らかにした。「放射光励起エッチング反応」について講演した正畠宏祐 (分子研) は、放射光によるシリコン酸化膜、SiC、ダイヤモンドなどのエッチング反応実験から、表面光励起過程が重要であることを明らかにした。「半導体表面におけるエッチング反応と光照射効果」と題して、川崎昌博 (北大) は、角度分解光電子分光法を用いて行ったGaAs表面におけるドライエッティングとウェットエッキン

グ反応過程の研究の結果を紹介した。また、エッチング反応の光照射効果についても言及した。末光眞希 (東北大学) は「ガスソースMBEの表面反応素過程」について、シランを中心としたシリコン水素化物によるシリコン結晶成長過程における水素の役割について、水素脱離実験の結果に基づいて議論した。

IV. 光・プラズマ励起反応の応用

「放射光による選択Al-CVD」と題して西山岩男 (NEC) は、Al-CVDにおいて放射光照射はアルミニウムの選択成長に非常に有効であることを明らかにした。「内殻励起による分子メス」について講演した上野信雄 (千葉大) は、放射光照射による有機分子の光分解過程において、励起エネルギーを調整することにより、分子内結合の特定箇所を切断できるという現象を明らかにし、これはまさに分子メスとして活用できると指摘した。「光励起反応による薄膜形成」について、庭野道夫 (東北大) は、放射光が絶縁膜や金属薄膜形成に有効であることを、有機分子の低温凝縮層の光分解・重合反応過程の実験結果から明らかにした。西尾光弘、小川博司 (佐賀大) は「II-VI化合物半導体の放射光励起エピタキシー」の実験結果を紹介した。有機原料ガス用いてZnTeとZnSe結晶成長を試み、炭素の取り込みがほとんどない膜が得られることを明らかにした。

研究会は各講演者のすばらしい講演に続いて、活発な議論が行われた。光励起は、プラズマ励起とも密接に関連した重要な反応プロセスであり、基礎的、実用的両面からの更なる研究の発展が望まれる。この研究会は、来年度も開催する予定である。

課題番号 B-6

ミリ波帯イメージング技術の研究

1. 研究会の設置目的

ミリ波は雲、霧あるいは炎などの条件下においても可視光に比べて格段に透過性が良い。また、核融合を目指して研究が行われている高密度プラズマに対してミリ波を用いた各種計測は非常に有効である。この例に示されているように、ミリ波を用いたセンシング技術は特異な応用分野を有しており、特にイメージング技術実現に対する要求は大きい。本共同プロジェクト研究は、ミリ波イメージングアレー（カメラ）の開発を志向し、次の「組織」に示すようにいくつかの研究機関に所属する研究者による研究会の開催を目的として企画されたものである。本年度は特に2次元アレーの開発を主眼とし、その設計のためのアンテナ、デバイス、その実装などの各種技術、またイメージングアレーの応用分野に関する研究調査を行った。

研究費：（旅費）1,200千円

2. 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）
 共同研究者：
 赤池 正巳（東京理科大学工学部）
 稲谷 順司（国立天文台野辺山電波観測所）
 井原 俊夫（通信総合研究所）
 岡島 茂樹（中部大学工学部）
 黒澤 富蔵（工業技術院計量研究所）
 小平 真次（木更津工業高等専門学校）
 斎藤 修二（岡崎・分子科学研究所）
 楢 裕之（東京大学生産技術研究所）
 手代木 扶（通信総合研究所）
 野口 卓（国立天文台野辺山電波観測所）
 林 理三雄（鹿児島大学工学部）
 藤田 順治（核融合科学研究所）
 増子 治信（通信総合研究所）
 間瀬 淳（茨城大学物理工学系）

3. 研究会報告

本共同プロジェクト研究（B項、研究会形式）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、各研究会のテーマは、ミリ波帯デバイスなどの要素技術、画像信号処理、イメージングの応用分野など、多方面の討論課題より構成されている。以下、本年度開催の研究会について述べる。

3-1 第1回研究会 1995年11月9日
 「Active Grids for Quasi-Optical Power Combining」
 David Rutledge(California Institute of Technology)

3-2 第2回研究会 1995年11月17日
 「LSIメモリの技術動向」
 伊藤 清男 ((株)日立製作所 中央研究所)

3-3 第3回研究会 1995年11月30日
 「マイクロ波・ミリ波半導体デバイスの発達と
 生活スタイルの変化」
 原田 八十雄（三洋電機（株）マイクロエレクトロニクス研究所）

3-4 通算第4回研究会 1995年12月21日
 「ミリ波帯イメージングアレイの
 核融合プラズマ診断および電波天文学への応用」

- 1) 「ミリ波帯イメージングアレイによる
 プラズマ診断—ガンマ10装置への応用—」
 間瀬 淳（筑波大学プラズマ研究センター）
- 2) 「X線トモグラフィとECEイメージング」
 長山好夫（核融合科学研究所）
- 3) 「レーザー位相差法を用いた高温プラズマ中の
 電子密度揺動測定」
 田中謙治（核融合科学研究所）
- 4) 「イメージング用光学系の研究」
 渡部謙一、水野皓司（東北大学）
- 5) 「パッチアンテナを用いたイメージングアレイ
 (5×5)に関する研究」
 小林克己、水野皓司（東北大学）
- 6) 「テーパードスロットアンテナを用いたイメー
 ジングアレイ (4×4)に関する研究」
 鈴木拓也、水野皓司（東北大学）
- 7) 「同調回路集積型SISミクサの開発」

野口 卓, 岩下浩幸, 史 生才

(国立天文台野辺山)

8) 「イメージングと電波天文学－45m鏡搭載25SIS マルチビーム受信機－」

砂田和良 (国立天文台野辺山)

4. ミリ波イメージング・アレイの応用

本年度の研究会での議論を通して、ミリ波デバイス、半導体デバイスの開発動向を調査出来、2次元イメージングアレー開発・試作上の大きなヒントを得た。この成果については、本研究活動報告第3章（3節3項）に述べた。また、多くの議論を通して、ミリ波帯イメージングアレーの応用分野についても調査、検討し、次のように纏めることが出来た。

「ミリ波帯イメージング技術の応用分野」

1. 自動車あるいは列車用のイメージング・レーダー

現在自動車メーカー各社にて活発に開発が進んでいるミリ波レーダーは、霧、降雪、降雨、煙等に関係なく対象物体までの距離を計測でき、交通安全に大きく寄与するものと期待されている。しかし、対象物体の識別、例えば車とガードレールとの区別が出来ない等の問題を持っている。本研究にて開発を進めているイメージングレーダーは、物体の識別が可能であり、次世代の自動車あるいは高速列車用のレーダーとして期待される。

2. 火災時のイメージング・レーダー

ミリ波は火炎（約 10^{10} cm^{-3} の密度のプラズマ）を透過できる性質を持っており、本研究にて開発を進めているイメージング・レーダーは火災時のロボット用センサーとして極めて有効である。

3. 火山の観測

活動している火山の観測は、火碎流の発生予測等で極めて重要である。しかし、往々にして煙、水蒸気あるいは雲等で直接観測出来ないことが多い。しかしうる波はこれらを通過するので、ミリ波イメージングでは十分に観測が可能である。

4. 原子力施設、上水道施設等の監視

原子力施設、上水道施設等をテロ活動から守ることは、社会不安の解消に重要であるが、ミリ波帯イメージング技術は、霧、雨、雪、煙等に影響されずに対象物体の形状を認識し、監視することが可能である。このセキュリティ用のイメージ

ングレーダーは、可視光を用いた監視装置が使えない場合にも有効であり、お互いに使用条件を補い合える関係にある。

5. 霧、雲、降雪、降雨時の港湾、高速道路の監視

悪天候、悪条件下における港湾、高速道路の交通状況を精密に把握するために、マイクロ波に比して分解能が高くとれるミリ波のイメージング技術は極めて有効である。

6. 危険物（銃、爆発物等）の検知

ミリ波は衣服あるいはダンボールを通過する性質を持っているので、衣服の下に隠された銃、爆発物等を検知することが可能である。プラスチック（爆弾）なども検知できるので、X線の装置と相補的に使用し得る検知装置としてハイジャック防止用として有用である。

7. ほこり、粉塵が多い環境における監視

ミリ波は、ほこり、粉塵等に影響されないので、炭坑、工事現場等でのロボット用センサーあるいは監視カメラとして有用である。

8. プラズマ計測

高密度の核融合プラズマの各種計測には、ミリ波、サブミリ波が有効である。例えば、密度はプラズマを透過したミリ波の移相の変化により計測されるが、従来の1個の検出器を用いた計測ではプラズマの一部分のみの計測しか出来ず、プラズマ全体の密度に関しては個々のプラズマ放電でのデーターのばらつきが問題となっていた。しかし、イメージングアレーを用いることにより、プラズマ放電の1ショットで全体の密度プロファイルが測定でき、核融合の研究に大きく貢献している。

9. 地球環境計測

地球大気観測の分野において、各種分子、あるいは大気温度の分布の測定が必要である場合がある。この分野に、高感度イメージングアレーの開発は大きく寄与出来ると考えられる。電波天文学の分野に於いては、既にイメージングアレーの予備的な研究が始まっている。

課題番号 B-7

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（東北大学大学院工学研究科）
 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（東北大学大学院工学研究科）
 高橋 研（東北大学大学院工学研究科）
 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）
 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 実（(財)電気磁気材料研究所）
 参加者：佐藤 雄二（山形大学工学部）
 直江 正彦（東京工業大学工学部）
 幡福 寛（岩手大学工学部）
 井上 光輝（豊橋技術科学大学）
 山沢 清人（信州大学工学部）
 逢坂 哲彌（早稲田大学理工学部）
 加賀 昭夫（秋田大学鉱山学部）
 協力者：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）
 中野 正基（長崎大学工学部）
 斎藤 準（秋田大学鉱山学部）
 坂本 祐智（八戸工業大学）
 梁瀬 智（秋田県高度技術研究所）
 駒木根隆士（秋田県高度技術研究所）
 木谷 貴則（秋田県高度技術研究所）
 田口 香（秋田県高度技術研究所）
 木田川 敦（秋田県高度技術研究所）

[2] 概要と1995年度の成果

高密度磁気記録技術、人工格子材料、超微粒子材料などでの先端的な技術では、従来のマクロな磁性工学や電磁気学では扱うことが困難な微細結晶粒子あるいは電子スピンドの超微細領域の物理現象に立ち至りつつある。今後の発展を支えるには、近い将来結晶粒やスピンドを人工的に制御して利用する新しい工学の確立が不可欠である。一方で、NMR等のスピンド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いる。これらを学理として統合し的確な設計論のもとに制御された微細構造を持つ材料を開発して、電子スピンドと光・電子・磁束量子等の相互作用を利用すれば、高度な情報操作と蓄積機能をもつ原子オーダーの機能デバイスおよびそれを利用するシステムの実現が期待できる。この成果は、新しいエレクトロニクスの展開として幅広い波及効果を及ぼすものである。このように、現在のマグネティックスを発展させ、電子スピンドに関する科学とこれを利用する技術を総合的に捉え新しい応用を研究するのがスピニクスである。

この概念は本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。この研究活動は本所工学研究会「スピニクス研究会」を通じて対外的な接点を持っていたが、本共同研究プロジェクトはこれを強く推し進めるために企画されている。

本年度は、研究会を通した情報交換とともに共同研究を実質的にスタートさせるべきとの昨年の議論を踏まえ、日々新展開を見せるスピニクスの最新状況と将来動向を展望する共同プロジェクト研究会を工学研究会スピニクス研究会等とともに開催し、同時にスピニックマテリアルの開発ならびに磁性薄膜の原子レベルでの微細構造観測、さらに超高密度スピニックストレージなどについて基礎実験を開始した。これらは一定の成果を挙げつつあり、1996年度から新設される共同プロジェクト研究会「スピニクスの基礎と応用」に引き継がれる予定である。

[3] 研究会報告

本研究会は、平成7年10月31日に東北大学電気通信研究所2号館大会議室を会場に開催した。本所共同プロジェクト研究会「ナノスピニクスの科学」と共催とした。

当日は本所中村教授の開会の挨拶に引き続いだ後、下記の4セッションで各研究者から研究発表とそれに関する活発な質疑が行われた。

まず、「スピニックマテリアルの創製(I)」のセッションでは、琉球大学工学部山城教授が鉄損の低減のためにAr中焼鈍冷間再圧延を施して珪素鋼板中の微細再結晶組織を制御することを試みて処理した試料の結晶粒の成長とその配向及び磁区構造を示しガス流量によって最適値があることを報告した。長崎大学工学部福永教授は微結晶粒で構成される新しい硬質磁性材料としてナノコンポジット磁石についてコンピュータシミュレーションを実施して均一な結晶粒径と結晶粒界を達成し交換相互作用を適当な値とともにその分散を小さくすることで大きなエネルギー積を達成できることを示した。

続いてのセッション「同(II)」では、九州工業大学電子情報工学科対馬教授がフォトンと電子スピンの相互作用を利用する新しいエレクトロニクスであるフォトスピニクス創出の可能性と必要性について言及した。次に、名古屋大学工学部松井教授はナノ構造を制御する目的で検討しているエピタキシャル成長多層膜に関する研究を報告し、磁気体積効果による磁気モーメントの変化や磁気抵抗効果を制御できる可能性を示した。東北大学工学部の宮崎教授はスピントンネリング磁気抵抗効果に関する研究成果を発表し、強磁性／アルミナ／強磁性接合の試料を作製して大きなMR比を得た結果を示すとともにその温度依存性など物性検討の結果も述べた。京都大学化学研究所新庄教授は金属人工格子の巨大磁気抵抗効果(GMR)について微細加工技術を応用する面からの報告がなされ、微細加工によって従来薄膜界面に平行に流していたセンス電流を界面に対して垂直の電流成分を持つ新しい構造を試作し大きなMR比を得たことを述べた。東北大学金属材料研究所藤森教授は、ナノメータサイズの制御された微細組織を持つ新規磁性材料を開発した結果を述べ、高い電気抵抗率を持ち従来に比べて格段に高い周波数の用途に適する軟磁性材料など人為的にナノ構造を制御して新しく創出された材料物性を示した。

「スピニックデバイスの創出」のセッションでは、本所荒井教授が磁気デバイスの新しい形とし

て巨大磁歪を応用した世界初の飛行型をはじめとする泳動型や匍匐型などの様々な形態の新しい磁気アクチュエータ、及びセンサの研究成果を述べた。

最後のセッションである「ナノスピニメモリへの展開」では、はじめに日立製作所中央研究所杉田技師長が典型的な記録用軟磁性材料であるNiFe薄膜に対してイオン打ち込みによる異方性の制御を検討した結果が報告され、磁気歪み効果による磁化容易軸の回転と異方性磁界の増加が認められたことが示された。次に秋田県高度技術研究所の大内所長から同研究所でのスピニクストレージを中心とする研究活動の紹介が行われ、垂直磁気記録に基づく超高密度磁気記録の研究をヘッド、メディア、信号処理、高精度機構系制御の各分野で進めていることが述べられた。電子技術総合研究所片山主任研究官は、くさび構造を導入して原子層レベルでFeとCoをMBE装置で積層した強磁性金属超薄膜における量子井戸の生成とそれに起因する新しい磁気光学効果について報告し、極磁気カーブ回転角と極磁気カーブ円率が膜厚に対して振動的に変化することを見い出し、超薄膜における量子井戸構造による磁気光学遷移から説明できることを述べた。日本大学理工学部伊藤教授は多層化した光磁気ディスクを用いて波長多重方式で記録再生する超高密度3次元光磁気記録の新方式を提案し、希土類遷移金属膜と金属元素で置換したガーネット膜の両者についてその再生信号のCN比を検討し従来の多値記録に比べて4から7dB向上する結果を示した。日立製作所基礎研究所の井村主任研究員は原子間力顕微鏡とニアフィールド光学顕微鏡の原理を用いるプローブ型超高密度記録について述べ、シリコン基板上の金ドットあるいはPt/Co積層膜中の磁区の形で数十nmの大きさの記録ビットを確認したことが報告された。

本研究会開催中に、本研究会の意義の確認と来年度の運営方針を議論し、新しい共同プロジェクト研究会「スピニクスに関する基礎と応用」として、スピニックマテリアル開発、原子層レベルでのマテリアル観測、ナノスケール加工プロセス、スピニックデバイスおよびスピニクストレージ等の焦点を絞った討論と、具体的研究活動に入ることとした。

さらに共同利用研究所としての機能をより幅広く持たせるため、通研内にスピニクス研究センターを置いて研究を展開する可能性についても議論された。

課題番号 B-8

ミリ波帯電波の利用に関する調査研究

[1]組織

企画者：米山 務（東北大学電気通信研究所）
 責任者：米山 勿（東北大学電気通信研究所）
 分担者：水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 横尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
 澤谷 邦男（東北大学工学部）
 伊藤 精彦（北海道大学工学部）
 北澤 敏秀（茨城大学工学部）
 小林 禧夫（埼玉大学工学部）
 赤池 正巳（東京理科大学工学部）
 厚木 和彦（電気通信大学電子工学科）
 木村 宏（岐阜大学工学部）
 野木 茂次（岡山大学工学部）
 栗井 郁雄（山口大学工学部）
 橋本 勉（東京工科大学工学部）
 繁沢 宏（同志社大学工学部）
 許 瑞邦（神奈川大学工学部）
 平良 賢剛（琉球大学工学部）
 手代木 扶（郵政省通信総合研究所）

[2]研究会報告

第1回

日時：1995年7月20日(木)13:00～17:30

21日(金) 8:30～17:10

場所：東北大学電気通信研究所講堂

7月20日(水)

1. 開会の辞 米山 勿（東北大学）
2. ミリ波無線LANの研究開発動向 井原 俊夫（郵政省通信総合研究所）
3. NRDガイドを用いた60GHz帯PCMトランシーバ 黒木 太司（呉工業高等専門学校）
4. ミリ波パーソナル移動通信用光ファイバリンク 今井 伸明（ATR光電波通信研究所）
5. 42GHz帯ハイビジョン番組中継伝送装置 矢澤 紀彦（NHK放送技術研究所）
6. 60GHz帯NRDガイド送受信器を用いた画像伝送 佐藤 智之（八木アンテナ）
7. 60GHz帯NRDガイド車載FM-CWレーダ 石坂 宏幸（日野自動車）

7月21日(金)

8. ミリ波開口面アンテナの研究内容 浦崎 修治（三菱電機）
9. 非対称ハウジングを用いた漏れ波NRDガイド平面アンテナ 加藤 剛司（アルパイン）
10. ミリ波帯アンテナの話題 米山 勿（東北大学）
11. ミリ波ガウシアンビームアンテナ 松井 敏明（郵政省通信総合研究所）
12. 平面型アクティブ集積アンテナと電力合成アレイ 川崎 繁男（東海大学）
13. 薄型ミリ波電波吸収体の開発動向 橋本 修（青山学院大学）
14. 電波暗室用ミリ波電波吸収体の開発動向 石野 健（TDK）
15. 誘電体セラミックスのミリ波特性 樋口 之雄（村田製作所）
16. Dissipation Factor of Dielectrics Below Lattice Frequencies サガラ ジュニアディ A（京セラ）
17. ミリ波帯におけるセラミックスの誘電定数測定 石川 容平（村田製作所）

周波数帯の錯綜に伴い、未利用周波数帯であるミリ波が注目されている。この共同プロジェクト研究はミリ波帯電波の利用技術に関する研究・開発の現状を把握するために企画されたもので、研究会は1995年7月20, 21日及び12月19, 20日の2回にわたり、合計4日間開催された。

第1回の研究会では約120名の参加者があり、ミリ波LANと車載レーダ、ミリ波アンテナ、ミリ波吸収体とセラミックスが話題として取り上げられた。井原(通総研)はミリ波無線LANについて、国内外の研究動向、ミリ波室内伝搬特性、応用システムの面から解説した。黒木(呉高専)は60GHz, 100Mbpsという高性能のNRDガイドトランシーバについて解説し、今井(ATR)はミリ波サブキャリア方式による移動通信の最新成果を発表した。矢澤(NHK)による42GHz帯ハイビジョン番組中継装

置に関する講演に続き、佐藤(八木アンテナ)が、NRDガイド画像伝送について、また石坂(日野)がNRDガイド車載レーダについて実験成果を報告した。ミリ波アンテナについては、松井(通総研)がミリ波ガウシアンビームアンテナを紹介し、川崎(東海大)はアクティブ集積アンテナという新分野について解説した。ミリ波電波吸収体の開発動向については橋本(青学大)と石野(TDK)から最新情報の提供があり、60GHz帯電波吸収体の実用化が近いことがわかった。一方、ミリ波セラミック材料についてはミリ波特性、誘電損失と結晶構造の関係、NRDガイドを用いた誘電定数測定法に関して樋口(村田)、サガラ ジュニアディ(京セラ)、石川(村田)からそれぞれ発表があり、活発な質疑応答があった。

第2回

日時：1995年12月19日(火)13:30～17:00

20日(水) 9:00～17:00

場所：東北大学電気通信研究所講堂

12月19日(火)

