

# cue

京都大学電気関係教室技術情報誌

NO.1

JUNE 1998

---

創刊号

---

創刊を祝して ..... 洛友会 会長 近藤文治  
巻頭言 ..... 日立製作所 三浦武雄  
大学の研究・動向  
..... 半導体物性工学分野・大規模集積回路分野  
産業界の技術動向 ..... KDD 平田康夫  
関係教室全研究室紹介  
平成9年度修士論文テーマ紹介  
学生の声  
教室通信

---

cue : きっかけ、合図、手掛かり、という意味  
の他、研究の「究」(きわめる)を意味す  
る。さらに KUEE ( Kyoto University  
Electrical Engineering ) に通じる。

## 技術誌「cue」創刊を祝して

洛友会会長 近藤文治



この度、京都大学工学部電気工学科の創立100周年記念事業として、電気系教室教官の研究成果並びに卒業生諸氏の依頼総説記事を収録した技術誌が「cue」なる名称にて発刊されることになりました。

いま、日本は大きな変革期を迎え、政治・経済等あらゆる方面で、グローバル社会に向けて大きな変革が求められています。この変革を克服しなければ21世紀における日本の繁栄はないと言われています。

特に産業界にあっては、経営の面では、日本が誇りとしてきた終身雇用・年功序列型待遇を基本とする日本式経営の活力不足が指摘され、その活性化が急務となっています。

一方技術の面では、戦後の日本の繁栄を築いてきた「改良・改善型技術 - 先進技術のキャッチアップ技術」は限界に達し、「他国の追随を許さぬ独創性に富んだオリジナルな技術」の開発が求められています。そのためには大学の基礎的な研究開発と、密室な産学協同による実用化の推進が、日本の明日を作り上げると言っても過言ではありません。そう言う意味において、今般、京都大学電気工学教室から技術誌「cue」が定期的に発刊され、電気系教官のハイレベルの研究成果が産業界に向けて発信されると同時に、各界で活躍の卒業生各位に依頼して、業界の最新の動向をお知らせすることは、時宜に適した誠に有意義な企であると考えます。

「cue」の発刊に当たって、今後の益々の充実と産業界と大学の連携が一層密となり、新技術の開発に貢献することを祈って止みません。



**巻頭言****[ 大学に期待する ]**

(株)日立製作所 顧問 三浦武雄



産業界との情報交流を活発化し、より実践的な研究を推進する事を目的として本誌が発行される事になった事は、産業界の一員として力強い背景が出来た事と大変喜ばしく思っている。この機会に1世紀を迎えるに当たり日頃考えていること及び大学に期待することを述べる。

さて私共を取り巻く環境はネットワーク化により、グローバルリゼーション、ボーダレス、マルチメディア化と大きく変革しており人間社会を中心として新しいユーザオリエント、メガコンパクション、加えて変化の激しい社会が秒進分歩の速さで展開しようとしている。このような中で先ず考えねばならない課題としてこの大きな社会的変革に伴って起こりつつある光と影への対応、そして従来の物中心の時代から人間・心中心時代への移行に伴う対応があろう。前者に対しては今迄のお手本の通用しない時代だけに(夢)無を実現する(有)への新しいアプローチ即ち創造的なビジョン、コンセプトのあるアプローチが必要であるし、後者に対しては伝統的な文化をふまえた文化(技術革新)の調和が大切になると考える。先ずこれへの先行的挑戦が重要である。

之に加えて重視すべき課題にグローバリゼーションへの対応があり、その第一歩として世界への貢献にもっと力を入れるべきであると考え。現在私はI F I Pの理事であるが、席上強く日本に期待されていることはVisibleな貢献である。日本の世界に対する技術貢献が米欧に比して具体的に少ないと言う事である。新しい時代を迎えるに当たり今こそ新しいコンセプト技術を打ち出し、世界に対して大いにCiveする事を積極的に心掛けねばならない時が来ていると思う。そのための世界との協力、アライアンスが重要であり、先ずアジアに於ける技術のリーダーとして伝統的な東洋文化の発展のためにももっと協力する事が大切であろうと考える。