パネルセッション：ミリ波帯MMICを用いたシステム、サブシステムと実装設計の現状と今後

1. マルチキャリア実装によるMMIC化60GHz帯
送受信モジュール
斎藤民雄（ミリウェイブ）

2. 近距離無線システム用60GHz帯MMIC
大畠恵一（ミリウェイブ）

3. 偶高調波ミクサを用いたダイレクトコンバーチャー・ミリ波における直接変復調－
伊東健治（三菱電機）

4. 3次元MMIC技術：高集積ミリ波MMICへの
可能性
徳満恒雄（NTT）

5. ミリ波帯フリップチップIC
高橋和晃（松下電器）

6. デジタル用伝送線路のミリ波応用
昆野舜夫（東芝）

12月20日(水)

7. 準光学的共振器を用いたミリ波帯電力合成型
固体発振器
真寄弘行、藤井 哲、鵜生高徳、裴 鐘石、
水野皓司（東北大学）

8. NRDガン発振器を用いたミリ波電力合成
鈴木義規（NTT）、米山 務（東北大学）

9. ミリ波帯イメージングに関する研究
渡部謙一、小林克己、鈴木拓也、
水野皓司（東北大学）

10. ミリ波ホログラフィによる物体識別

安部智直、米山 務（東北大学）

11. NRDガイドを用いたミリ波6ポートシステム
とその校正法
玉江隆浩、米山 務（東北大学）

12. ミリ波フォトニックス研究の現状と展望
井筒雅之（大阪大学）

13. NTTにおけるLN高速光デバイスの研究開発について
三富 修（NTT）

14. 導波路型光変調器を用いたテレビ電波受信システムの開発
鳥羽良和、戸叶祐一、近藤充和（トーキン）、
生岩量久、藤原博樹（NHK）

15. 金属ストリップグレーティングを用いた光制御型ミリ波・サブミリ波変調器
裴 鐘石、真寄弘行、藤井 哲、鵜生高徳、
水野皓司（東北大学）

16. 逆スロット線路を用いた60GHz帯光変調器
デバシス・ドーン、米山 務（東北大学）

第2回の研究会では90名の参加者があり、初日にパネルセッションを企画した。斎藤(ミリウェイブ)、大畠(ミリウェイブ)、伊東(三菱)、徳満(NTT)、高橋(松下)、昆野(東芝)がパネラーを務め、ミリ波帯MMICを用いたシステム、サブシステムと実装設計の現状と今後について熱心に討議が行われた。具体的には60GHz帯MMIC無線システム、3次元MMIC技術、ミリ波フリップチップIC、デジタル伝送線路のミリ波応用などが話題となつた。一般発表では、ミリ波の特殊応用とミリ波フォトニックスが議題となった。ミリ波の特殊応用としては真寄(東北大)及び鈴木(NTT)によるそれぞれ異なる方式のミリ波電力合成法に関する研究、渡部(東北大)によるミリ波イメージングに関する報告、阿部(東北大)によるミリ波ホログラフィに関する報告があり、また玉江(東北大)によるNRDガイド6ポートネットワークに関する研究も新しいミリ波応用として興味あるものであった。ミリ波フォトニックスはミリ波と光波の境界領域における最新の話題である。井筒(大阪大)によるミリ波フォトニックスに関する概説に続き、三富(NTT)による超高速光デバイスの研究現状、鳥羽(トーキン)によるテレビ電波受信システム用に開発された光変調器の紹介、裴(東北大)による新しいミリ波・サブミリ波変調器の研究、デバシス・ドーン(東北大)による逆スロット線路を用いた60GHz帯光変調器の研究が関心を集めた。

課題番号 B-9

ナノスピニクスの科学

[1] 組織

企画者：中村 慶久（東北大学電気通信研究所）
 責任者：中村 慶久（東北大学電気通信研究所）
 分担者：対馬 国郎（九州工業大学情報工学部）
 浅野 攝郎（東京大学教養学部）
 前川 穎通（名古屋大学工学部）
 山口 豪（静岡大学工学部）
 小口多美夫（広島大学理学部）
 新庄 輝也（京都大学化学研究所）
 末澤 慶孝（平成技術科学大学情報学部）
 山本 寛（日本大学理工学部）
 松井 正顕（名古屋大学工学部）
 宮崎 照宣（東北大学工学部）
 高梨 弘毅（東北大学金属材料研究所）
 山本 良一（東京大学生産技術研究所）
 大越 正敏（九州工業大学情報工学部）
 佐藤 勝昭（東京農工大学工学部）
 岡 泰夫（東北大学科学計測研究所）
 山田 興治（埼玉大学工学部）
 奥田 高士（名古屋工業大学材料工学科）
 品川 公成（東邦大学理学部）
 小島 憲道（東京大学教養学部）
 安藤 功児（電子技術総合研究所）
 武笠 幸一（北海道大学工学部）
 島田 寛（東北大学科学計測研究所）
 片山 利一（電子技術総合研究所）
 綱島 滋（名古屋大学工学部）
 高橋 研（東北大学工学部）
 伊藤 彰義（日本大学理工学部）
 大内 一弘（秋田県高度技術研究所）
 井村 亮（日立製作所基礎研究所）
 藤森 啓安（東北大学金属材料研究所）
 菅野 曜（理科学研究所）
 杉田 恒（日立製作所中央研究所）
 本多 直樹（秋田県高度技術研究所）
 安達 信泰（名古屋工業大学材料工学科）
 末岡 和久（北海道大学工学部）
 三谷 誠司（東北大学金属材料研究所）
 島 敏之（東北大学金属材料研究所）

[2] 背景と経過

アモルファス材料、高性能磁石、高密度磁気記録、光磁気記録、巨大磁気抵抗人工格子などの分野における磁性及びその応用に関する我が国の研

究水準の高さは世界に誇りうるものである。最近の活発で精力的な研究の結果、従来の磁気機能の改善を目指した研究をより飛躍させて、ナノスケール以下の電子スピンの振る舞いについて理解を深め、その制御と利用を図ることこそ重要であると強く認識されるようになった。すなわち、電子の伝導とその制御の学問であるエレクトロニクスに対して、電子のもう一つの重要な属性であるスピンの作る物性（量子磁性）とそれを制御して利用する「スピニクス」という新しい学問分野の体系化の必要性が認められつつある。

この中でも磁気記録の領域ではとくに微細磁性工学の進歩を牽引してきている。実際、記録ビットの微細化が10年で10倍あるいは5年で10倍という速いテンポで進んだ結果、すでに1平方インチ当たり1ギガビット近い面密度が商用の装置でも実現されている。これは1ビットが0.6平方ミクロンの領域に記録されていることに相当する。今後ますます強く要求される更なる高密度化を図るにはナノスケール以下の分解能を持つヘッドメディア系の研究が必須になる。このような極微細領域の磁性を制御して高密度記録を実現するためには、上記のスピニクスを自ら切り開いていくことが必要である。この分野の研究は最先端であり、単に工学的な視点からの研究にとどまらず、理学的な基礎理論の体系化の成果も早い時期にとりこむことが必要である。

本共同プロジェクト研究会では上記の学問分野の体系化という背景を考慮して、理学と工学の両分野から基礎から応用に至る広範囲の研究者を結集して、ナノスケール以下のスピンの諸現象について議論しその理解を深めることを通じて、このスピニクスを応用する最先端の超高密度磁気記録（スピニックスストレージ）のための理論的な糸口を形成することを目的にしている。

[3] 研究会報告

本研究会は、平成7年10月31日に東北大学電気通信研究所2号館大会議室を会場に開催した。なお、本研究会は上述したように幅広い研究者の結集という目的をもつことから、本所共同プロジェクト研究会「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」と共催とした。

当人は本所中村教授の開会の挨拶に引き続いだ、下記の4セッションで各研究者から研究発表とそれに関する質疑が行われた。

まず、「スピニックマテリアルの創製（I）」のセッションでは、琉球大学工学部山城教授が鉄損の低減のためにAr中焼鈍冷間再圧延を施して珪素鋼板中の微細再結晶組織を制御することを試みて処理した試料の結晶粒の成長とその配向及び磁区構造を示しガス流量によって最適値があることを報告した。長崎大学工学部福永教授は微結晶粒で構成される新しい硬質磁性材料としてナノコンポジット磁石についてコンピュータシミュレーションを実施して均一な結晶粒径と結晶粒界を達成し交換相互作用を適当な値とするとともにその分散を小さくすることで大きなエネルギー積を達成できることを示した。

続いてのセッション「同（II）」では、九州工業大学電子情報工学科対馬教授がフォトンと電子スピンの相互作用を利用する新しいエレクトロニクスであるフォトスピニクス創出の可能性と必要性について指摘した。次に、名古屋大学工学部松井教授はナノ構造を制御する目的で検討しているエピタキシャル成長多層膜に関する研究を報告し、異種原子層の界面では人工的に原子配列と界面原子ミキシングを変えることができ、磁気体積効果による磁気モーメントの変化や磁気抵抗効果を制御できる可能性を示した。東北大学工学部の宮崎教授はスピントンネリング磁気抵抗効果に関する研究成果を発表し、強磁性／アルミナ／強磁性接合の試料を作製して大きなMR比を得た結果を述べるとともにその温度依存性など物性検討の結果にも言及した。京都大学化学研究所新庄教授は金属人工格子の巨大磁気抵抗効果（GMR）について微細加工技術を応用する面からの報告がなされ、微細加工によって従来薄膜界面に平行に流していたセンス電流を界面に対して垂直の電流成分を持つ新しい構造を試作し大きなMR比を得たことを述べた。東北大学金属材料研究所藤森教授は、ナノミクロンサイズの制御された微細組織を持つ新規磁性材料を開発した結果を述べ、高い電気抵抗率を持ち従来に比べて格段に高い周波数の用途に適する軟磁性材料など人為的にナノ構造を制御することで新しく創出された材料物性を示した。

「スピニックデバイスの創出」のセッションでは、本所荒井教授が磁気デバイスの新しい形として巨大磁歪を応用した世界初の飛行型をはじめとする様々な形態の磁気アクチュエータ及びセンサの研究成果を述べた。

最後のセッションである「ナノスピinnメモリへの展開」では、はじめに日立製作所中央研究所杉田技師長が典型的な記録用軟磁性材料であるNiFe

薄膜に対してイオン打ちこみによる異方性の制御を検討した結果が報告され、磁気歪み効果による磁化容易軸の回転と異方性磁界の増加が認められたことが示された。次に秋田県高度技術研究所の大内所長から同研究所でのスピニックストレージを中心とする研究活動の紹介が行われ、垂直磁気記録に基づく超高密度磁気記録の研究をヘッド、メディア、信号処理、高精度機構系制御の各分野で進めていることが述べられた。電子技術総合研究所片山主任研究官は、くさび構造を導入して原子層レベルでFeとCoをMBE装置で積層した強磁性金属超薄膜における量子井戸の生成とそれに起因する新しい磁気光学効果について報告し、極磁気カーブ回転角と極磁気カーブ円率が膜厚に対して振動的に変化することを見い出したがこれは超薄膜における量子井戸構造による磁気光学遷移から説明できることを述べた。日本大学理工学部伊藤教授は多層化した光磁気ディスクを用いて波長多重方式で記録再生する超高密度3次元光磁気記録の新方式を提案し、希土類遷移金属膜と金属元素で置換したガーネット膜の両者についてその再生信号のCN比を検討し従来の多値記録に比べて4から7dB向上する結果を示した。日立製作所基礎研究所の井村主任研究員は原子間力顕微鏡とニアフィールド光学顕微鏡の原理を用いるプローブ型超高密度記録について述べ、シリコン基板上の金ドットあるいはPt/Co積層膜中の磁区の形で数十nmの大きさの記録ビットを確認したことが報告された。

本研究会中に全体会議も開催し今年度の研究会の実績の確認と次年度に対する方針を討議した。その結果、本年度の広範囲の研究者間の交流は一定の成果を挙げており、この実績をベースに次年度はよりフォーカスした研究フェーズに入ることが可能との意見が出された。

以上の研究報告に述べたように、本研究会では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それぞれの研究成果を持ち寄って学際的領域での議論を行ない、活発な議論を通じてこの新規学問分野に対する理解が深まった。この活動は基礎理学分野での研究を工学的に考え直すことで、スピニクスの挙動を利用する新しいメモリデバイスやファイルシステムを創出する研究に役立つと考えている。

課題番号 B-10

半導体スピニン工学の基礎と応用

[1] 組織

企画者：吉野 淳二（東京工業大学理学部）
 責任者：宮本 信雄（東北大学電気通信研究所）
 分担者：中原純一郎（北海道大学理学部）
 大野 英男（東北大学電気通信研究所）
 岡 泰夫（東北大学科学計測研究所）
 三浦 登（東京大学物性研究所）
 家 泰弘（東京大学物性研究所）
 勝本 信吾（東京大学物性研究所）
 平川 一彦（東京大学生産技術研究所）
 G. Fasol（東京大学生産技術研究所）
 田中 雅明（東京大学工学研究科）
 宗片比呂夫（東京工業大学工学部）
 佐藤 勝昭（東京農工大学工学部）
 前川 穎道（名古屋大学工学部）
 吉田 博（大阪大学産業科学研究所）
 中山 弘（神戸大学工学部）
 小川 真人（神戸大学工学部）
 嶽山正二郎（姫路工業大学理学部）
 小柳 剛（山口大学工学部）
 安藤 功兒（電子技術総合研究所）
 秋永 広幸（産業技術融合研究所）

[2] はじめに

従来の半導体デバイスでは、キャリアが有する「電荷」を、一方大容量の磁気メモリーでは、電子の有する「磁気モーメント」すなわち「スピニン」を利用して大きな成功を納めてきた。もし電子が有する「電荷」と「スピニン」という二つの側面を同時に利用することが可能となれば、新しいエレクトロニクスの世界が拓ける可能性がある。

しかし、これまで半導体デバイスにおいてキャリアのスピニンが、露に利用されなかったのには、理由がある。すなわち、通常の半導体中ではスピニン状態の違いによるエネルギー変化が極めて小さいことが大きな障害となっている。従って、スピニン状態の違いを露に利用するためには、スピニン状態の変化に伴うキャリアのエネルギー準位の相違が顕著となる新しい半導体や各種の構造の開発が必須である。本研究会の構成メンバーが先駆的に開始したIII-V族希薄磁性半導体や磁性体/III-V族半導体ヘテロ接合の研究は、そのための新しい試

みである。一方、磁性体の分野では、磁性/非磁性金属超格子やヘテロ構造における巨大磁気抵抗やスピニン注入の研究が、精力的に進められており、半導体、磁性の何れの分野においてもスピニンに起因する物性を新しい形で利用しようという機運が高まっている。このような新しいエレクトロニクスの分野を開拓するためには、半導体と磁性体の研究者の共同研究が必須と考えられるが、これまで二つの分野の研究は、独立に進められてきており、共通の研究発表や討論の場が無いのが現状である。

そこで、本プロジェクト研究会は、半導体と磁性体のそれぞれの分野の基礎と応用にまたがる広い分野の研究者を一堂に会して、これまで個別に進められてきたスピニンの関与する物性の研究成果について集中的に討議する場を提供することにより、両分野間の共同研究を発展させ、半導体中のスピニン関連現象の理解を深めることにより、新しいエレクトロニクスの基を築くことを目的として組織されたものである。

[3] 研究経過

半導体の応用的研究者を中心として、半導体中のスピニン関連の物性の理解を深めることを目的として平成5年末に非公式な「半導体と磁性」研究会を発足させたが、序論で述べた新しい分野の開拓には、半導体中のスピニン関連現象をより広範な分野の研究者を集めた討論の場を作る必要があるという認識から、本プロジェクト研究会を申請した。採択されたことを受けて、平成7年12月に研究会を計画した。より多くの参加者を集めた討論の場を提供することがこの新しい分野の発展に極めて重要であるという認識で、磁性原子を添加したII-VI族およびIII-V族半導体のバルク結晶、それら及び磁性体を含んだヘテロ接合、さらにそれより構成されるメゾスコピック構造の(1)材料・構造の作製法、(2)キャリアとキャリアおよびキャリアと磁性原子との相互作用に起因した各種の電子・光物性、(3)デバイス応用の可能性、を研究会のスコープとして論文を公募したところ40件以上の論文投稿と、80名以上の参加者を集めて、活発な討論を実現することができた。予想以上の論文投稿件

数や参加者数は、この新しい萌芽的分野が注目を集めつつあることを端的に示している。

今回の研究会では、プレナリー講演を含めて以下の5件の招待講演をお願いした。

1. 安藤功兒(電総研), Spin engineering based on semiconductors: Issues and opportunities
2. Guy Feuille (CEA-CNRS, France), Interface evaluation in CdMnTe/CdTe MBE hetero-structures: Structural and magneto-optical investigations
3. 宮崎照宣(東北大工), Spin tunneling magnetoresistive effect
4. 嶽山正二郎(姫工大), Photo-induced magnetization in diluted magnetic semiconductors
5. 竹内淳(富士通), Room temperature electron spin relaxation in GaAs/AlGaAs quantum wells and its application to picoseconds all-optical switching

一般講演と招待講演を含めた全公演数は、46件で、それら分野別の内訳は、

1. プレナリー	1 件
2. II-VI族希薄磁性半導体	16 件
3. III-V族希薄磁性半導体	5 件
4. 半導体/磁性体ヘテロ構造	9 件
5. 半導体中の磁性不純物	2 件
6. カルコゲナイト、多元化合物系磁性体	6 件
7. 非磁性半導体量子構造中のスピノ関連現象	7 件

であった。

[4] 研究成果

本プロジェクト研究会では、半導体と磁性の基礎・応用にわたる広範な分野の研究者に対する半導体中のスピノ関連現象の共通の討論の場を提供することを目指したが、当初の予想を遥かに上回る各方面からの80名以上の参加者と40件以上の論文投稿を集めて、活発な討議を開くことができた。このような反響の大きさは、「半導体スピノ工学」と呼ぶべきこの新しい分野の重要性が半導体、磁性の両分野において認識されつつあることを示しているものである。また、半導体の研究者と磁性の研究者の共通の議論の場を提供することによって、これまで独立に研究を進めてきた両分野間の共同研究を実現するための下地がつくることができたことは、本プロジェクト研究会の最も大きな成果であったと考える。

以下、テクニカルなセッションにおいては、特に以下の3つのテーマに関する報告が注目された。

1. III-V族希薄磁性半導体の結晶成長とキャリア誘起磁性

近年、本プロジェクト研究会の共同研究者らに

よって低温における分子線エピタキシー法によって作製されたIII-V族半導体を母体とする新しい希薄磁性半導体の結晶成長とその物性、特にキャリア誘起強磁性の発現とそのデバイス応用の可能性を議論した発表で、活発な議論を呼んだ。

2. 半導体/磁性体ヘテロ接合の形成と磁化特性

このテーマも本プロジェクト研究会の分担者らが、近年、結晶構造の異なるNiAs型化合物とIII-V族半導体のヘテロ構造が分子線エピタキシー法を用いて作製できることを示したことに触発され、急速に研究が活発化しているテーマである。今回一連の発表は、このようなヘテロ構造の結晶成長と物性に関する発表で、特に、多層ヘテロ構造の形成とその物性に関する発表で、その特異なヒステリシス特性には注目が集まり、その機構に関して活発な議論がなされた。

3. CrドープII-VI族希薄磁性半導体の物性

これまでII-VI族化合物をベースとした希薄磁性半導体の研究では、殆どがMnをベースにしたものであったが、今回のCrを添加した新しいII-VI族希薄磁性半導体の物性に関する報告では、Crイオンと周囲のTeイオンのp軌道の間の交換相互作用の符号が、従来のMnをベースとしたと異なることが報告され、新しい物性が期待できる材料系として注目された。

[5] まとめ

本プロジェクト研究会は、半導体の研究者と磁性の研究者の共通の議論の場を提供することにより、半導体中のスピノ関連の現象の深い理解と、「半導体スピノ工学」の確立に資するものであったが、研究成果の項で述べたように、本年度の研究会では、投稿論文40編以上、参加者80名以上という、予想以上の反響を得て、活発な討議が実現できたことにより、当初の目的が十分達成できたと考えている。今後、今回の研究会で下地の作られた異分野間の研究協力が、順調に発展して、学問的には「半導体スピノ工学」として、応用面では新しいデバイスの実現としてとして実を結ぶよう、引き続き同様な研究会の機会を提供していきたい。

4.2 大学間共同研究

本研究所は外国の諸大学と部局間協定を取り交わし、学生、研究者の交流、成果の公表などを行っている。

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	部局間協定
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	部局間協定
計算機ネットワーク構築に関する研究	中 国	ハルピン大学	白鳥則郎教授	1987.6 ～現在	部局間協定
カオスと乱流	アメリカ合衆国	シカゴ大学	沢田康次教授	1987.4 ～現在	部局間協定
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	部局間協定 (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	部局間協定
ユーザインタフェースとエージェントの知的化	韓 国	成均館大学	白鳥則郎教授	1995.9 ～現在	部局間協定

4.3 国際活動

区分		1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	合計
国際的研究集会・学会等での招待者数		32	55	76	46	27	236
国際共同研究の実施状況 (件数)		6	6	6	8	12	38
外国人研究者 の来訪状況 (人数)	1か月以上 滞在	6	7	6	13	6	38
	1週間以上 1か月未満	2	4	14	4	11	35
外国人特別研究員の受入 状況 (人数)		3	1	0	1	8	13

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)

6th International Conference on Magnetic Recording Media

International Conference on Magnetic Recording Media (MRM) は3年に一度開催されており、昨年度で第6回を数えた。過去5回はイタリアで開催されてきたが、今回は英国オックスフォード大学を会場として、1995年7月17日から19日の日程で開かれた。欧米の主要な研究者に加え、我が国からは中村慶久が実行委員会に参加した。この国際会議は磁気記録及び光磁気記録の記録媒体を中心に取り扱うユニークな会議である。今回は150件ほどの発表があったが、薄膜媒体だけではなく塗布型媒体関連でも充実した発表が多かった。特に我が国はVTRでは国際的に研究のリーダーシップを持っており、メタル粉末系塗布媒体や蒸着テープ媒体、光磁気ディスクなどで興味深い研究発表を行った。

まずテープ媒体関連では、最近の高密度民生用デジタルVTRを実現した高性能テープである蒸着法により作製したテープ媒体と0.2ミクロン以下という極薄の記録層を実現した金属系塗布媒体の材料特性と記録特性が議論の中心であった。我が国からは最先端テープの記録特性が報告され、ヨーロッパ系の研究者からは緻密な検討を重ねたしっかりした報告が目立った。

また近年著しい高密度化を達成しているハードディスク媒体関連では高感度の磁気抵抗型ヘッドを採用するために記録媒体の低ノイズ化が極めて重要になってきている。この背景から薄膜のナノスケールの微細磁気構造が議論された。一方ノイズを低下させて高記録分解能を達成するためには、磁性膜を超微粒子からなる微細構造となるように作製しているが、この結果熱的な不安定性が顕著になってきておりこの点から減磁現象が注目され始めており多方面からの研究が発表された。

本分野からも、スピニ偏極トンネル効果を用いる新しい固体磁気メモリ素子の提案や記録層に窒素を導入した低ノイズの高密度垂直記録媒体の研究成果などを報告した。

(中村慶久 記)

第18回半導体欠陥国際会議

第18回半導体欠陥国際会議は1995年7月23日より28日までの6日間、宮本信雄電気通信研究所長を開催責任者として仙台国際センターにて開催された。約30ヶ国から147名、国内169名、合計316名の参加が得られ、充実した内容の研究発表と活発な討論が行われた。発表された論文数は約350編である。本国際会議は、半導体中の欠陥に関するものでは世界最大であり、半導体中の水素の挙動といった基礎的なものから、窒化ガリウムを中心とするワイド・ギャップ半導体やシリコン結晶中の不純物や欠陥に関する応用的見地からの研究成果など、多岐に亘る研究成果が発表された。4分冊で2000ページを越す論文集が1996年4月に発行された。

(末光眞希 記)

International Workshop on Advanced LSI's 1995

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回が韓国のソルで開催され以後日本と韓国で交互に開催されることになった国際会議である。本国際会議は第3回目であり1995年7月27から29日に韓国の済州島で開催され、日本から20件、韓国から18件それぞれ発表され、VLSI、極微細デバイスプロセス、高効率回路技術に関して活発な討論がなされた。

(舛岡富士雄 記)

International Symposium on Microsystem, Intelligent Materials and Robots

マイクロシステム・インテリジェント材料およびロボット国際シンポジウムは約255人（外国人61人）の国内外の研究者が参加し、1995年9月27日～29日仙台国際センターで開催された。名誉議長は西澤潤一東北大学総長、議長は石田名香雄元東北大学長（現在インテリジェントコスマスアカデミー会長）と阿部博之元工学部長である。約170件の材料、デバイス、システムに関する論文が発表された。なかでも光ピエゾ素子、巨大磁歪効果素子、地震対策用形状記憶素子、人工骨用材料、マイクロアクチュエータ、マイクロロボットなどの研究が注目を集めた。

(荒井賢一 記)

第3回ネットワークとプロトコルに関する国際会議報告

A Report of 1995 International Conference on Network Protocols (IEEE ICNP-95)

近年情報化社会の発展に伴い、ネットワーク技術や分散処理技術の重要性がますます高まっている。ネットワークの開発には、設計、仕様化から、試験まで数多くの工程があるが、従来これらは個別的に研究が行われている。次世代の高度情報化社会の基盤となるネットワークを構成するために係る問題を解決するには、個別的な要素技術の発展に加え、これらの統一的体系化が必要である。そのため、ネットワーク開発の要素技術とその統一的手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、IEEE Computer Societyと情報処理学会の主催の『第3回ネットワークとプロトコルに関する国際会議』が平成7年11月7日～10日まで、東京都港区の日本電気株式会社本社ビルで開催され、15ヶ国から約200名の参加があった。本国際会議の目的は、ネットワークへのアクセス、ルーティング、フロー制御や輻輳制御、ネットワーク管理、ネットワークの相互接続などを実現するコンピュータ通信プロトコルに対して、その設計、仕様化、検証、実装、試験の将来展望と、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42編の論文の発表（日本13編、米国12編、カナダ6編、韓国4編、香港2編、イタリア1編、オーストラリア1編、イスラエル1編、台湾1編、ベルギー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3件のチュートリアル講演と3件の招待講演が企画された。論文発表のセッションでは、プロトコルの形式記述技法、プロトコル合成法、ATM交換の設計、無線通信のためのプロトコル、マルチメディアプロトコルの設計などに関する論文発表が行われた。

ネットワークとプロトコルの主要課題に関して、3件の招待講演が行われた。これらは順に、コロンビア大の Schwartz 教授による「Prorocol Issues in Wireless Nerworks」の講演、富士通の戸田氏による「Management Innovation and Information Technology」の講演、N T T の宮津氏による「Open Networking in Multimedia Era」の講演である。本会議は、第一回および第二回が米国において開催されている。わが国においても、ネットワークとプロトコル技術に関する研究は活発に行われており、さらに近年、高速ネットワーク技術やマルチメディア通信技術の研究が重要課題となっている。このため、情報処理の研究分野における日本の推進母体である情報処理学会が、IEEE Computer Society と協力して、本会議を日本で開催したことは、わが国の研究を海外にアピールするとともに、内外の研究者の交流を通して、わが国およびアジア地域におけるネットワークとプロトコル技術の発展に大きく寄与できたと考えられる。

(白鳥則郎 記)

Internatioanl Meeting on Future Trend of Mobile Communication Devices

弾性波動の優れた特性を用いた次世代の電子情報通信システムのための国際会議を日本学術振興会産学共同研究支援事業の援助の下に、日本学術振興会弾性波素子技術第150委員会の委員を中心として、研究題目「高度情報通信システムのための次世代弾性波素子とその機能材料の研究」を推進するため、1996年1月22日～23日の二日間に亘り、東京虎ノ門パストラルを会場に開催した。

外国からの優れた研究者による招待講演8件、国内のこの分野の第一線で活躍する研究者による講演30件、国内の学術関連の研究者と産業界の研究者80名の参加を得て、盛会の内に会議が進められた。

特に、弾性波を用いた高機能・高性能素子、更には弾性波動と光波・半導体キャリヤとの相互作用を用いた新たな機能素子、非線形弾性波の応用、それらの基盤となる新たな薄膜材料、GHz帯のデバイスを得るために微細加工プロセス、及びそれらの材料の評価と高精度マイクロ波の測定技術についての発表と活発な討論が行われた。

この国際会議は、この分野の今後の一層の発展に寄与するところが大であると考えられる。

(山之内和彦 記)

4.4 COE研究員および学振特別研究員

COE非常勤研究員（1995年度）

氏名	任用期間	研究内容
本間 経康	1995. 6. 1～1996. 3. 31	情報処理システム設計のためのシステム適応・学習制御に関する研究
茶碗谷 毅	1995. 6. 1～1996. 3. 31	人工脳の設計のための非線形・複雑系の理論と応用に関する研究
伊藤 仁彦	1995. 6. 1～1996. 3. 31	半導体表面の特性研究のための電子トンネリング発光に関する研究

COE外国人研究員（1995年度）

氏名	受入期間	研究内容
サフランジェツク セルゲイ CHAFRANIOUK SERGUEI	1995. 10. 1～1996. 3. 31	層状超伝導体単結晶におけるジョセフソン効果
SHIPING GUO 郭 世平	1996. 2. 27～1996. 3. 31	量子ナノ構造における光学遷移に関する研究

日本学術振興会特別研究員(PD)（1995年度）

氏名	受入期間	研究内容
佐藤 茂雄	1994. 4. 1～1996. 3. 31	新しいアナログシナプスを用いた大規模人工神経回路の集積化

日本学術振興会外国人特別研究員（1995年度）

氏名	国籍	受入期間	研究内容
BOCK KARLHEINZ	ドイツ	1994. 8. 25～1995. 8. 24	超薄膜結晶と成長
NAERT ANTONE	フランス	1995. 3. 31～1996. 9. 30	大自由度複雑系の普遍法則
CIOBANU G. M.	ルーマニア	1995. 6. 10～1996. 6. 9	関数型プログラミングと並列性
SHEN AIDON 沈 愛 東	中国	1995. 7. 1～1997. 4. 9	InMnAs/AlSb 希薄磁性半導体ヘロ構造の分子線エピタキシ成長テと評価
RIEU JEAHN PAUL	フランス	1996. 2. 1～1997. 2. 1	生命状態の物理学

日本学術振興会重点領域外国人招へい研究者

氏名	国籍	受入期間	研究内容
GREAVES SIMONJOHN	イギリス	1996. 3. 20～1997. 1. 20	巨大磁気抵抗効果材料並びにその応用に関する研究
WU PEIHENG 吳 培 亨	中国	1996. 3. 1～1996. 5. 30	高温超電導体を用いたサブミリ波におけるデバイスの研究

第 5 章 シンポジウム

5.1 通研シンポジウム

電気通信研究所では所内及び工学部電気・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シンポジウムを毎年開催している。講師には国外を含む所内外の第一線の研究者を迎える多くの参加者を得て活発な討論の場となっている。

「光・プラズマ表面励起過程」

第33回通研シンポジウムは、東北大学電気通信研究所の工学研究会の中の2つの研究会が中心となつて進めている共同プロジェクト研究をもとに企画された。放射光工学研究会が進めている“光励起表面反応の半導体プロセスへの応用”と、仙台プラズマフォーラムが進めている“プラズマ基礎現象の諸問題”的2つの共同プロジェクト研究の研究討論を踏まえ、光とプラズマ励起に関する共通の諸問題について光励起の研究者とプラズマ研究者が情報交換と討論をする機会を設けるために、「光・プラズマ表面励起過程」というテーマで、1995年11月30日と12月1日の2日間にわたり、応用物理学会光励起プロセス分科会、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、東北大学特定領域横断研究組織URNS-005「シンクロトロン放射」、仙台“プラズマフォーラム”的4研究団体の協賛で、工学部青葉記念会館で開催された。講師は18研究機関からの23名で、全国の大学・高専、企業、国立研究機関から100名の参加者があった。

これまで、光励起とプラズマ励起の研究分野においては、2つの励起過程を別個に研究を進めてきたが、実際の物理現象においては両過程は非常に密接に関連している。例えば、光励起の場合は、希薄ガス空間でガス分子を光励起する場合などプラズマを伴い、プラズマ励起においてはその緩和過程で発光を伴うことが知られ、光による励起も当然考慮しなければならない。2つの励起プロセスはこのように密接に関連しているにもかかわらず、これまで2つの共存する励起過程を総合的に検討する機会は殆どなかった。その意味で本シンポジウムの開催が意義あるものであったといえる。今後、光とプラズマの研究分野の研究者が共同して研究を行なえば、光・プラズマ励起基礎過程は新しい学問領域として発展し、また、このような基礎過程の研究は熱以外のエネルギーを用いた新素材の創成に関する応用研究の発展にも大いに役立つものと期待できる。

一日目の夜に行なわれた懇親会も盛況で、全国から参加した光とプラズマの研究分野の研究者が始終和やかな雰囲気のなか親交を深めた。

シンポジウムのプログラムは以下の通りである。

11月30日（木）開会挨拶&シンポジウム主旨 電気通信研究所所長 宮本信雄

I. 総説 「光励起反応過程研究の現状と展望」宮本信雄（東北大学）「プラズマ表面プロセスの現状と展望」松田彰久（電総研）

II. 光・プラズマ励起過程の基礎 「放射光励起表面反応過程」宇理須恒雄（分子研）「光CVD反応のレーザを用いる分光計測」佐藤博保（三重大）「放射光励起表面反応の“その場”観察」高桑雄二、遠田義晴、宮本信雄（東北大学）「多価イオン表面励起反応」持地広造（日立中研）「プラズマ・表面反応過程のその場計測」橋邦英（京都大）「酸素RFプラズマ構造と表面反応の相関のモデリング」真壁利明、柴田真理、中野誠彦（慶應大）「反応制御のためのプラズマ生成」高橋陽、飯塚哲、加藤公義、佐藤徳芳（東北大）

12月1日（金）

III. 表面反応素過程 「内殻励起イオン脱離反応」関谷徹司、田中健一郎（広島大）「放射光励起エッチング反応」大橋治彦、正畠宏祐（分子研）「半導体表面におけるエッティング反応と光照射効果」千賀岳人、松見豊、川崎昌博（北大）「ガスソースMBEの表面反応素過程」末光眞希（東北大学）「Modification of the structure of hydrogenated amorphous silicon through controlled energy ion-bombardment」G. Ganguly, T. Ikeda, I. Sakata, K. Kato, S. Iizuka, N. Sato and A. Matsuda（電総研、東北大）「ラジカル計測とプラズマ表面反応」後藤俊夫（名古屋大）「反応生成物によるプラズマ表面反応解析」斧高一（三菱電機）

IV. 光・プラズマ励起反応の応用 「放射光による選択Al-CVD」西山岩男、上杉文彦（NEC）「内殻励起による分子メス」上野信雄（千葉大）「光励起反応による薄膜形成」庭野道夫、宮本信雄（東北大）「II-VI化合物半導体の放射光励起エピタキシー」西尾光弘、小川博司（佐賀大）「超微細プラズマCVD技術」坪内和夫、益一哉（東北大）「微粒子プラズマ生成過程」渡辺征夫、白谷正治、川崎仁晴、福澤剛（九州大）「K-C₆₀プラズマによる薄膜形成」畠山力三、平田孝道、庭野道夫、三重野哲、佐藤徳芳（東北大）

V. 総括 東北大学工学部電子工学科 佐藤徳芳（東北大）

「ナノスピニクスとパワーエレクトロニクス」

第34回東北大学電気通信研究所シンポジウムは、「ナノスピニクスとパワーエレクトロニクス」というテーマで、1996年2月15日、16日の二日間にわたり、東北大学工学部青葉記念会館において開催された。講師を10機関の15名に依頼し、126ページの論文集を発行し、全国の大学、企業、研究機関から139名の参加者があった。東北大学電気通信研究所工学研究会の一つとして、「磁気工学研究会」が開設されたのは、1990年のことであり、この研究会においては、磁気物理、磁性材料、磁気記録などから、生体磁気、電力磁気応用にいたるまで、幅広いテーマをとりあげて研究発表・討論が行われてきた。研究の進展とともに、ミクロな視点から新しい磁気工学を構築しようという方針のもとに、1992年度より研究会の名称を「スピニクス研究会」と改めて、今日に至っている。本シンポジウムは、このような「スピニクス研究会」において、磁気研究の仲間としてミクロな電子の спинの挙動からパワーマグネティクスにいたるまで研究討論してきた流れを汲み、トンネル効果からパワー伝送まで、電流値にしてpAからkAのオーダーまで、実に 10^{15} を超える極めて広い範囲にまたがり、それぞれの分野の研究者に、相互交流の場を設けることを目的の一つとして企画された。

講演は、二日間にわたり2つのセッションに分けて行われた。一日目には、セッションI『ナノスピニクスの科学』と題して、磁性を担う基本単位である電子スピンを、さまざまな角度から制御・応用した最先端の研究成果について、実際の測定データに基づいて、総合的にかつ詳細な講演が、計9件行われた。スピニクスの輸送現象として、絶縁体のポテンシャル障壁で分離された2つの強磁性体間を、電子スピンがトンネル伝導する際に観測される磁気抵抗効果が、また、新物性、新機能創製を目指した人工物質の合成として、MBEによるFe/Au単原子積層人工格子の合成と、その特異な物性が報告された。光と磁性の相互作用である磁気光学効果では、半導体の微細加工技術、超薄膜形成技術によって、近年明らかとなってきた量子サイズ効果について総合的な解説が行われ、ナノ領域に隠れていた新たな物性に対する応用についての討論もなされた。磁性体の基本物理量である磁気モーメントについても、Fe基磁性薄膜の結晶構造・原子配列とバンド状態に言及した議論がなされ、試料作成時の基板状態等、ナノスケールでの構造制御の重要性が示された。応用的な視点からは、磁気記録技術の極限であるテラビットメモリを目指すスピニクストレージの可能性と課題が、さらにスピニクスの実現の基礎となる、ナノスケールの表面磁気状態の新たな評価方法として、スピニクスSTMの開発の現状が報告され、参加者との間で熱心な質疑が続いた。既に実用化あるいは近い将来実用化されるであろうナノ構造制御の実例としては、ナノコンポジット永久磁石材料と、クリーン化技術による微細組織制御を実現した薄膜磁気記録媒体について、講演と討論が行われた。

二日目にはセッションII『パワーエレクトロニクス』というテーマで6件の講演が行われた。先ず、直流送電用サイリスタ変換器を端緒とする電力系統用パワーエレクトロニクスは、デバイスと回路技術の進歩に支えられ、交流系統を直接制御するFACTS (Flexible AC Power Transmission System) 用機器、あるいは可变速揚水発電システムなど、その用途を拡大しているとの報告があった。次に、正弦波交流における有効・無効電力という概念は既に定着しているが、スイッチングに伴う過渡的な電力、あるいは高調波が増大している現在、無効電力の定義の見直しが必要という指摘があった。パワーエレクトロニクスは、高調波無効電力の発生と補償の双方に関わるため、この分野では空間ベクトルを基本とする新しい瞬時有効・無効電力という考え方があるという提案があった。さらに、主要な応用システムである電気鉄道におけるパワーエレクトロニクス装置の変遷、制御技術の展望、及び運行管理上重要な役割を果たすシミュレーション技術について講演と活発な討論がなされた。より機能性の高い電力システムの実現には自励式電力変換器が不可欠であり、そのため、高速かつ大容量の自己消弧形パワーデバイスの開発が強く望まれている。コンピュータと情報処理技術の進歩は、パワーエレクトロニクスの高度化を促進し、今後ますます技術革新が進むことが期待される。

また、一日目の夜には、青葉記念会館3Fレストランで懇親会が催され、60名の参加者が大いに歓談し、親睦を深めた。本シンポジウムは、全国から多数の参加者を得て成功を収めることができ、発展し続ける広範囲の磁性研究の分野において重要な一步となったことを確信する。

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・技術的問題を解決し、研究開発を促進することを目的として工学研究会が設置されている。そのため、専門の分野に応じて次のような分科会を設けて、学術的および技術的な諸問題について発表・討論を行っている。発表された研究の一部は東北大学電気通信談話会記録に抄録されている。

	研究会名	主査	幹事	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	襄助教授	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	1995年
18	超音波エレクトロニクス研究会	山之内教授	櫛引教授	1995年

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持つ研究会で、平成8年3月の時点で394回を数えている。この間に取り扱って来た分野は、主として電波から光波にわたる電磁波を用いた有線・無線伝送に関する基礎・応用研究であり、それに用いる各種の伝送路、送受信装置、周辺デバイス、電磁界解析、通信方式やシステム構成、材料、さらにはそれらの技術から発展した電磁波を利用するセンシング技術をはじめとする種々の応用技術等、多岐にわたっている。平成7年度も、ほぼ例年通り9回の研究会が開催され、特別講演5件を含む24件の研究発表が行われ、活発な討論がなされた。

まず、特別講演では、7月にHeriot-Watt大学のDenis R. Hall教授による英国の大学における研究・教育及び高出力レーザ光源に関する講演があり、12月には、理化学研究所の須田亮、田代英男両氏による赤外波長可変レーザーの原子力分野への応用に関する最近の動向に関する講演、2月には三菱電機石田修己氏によるミリ波モノリックデバイスの現状と動向に関する講演、及び産業創造研究所の佐藤俊一、清水幸喜、三菱重工の石出孝、丸山智義の各氏による高出力レーザーの除染への応用技術に関する講演がそれぞれなされ、先端技術の現状や問題点、さらには研究動向等について紹介された。

また、一般講演では、移動体通信関連技術、各種のアンテナやそれに関わる電磁界解析、ミリ波用伝送路とその応用技術、赤外光用の導波路技術、光波信用各種デバイスやナノ微粒子構造に基づく新しい光学材料、電磁ホログラフィー技術、重力波センサー、電磁波を用いた地下レーダーシステム等に関する基礎・応用研究の発表があった他、アンテナ技研の佐藤源貞氏による東北大学における指向性アンテナの発明に関わる歴史に関する講演もあり、本年度も電波から光波に至る広範囲な電磁波とそれに関連する技術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、音環境工学など、多岐にわたっている。