次に産業界から見て大学に強く期待することに産学協同の実を挙げることがある。現在企業にとり最も重要なこととして新事業の創出があり、真にユーザのニーズを把握した新しい製品をタイミングよく市場に出すことこそ必要であると考え、新しい提案、事業化に力を入れている。新しい提案の中には具現のためのブレークスルーをかまえた先端的なアイデア・技術のある事が世界的に且つ長期的に発展するためにも望まれている。これに応えるべき企業の研究開発の現状は兎角目先に把われ勝ちであり要望に対して十分に応えていない。一方知恵の集団である大学には真のユーザニーズを捕む機会、事業化する為の要件を知る機会、プロジェクト的に仕事をする面等では恵まれていない。大学と企業とがより情報を交流させ、産学共同を通じ不足を補間し合い、成果を大いに活用する時が来ているように考える。

更に大学に期待したい事は人の教育である。21世紀は世界に通じる新しい技術を創出し世界に貢献する時代であり、そのためには起業化精神に満ち溢れた創造的人材が必要である。この若き開拓者精神の持ち主の育成には大学時代からの教育、生活が大きく依存していると考え。ベンチャー精神は京都大学の強い風土であり伝統的な強みである。

最後にグローバルな時代に伝統ある京都大学の電気教室の皆様が世界に向かって大いに発展されることを期待する次第である。

**大学の研究・動向**

# 半導体シリコンカーバイドのパワーデバイス

## - 電気エネルギー有効利用の礎 -

工学研究科 電子物性工学専攻 機能物性工学講座 半導体物性工学分野  
教授 松波 弘之  
e-mail: matsunam@kuee.kyoto-u.ac.jp

### 1. はじめに

これまでのエネルギー需要を支えてきた化石燃料の枯渇化によるエネルギー問題や、地球温暖化などの環境問題が深刻化しており、新しいエネルギー源の開発やエネルギーの有効利用が求められている。最も使いやすいエネルギーである電力の需要は増加の一途をたどっており、電気エネルギーの高効率利用が電気電子工学の分野における大きな課題となっている。

現在、電力変換、制御をハードウェアとして支えているのは半導体シリコン (Si) のパワーデバイスである。しかしながら、Siパワーデバイスは、その物性上の制限のために理論的性能限界に近づきつつあり、飛躍的な性能向上は期待できない。したがって、Siパワーデバイスの限界を打破し、より高出力化、低損失化、高速化を実現できる新しい半導体材料を用いたパワーデバイスの開発が不可欠とされている。

シリコンカーバイド (SiC) は、現用のSiに比べ、絶縁破壊電界強度が約10倍、飽和電子速度が約2倍、熱伝導率が約3倍という優れた物性値を持つので、これをパワー半導体デバイスに適用すれば、小型化、高速化が実現できるとともに、熱損失をSiデバイスの1/10以下に低減でき、Siでは120°Cである動作上限温度を300~400°Cまで増大できるなど、各種の電気機器、システムの大幅な効率向上と高性能化が期待できる。

### 2. 研究内容

#### 2.1 ステップ制御エピタキシー - 高品質SiC単結晶の作製 -

SiCパワーデバイスの実現には高品質の結晶成長技術が必要である。しかしながら、SiCには同一の組成ではあるが一つの方向に対して原子の積層構造が異なる多数の結晶構造 (ポリタイプ) が存在するために、従来、ポリタイプ混在のない高品質単結晶を作製することが困難であった。例えば、入手が容易な六方晶SiC (4H-SiC、6H-SiCなど) 基板上にSiCを成長させると低温安定型の立方晶SiC (3C-SiC) が成長するという問題があった。物性の良さは認識されながらも結晶成長の困難さのために研究開発は立ち止まっていた。

当研究室では、この材料の重要性に鑑み、高品質の結晶成長法を確立する研究を続けてきた。六方晶基板のSiC {0001} 面に数度のオフ (傾き) 角度を設けることによって、比較的低温で高品質ホモエピタキシャル成長層が得られることを見出し、これを「ステップ制御エピタキシー法」と名付けた<sup>[12]</sup>。この方法により、デバイス作製を可能にする高品質のSiCエピタキシャル成長層が初めて得られるようになった。この成果に米国の研究機関が飛びつき、デバイス分野で世界をリードする研究が始まった。我々は、大学の使命とも言うべき原理の追求を果たすために、結晶成長機構の解明に精力を傾けた。ここでは、その内容を概術する。