1995年度は、主査曾根敏夫教授、幹事金井浩助教授、高根昭一助手のもとで、研究会7回(第277回～第283回)、通研講演会1回が開催された。会場は、第278回、第281回は本学工学部電気情報館451・453号室であり、他の回は本学電気通信研究所大会議室であった。なお、1995年度は、本研究会と非常に関連の深い超音波エレクトロニクス研究会、メディカルエンジニアリング研究会と合同で開催された。

第277回音響工学研究会は、1995年6月8日(木)に開催され、研究発表5件、参加者83名であった。第278回音響工学研究会は、1995年7月27日(木)に開催され、研究発表2件、参加者60名であった。第279回音響工学研究会は、1995年10月13日(金)に開催され、研究発表5件、参加者58名であった。第280回音響工学研究会は、1995年11月20日(月)に開催され、研究発表5件、参加者46名であった。第281回音響工学研究会は、1995年12月20日(水)に開催され、研究発表6件、参加者55名であった。第282回音響工学研究会は、1996年2月1日(水)に開催され、研究発表3件、参加者22名であった。第283回音響工学研究会は、1996年3月6日(水)に開催され、研究発表2件に引き続き、通研講演会が開催された。講演は、本学電気通信研究所のEdward Ozimek客員教授により、“Binaural perception for time-varying sound－時間変動音の両耳知覚－”と題して行われ、時間的に変動する音の知覚に関する研究の問題点などについて活発な議論があった。

仙台 “プラズマフォーラム”

本研究会においては、プラズマ、放電、核融合、その他のプラズマ応用の最新の研究成果に関して、特別講演及び特別企画を催すとともに、刺激的な研究討論と研究発表を行うことを目的とする。

以下に、1995年度の活動概要を記する。

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の生成と制御、フラーレンプラズマ現象に関する“研究発表会”を4回開催。

国内及び国外研究者によるコンパクトトーラスにおける磁力線再結合、プラズマアークジェット電気推進機の研究開発の現状、Stimulated raman scattering in laser plasmas、慣性核融合の高速点火に関する“研究発表会”を5回開催。

国内及び国外研究者による Plasma basic experiments, Diamopnd film synthesis using low temperature plasmas, LHDの現状、RF ionizations in semiconductor plasma processing に関する“特別講演会”を4回開催。

研究会形式としたプラズマ中の自己組織化現象の解明とその応用研究会、通研シンポジウム共催としての光・プラズマ表面励起過程研究会、プラズマ基礎現象研究会、高気圧プラズマ応用に関する研究会の“特別企画”を4回開催。

以上において、参加者は常時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、電磁界環境の定量的測定、ノイズ源のモデル化と耐ノイズ性試験法、耐ノイズ性信号伝送システムなどについて、独創的研究成果をこの研究会から世に送り出してきた。

1995年度には、第154回（11月7日）と第155回（1月23日）の2回の研究会を開催し、1件の特別講演「EMC/EMIの研究」（高木相先生）を含む、6件の講演・研究発表があった。研究発表の主な話題は、ノイズ電搬路の伝送特性の測定法と解析法、電流遮断時の過渡電流の測定法、不均一線路のパルス応答の解析、通信用機器デバイスの信頼性問題の実験的研究などである。

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。

1995年度は、4月27日のCai Mao-cheng教授（中国 Chinese Academy of Science）による“[a,b] factorization of graphs”についての講演に始まり、2月15日の安浦教授（九州大学）の講演まで、国内外から総勢12名もの講師を招待し充実した講演会および討論が行われた。主なところでは、平田富夫教授（名古屋大学）の「MAX 3-SAT の近似アルゴリズム」、佐藤雅彦教授（京都大学）の「Catch and Throw 機構をもつ理論体系の強正規化可能性」、五十嵐善英教授（群馬大学）による「Reliable Broadcasting in Product Networks with Byzantine Faults」、加納幹雄教授（茨城大学）の「マッチングと奇次数部分グラフ」、宮野悟教授（九州大学）の「並列知識発見システムBONSAI Garden - ゲノムデータからの知識発見に向けて」、岩間一雄教授（九州大学）の「並列計算モデル間の確率型シミュレーションについて」、馬場敬信教授（宇都宮大学）の「並列オブジェクト指向トータルアーキテクチャ A-NET」、渡辺敏正教授（広島大学）による“Connectivity Augmentation Problems”など、計算機科学の話題を幅広く網羅した多岐にわたる問題を討論できる機会を提供した。また、堀口進教授（北陸先端科学技術大学院）と安浦寛人教授（九州大学）のお二人には、昨年度に引き続き来学をお願いし、各々「Horizontal Rotate Crossed Cube ネットワークの特性」と「特定用途向きプロセッサのハードウェア/ソフトウェア協調設計」に関する研究成果を、昨年からの研究の進展を踏まえてお話し頂いたなど、研究の継続性にも留意した研究会を開催した。以上、本年度も本研究会は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7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、大分大学工学部杉坂政典氏（演題「ニューロコンピュータを用いたシステム同定と自立走行車への応用」）、新潟大学工学部谷藤克也氏（演題「鉄道車両の高速化と快適性の向上」、共催：大規模電力電子システム工学（JR東日本）寄附講座大規模システム工学研究会）、北海道大学工学部郷原一壽氏（演題「時空間パターンに励起されたニューロダイナミクスの非線形動力学的考察」、共催：大規模電力電子システム工学（JR東日本）寄附講座大規模システム工学研究会）、九州工業大学盧強氏（演題「Nonlinear Control Approach and Application」、主催：大規模電力電子システム工学（JR東日本）寄附講座大規模システム工学研究会）、三菱総合研究所山本順雄氏（演題「国際化・情報化・ものづくり」、主催：日本機械学会東北支部、共催：計測自動制御学会東北支部）、およびRutgers University, Metin Akay氏（演題「Fuzzy Logic in Medicine」、主催：東北ME談話会、共催：計測自動制御学会東北支部と日本ME学会専門別研究会「人工臓器のME」）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。

研究集会（平成7年12月15日（金）開催）は、計測自動制御学会東北支部との共催である。非線形系の制御、移動ロボット、宇宙ロボット、制御系設計、ニューラルネットワーク、フィルターの設計論および計測などに関し、14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（平成7年11月1日（水）、2日（木）開催）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、8件の研究発表があった。詳細は共同プロジェクト研究の項を参照されたい。

電子ビーム工学研究会

現在、各方面から、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。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、その基礎的、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「大電力マイクロ波・ミリ波研究会」として設立された。現在までに、従来からのマイクロ波管にとどまらず、サイクロトロン高速波管、自由電子レーザ、さらには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、技術的諸問題及び将来展望を討議してきた。そして、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、平成7年度より研究会名を「電子ビーム工学研究会」と改める事となった。以下に平成7年に開催された研究会で発表、討議された主なテーマを記す。

大出力電磁波源の開発と応用

- サイクロトロン高速波管（ジャイロトロン、ペニオトロン）
- 自由電子レーザ
- 高エネルギー電子ビーム応用

微小電子源の物理と応用

- 電界放射陰極
- トンネル陰極
- ダイヤモンドからの電子放出

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いる。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励起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、以下に示す合計5回の研究会と、尾嶋正治氏の通研講演会を開催した。

- [第29回] 平成7年9月22日（研究発表1件）（特別講演2件）「放射光を用いた光加工技術—マイクロマシニングー」（住友電工 平田嘉裕氏）、「放射光リソグラフィ」（NTT 出口公吉氏）
- [第30回] 平成8年1月25日（研究発表2件）（通研講演会）「原子オーダ制御GaaS表面の構造と電子状態」（東京大学 尾嶋正治氏）
- [第31回] 平成8年1月31日（電気通信研究所放射光工学研究会・東北大学特定領域横断研究組織TURN-S-005「シンクロトロン放射」合同研究会）『日本の高輝度放射光源計画の現状』『高輝度光源計画の現状』神谷幸秀氏（東大物性研）「高輝度光源測定器系の現状」柿崎明人（東大物性研）「挿入光源を用いた物性研究」辛埴（東大物性研）
- [第32回] 平成8年2月19日（特別講演1件）「電子励起原子移動を用いた水素化アモルファスカーボンからダイヤモンドへの結晶促進化反応のデザイン」（大阪大学 吉田博氏）
- [第33回] 平成8年3月7日（特別講演1件）「ナノ電子工学に向けた半導体の表面（界面）成長反応のその場解析と制御法」（九州工業大学 山崎義武氏）

テラヘルツ工学研究会

本研究会は、テラヘルツ領域の技術開発を目的として設置されたもので、実用的な技術開発のガイドを得るための講演会及び研究をさらに押し進めるための議論の場としての研究会の二種類を開催している。1995年には前者について6件、後者について8件の講演、討論の機会を得た。以下に全体のまとめを記す。

テラヘルツ（サブミリ波）領域の技術は、長年その開発の必要性が言われてきている。しかし、今までこの領域の技術は、あまりにもその未開拓であることが強調され過ぎ、その為この領域の技術開発に甘えがあったように思う。むしろ、光と電波（マイクロ波）の両領域の中間に位置するこのスペクトルには、それら両領域からの延長として様々な技術が存在し、各種技術は1970年代に核融合プラズマの研究に刺激されて大きく進歩した。それらの技術が現在真の意味で実用的なものになっていない理由は、実は明確な応用分野が存在しないからであろう。新材料の評価・分析、分光学、超高密度プラズマの測定等、従来からある応用分野にとっては、既存のあるいはその延長の技術がその要求を満足し得るものであるとの感触がある。

しかし、将来の高密度情報通信技術にとってもこの領域の技術は不可欠である。テラヘルツ波のみによる通信ではなく、光通信との組み合わせ、テラヘルツ・フォトニクスとでもいるべき分野が未来社会におけるインフラストラクチャ構築に重要な役割を果たすと思われる。この時必要とされるテラヘルツ波技術は、実用的に極めて高度のもので、これから研究開発して行かねばならない。この時良いガイドになるのは、現在の非常に高度に発達したマイクロ波領域の技術である。多分、技術開発は非常に「保守的」なもので、マイクロ波、ミリ波、そしてテラヘルツ波へと連続して開発されて行くものではないだろうか。従って、テラヘルツ領域デバイス開発の指針は次のキーワードに要約されるだろう：常温、高速動作、コヒーレント光、cw、そして tunable であること。

スピニクス研究会

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ために1990年に発足したものである。在東北の大学を中心に企業、公的研究機関、高専などを横断的に組織した研究会として、登録会員300名余を数えて現在では全国的に広く知られている。

本年度は研究会を6回開催した。この中には電子技術総合研究所の亀井裕孟氏による通研講演会が含まれる。通常研究会では、産官学から講師を得て、材料、デバイス、ストレージ、生体に関する計9件の報告があった。さらに11月1日～2日の2日間の日程で本所において27件の一般公募講演と5件の招待講演からなる特別研究会を開催している。（実行委員長：本所中村教授、招待講演者は豊橋技術科学大学藤井教授、同大井上助教授、九州大学山崎教授、熊本工業大学八木教授、信州大学山沢教授。参加者は111名。）加えて、今年度も本学での最新の研究成果を発表する意味で、博士論文及び修士論文特集報告会をそれぞれ一回開催している。

本年度は、電気通信研究所の共同プロジェクト研究会「新機能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」並びに「ナノスピニクスの科学」と本スピニクス研究会を有機的に開催することで、幅広い専門分野の研究者が広く研究交流できる機会を提供することを意図して、上記の特別研究会を10月31日の上記の共同プロジェクト特別研究会にリンクさせて企画した。この結果、これら三者の研究会の研究者が一堂に会して討論を行なうことができ、通常研究会では得難い新しい視点からの意見交換が行われた。

本年度の、主査は中村慶久教授（通研）、幹事は村岡裕明助教授（通研）および家名田敏昭助手（電気）、企画幹事は北上修助教授（科研）、石山和志助手（通研）、田河育也助手（通研）、莊司弘樹助手（電子）が務めた。

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、毎年幾人かの研究者をお呼びし、研究会を開催している。

以上のような主旨に沿って平成7年は4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7年2月13日「Optical Microscopy and Spectroscopy with Nanometer Lateral Resolution」(Dr. Richard Berndt, Institute of Experimental Physics, University of Lausanne, Switzerland),
- (2) 平成7年3月13日、「III-V族結晶の気相成長技術」(尾関雅志氏, 技術研究組合・オングストロームテクノロジ研究機構),
- (3) 平成7年7月21日「Sound amplification by stimulated emission of radiation using two level systems in glasses」(Dr. Jean-Yves Prier, Charge de Recherches CNRS, France),
- (4) 平成7年12月14日「Second harmonic generation from Si-Ge superlattices」(Dr. David Bottomley, 電子総合技術研究所)

ブレインコンピューティング研究会

ブレインコンピューティング研究会は、生物による高度な情報処理機構の解明と、それを基にした脳型計算機の実現を目指し、広い領域の研究者との研究交流を行っている。

1995年度は、「脳の計算論と脳型計算機の設計」と題して仙台市国際センターにおいて研究会を開催し、各種生体情報処理に関する心理物理的および生理学的な研究、神経と神経回路網のモデル、生体情報処理機構のハードウェア化などにおいて活発に議論が行われた。以下が研究会プログラムである。

【視覚・聴覚】	伊藤 仁 (東北大通研)	不特定話者の連続母音認識
	加納慎一郎 (東 北 大)	聴覚系における時間長情報の処理に関する研究
	川上 進 (株)富士通	大脳視覚野で局所運動を検出する神経網の情報表現
	藤井 宏 (京都産業大)	時空間符号化原理としての動的細胞集合成体仮説
【学習の効率化】	Basabi Chakraborty (東北大通研)	階層型フラクタルネットワークの汎化能力
	早川 吉弘 (東北大通研)	関数の特徴を考慮した関數学習の高速化について
	矢内 浩文 (玉 川 大)	神経回路の情報処理におけるニューロン活動ダイナミクスと学習ダイナミクスの関連性
【ニューロン】	片山 統裕 (東 北 大)	ニューロン樹状突起の能動性とその機能的意義
	新貝 鈴藏 (岩 手 大)	線虫の神経系と運動－GABAニューロンを中心として－
	安藤 広志 (A T R)	物体認知の脳内機構と双方向モデル
【モデル】	和久屋 寛 (佐 賀 大)	運動制御系と感覚受容系の統合型神経回路モデル
	二見 亮弘 (東 北 大)	ランダム対称結合回路における時系列符号化について
【システム設計	八木 哲也 (九州工大)	順応機能をもつビジョンチップ
・集積化】	中島 康治 (東北大通研)	非対称神経回路のダイナミクスとその集積化

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型技術の確立をめざしている。本年度は研究会を2回行った。

[第1回]日時：平成7年12月21日 場所：東北大学電気通信研究所大会議室

(1)量子効果のデバイス応用 —最近の進展と課題— 植裕之(東京大学先端科学技術研究センター)

[第2回]日時：平成8年3月6日 場所：東北大学電気通信研究所大会議室

(1)「液晶ヴァーティカルフォトニックプロセッサによるニューラルコンピューティングシステム」川上徹, 内田龍男(東北大学工学部)

(2)「液晶光制御デバイス」大寺康夫, 千葉貴史, 依田秀彦, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)

(3)「面発光レーザの波長制御と多波長レーザアレーへの応用」小山二三夫, 向原智一, 伊賀健一(東京工業大学精密工学研究所)

(4)「変形ポテンシャル量子井戸構造を用いた自己電気光学効果素子(SEED)」梁吉鎧, 多田邦雄, 中野義昭(東京大学工学部)

(5)「光励起面型光増幅器の高性能化」花泉修, 鄭期太, I. Syuab, 柏田伸也, 川瀬賢司, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)

(6)(招待講演)「コア拡大による異種ファイバの低損失接続(光ファイバアンプへの応用)」王一民, 片岡春樹(住友大阪セメント(株)), 式井滋, 柿沼孝之(沖電気工業(株))

(7)「積層形偏光分離素子と平面光回路集積デバイス」佐藤尚, 李庸基, 大野潤, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)

(8)(招待講演)「—光アイソレータ用結晶—CdMnHgTe及びガーネット系の結晶育成と物性及び小形光アイソレータへの適用」大場裕行((株)トーキン商品開発研究所)

(9)「高性能集積形アイソレータの設計と試作」白石和男(宇都宮大学工学部), 入江剛, 佐藤尚, 笠原亮一, 川上彰二郎(東北大学電気通信研究所)

(10)「(Ga,Mn)As : III V族ベースの新しい希薄磁性半導体」大野英男, A. Shen, 松倉文礼, 菅原靖宏(東北大学電気通信研究所)

超伝導工学研究会

本研究会は、超伝導の工学応用に関する材料、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。超伝導転移温度が液体窒素温度を超える高温超伝導体は、応用に向けて活発な取り組みがなされる一方、超伝導ギャップ周波数以下の低周波プラズマ現象などが新たに見出されている。平成7年度は、内外の研究者の参加を得て高温超伝導に関する物理現象や最先端の工学応用に関して3回の研究会を開催した。開催日と研究発表者は以下の通りである。

第13回研究会（平成7年7月7日）

高橋三郎（東北大・金研）、山崎裕文（電総研）、大嶋重利（山形大・工）、小林典男（東北大・金研）、淡路智（東北大・金研）、鈴木光政（東北大・情報科学）、村上雅人（超伝導工研）

第14回（平成7年9月25日）

Peiheng Wu(Univ. of Nanjing, P.R.China), Karen Y. Constantinian(Inst. of Radio Engineering and Electronics, Russia), Marian Darula(KFA-Juelich, Germany)

第15回（平成7年10月30日）

Oystein Fischer(Univ. of Geneva, Switzerland)

第16回（平成8年3月6日）

Tord Claeson(Chalmers Univ. of Technology, Sweden), Theodore van Duzer(UCLA, Berkeley, USA)

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。1995年度は、合計6回(第7~12回)の研究会を開催し、合計26件の研究発表と、さらにFloyd Dunn 氏(イリノイ大学生体音響学研究所)による通研講演会を開催した。以下に本年度に開催された研究会の発表題目を記す。

- 1.携帯電話用SAW分波器の開発
- 2.入出力に横効果を用いた積層一体化焼結圧電トランス
- 3.冷陰極管用圧電インバータ
- 4.パルスエコー法における縦続行列を用いた超音波トランスジューサの特性除去に関する一考察
- 5.ウェーブレット変換を用いた音声強調による明瞭度の改善について
- 6.ビジュアルフィードバックを用いた超音波マイクロマニピュレータ
7. Studies on the Multiplication in Dimensions in the Acoustic Microscopy
- 8.2段階評定尺度法と最尤適応法を用いた等ラウドネスレベル曲線の測定について
- 9.少数チャネル入力による音声強調法に関する一考察
- 10.体内埋込機器用双方向信号伝達系の試作～伝送コイル形状の検討～
- 11.心臓壁と動脈壁上の微小振動の超音波を用いた非侵襲的計測と解析による循環器疾患診断の試み
- 12.Point contact ultrasonic transducer of waveguidingstructure for high-frequency operation
- 13.リカレントニューラルネットワーク補間器を用いたLSP係数の符号化
- 14.両耳方位差に基づく音像距離定位のモデル化に関する一考察
- 15.非粘性流体中の電磁波に相似な波について
- 16.多数の共振モードを有する超音波振動子を用いた筋硬さ測定の基礎的研究
- 17.直線集束ビーム超音波顕微鏡による圧電材料の音響特性測定に関する水の負荷効果の検討
- 18.多成分信号処理による非定常連続地下弾性波中の反射波検出と地下構造の推定
- 19.埋込型医療機器へのコイルを用いた経皮的信号伝送について
- 20.循環器疾患の非侵襲的診断を目指した新しい超音波ドプラ計測法に関する研究
- 21.距離分解能の向上を目指した超音波トランスジューサの特性除去に関する研究
- 22.ナノメータ電極の作製と10GHz帯弾性表面波変換器への応用に関する研究
- 23.弾性表面波コンボルバの高効率化とその応用に関する研究
- 24.室内音場予測における境界条件の取り扱いに関する基礎的検討
- 25.レベル圧縮した音声信号による音声認識
- 26.両耳聴取条件におけるラウドネス補償補聴器に関する考察(金井記)

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平成6年度に新設した。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研究室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いる。

平成7年度は以下の講演会を実施した。なお回数は本研究会発足よりの通し番号である。

第2回 平成7年12月21日

「LSIプロセスの現状と今後の課題」NTT.LSI研究所 荒井英輔

「シリコン清浄表面のN₂ガスによる窒化初期過程」 静岡大学電子工学研究所 田部道晴

第3回 平成8年2月7日

「電子波回折デバイスの実現可能性について」東京工業大学 古屋一仁

「化合物半導体電子デバイス開発の歴史と今後の展開」 富士通研究所 横山直樹

第4回 平成8年3月4日

「LP(RT)CVD of Si and Si_{1-x}Ge_x for hetero bipolar transistor (HBT)application」

Dr.Bernd.Tillack Institut for Halbleiterphysik, Frankfurt(Oder)

第5回 平成8年3月14日

「Quantum Well Intersubband Transition Basics and Infrared Devices」

Dr. H. C. Liu National Research Council, Canada

ニューパラダイムコンピューティング研究会

平成7年4月より発足したニューパラダイムコンピューティング研究会は、種々の観点から新しいパラダイムに基づくコンピューティング、すなわち従来の延長上にはない新しい概念に基づくコンピューティングに関する研究報告や話題提供を行ない、次世代の電子・情報システムの基盤技術の研究討論を行なうことを目的としている。以上の趣旨に基づき、平成7年度は5回の研究会を開催した。

第1回 平成7年5月12日

- ・「研究会発足の経緯について」樋口龍雄（東北大学）
- ・「ニューパラダイムに基づく知能集積システムの展望」亀山充隆（東北大学）
- ・「知的デジタル信号処理」川又政征（東北大学）
- ・「演算語長の再構成に基づくロボット制御用再構成可能並列プロセッサ」藤岡与周（八戸工大）
- ・「ウェーブパラレルコンピューティング」弓伸康史（群馬大学）
- ・「酵素トランジスタに基づく分子コンピューティング」青木孝文（東北大学）

第2回（特別講演会） 平成7年5月31日

- ・「Resonant Tunneling and Quantum Integrated Circuits」A.C.Seabaugh(TI)

第3回（通研講演会） 平成7年8月30日

- ・「Multiple-Valued Logic in VLSI」J.T.Butler(Naval Postgraduate School)

第4回（特別講演会） 平成7年11月13日

- ・「Spectral Techniques for Boolean Matching」D.M.Miller(University of Victoria)

第5回 平成8年1月7日

- ・「超並列化知能システムによる情報メディア処理」宮永喜一（北海道大学）
- ・「超並列・超高速ビジョンとその応用」石川正俊（東京大学）
- ・「視覚障害者歩行支援システム」田所嘉昭（豊橋技術科学大学）

超音波エレクトロニクス研究会

超音波エレクトロニクス研究会は、固体中及び固体表面の超音波の発生・受信・伝搬特性の解明と材料の研究、及び、それらを電子通信工学へ応用する研究について討論や意見交換をする場として、本年度から発足した研究会である。

本年度は主査山之内和彦教授、幹事櫛引淳一教授のもとで、6回の研究会が開かれた。また、2回の講演会が行われた。

第1回研究会では、“Surface-Wave Devices for Signal Processing”の著者として知られるD.P.Morgan博士による“Modelling for SAW transducers and Devices”と題する講演が、本学電気通信研究所大会議室で、50名の参加者を得て行われた。第2回研究会は、1995年6月8日（木）に開催され、発表件数5件、参加者83名であった。第3回研究会は、1995年7月27日（木）に開催され、2件の研究発表と、イリノイ大学生体音響学研究所教授であるFloyd Dunn博士による“The Effect of Ultrasound Exposure in utero on Development of the Fetal Mouse Testis: Adult Consequences”と題する講演会が行われた。参加者は60名であった。第4回研究会は、1995年10月13日（金）に開催され、発表件数5件、参加者58名であった。第5回研究会は、1995年11月20日（月）に開催され、発表件数5件、参加者46名であった。第6回研究会は、1995年12月20日（水）に開催され、発表件数6件、参加者55名であった。

いずれも、弾性表面波デバイス、超音波を用いた非破壊計測、圧電デバイス等について活発な討論が行われた。

5.3 通研講演会

Modelling for SAW Transducers and Devices

インパルス・コンサルティング社 D.P.Morgan

“Surface-Wave Devices for Signal Processing” の著者として知られる、D.P.Morgan博士による講演会が、1995年5月22日（月）、電気通信研究所大会議室で行われた。

講演の内容は、すだれ状電極内部での反射を考慮した弾性表面波(SAW)トランジューサの新しい解析方法についてである。講演者の提案する方法は、反射を有するあらゆるトランジューサ（正規型、単相型一方向性変換器など）に適用可能である。正規型、基板の異方性を用いた一方向性変換器、DART、に對して必要なパラメータが解析的に求められる。これらのトランジューサのシミュレーションは、モード結合理論による場合と同様な結果を得ている。

講演者によると、本方法は、重み付けしたトランジューサに対して、モード結合理論より正確で容易であり使いやすいものであるとのことである。

講演後、多数の参加者により、伝搬損失がある場合の解析、重み付けトランジューサへの適用について、活発な質疑応答がなされ、盛会の内に幕を閉じた。

The Effect of Ultrasound Exposure *in utero* on Development of the Fetal Mouse Testis: Adult Consequences

（胎児のマウス精巣の発育に対する子宮内での超音波照射の影響：成体での評価結果）

イリノイ大学生体音響学研究所 Floyd Dunn

[概要] The effect on the developing fetal testis of *in utero* exposure to 1-MHz, continuous-wave ultrasound in the spatial peak, temporal average intensity range 0.5-10W/cm² for durations of 400-30 sec on Day 9, 12, or 15 of gestation was determined. Results show that two subtle, yet potentially deleterious, effects occurred a reduction in the Sertoli cell population and an apparent delay in the cessation of gonocyte mitosis. An increase was also seen in the number of fetal resorptions and stillborn pups per number of implantation sites in the exposed specimens as compared to the sham and cage controls. Because the reduction in testis weight was proportional to decreased body weight and because there was no difference in Sertoli cell numbers due to day of treatment, the testicular effects may reflect a generalized delay in growth. Whether this effect of ultrasound on fetal testis will be translated into an equal reduction in germ cell numbers in the adult testis remains to be determined.

Multiple-Valued Logic in VLSI

Naval Postgraduate School Jon.T.Bulter

高並列演算や配線の複雑さを解決する多値VLSI実現のため、デバイス、集積回路、論理設計などの各階層における最近の研究動向について解説を行なった。特に、CCD、量子効果デバイスを利用した多値集積回路、多値PLAの自動設計、多値演算回路についてその利点と発展性について論じている。従来の延長上であるAND, OR, NOTを用いた論理回路ではなく、デバイス動作に適合する新しい論理演算子が重要であることが強調され、その例としてリテラルと飽和加算(Truncated Sum)などが挙げられ、新しい論理設計法が紹介された。これらの手法に基づき大規模な回路へ適用可能なCADもインプリメントされている。また、将来の多値集積システムの発展には、多値動作に適合するデバイスの開発が重要であり、その1つとして量子効果デバイスの可能性が論じられた。

High-Tc Josephson junctions

トゥエンテ大学 Horst Rogalla

主としてトゥエンテ大学の超伝導研究室で行われている高温超伝導体ジョセフソンデバイス等の研究が紹介された。

1) YECO超薄膜の電界効果デバイス

15nmの厚さでTc=50Kの超薄膜の作成に成功し、これを用いて電界効果素子を作成した。この結果、電界印加によってIcの15%変調に成功した。

2) 粒界ジョセフソン素子

基板状に30度の角度を持つ10nm程の段差を再現性よく作るプロセスを確立した。このプロセスを用いて段差部分にYBCO薄膜からなる粒界ジョセフソン接合を作成できた。Jc対RnAは良いスケーリング則を示すことを見出すと共に、IcRn=10mVと高い値を得た。これをADコンバータに応用している。

3) Chalmers Univ.と共同して、Bi系20μm幅を有する固有ジョセフソン接合の研究を始めている。

マッチングと奇次数部分グラフ

茨城大学 加納 幹雄

1995年10月26日に開催された通研講演会では、茨城大学の加納教授が「マッチングと奇次数部分グラフ」について講演した。

Gはグラフとし、 $f: V(G) \rightarrow \{1, 3, 5, \dots\}$ とする。全ての点 $x \in V(H)$ に対し $\deg H(x) \in \{1, 3, \dots, f(x)\}$ であるとき、HはGの(1,f)奇数次部分グラフという。加納教授は、本講演において(1,f)奇数部分グラフの様々な性質について紹介した。

EMC／EMIの研究

日本大学工学部 高木 相

平成7年11月7日に東北大学工学部において、本学名誉教授の高木相先生を講師に招いて、標記講演会が行われた。EMC/EMIは、電気・電子システム相互、あるいは生体に対して、システムの外へ不要な電磁波を放射せず、また、他のシステムからの電磁放射による妨害を受けないようにしようという問題を扱う研究分野である。この分野はエレクトロニクス・情報・通信の分野の最重要課題であり、東北大学をはじめ、東北地区の研究者がこれまでにこの分野で果たしてきた役割は大きい。今後もわが国からポテンシャルの高い成果を出して国際標準化へ貢献しなければならず、その認識を大学の教育・研究の場においてさらに広めていかなければならない。このような指摘とともに、EMC/EMIの測定標準の課題、情報通信機器のイミュニティの問題などについて具体的に解説し、また、EMC測定法やEMI試験法、およびEMC/EMIの解析などの分野の最新の研究例を紹介した。

LSI メモリの技術動向と私の研究体験

(株) 日立製作所 中央研究所 伊藤 清男

日時： 平成 7 年 1 月 17 日 14:00 - 16:00

場所： 東北大学電気通信研究所 講堂

本講演会は、現在の電子工業において大きな部分を占める LSI メモリの技術動向を、その開発に携わってきた第一人者より聞き、産業界における技術開発の方法論を学ぶことを目的に企画されたものである。

講演者は、DRAM セルの回路方式を創ってきた立役者の一人であり、その実績によりカリフォルニア大学(バークレー校), ウォータールー大学より請われて、講義を受け持った経験を有している。その経験をもとに、発想法についての具体的な提言、特許取得の重要性、学会活動と特許活動との関連性など、具体例を含めての講演であり、大学院生等若い研究者にとっても大変示唆に富んだ内容であった。

MRI 新技術と fMRI

電子総合研究所超分子部 亀井 裕孟

本通研講演会は平成 7 年 1 月 19 日に行われた。亀井氏は現在 f-MRI と呼ばれる脳機能計測法に先駆けて、差分 NMR 法による左右半球脳機能差計測を提唱されたことでも知られる、我が国における MRI 技術の第一人者である。

まず MRI の歴史が概説され、ついで多くの关心が寄せられている超高速イメージング技術、脳機能計測技術、顕微計測技術等について分かり易く説明された。特に、静磁場勾配を使用せずに高周波磁場勾配を使用する純回転座標系イメージング法は氏の提唱によるもので、体内に誘導される渦電流による神経刺激を避けながらリアルタイムに近い時間分解能が得られる方法として聴衆の关心を集めた。

顕微MRI は化学情報など豊富な情報が得られ、広く不均一系試料の物性研究の手段になることが述べられた。さらに、共鳴に伴う巨視的磁化変化を力の変化として検出することによる、生体分子立体構造の原子レベルでの可視化という魅力あふれる夢も披露された。講演後、活発な質疑があり好評であった。

量子効果のデバイス応用

—最近の進展と課題—

東京大学先端科学技術研究センター 横 裕之

量子効果はHEMTや低しきい値レーザなどに利用され、さらに今後の研究によって様々な可能性を持っている。その1つであるII-VI族の化合物半導体を使った青色レーザの実現は大きなインパクトを与えた。最近では、InGaNを使った青色LEDも開発されている。これまでの半導体レーザでは伝導帯と価電子帯のバンド間遷移による発光が利用されているが、量子井戸のサブバンド間の遷移を利用する試みもなされている。電子デバイスにおいても、量子井戸の電子のチャンネルを工夫して電子1個の移動を制御できる単電子デバイスの研究が進められている。

原子オーダ制御 GaAs 表面の構造と電子状態

東京大学大学院工学系研究科 尾嶋 正治

超高速電子デバイスや光デバイスへの応用が期待されているGaAsは、表面安定化という大きな課題をかかえている。そこで尾嶋氏の研究グループは、GaAs表面を原子オーダで制御する技術(S, Se, Sb, Si)の開発、その表面構造・電子状態の解析、安定化したGaAs表面への量子ナノ構造の形成という3本立てで研究を進めている。講演では、高エネルギー物理学研究所放射光実験施設(PF)のNTTビームラインで行った光電子分光法、EXAFS、X線定在波法などの実験についての解説を行い、それらの実験で得られた豊富な実験データに基づいて構築したGaAs表面の全体像を示した。さらに、今後の研究の進むべき方向についても言及した。

トカマクプラズマの実験

京都大学大学院理学研究科 嘩道 恭

京都大学理学研究科のプラズマ閉じ込め実験装置“WT-3トカマク”で行っている研究の最近のトピックスについて紹介する。円形断面の古典的な小型トカマク(主半径65cm, 小半径20cm)であるが、システムとしては、(I)イオンサイクロトロン波、低域混成波、電子サイクロトロン波を励起できる大電力(各々数百キロワット)高周波加熱源一式を常備している、(II)時間及び空間において高分解の測定が可能な軟エックス線デテクターアレイ(100チャンネル)及び電子サイクロトロン放射計測装置(32チャンネル)を備えている点に最大の特長がある。

本講演会においては、低域混成波を重畠したトカマク・プラズマで軟エックス線デテクターアレイを駆使して行った(1)テアリングモード不安定性のモード・ロッキングからメジャー・ディスラプションに到る過程と(2)m/n=2/1及びm/n=3/2モードの不安定性が関与する鋸歯状振動について調べた実験例を紹介する。

レーザーアブレーションの除染への応用

産業創造研究所 佐藤 俊一

平成8年2月23日に、産業創造研究所の佐藤俊一氏による「レーザーアブレーションの除染への応用」(産業創造研究所の清水幸喜氏、三菱重工の石出孝、丸山智義両氏との共著)と題する講演会を、東北大学工学部電気・情報系4階451室にて行った。本講演会は、第394回東北大学電気通信研究所伝送工学会議、電子情報通信学会東北支部、レーザー学会東北・北海道支部との共催で行われ、参加者は61名である。講演の内容は、強力な光エネルギーを有する超短パルスレーザビーム(ここでは主に波長1064nmのNd:YAGレーザ装置が用いられているが)の照射により金属表面に付着した異物を選択的に溶発除去(アブレーション)する技術とその応用に関する最近の実験的研究成果に関するものであり、例えば、原子炉の炉内機構のクリーニングや金属表面の塗装の除去等の方法として、非常に有望視されている技術である。レーザー波長や汚染物質の種類等に対するアブレーションの効果が比較検討された。

時間変動音の両耳知覚 (BINAURAL PERCEPTION OF TIME-VARYING SOUND)

Edward Ozimek

聴覚系は、両耳受聴においては、さまざまな物理的手掛けを用いることができる。両耳における時間および強さの差として現れる、頭や耳介の陰影効果による音のスペクトルの変化が、耳の両耳情報処理に影響を与える。実験においては、2種類の音の提示方法がある：1つはスピーカによる提示（これは localization という語に関係する）であり、他はヘッドホンによる提示（これは lateralization という語に関係する）である。localization は、水平面と垂直面で求められる。自然環境における音源の距離や localization の知覚も、重要である。両耳知覚の研究は、普通、2つの基本的な量、すなわち両耳間時間差（ITD）と両耳間レベル差（ILD）の評価を含む。両耳間時間差は低周波数において有用であり、両耳間レベル差は高周波数において重要である。我々の研究室では、最近、AM信号の変調度の両耳間差の知覚に関する研究を行っている。得られたデータは、低い変調指数では、両耳受聴で知覚される変調度が、左右の耳に提示される変調指数に線形に関係することを示している。すなわち、総合変調は、左右耳に異なって与えられた変調度の算術平均で近似される。また、変調指数が大きい値の場合は、知覚される変調度は、両耳の算術平均よりも低い。

準光学伝送によるミリ波電子サイクロトロン加熱システム

京大・院・理学研究科 瞳道 恭

核融合プラズマにおいて、ミリ波からサブミリ波帯の電磁波を用いた加熱及び制御は重要な位置を占めている。すなわち電子サイクロトロン共鳴加熱（ECH），電子サイクロトロン電流駆動（ECCD），および局所加熱による分布制御等である。大出力のミリ波源であるジャイロトロンの発達にともない、ECH はプラズマの追加熱の手段として重要な位置を占めるに至った。また ECCD によって、プラズマ電流の維持、また局所的な加熱を利用した電流分布の制御が可能である。本講演においては、8.8 GHz ジャイロトロンを用いた電子サイクロトロン第2高調波によるプラズマ加熱を目指した、ジャイロトロン及び伝送光学系の設計及び製作について述べる。ジャイロトロンは共振器モードが TE₈₂ で、ブラソフ型モード変換器を内蔵しており、加速電圧 80 kV，ビーム電流 15 A で最大出力 350 kW，パルス幅 100 ms の発振が得られる設計となっている。また、この出力は準光学型伝送系を用い、ジャイロトロンからプラズマ真空容器まで、約 10 m の伝送を可能としている。

非平衡散逸系のパルス衝突

お茶の水女子大学理学部 太田 隆夫

日時：平成 8 年 3 月 13 日（水） 10:00–12:00

場所：東北大学電気通信研究所 2 号館 3 階 セミナー室

拡散反応系などに代表される非平衡散逸系における孤立パルス解の衝突現象の理論に関する講演が行なわれた。太田氏は、散逸系におけるパターン形成の分野における第一人者であり、ごく最近の発展まで含めながら、分かりやすく解説した内容であった。

保存系におけるパルス型の孤立解としてソリトン解がよく知られているが、神経場や化学反応場、プラズマなどにおいて、散逸系でありながら安定なパルス解の衝突や反射、振動などの現象が見つかっており、これまでその理論的解明はなされていなかった。太田氏は、この現象を示す拡散反応系の方程式のモデルを提案し、界面のダイナミクスを取り出す縮約法によりパルス解の静止、運動条件、振動条件、反射条件などを理論的に予測可能であることを初めて示した。講演中および講演終了後も活発な意見が交わされた。

Quantum Well Intersubband Transition Basics and Infrared Devices

カナダ国立研究機関 H. C. Liu

平成8年3月14日に開催された本通研講演会では、カナダ国立研究機関のリウ博士が「量子井戸中のサブバンド間光学遷移の基礎と赤外デバイスへの応用」について講演した。本講演ではリウ博士の研究成果を中心に、次の4項目について詳細な解説があり、その後活発な質疑討論が行われた。

- (1) 量子井戸中のサブバンド間光学遷移の基本的機構と物理 (GaAs/AlGaAs量子井戸を中心)。
- (2) 量子井戸赤外光ディテクタ(QWIPs)の動作機構。特にデバイス応用の際に重要となる暗電流と光伝導利得について。
- (3) QWIPs赤外イメージングアレイ。通常の赤外イメージングアレイの作製法についてまとめたあと、(a) 発光素子との集積化、(b) ヘテロ接合バイポーラトランジスタとの集積化について。
- (4) QWIPsの高周波動作。最大82 GHzまでの動作が確認されたこと、さらにマイクロ波検波、赤外ヘテロダイイン、ミキシングについても述べられた。

非線形分光法による固体基板の評価

北陸先端科学技術大学院大学 水谷 五郎

水谷五郎氏は、現在北陸先端科学技術大学院大学の助教授をされている。専門は光学的手法を用いた表面界面物性の評価と研究である。講演では、第二高調波発生分光 (SHG) と多光子励起発光分光を用いた最近の研究成果についてご紹介いただいた。TiO₂は水中で紫外光照射すると酸素が発生する光触媒として有名であり、その触媒機構の解明はたいへん興味深いが、水中という特殊環境から通常の表面分析手法は適用できない。SHGは光のみを用いた表面分析手法であるのでこのような状況にも問題なく適用可能となる。実際にTiO₂からのSHG信号を観測し、これが表面で発生したものであることを示した。SHG強度の方位角依存性は試料結晶のボンドの空間的方向に対して敏感であるから、SHGを半導体の面方位決定のための手段に使える可能性がある。実際、SHG分光によりGaAsの面方位が決定できることを示した。多光子励起発光は貴金属材料で発見されたが、同じ現象が超伝導体であるNb₃Snでも観測されること、超伝導転移点を境に発光強度の温度依存性が変化することを初めて示した。

制御理論(多次元システム理論)と計算機代数

豊橋技術科学大学知識情報工学系 斎藤 制海

平成8年3月18日、豊橋技術科学大学知識情報工学系教授斎藤制海氏を迎えて標記講演会を行った。斎藤氏は、制御系設計への数式処理応用に関する研究のパイオニアである。講演では、制御理論、とくに最近著しい進歩を遂げている多次元システム理論と計算機代数との関連を豊富な事例を用いて分かりやすく解説した。さらに、斎藤氏が得た最近の成果のうち、近似スペクトル分解法についてその原理と応用例について概説した。スペクトル分解は信号処理やシステム制御で重要な役割を果たしており、スペクトル分解を行うための多くの数値解法が知られているが、斎藤氏の方法は、多項式係数にパラメータが含まれていても適用できるもので、数式処理と数値処理の混用法である点に特色がある。

第6章 予算の概要

本研究所の予算の概要

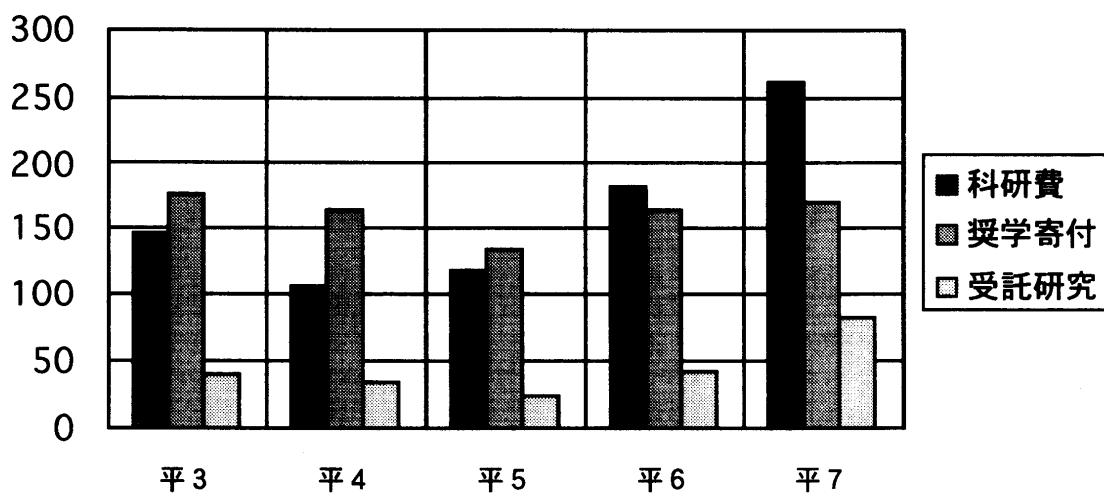
(千円単位)

項目 \ 年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度	平成7年度
人件費	740,603	758,314	813,509	843,785	856,794
物件費	545,291	539,527	712,592	623,659	2,162,356
科研費	146,300	107,300	118,800	183,000	260,300
奨学寄付金	177,752	164,816	132,890	163,667	171,130
受託研究費	38,902	32,559	22,649	41,981	81,549
共同利用研究施設運営費				26,572	46,317
その他経費	148,602	52,068	93,507	28,213	99,085
計	1,797,450	1,654,584	1,893,947	1,910,877	3,677,531

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7年度について大まかに分析すると、物件費約21.6億円の中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、16.7億円が営繕費、設備整備費、その他の経費であり、各研究分野で校費として使用した経費は全体で約9千万円であった。本年度の予算で特徴的なことは、営繕・設備整備費及び共同利用施設運営費が大幅に増額されたことで、その大半は実験施設の整備に当てられた。

研究部門に配分された校費（9千万円）に、科学研究費2.6億円、奨学寄付金1.7億円、及び受託研究費8千万円を加えた総額6億円が直接の研究経費として研究部門で使用された。直接研究経費に占める校費の割合は約16%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さらに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ると考えられる。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年度まで減少の傾向にあったが、平成6年度からは増加の傾向を示している。平成7年度もこれらの直接研究費が伸びていることは本研究所の全国共同利用研究所としての活性度が増していることの証であると考えられる。



(単位：百万円)

科学研究費補助金

研究種目	代表者	1995年度 交付金額	補助金総額 (千円)	研究課題	助成年度
重点(1)	坪内 和夫	49,200	49,200	時間情報瞬時処理システム	1995～1997
重点(2)	佐野 雅己	3,000	3,000	アクティブエレメント集合体の数理と実現	1995～1997
〃	伊藤 弘昌	2,600	2,600	有機イオン塩光学結晶を用いた機能性光エレクトロニクスデバイスの研究	1995～1997
〃	大野 英男	1,900	1,900	化合物半導体結合量子井戸構造における量子電子輸送現象	1995～1996
総合(A)	白鳥 則郎	3,900	6,400	次世代の総合情報処理システムに関する研究	1995～1996
〃	大野 英男	2,200	4,400	スピニ制御による半導体超構造の新展開	1995～1996
総合(B)	沢田 康次	2,300	2,300	カオス科学の新展開－複雑性の解明と制御	1995
一般(A)	宮本 信雄	4,700	38,200	表面電子分光による半導体表面化学反応の放射光励起効果と反応機構の研究	1994～1996
一般(B)	潮田 資勝	600	6,100	紫外レーザー励起による表面吸着分子のラマン散乱	1994～1995
〃	庭野 道夫	1,200	7,500	有機金属を用いた光触媒反応による層状超薄膜構造の形成	1994～1996
〃	松浦 孝	2,500	6,900	原子層エッチング表面における自己制限型表面吸着・反応素過程に関する研究	1994～1995
〃	川上彰二郎	2,300	7,400	光ファイバ直接集積化液晶光制御デバイスの研究	1994～1995
〃	鈴木 陽一	2,500	5,800	両耳効果ディジタル補聴システムに関する研究	1994～1995
〃	佐藤 雅彦	2,500	7,200	構成的プログラミングを実現する証明・検証・合成システム	1994～1995
〃	矢野 雅文	800	4,900	培養神経回路網における多形回路の自己組織	1994～1995
〃	伊藤 弘昌	6,000	7,600	ファジィモードレーザの基礎と応用に関する研究	1995～1997
〃	裴 鐘石	4,400	6,800	準光学的共振器を用いたミリ波帯重力合成型固体発振器	1995～1996
〃	曾根 敏夫	3,600	5,700	補聴器のための環境騒音除去システムに関する研究	1995～1996
一般(C)	中島 健介	600	2,300	結晶粒界の機能性を利用した高温超伝導三端子デバイスの研究	1994～1995
〃	上原 洋一	2,400	2,400	S T M発光による金属微粒子の単電子チャージアップ効果の研究	1995
〃	遠田 義清	2,100	2,500	光電子分光強度の振動測定による單原子層精度結晶成長のその場観察	1995～1996
〃	嶋脇 秀隆	1,800	2,200	微小冷陰極による超微細電子ビーム形成に関する基礎的研究	1995～1996
〃	竹内 正男	2,300	2,300	超音波マイクロピンセットに関する研究	1995
〃	佐野 雅己	2,600	2,600	動的破壊における非線形挙動の実験的解明	1995

研究種目	氏名	1995年度 交付金額	補助金総額 (千円)	研究課題	助成年度
奨励(A)	坂本 謙二	900	900	ポリイミド配向膜表面と単分子液晶層の分子配向相関	1995
〃	松倉 文礼	900	900	III-V族希薄磁性半導体の分子線エピタキシによる成長とその物性	1995
〃	小澤 賢司	1,000	1,000	聴覚系におけるスペクトル分析過程の新しい推定手法に関する研究	1995
〃	高根 昭一	800	800	室内音響解析のための壁面音響特性の評価法に関する研究	1995
〃	佐藤 尚	1,000	1,000	プラズマCVD法による平坦膜の作製と広帯域積層形偏光分離素子への応用	1995
〃	デバシスD	1,000	1,000	逆スロット線路を用いた60GHz帯ミリ波光変調器の研究	1995
〃	花泉 修	1,000	1,000	歪み格子量子井戸よりなる光励起垂直入射型光増幅器の作製に関する研究	1995
〃	亀山 幸義	900	900	自己反映原理を応用した構成的プログラミング	1995
〃	龍田 真	1,100	1,100	帰納的定義を用いたプログラム合成	1995
〃	牧野 恒也	900	900	光学計測システムを用いた神経活動の16000点同時測定による記憶構造の解析	1995
〃	早川 吉弘	800	800	神経回路網によるアクティブ情報処理に関する研究	1995
特別研究員 奨励賞	後藤 欣哉	1,300	4,100	超微細Si-Ge系ヘテロデバイスに関する研究	1993~1995
〃 〃	佐藤 茂雄	1,300	2,800	新しいアナログシナプスを用いた大規模人工神経回路の集積化	1994~1995
〃 〃	湯瀬 晶文	900	1,800	進行する亀裂パターンの研究	1995~1996
〃 〃	ボック・K	700	1,200	超薄膜結晶の成長と評価	1994~1995
〃 〃	アントワン	1,100	1,100	大自由度複雑系の普遍法則	1995
試験(A) (2)	中村 慶久	32,100	35,700	スピニック・データストレージ・メディア作製装置の試作	1995~1996
試験(B) (1)	川上彰二郎	1,800	12,200	積層構造を持つ超小型偏光分離素子の開発研究	1994~1996
〃 〃	荒井 賢一	1,700	14,400	極薄珪素鋼帶の磁区細分化技術	1994~1995
〃 〃	横尾 邦義	14,800	16,600	伝導冷却超伝導マグネットを用いたミリ波帯電磁波の発生に関する研究	1995~1996
試験(B) (2)	坪内 和夫	3,000	18,700	シングルエレクトロン・トランジスタの開発	1993~1995
〃 〃	庭野 道夫	900	12,600	赤外反射分光法による半導体結晶表面の原子制御計測の開発	1993~1995
〃 〃	伊藤 弘昌	7,500	18,500	ドメイン超格子による複合機能非線形光デバイスの試作研究	1994~1996
〃 〃	松浦 孝	2,000	14,300	垂直極微細加工可能なSiの自己制御型原子層ニッティング技術の開発	1994~1996
〃 〃	白鳥 則郎	2,600	10,200	状況依存エージェントを用いた知的グループウェアの研究開発	1994~1996
〃 〃	中島 康治	3,100	8,000	超伝導集積化ニューロ計算機の試作研究	1994~1995
〃 〃	曾根 敏夫	4,500	11,100	高機能ディジタル補聴器の開発とそのフィッティング手法の研究	1994~1996
〃 〃	沢田 康治	6,500	9,900	完全線形化SDAMを用いたダイナミックメモリ集積化の試作研究	1995~1996
〃 〃	大野 英男	4,400	8,300	希薄磁性半導体メモリデバイスの研究	1995~1996
〃 〃	上原 洋一	2,800	3,300	STM発光スペクトロスコピー用探針位置ロック手法の開発	1995~1996

研究種目	氏名	1995年度 交付金額	補助金総額 (千円)	研究課題	助成年度
試験(B) (2)	室田 淳一	10,200	13,500	Si系超格子デバイス作製のための原子制御CVD装置の開発研究	1995~1997
〃	中島 健介	9,600	15,600	シリコンを基板とする高温超伝導ミリ波サブミリ波帯検出器	1995~1997
国際学術 (共同)	末光 真希	1,100	2,400	無添加GaAs結晶の半絶縁化機構に関する研究	1994~1995
特別研究員 奨励賞	センアイドン	1,100	1,100	InMnAs/AISb希薄磁性半導体ヘテロ構造の分子線エピタキシ成長と評価	1995
〃	ガブリエル	1,100	1,100	関数型プログラミングと並列性	1995
一般(A)	中村 慶久	24,400	33,300	テラビット・スピニック・データストレージの基礎検討	1995~1997
一般(C)	早川 美徳	1,500	1,500	動的破壊現象のモデリングと解析	1995

研究種目	分担者	1995年度 交付金額		研究課題	
総合(A)	大野 英男	400		エピタキシャル成長の量子論と構造のダイナミックス	
〃	室田 淳一	200		I V族半導体超格子の原子層成長	
重点(1)	矢野 雅文	3,700		創発現象の数理	
〃	潮田 資勝	3,000		個々の原子のトンネル物性	
〃	佐野 雅己	6,300		フラクタル破壊の実験モデルと数理モデルの開発	
総合(A)	山下 努	150		高温超伝導体の異方性とその制御	
〃	川上彰二郎	200		次世代光通信システムに関する総合研究	
〃	米山 務	300		TEM導波路を用いた超高能率平面アレーランテナの研究	
〃	白鳥 則郎	200		メディア統合型多次元移動体情報ネットワーク構築の研究	

1995年度受託研究経費の内訳

(他省庁・県・市町村等公的機関からの受入実績)

機 関 名	研究代表者	受 託 研 究 事 項	受託金額(千円)
秋田県高度技術研究所	中村 慶久	電子計算機を利用した高密度磁気機構の解明及びその解析手法	3,000
新技術事業団 (科学技術庁)	大野 英男	Ⅲ-V族をベースとする希薄磁性半導体とその量子構造	500
(財)テレコム先端技術研究支援センター (郵政省)	白鳥 則郎	やわらかい通信ネットワークに関する基礎的研究	2,000
(財)テレコム先端技術研究支援センター (郵政省)	伊藤 弘昌	超高速フォトニクス光源の研究	4,499
(財)テレコム先端技術研究支援センター (郵政省)	川上彰二郎	多層膜偏光分離素子と光ファイバ垂直集積デバイスへの応用	2,811
(財)テレコム先端技術研究支援センター (郵政省)	中島 健介	層状高温超電導体を用いたミリ波・サブミリ波伝送線路の研究	3,800
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (通産省)	伊藤 弘昌	誘電体ドメイン超格子を用いた超高速フォトニックデバイス	36,088
(学)金沢工業大学 (科学技術庁)	矢野 雅文	無限定環境における自在コマンドシステムの設計原理とその応用	14,255
(財)半導体研究振興会 (科学技術庁)	荒井 賢一	磁場中超磁歪材料の創製	3,221
日本原子力研究所 (科学技術庁)	横尾 邦義	大出力ミリ波FEL用高輝度カソードに関する研究 (II)	2,500
日本学術振興会産学共同研究	山之内和彦	高度情報通信システムのための次世代弾性波素子とその機能材料の研究	25,000

COE関連研究経費（1995年度分）

事 項	予 算 額	備 考
中核的研究機関支援プログラム	千円 237,301	
研究高度化推進経費	19,000	
非常勤研究員経費	11,266	3名分
外国人研究員経費	7,035	2名分
先導的研究設備経費	200,000	

奨学寄付金の受け入れ

(株)アドバンテスト	超高速ネットワーク
アルプス電気(株)	T D K
アンリツ	電気通信普及財団
石田記念財団	東京電力
A T R 通信システム	東京電力技術開発センター
エス技術	東芝
N E C	東芝研究開発センター
N E C 光エレクトロニクス	東北アルプス
N E C マイクロエレクトロニクス	東北開発記念財団
N E C 資源環境技術研	東北テクノブレインズ
N T T	東洋通信機
N T T データ通信	トーキン
沖電気工業	(株)トキメック
小野音響学研究助成基金	徳山科学技術振興財団
オプテックス	日産科学振興財団
カイジョー	日本板硝子
キャノン	日本碍子
京セラ	日本電気(株)
クラリオン	日本電気電子コンポーネント
慶應工学会	日本電波工業
K D D	日立映像
ケミトロニクス	日本鋼管
小糸製作所	日本酸素
光電製作所	日立
国際電気	日立システム開発研究所
三星電子(株)半導体部門	日立中央研究所
C & C 財団	日立デバイス開発センター
島津製作所	日立電線
シャープ	日立半導体事業部
ジョイント・ラボ仙台	日立日立研究所
情報ストレージ研究推進機構	日立マルチメディア
昭和電線電纜	日野自動車工業
新技術事業団	富士通
新世代研究所	富士通東北ディジタルテクノロジイ
新日本製鉄	富士電機総合研究所
新日本無線	フロンティック
住友財団	ホシデン
住友スリーエム	本田技研
ソニーコンポーネントカンパニー	松下电工
大興電子通信(株)	松下電子部品
高橋産業経済研究財団	三井金属鉱業
中央電子	ミツミ電機

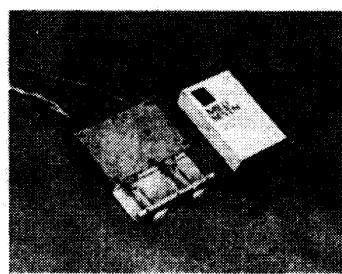
三菱化学横浜総合研究所
三菱電機
三菱電機材料デバイス研究所
三菱電機情報システム
三菱電機情報技術総合研究所
三菱電機電子システム研究所
三菱電機パーソナル情報
三菱電線工業
三菱マテリアル
宮城沖電気
村田学術振興財団
明電舎
盛岡地域交流センター
森田化学工業
八木アンテナ
ユニシアジェックス
リコー
リコー応用電子研究所
ワイ・アール・ビー

計 153件 171,130千円

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・功績名等
情報処理学会奨励賞	徳田 佳一	情報通信システム研究分野	エンドユーザ向けUI開発支援環境CUIDEの試作とその評価
日本音響学会学術奨励賞 (粟屋賞)	小澤 賢司	音響情報システム研究分野	基本周波数が異なる広帯域音のピッチと音色に関する考察
応用磁気学会平成7年度論文賞	田河 育也 中村 廉久	情報記録デバイス工学研究分野	Co-Cr垂直磁気記録媒体のM-Hループにおける粒子間相互作用の影響
IEEE Distinguished Lecturer	米山 務	電磁波伝送工学研究分野	IEEE MTT-S Distinguished Microwave Lecturer
志田林三郎賞	米山 務	電磁波伝送工学研究分野	NRDガイドの発明など情報通信の発展に対する多大な貢献
電子情報通信学会平成7年度学術奨励賞	玉置 尚哉	電磁波伝送工学研究分野	直交非放射性モードを利用したNRDガイドFET増幅器
電子情報通信学会業績賞	山之内和彦	フォノンデバイス工学研究分野	弾性表面波フィルタの開発と実用化
日本音響学会学術奨励賞 (粟屋賞)	小田川裕之	フォノンデバイス工学研究分野	5GHz帯 $\lambda/4$ 膜厚差型一方向性低損失弾性表面波フィルタ
平成8年第11回電気通信普及財団賞(テレコムシステム技術賞)	中瀬 博之 葛西 徹 中村 幸則 益 一哉 坪内 和夫	電子音響集積工学研究分野	One Chip Demodulator Using RF Front-End SAW Correlator for 2.4GHz Asynchronous Spread Spectrum Modem

第 8 章 トピックス



60ギガヘル シーバーお目見え

中央電子「NRDガイド」採用

中央電子(東京都八王子市元一氏、☎0426・233・1211)は、東北大学電波通信研究所米山務教授の「ZRDガイド」理論(用語参照)を採用して、同社が開発したトランシーバー試作品「COM60G-TR」を発表した。これは、米山教授が提唱するZRDガイド方式を採用、回路部で製品化が困難だった六十ギガヘルシーバーの開発に成功した。郵政

本郷町1-9-9、社長高橋亮一)は、東北大学電波通信研究所米山務教授の「ZRDガイド」理論(用語参照)を採用して、同社が開発したトランシーバー試作品「COM60G-TR」を発表した。これは、米山教授が提唱するZRD

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも

六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離通信時の混信

ミリ波妨害を抑え、同一周波数で複数の電波を同時に利用するため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

ミリ波は無線による大容量の情報伝送が可能な電波で、周波数は三十三吉ガヘル程度が広く、携帯電話などの急速な普及に伴う周波数不足対策として利用に期待が高まっている。なかでも六十ギガヘルシーバーは、他の周波数より減衰(雨や霧などの空気中の微小な水滴に当たってエネルギーが減少する)が大きいため、近距離通信時の混信

省が提唱する「未利用地帯の開拓」に適した地域の開拓・促進策」に採用されるため、近距離のヘルシーバーの製品化で近距離のヘルシーバーのマル

日刊工業新聞 1995年4月6日掲載

東北大医学部耳鼻科の高坂知節教授と同大電気通信研究所の曾根敏夫教授、小野測器(本社・横浜市緑区)などの共同研究グループは、世界初の完全デジタル式補聴器「クリアトーン」を開発。今月五日から販売を始める。使用者の難聴の特性や程度に合わせて、音をより聞き取



聞きやすくなる音を解析

りやすい形で増幅出来るのが特徴で、特に老人性難聴に適しているという。難聴は、鼓膜など音の伝達経路の障害による「伝音性難聴」と、老人性難聴による「感音性難聴」がある。このうち感音性は、聞き取れる音の範囲が健聴者に比べて狭く、従来のアナログ

症状に合った補聴器をどうぞ

式補聴器による音の単純増幅では、聞こえ過ぎる音域が生じる。そのため、「うねり」(幅七ミリ、厚さ二・四ミリ)と「不快」との苦情が出ている。今回開発された新型補聴器を使つ場合、事前に、聞こえるくまで、周波数の範囲を測定などは、難聴特性の測定などは、仙台市青葉区の河北聴覚センター(センター長・河本和友東北大学名譽教授)で発

完全デジタルの 東北大医学部・電通研共同で 補聴器を商品化

十七日発表された。デジタル技術を応用して従来の補聴器よりも細かに音を増幅、可聴範囲を広げたのが特徴で、老人性難聴などに悩む人にとって優れた補聴効果が得ら

きめ細かく音を増幅

の承認を受けた。価格は三十六万二千円。日常生活で用いられる音声帯域(二十ヘルツ~六十ヘルツ)を二十四に細かく分割、音の大きさのデータ

河北新報 1995年8月18日掲載

東北大医学部と東北大電気通信研究所が共同開発して、世界で初めて実用化に成功して完全デジタル補聴器「クリアトーン」が商品化され、

日々厚生省から医療機器に厚生省から医療機器へ、より大きな補聴効果

も加え、個人の症状に合わせて別々の増幅度を与えることができる。このため、三十四分割しかでない、大きなかつた従来型に比

れる。

クリアトーンは長さ十

二三ミリ、幅七ミリ、厚さ二・

三ミリ、重さ三百三十グラムの

ため、三十四分割しかで

ない、携帯タイプ。先月二十六

きなかつた従来型に比

べ、より大きな補聴効果

実用化した。

医師の診断と指導の下

で普及させることが必要

なため、当面、仙台市青

葉区五橋一丁目二ノ二

八、河北新報社別館にあ

る河北診療所耳鼻咽喉科

・河北聴覚センター(セ

ンター長・河本和友東北

大学名譽教授)022(2

14)4024だけで発

売される。

読売新聞 1995年8月18日掲載

個人に合わせて補正

デジタル式補聴器 小野測器など開発

小野測器（社長小野隆彦）は東北大電気通信研究所、同医学部耳鼻咽喉科と共同で完全デジタル方式の補聴器「クリアトーンDH-1000」を発売した。専門販売会社とし

て九五年四月に設立したクリア

トーン（仙台市青葉区五橋）の

2月28、社長高坂知勝氏、20

十五日から販売、装用検査（フ

ィッティング）を開始する。価

格は三十六万三千円。

会話が聞き取りにくい、少

さなかった。

「クリアトーン」

はこの補聴処理を完璧デジタル化す

ることで個人の特

性に合わせた補聴

を表現した。内部

メモリーに記憶さ

る音が大きくなるなどの症状がみられる感音性難聴（老人性難聴）は、感音神経の生理的変化によって起るものである。

補聴のためには、音の強さや周波数によって違う個人の聞こえ

方（ラウドネス特性）を補正す

る必要があるが、従来のアナロ

グではこれを十分にカバーで

こなすのが難しかった。

補聴器が自動的に音量調整を行

うため、従来のボリューム調整は不要。東北大が行った臨

床試験の結果、感音性難聴者の

70%から良好な評価が得ら

れ、とくに中度から高度の感

音性難聴に適応するとしてい

る。

れた個人のラウドネス特性に基づき、入力音の周波数成分を

デジタル信号処理によって瞬時

に解析、どのような入力音に対

しても各周波数の音の大きさが

健聴者と同じになるようデジ

タルフィルターの特性を変化さ

せて補聴処理を行う。

補聴器が自動的に音量調整を

行うため、従来のボリューム調

整は不要。東北大が行った臨

床試験の結果、感音性難聴者の

70%から良好な評価が得ら

れ、とくに中度から高度の感

音性難聴に適応するとしてい

る。

医師の関与が少なかった従

来型を改め、医師の診断のも

とラウドネス特性を測定し、

音響特性へのあわせ込み（フ

ィッティング）を細かに

行う。昨年四月、検査、フィ

ッティングを専門

として河北診療所耳鼻咽喉科

内河北聴覚セターベン

ターベン・河本和友、北大名

誉教授）も開設された。高坂

教授は「今後はフィッティン

グの内容をアカデミックに解

析するとともに、患者の感想

を分析し、医学部（医学部が

協力して改良を重ねてく

る」と話している。

九三年をめどに、高坂教授

らを中心に全国初の「感音

難聴研究会」を設立する計

画があるが、経済的負担のあ

りを受けて、実現には至って

いない。

「研究所が必要とする基

本的な考えは変わらない

が、社会情勢から現在は

があるが、経済的負担のあ

りを受けて、実現には至って

いない。

「研究所が必要とする基

本的な考えは変わらない

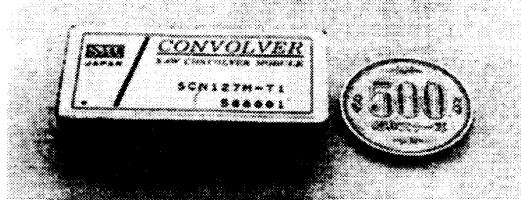
が、社会情勢から現在は

あるが、経済的負担のあ

りを受けて、実現には至って

いない。

「研究所が必要とする基



線 LAN (構内情報通信網) で使われるスペクトラム拡散通信方式の無線モードの受信機に使われる主要部品。

エネルギー効率17%向上

昭和電線
東北 大
5分の1の小型化実現

昭和電線管野に十二日
東北大学電気通信研究所と
共同で從来比一七倍のエネ
ルギー効率アップを実現し
た圧電弹性表面波（SA
エレクトロニクス）を発表した。この
化も実現し、横一ミリ×厚さ〇・五ミリと従
来の約五分の一の大きさと

品に搭載していくが、十月からは外販も開始する。

消費電流一ナリバ、たゞ一
いる。
サンプル価格は約十万円
で、年産一万個体制が整
った時点で約一萬円に抑え
る。三年後に年間約二万個
の販売を目指す。

日本工業新聞 1995年9月13日掲載

三義マテリアルと理化学研究所、東北大学の共同研究グループは十九日入射したレーザー光をより波長の短い光に変換する新しい結晶を作製したと発表し

た。取り扱いが容易な固体レーザー装置の光を紫外線領域の光に変えることが可能で、マイクロマシン（微小機械）や次世代半導体の製造などに幅広い応用が期待

待できるといふ。今後、実際に結晶を使った装置を開発し、実用化を目指す。

・ガーネット)レーザーの光を通すと、波長が四分の

の二百十三ナミに変わつて、
遠紫外線になる。

たの七用の期待できる。一だが、ガスを放電させ光を得るために装置がで制御や保守が難しい回の結晶を用いた固体ザーは装置の小型化な

レーザー光 短波長変換へ結晶 三義マテ 理研など 紫外線領域容易に



三菱マテリアルなどが作製

結晶は半導体に使うシリコン結晶と同じ手法で量産でき、実用性が高い。

0日掲載

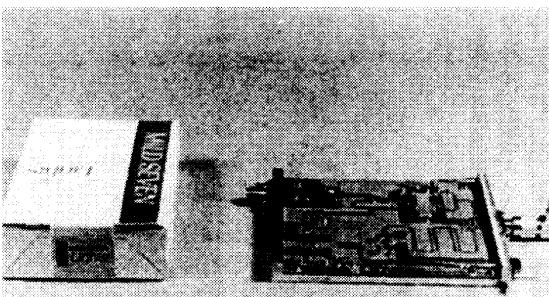
日本経済新聞 1996年1月20日掲載

スペクトラム拡散無線通信モデム

新世代携帯端末開発に道

東北大研究グループ

のメーカーに技術協力し製品化に結び付けたい」としている。今回の研究成果は、十月十九、二十の両日、仙台市太白区秋保町のホテルクラセントで開かれる電子情報通信学会スクール拡散研究会（委員長・坪内教授）で発表される。



東北大電気通信研究所の坪内和夫教授(電子音響集積工学)の研究グループは、雑音の影響を受けずにスペクトラム拡散方式の信号技術を活用した無線通信モデル(変復調装置)のカーデサイズ化に成功した。心臓部の素子を独自に開発し、小型、軽量、省電力化を実現した。新世代の無線携帯情報端末の開発に道を開く基礎技術として注目を集めそうだ。

スペクトル拡散方式
散して送信、受信側で雜音
用化が始まっている。

に道を開く基礎技術として注目を集めそうだ。

た。心臓部の素子を独自に開発し、小型、軽量、省電力化を実現した。新

東北大電気通信研究所の坪内和夫教授（電子音響集積工学）の研究グループは、スペクトラム拡散方式の信号技術を活用した無線通信モデル（変復調装置）

新世代携帯端末開発に道

夕の伝送収集
などで既に実
験開発した方
式を用いて、
素子製造技術を活用して回
路を簡略化したSAWコリ
レータと呼ばれる相関器を
使用。モドムを縦・横約八
ドサイズのス
ベクトルム拡
散無線モデム
体積比では従来型の五十
倍、厚さ五ミリの大きさにす
ることに成功した。

坪内教授は「今後は複数分の「から十分の一」になり、今後開発される端末機の大変な小型化、軽量化につながる」という。

雑音の影響を受けにく
カードサイズ化に成功し
無線携帯情報端末の開発

元に道 東北

1995年9月28日揭載

テラヘルツ波発生

東北大電通研 特殊結晶を活用

東北大電気通信研究所の伊藤弘昌教授らの研究グループは、(光)前後の屈折波が一、(光)屈折波を発生することに成功した。特殊な結晶にレーザー光を当てるごとに、波長と波面のそろったコヒーレントなテラヘルツ波を発生した。波長は連続的に変えることができ、表面も小型で済む。大容量の光通信や高分解能レーダー、医学・バイオ分野などに応用が期待できるといふ。二十日を開く応用物理学東北支部大会で発表する。

百十五μm(一μmは千分の一μm程度)の周期的な溝を付けたニオブ酸リチウム結晶にYAG

レーザーを当てて励起し、問波数の新しい電磁波を発生させた。

結晶中で発生したテラヘルツ波を溝で回折させ、従来よりの効率を大幅に高めた。

発生波長は長さが五十μm程度まで可変化させることが可能。

レントゲンも漏れていため、基盤科学分野をはじめ様々な分野に応用できるといふ。

テラヘルツ波は波長が百一五

μm程度のマイクロ波なり

分野。非破壊検査や航空機を誘導するレーダーなど工学分野のほか、がんの診断などの医学分

野にも応用が期待されている。

日本経済新聞 1995年12月16日掲載

1.5ギガヘルツに対応

透磁率測定装置

凌和電子が発売

【仙台】凌和電子（仙台市若林区南木町48、社長安藤正久氏、☎022・266・4188）は、磁気計測機器の分野を強化する。その一環として東北大学電気通信研究所の荒井賢一研究室の協力を得て一・五ギガヘルツに対応できる透磁率測定装置を四月をめどに商品化する。携帯電話などのハイテク、小型・軽量化に伴い、高い周波

数の下でも特性を失わない磁性材料に対する需要が増えているため、その測定機器へのニーズが高まっているもの。海外にも販路を拡大し、主力製品に育成する。

一・五ギガヘルツに対応できるこの装置は、すでに製品化している七百メガヘルツに対応できる「パーミアンスマーターPMF-001」の改良型。計測のため磁性材料を磁化する平面平板型の励磁（れいじ）コイルをテーパー構造にすることで、コイルとケーブル間およびコイル内部に不整合を発生させないようにして測定に必要な五十サの特性インピーダンス（高周波抵抗）を一定に保ち、一・五ギガヘルツに対応していく。

製品の大きさは幅十二×奥行き七×高さ四センチ。荒井研究室が理論を確立、凌和電子が商品化し研究所などに納入する。パソコンや各種増幅器などとセット

のため同測定装置だけを得たいユーザーには分離販売も行う。

価格は未定だが百万円から一百万円程度になる見込み。

日刊工業新聞 1996年1月12日掲載

電源切れても記憶持続

フラッシュメモリー

マルチメディアに向く



パソコンに使われる、大型切手サイズのメモリーカード

みんなの

Q&A

Q なぜなら。で、半導体メモリーって、何がついて情報が記憶するの？

A 「コンピュータ」という電子部品があるた
め。テクノロジーといふ家電製品が多く使
われている。電気をためる性質があり、
電気があれば「0」、なければ「1」といっ
た形で情報がため。結果のわりや
すが金属と絶縁体の中間で、伝わる方を制
御やすいといふのが半導体のメ
モリーは、シコロの基板に超小型コントロ
ーラーをつけてあるんだ。

Q 去年、人気のPHS（西日本携帯電話）
話を買おうと思ったら、「[ラッシュメモリ
ー]の不足で生産が追いつきません」と書
かれてたんだけど、一体どんなもの？

A 半導体のシリコンを使つて情報を記憶
しておく部品をメモリーと貰うんだ。フ
ラッシュメモリーは新しい仲間なんだ。

Q パソコンの中にたくさん入っているメ
モリーと同じなの？

A ちょっと違う。パソコンにはDRAM
といふ読み書きの速いメモリーがたくさん入
っているけど、電源を切ると記憶が消えてしま
う。携帯電話にだと困るので、電池が
切れると途中で電話をかける手段なんか消え
ないフラッシュメモリーが使われている。こ
の性質は「不揮発性」と呼ばれてるんだ。

舛岡富士雄・東北大教授が、裏方にいたひ
に開発した日本生まれの技術だ。

Q ほかには使えないの？

A データ読み書きする速度がDRAM
よりかなり遅いから、パソコンのメモリーに
は使えない。メーカーでは、デジタルカメラ
など音声や画像を扱うマルチメディア向きの
新しい配達装置として期待している。

Q どうしてフラッシュメモリーって書か
のかな。

A 一回、電圧をかけるだけでデータをい
つぶん消せるので、専門の「フラッシュ」をイ
メージして舛岡さんが命名したそうだ。

Q メモリーは、日本の独創性って聞け
ど。

A いや、必ずしもそうだ。DRAMの生産は世界一だ。
勢力の高い上位が韓国。昨年の世界の半導
体市場では、日本の市場占有率が11年ぶり
に四割を割ってしまった。「フラッシュメモリ
ー」も日本で開発されたのだ。米国のス
ターがいち早く注目して開発に力を入れ、生
産は米国の方が多い。PHSなど使われるフラ
ッシュメモリーの1時短は不足の米国メーカー
の生産が間に合わなかったんだよね。
日本のメーカーに注目してほしいね。

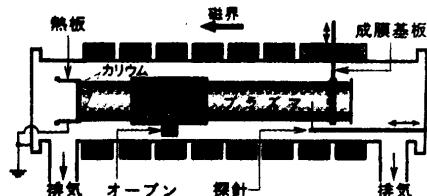
勝田 敏彦（科学部）

金属内包フラー レン大量生産の手法開発 東北大研究チーム

東北大の研究チームは、超電導などの応用が期待される新材料の「金属内包フラー
レン」の量産法を開発した。炭素原子がサ
ークルを描く。

分子「フラー
レン」の内側に金属原子を入れたもので、大量生産の成功は初めて。フラー
レンの工業利用に道を開く成功だ。東北大・金属材料研究所の川添良幸教授、工学部の佐藤徳芳教授らは、フラー
レンの仲間で六十個の炭素原子で出来た「C₆₀」という分子に金属のカリウム原子を取り込ませるのに成功した。フラー
レンとカリウムを電気的な引力でくっつけ、金属原子をフラー
レン内部に取り込ませた。金属内包フラー
レンの製造コストを大きく抑えられる。

日本経済新聞 1996年3月25日掲載



金属内包フラー
レンの生産装置

電子材料などへ 実用化の道探る

研究グループが用い
る。

素種を真空中で放電させることで、金属内包フラー
レンの製造が期待され
ている。

河北新報 1996年3月23日掲載

東北大學

大量生産にめど

【仙台】東北大金属内包フラー
レンの大量生産が、同工学部の
佐藤徳芳教授、同窓会連絡所
の藤崎達夫助教らの研究
グループは、「半導体相変の低
温度フラー_スマを利用してアルカ
リ金属と炭素の共通分子(C₆₀)
レーショ_ン」による内包過程をシ_ム
レーションによって内包時間(約
10分)を大幅に短縮する。
この内包過程を、同窓会連絡所
の川添良幸教授、同工学部の
大島生産主任(あるいは近畿
大島生産主任)によると、
た。さりとて、スパークバー
ターを駆使した第一原理分子動
力学法によると、内包過程をシ_ム
レーションによって内包時間(約
10分)を大幅に短縮する。

C₆₀中にアルカリ金属原子を

内包する際の内包過程をシ_ム
レーションによって内包時間(約
10分)を大幅に短縮する。
この内包過程を、同窓会連絡所
の川添良幸教授、同工学部の
大島生産主任によると、
た。さりとて、スパークバー
ターを駆使した第一原理分子動
力学法によると、内包過程をシ_ム
レーションによって内包時間(約
10分)を大幅に短縮する。

日刊工業新聞 1996年3月25日掲載

金属内包フラー レン大量生産技術を開発

東北大学の
研究グループ

たのは六十個の炭素原
子が結合してC₆₀。C₆₀をいすれても電離
したグラスマ状態にな
って衝突させる装置を使
い、空洞のC₆₀の内部
にKを取り込ませた。
C₆₀全体の数の「約三
〇」が程度がKを取り込
んだ。(研究グループ
研究グループの佐藤
徳芳、東北大工学部教授
の「フルシマ」の話
に成功した。

炭素結晶の内部に金
属が入ったフラー_ス
ボル状に結合した
結晶(フラー_ス)の
内部にカリウム原子
を取り込まれると、
C₆₀を取り込まれるよ
うなアルカリ金属を混
ぜると超電導物質とな
ることが分かっている
が、金属を混入した炭
素種を真空中で放電さ
れてきた。

せりこれまでの方式
は効率がよくなつ
たといふ。また、従来
は金属原子がC₆₀の表
面に付着するため酸化
されやすく、安定な物
質を作る方式が検索さ
れてきた。

炭素結晶の内部に金
属が入ったフラー_ス
ボル状に結合した
結晶(フラー_ス)の
内部にカリウム原子
を取り込まれると、
C₆₀を取り込まれるよ
うなアルカリ金属を混
ぜると超電導物質とな
ることが分かっている
が、金属を混入した炭
素種を真空中で放電さ
れてきた。

せりこれまでの方式
は効率がよくなつ
たといふ。また、従来
は金属原子がC₆₀の表
面に付着するため酸化
されやすく、安定な物
質を作る方式が検索さ
れてきた。

炭素結晶の内部に金
属が入ったフラー_ス
ボル状に結合した
結晶(フラー_ス)の
内部にカリウム原子
を取り込まれると、
C₆₀を取り込まれるよ
うなアルカリ金属を混
ぜると超電導物質とな
ることが分かっている
が、金属を混入した炭
素種を真空中で放電さ
れてきた。

せりこれまでの方式
は効率がよくなつ
たといふ。また、従来
は金属原子がC₆₀の表
面に付着するため酸化
されやすく、安定な物
質を作る方式が検索さ
れてきた。

炭素結晶の内部に金
属が入ったフラー_ス
ボル状に結合した
結晶(フラー_ス)の
内部にカリウム原子
を取り込まれると、
C₆₀を取り込まれるよ
うなアルカリ金属を混
ぜると超電導物質とな
ることが分かっている
が、金属を混入した炭
素種を真空中で放電さ
れてきた。

東北大など7企業・大学グループ

先端ソフト産業 支援対象に内定

東北で2件目

河北新報 1996年3月29日掲載

東北大やソフトウェア開発のサイエンティア（本社仙台市）など7企業・大学で構成する研究・開発グループは「十八日までに」通産省の外郭団体「情報処理振興事業協会」（本部東京）が第二次募集した「創造的ソフトウェア育成事業」の支援対象に内定した。

事業は、先端的ソフト産業の育成が目的。通産省が本年度一次補正予算の目玉に位置付け、委託開発の予算総額は百八十億円となる。

第一次募集には全国から七百二十一件の応募があり、三十六件（申請金額約百五十億円）が支援対象に内定した。第一次募集では十二月に六百四十四件の

事業は、先端的ソフト産業の育成が目的。通産省が本年度一次補正予算の目玉に位置付け、委託開発の予算総額は百八十億円となる。

第一次募集には全国から七百二十一件の応募があり、三十六件（申請金額約百五十億円）が支援対象に内定した。第一次募集では十二月に六百四十四件の

第一次募集には全国から七百二十一件の応募があり、三十六件（申請金額約百五十億円）が支援対象に内定した。第一次募集では十二月に六百四十四件の

どくほぐ

経済



第 9 章 評価と課題

9.1 発表論文数

区分	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	合計
掲載された論文数						
学会誌	108	99	117	129	119	572
国際会議議事録等	72	78	121	102	92	465

9.2 修士論文

題目	著者	指導教官
電気・通信工学専攻		
周期構造を有する漏れ波伝送路の解析	明石英太郎	米山教授
粒界ジョセフソン接合の雑音特性	赤峰 章仁	山下教授
自律分散型昆虫歩行ロボットの製作	秋元 一志	矢野教授
ミリ波ホログラフィを用いた物体識別に関する研究	安部 智直	米山教授
LSCO単結晶トンネル接合	新井 鉄也	山下教授
音声認識の研究	伊藤 仁	矢野教授
半導体面型光増幅器のデバイス構成に関する研究	イブラヒム・シュアイブ	川上教授
光ファイバ集積化アイソレータに関する研究	入江 剛	川上教授
YBCO薄膜の高周波特性	大倉 秀章	山下教授
積層型偏光分離素子の高性能化に関する研究	大野 潤	川上教授
半導体面型光増幅器の増幅特性に関する研究	柏田 伸也	川上教授
両眼立体視の研究	佐藤 直行	矢野教授
飛行形マイクロ磁気アクチュエータの研究	菅原 渉	荒井教授
マイクロ磁気デバイスの研究	竹澤 昌晃	荒井教授
NRDガイドを用いたミリ波6ポートリフレクトメータの高性能化に関する研究	玉江 隆浩	米山教授
音源定位の研究	中塚 勇	矢野教授
単結晶薄膜の成長に関する研究	根尾陽一郎	横尾教授
生体における位置情報生成機構の研究	三浦 治己	矢野教授
電界放射陰極のビーム制御に関する研究	森 雅弘	横尾教授
永久磁石を用いたサイクロトロン高速波管に関する研究	鈴木 慎二	横尾教授
MOSトンネル陰極中の電子の伝導機構に関する研究	半澤 悟	横尾教授

評価と課題

電子工学専攻

ナノメータ電極の作製と10G Hz 帯弾性表面波変換器への応用に関する研究	青木 和夫	山之内教授
超音波を用いた微小物体移動制御に関する研究	阿部 英孝	山之内教授
周波数シフト帰還型レーザーの応用に関する研究	阿部 文俊	伊藤教授
半導体薄膜成長素過程のその場観察に関する研究	入町 秀樹	宮本教授
半導体レーザ励起Nd:KGd(WO ₄) ₂ レーザの研究	エスメリア・ホセ・マヌエル	伊藤教授
量子井戸構造サブバンド間遷移に基づく非線形光学効果の基礎的研究	大谷 啓太	伊藤教授
ディープサブミクロントラック記録用磁気ヘッドの加工法の研究	岸本 宏規	中村教授
分光学的手法によるSi/Si _{1-x} Ge _x /Siヘテロ構造の研究	熊谷 幸博	潮田教授
マイクロストリップアンテナを用いたミリ波帯イメージング技術	小林 克己	水野教授
弾性表面波コンポルバの高効率化とその応用に関する研究	権田 英功	山之内教授
並列型垂直磁気記録システムの研究	佐藤 泰東	中村教授
金属・絶縁体/GaAs接合界面特性に関する研究	庄子 大生	宮本教授
テーパースロットアンテナを用いたミリ波帯イメージング技術	鈴木 拓也	水野教授
スペクトラム拡散通信用SAWデバイスの研究	高山 大輔	坪内教授
層状構造の弾性表面波の伝搬特性に関する研究	田中 望	山之内教授
SiガスソースMBEにおける水素吸着・脱離過程に関する研究	中澤日出樹	宮本教授
SHGによる配向膜上の液晶分子の研究	中林 陽一	潮田教授
高性能垂直磁気記録メディアの作製法の研究	長坂 恵一	中村教授
光ファイバレーザによる光短パルス発生の研究	畠山 均	伊藤教授
ミリ波帯コヒーレント電力合成器に関する研究	眞嶋 弘行	水野教授
バルク形ドメイン格子による非線形光学効果の研究	松本 晓洋	伊藤教授
SAWデバイスを用いたスペクトラム拡散通信モデムの研究	丸田 靖	坪内教授
Si表面のエッチング・酸化過程に関する研究	三浦 貴晶	宮本教授
サブミリ波帯における計測技術	南出 泰亜	水野教授
クヌーセン圧MOCVD技術によるAlNエピタキシャル成長に関する研究	山崎 剛	坪内教授

情報基礎科学専攻

An Adaptive Behavior Agent and its Applications (適応型エージェントとその応用)	アハメド・アシル・ウッディン	白鳥教授
機能要求に基づいた形式仕様の開発支援	臼井 伸幸	白鳥教授
非エキスパート向け3次元GUI構築支援環境に関する研究	及川 昌孝	白鳥教授
仕様記述のためのユーザ要求獲得支援環境に関する研究	唐橋 拓史	白鳥教授
Flexible Operating System that adapts to its Environment (環境に適応するやわらかいオペレーティングシステム)	チョクラボルティ・デバシュ	白鳥教授
An Adaptive Information Filtering Technique (適応型情報のフィルタリング技術)	ナヒド・ファティマ	白鳥教授
レコード計算の意味論	成沢 文雄	白鳥教授
事例に基づくオーサリングシステムの構成に関する研究	松田 一裕	白鳥教授
動径基底関数を用いたニューラル・ネットワークの一般能力に関する研究	村上 充	白鳥教授

システム情報科学専攻

カオス力学の生成するパターンの研究	伊藤英一郎	沢田教授
生物の形態制御に関する研究	村上 康	沢田教授
動的メモリの集積化の研究	阿部 豊弘	沢田教授
室内音場の数値解析のための壁面材料評価に関する基礎的研究	天野 泰	曾根教授
個別素子神経回路網の動的挙動の研究	篠崎 勉	沢田教授
生物群パターンの研究	下山 直彦	沢田教授
等ラウドネスレベル曲線の測定手法に関する研究	藤井 秀行	曾根教授
アナログ連想記憶システムの集積化の研究	藤田 勝之	沢田教授
両耳効果を用いたラウドネス補償型補聴器に関する研究	和田 治	曾根教授

9.3 博士論文

題 目	著 者	指導教官
電気及通信工学専攻		
Disciplines for Providing the Multiclass Quality of Services in High Speed Communication Networks (高速通信網におけるサービス品質の多水準制御に関する研究)	李 煉	白鳥教授
並列分散型磁気記録方式の研究	江 年華	中村教授
超高密度磁気記録機構の研究	清水 幸也	中村教授
パターン認識の研究	鈴木 章夫	矢野教授
軟磁性薄膜のスピニクスに関する研究	丹 健二	中村教授
電気・通信工学専攻（社会人）		
高速高精度光ファイバアナログ信号伝送の研究	千葉 幸正	山下教授
6ポートシステムの高精度較正法とそのマイクロ波測定への応用に関する研究	矢加部利幸	米山教授
酸化物超伝導薄膜マイクロ波デバイスの研究	鈴木 尚文	山下教授
電子工学専攻		
テラヘルツ領域における非線形光学効果に関する研究	川瀬 晃道	伊藤教授
ドメイン制御した非線形光学構造と固体レーザの集積化の研究	アベディンカジ・サルワル	伊藤教授
液晶の表面・界面配向現象の研究	伊藤 直樹	潮田教授
Si-Ge系低温エピタキシャル成長と微細MOSデバイスの高性能化に関する研究	後藤 欣哉	室田教授
半導体面型光増幅器に関する研究	鄭 期太	川上教授
積層型偏光分離素子の作製プロセスに関する研究	李 傭基	川上教授
電子工学専攻（社会人）		
デジタル変調法を用いた移動体無線通信システムの研究	高橋 英博	坪内教授
スペクトル拡散通信マッチドフィルタに関する研究	竹内 嘉彦	山之内教授
高密度磁気記録媒体の設計法の研究	法橋 滋郎	中村教授
弾性表面波コンボルバを用いたスペクトル拡散通信システムに関する研究	加藤 俊治	山之内教授
大口径単結晶の育成と弾性表面波への応用に関する研究	小松 隆一	山之内教授
低温高速薄膜形成に関する研究	鈴木 伸昌	坪内教授
情報基礎科学専攻		
協調型計算モデルに関する研究	佐藤 義則	白鳥教授
コンピュータ支援に基づく協調設計技法とその応用に関する研究	小泉 寿男	白鳥教授
段階的詳細化に基づく通信システムの仕様記述に関する研究	郷 健太郎	白鳥教授
ユーザインタフェースメタファーのモデル化と評価	佐藤 究	白鳥教授
A Flexible Software Development Method and Its Support System (ソフトウェアのやわらかい開発法とその支援システム)	宋 国煥	白鳥教授

A support method for formal specification description based on reuse and its support environments

(再利用に基づく形式仕様記述支援法とその支援環境)

タームスイング・パイロット 白鳥教授

Declarative Scheduling for Continuous Media

(連続メディアのための宣言的スケジューリング)

モーザー・マルティン 白鳥教授

システム情報科学専攻

階層型フラクタル結合神経回路網の情報処理能力の研究

バサビ・チャクラボルティ 沢田教授

音像制御のための能動音場制御手法に関する研究

阿部 一任 曾根教授

定常広帯域音の音色の知覚に関する研究

植松 尚 曾根教授

デジタル信号処理に基づく音声強調手法に関する研究

金 学胤 曾根教授

能動騒音制御に用いる適応アルゴリズムの誤動作とその改善手法に関する研究

斎藤 望 曾根教授

荷電回転子系の非線形力学の研究

千葉 慎二 沢田教授

複数騒音源による騒音場の能動制御に関する研究

陳 国躍 曾根教授

	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	合 計
特別研究員の受入状況	3	3	4	6	11	27
大学院生の受入状況	167	145	175	205	193	885

9.4 運営協議会報告

第2回東北大学電気通信研究所運営協議会（平成7年7月20日）

出席者：	植之原道行（委員長）	日本電気株式会社特別顧問
	古濱 洋治（委員）	郵政省通信総合研究所長
	田村浩一郎（委員）	通産省工業技術院電子技術総合研究所長
	大槻 幹雄（委員）	富士通株式会社代表取締役副社長
	東海林恵二郎（委員）	三菱電機株式会社取締役副社長
	田中 英彦（委員）	東京大学工学部教授
	宇理須恆雄（委員）	岡崎国立共同研究機構分子科学研究所教授
	田中 正之（委員）	東北大学理学部長
	樋口 龍男（委員）	東北大学大学院情報科学研究科長
	鈴木 謙爾（委員）	東北大学金属材料研究所長
	石亀 希男（委員）	東北大学科学計測研究所長
	曾根 敏夫（委員）	東北大学大型計算機センター長
	中鉢 憲賢（委員）	東北大学工学部教授
	澤田 康次（委員）	東北大学電気通信研究所教授
	米山 努（委員）	東北大学電気通信研究所教授
陪席者：	宮本 信雄	東北大学電気通信研究所所長
	佐藤 徳芳	東北大学工学部教授
	矢野 雅文	東北大学電気通信研究所教授

議題

1. 第1回運営協議会議事録確認
2. 本研究所の現状について
3. 本研究所の共同利用について
4. その他

第3回東北大学電気通信研究所運営協議会（平成8年2月26日）

出席者：	植之原道行（委員長）	日本電気株式会社特別顧問
	古濱 洋治（委員）	郵政省通信総合研究所長
	田村浩一郎（委員）	通産省工業技術院電子技術総合研究所長
	東海林恵二郎（委員）	三菱電機株式会社取締役副社長
	田中 英彦（委員）	東京大学工学部教授
	長尾 真（委員）	京都大学工学部教授
	宇理須恆雄（委員）	岡崎国立共同研究機構分子科学研究所教授
	田中 正之（委員）	東北大学理学部長
	樋口 龍男（委員）	東北大学大学院情報科学研究科長
	鈴木 謙爾（委員）	東北大学金属材料研究所長
	石亀 希男（委員）	東北大学科学計測研究所長
	曾根 敏夫（委員）	東北大学大型計算機センター長
	脇山 徳雄（委員）	東北大学工学部教授

中鉢 憲賢 (委員)	東北大学工学部教授
澤田 康次 (委員)	東北大学電気通信研究所教授
米山 努 (委員)	東北大学電気通信研究所教授
中村 慶久 (委員)	東北大学電気通信研究所教授
陪席者： 宮本 信雄	東北大学電気通信研究所所長
佐藤 徳芳	東北大学工学部教授
水野 翔司	東北大学電気通信研究所教授
矢野 雅文	東北大学電気通信研究所教授

議題

1. 第2回運営協議会議事録確認
2. 外部評価について
3. 研究所の運営について
4. 平成7年度の共同利用について
5. 平成8年度の共同利用について
6. その他

第3回運営協議会における主要な指摘事項

- 総合評価はきちんとしているが、部門別評価は日本的である。
- 評価委員に大学教授が多すぎる。
- この評価を今後どのように生かしていくつもりか。
- 共同プロジェクト研究のテーマは、工学部とのタイアップに任せるとのほかにネットワーキングなど通信のなかには活発な分野もあるが。
- ソフトの研究が少なすぎる。
- 流動性、特に若手の流動性をどのように実現しているか
- 補正予算はついたがつき過ぎるとまた問題である。技官は大学で育てて企業と人事交流する等の具体案を作る必要がある。
- 技術専門家は官でも不足しているので建議すべきではないか。
- 共同研究の中で企業は何人か。Bは学会の延長の様なものだ。Aも300万や200万では情報交換ぐらいではないのか。東北大学でこれをやるから企業もどうかといって貰いたい。提案公募型は。独創的ソフトウェア等に提案が少ない。
- 共同プロジェクト研究の参加者はどう言うメリットを感じているのか
- 日本の基礎研究のレベルアップのために企業と大学の交流の場を学会でやったらどうか。

以上

9.5 現在の課題

情報通信に関する唯一の全国共同利用研究所である本研究所の課題は、勿論、その分野の学術拠点としての役割を十二分に果たすことである。特に、現代社会のインフラストラクチャーとしての情報通信の分野は進歩が極めて速く、その学術拠点である本研究所への期待はまことに大なるものがある。又、平成7年11月科学技術基本法が国会で承認され、我が国の科学行政が今曲がり角に来ている。

本研究はこの変革に対しても十分に対応できる姿勢を用意していかなければならない。

又平成6年及び7年度の運営協議会の指摘事項、平成6年度の活動報告に対する外部評価に以下の指摘があった。

- 現在の研究所の3大部門と1施設（時限付き）は情報通信研究分野の全国唯一の共同利用研究所として適切な構成になっていないのではないか。（外部評価）
- 改組の結果、研究内容にどのような変化が起きたのか不明である。（外部評価）
- 研究所のスタッフの流動性にやや問題がある。（外部評価）
- 共同プロジェクト研究の提案・採択方法に問題がある。（運営協議会）
- 共同プロジェクト研究にソフトの研究が少ない。（運営協議会）
- 企業との共同プロジェクト研究がないのは問題である。（運営協議会）
- 研究成果についてはまだ十分評価できる時期ではないが、研究にもう少し独創性・新規性があってもよいのではないか。（外部評価、運営協議会）

上記の指摘に対して、今後次のことについて総務委員会、研究企画委員会、共同利用委員会等において早急に検討を始める必要がある。

- 1) 大部門の運営とその中の分野の構成の再検討
- 2) 共同プロジェクト研究の提案方法と採択方針
- 3) スタッフの充足率と流動性の増大
- 4) 定期的通研国際ワークショップ設立などによる国際発信の増大
- 5) 新しい研究センターのたち上げ
- 6) 研究費倍増、1万人P D F採用等新政策に対する対応

以上

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 6	4 7
ペンシルバニア大学	2				2
東京大学	2	2	1	2	7
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
静岡大学		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 6	7 2

第10章 構成員

(平成8年4月1日現在)

所長（併）・教授 沢田康次

助 手 坂本一寛

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 (兼)	丸岡 章
ク (ク)	阿曾 弘具

■情報通信システム研究分野

教 授	白鳥 則郎
ク (兼)	伊藤 貴康
ク (ク)	豊田 淳一
ク (ク)	根元 義章
助 手	石垣 久四郎
ク	D.ヨカノビッチ
ク	郷 健太郎
事務補佐員	八巻 美智子

■情報記憶システム研究分野

教 授	中村 慶久
事務補佐員	浅野 ゆみ

■音響情報システム研究分野

教 授	曾根 敏夫
ク (兼)	牧野 正三
助教授	鈴木 陽一
ク	曾根 秀昭
ク (兼)	金井 浩
ク (ク)	木幡 稔
助 手	小澤 賢司
ク	高根 昭一
技 官	斎藤 文孝
事務補佐員	八代 幸子

■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
ク (兼)	堀口 刚
助教授 (ク)	福井 芳彦
助 手	牧野 悅也

■ブレインコンピューティングシステム研究分野

教 授	沢田 康次
教 授 (兼)	阿部 健一
ク (ク)	亀山 充隆
ク (ク)	樋口 雄
助教授	佐野 雅己
ク (兼)	羽生 貴弘
ク (ク)	吉澤 誠
ク (ク)	青木 孝文
講 師 (ク)	藤木 澄義
助 手	早川 美徳
ク	早川 弘吉
中核的研究機関研究員	茶碗谷 育久
ク	小松 輝久
学振外国人特別研究員	A.ナヤト
ク	G. M. シオバヌ
ク	J. P. リュウ
学振特別研究員(PD)	大内 則幸
事務補佐員	扇 奈保美

■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
ク (兼)	平井 敏雄
助教授	中島 健介
ク (兼)	鈴木 光政
助 手	菅井 徳行
ク	明連 昭健
ク	陳健
技 官	土田 貞夫
COE外国人研究員	S. サフランジェック
学振重点領域外国人 招聘研究者	吳培亨
事務補佐員	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)

客員教授 E. オジメック

物性機能デバイス研究部門

■固体電子工学研究分野

教授	舛岡	富士雄
講師	遠藤	哲郎
助手	櫻庭	弘
技官	酒井	俊章
事務補佐員	唐木	裕美子

■分子電子工学研究分野

教授(兼)	大見	忠弘
〃(〃)	佐藤	繁希
助教授	末光	真直
〃(兼)	柴田	瑞穂
助教授(〃)	森田	瑞穂
助手	遠田	義晴

■スピニエレクトロニクス研究分野

教授	荒井	賢一
〃(兼)	高橋	研理
〃(〃)	一ノ倉	正洋
助教授	山口	敏直
〃(兼)	松木	英
〃(〃)	竹内	伸
助手	石山	和志
〃	毕曉	昉
技官	師岡	ケイ子
〃	我妻	成人

■プラズマ電子工学研究分野

教授(兼)	山本	光璋
助教授	蝦名	惇子
〃(兼)	中尾	光之
〃(〃)	飯塚	哲晃
〃(〃)	安藤	晃

■情報記録デバイス工学研究分野

教授(兼)	西関	隆夫
助教授	村岡	裕明
助手	丹健二	
〃	清水	也功
技官	渡邊	
学振重点領域外国人 招聘研究者	S. グリーブス	
事務補佐員	高橋香織	

■光電変換デバイス工学研究分野

教授	潮田	資勝
〃(兼)	内田	龍男

教授(兼)	海老澤	不道
助教授	上原	洋謙
助手	坂本	二徹
〃	鶴岡	之理
中核的研究機関研究員	岩見	
事務補佐員	佐藤	

■電子量子デバイス工学研究分野

教授(兼)	佐藤	芳徳
助教授	庭野	道夫

■複合機能材料研究分野(客員)

教授(併)	阿部	正紀
-------	----	----

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
〃(兼)	澤谷	邦男
助手	D. D.	一ン
技官	我妻	彦彦
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	三村	典朗
〃(兼)	沼山	秀三
〃(〃)	藤佐	之隆
助手	島嶋	力信
〃	脇	秀己
技官	寒河江	克巳
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
〃(兼)	犬江	正喜
〃(〃)	裴	正鐘
助教授	鈴木	哲石
助手	鈴木	哲綾
事務補佐員	鈴木	

■応用量子光学研究分野

教授	伊藤	昌弘
〃(兼)	星谷	望夫
助教授	内見	弘学
〃(兼)	二佐	哲亮
助手	藤K.S. アベディン	

構成員

技官
今田川溪
勇長晃亞紀子
久瀬井
野川研究員
久瀬井
中核的研究機關研究員
事務補佐員

■光集積工学研究分野

教授	彰	二郎
々 (兼)	光	信
助教授 (々)	一	隆
助 手	修	尚
々	芳	三子
技 官	晴	
事務補佐員	澤	
	遷	
	赤	

■フォノンデバイス工学研究分野

教	授		和	僖	正	彥	良	男
助	教	授	内	村	内	田	治	敏
講	助	師	中	竹	山	田	雄	靖
助		手	黑	山	田	目	之	夫
技			川	田	小	田	邊	子
事務	補佐	員	妻	我	我	野		

■電子音響集積工学研究分野

教 授		坪	和	夫
〃 (兼)		中	憲	賢
〃 (〃)		櫛	淳	一
助教授		益	引	哉
助 手		橫	山	央

■量子波動工学研究分野（客員）

客員教授 堀 越 佳 治

事務補佐員 高橋 裕美

■超高速電子デバイス部

教授 大松 野野村 男
助 手 大 松 倉 野 文
々 郭 沈 佐 木 礼
COE外国人研究員 学振外国人特別研究員 事務補佐員
学振外国人特別研究員 佐々木 東子

■知能集積システム部

教	授	中	島	康	治
々	(兼)	川	又	政	征
助	手	水	柿	義	直
助	手	佐	藤	茂	雄
事務補佐員		鬼	柳	貴	子

附屬施設

■評価・分析センター

センター長(兼) 荒井 賢一
教 授
助教授(兼) 庭野道夫
技 官(兼) 赤間洋助

■ 附屬工場

工場長	(兼)	邦	義
教	授	横	昭
技	官	尾	志
々		高	二
々		橋	朋
々		渡	勝
々		米	一
々		菅	良
々		阿	康
々		庄	一

附屬研究施設

超高密度・高速知能システム実験施設

施設長（併） 沢田康次
教 授
事務補佐員 千葉純子

■原子制御プロセス部

一孝夫助淳政洋洋田浦庭間赤櫻松室助教授授授手官

事務部

事務部長	荒 井 完	經理課長	本 郷 宣	夫 雄人
総務課長	天 内 正	經理掛長	志 田 勇	彦 子
庶務掛長	星 定	事務官	金 子 雅	子 弥
主任	小野寺 金	〃	前 野 隆	介 研
〃	伊 藤 恵	事務補佐員	青 山 美	一 潤
事務補佐員	川 北 久	〃	杏 澤 緯	治 栄
〃	小 岩 澄	用度掛長	桜 井 浦	毅 純
共同利用掛長	中 嶋 四	主任	三 高 橋	美 弘
事務官	栗 谷 川 直	〃	高 早 塚	郁 葵
図書掛長	千 葉 龍	事務官	寺 角 島	千 亞 紀
事務官	鹿 島 正	事務補佐員	角 白 鳥	子 き え
		〃	白 渡 辺	木 静 木
		臨時用務員	〃	佐 々 木 静 子