図1に六方晶SiC (0001) 基板上に化学気相堆積 (CVD) 法により形成したSiCエピタキシャル

成長層の表面写真と結晶成長の概念図を示す。SiC (0001) ジャスト基板上では、二次元核発生モードにより結晶成長が進行する。このとき、成長層のポリタイプは主に温度によって決定され、低温安定型の立方晶SiCが成長する。また、六方晶SiC基板の積層順序の影響を受けて、成長した立方晶SiCは双晶（積層順序が反転した領域が混在した結晶）となる。一方、オフ角度を導入した基板上では原子ステップ（原子面の段差）からの横方向成長（ステップフロー成長）が起こり、成長層は基板の積層順序を引き継いで六方晶SiC単結晶となる。これは、オフ基板表面に存在する原子ステップがテンプレート（下敷き）となり、この上に自己整合的に結晶成長が起こると解釈できる。

図2にステップ制御エピタキシー法により作製した4H-SiC成長層表面の断面透過電子顕微鏡像の一例を示す<sup>[3]</sup>。図中、一つの円形像がSi-C原子対に対応している。成長表面には原子ステップと(0001)テラス（平坦部）が明瞭に観察され、テラス上での核発生による結晶成長は見られないことから、上記の成長モデルが妥当であることが確認できる。また、原子ステップの集合体（ステップバンチング）がポリタイプ固有の構造を反映しているという興味深いことも判明した。

成長時の原料供給比を制御することにより、不純物を添加しないSiC成長層の実効キャリア密度を約  $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$  (n型) まで低減した。紫外線励起によるフォルトミネセンス測定では、不純物に関係した発光ピークが非常に小さく、室温でも自由励起子発光が観測できた。SiCが間接遷移型（半導体のバンド構造は直接型と間接型に分けられる）半導体であることを考慮すると、これは、成長層が高純度、高品質であることを意味している。4H-SiCの室温での電子移動度（電界印加時の電子の速度）として  $851 \text{cm}^2/\text{Vs}$  が得られ、その温度依存性において低温で電子移動度の低下がなく、不純物補償は極めて小さいことが分かった（荷電状態が正・負の不純物が存在するときは補償されて実効キャリア密度は小さくなるが、このとき低温での電子移動度が下がる）。さらに、過渡容量法（接合容量の時間変化からトラップ密度を推定する方法）を用いた深い準位の分析により、トラップ密度は  $10^{12} \text{cm}^{-3}$  と非常に少ないことも判明した。

現在、世界の研究グループがSiC半導体を実用化するためにステップ制御エピタキシー法により形成したSiCのデバイス開発や物性評価を積極的に取り上げているが、上記の成果はその学術的裏付けを示したことになる。

## 2.2 高耐圧SiCパワーデバイスの提示

高品質結晶が作製できるようになったので、パワーデバイスを試作し、半導体材料としての良さを提示する研究へと発展させた。前述のようにSiCはSiの約10倍の絶縁破壊電界を有する。したがって、同耐圧のデバイスを作製するとき、Siに比べて、活性層の不純物密度を2桁高くでき、しかも活性層の厚さは1/10で良い。これが、SiCパワーデバイスのオン抵抗（オン時の直列抵抗）ひいてはパワー損失を著しく低減できる理由である。

ショットキーダイオードは低いオン電圧、高速の逆回復特性を有するために、高周波パワーダイオードとして有用である、しかし、Siショットキーダイオードでは耐圧が100Vを超えるとオン抵抗とリーク電流の増大によりパワー損失が著しく大きくなるので実用化されていない。したがって、高耐圧（>500V）SiCショットキーダイオードが作製できれば、Siでは実現できない大容量、低損失、高速スイッチング特性を兼備した高性能パワーダイオードとして斯界に大きなインパクトを与えることができる。

ショットキー用電極材料を決めるために、4H-SiC成長層上にAu、Ni、Tiを用いた。ダイオードの理想因子n値は、1.02~1.08であり、電流輸送は理想的な熱電子放出モデルで説明できる。電流・電圧特性の飽和電流密度から計算した障壁高さはAu: 1.73eV、Ni: 1.62eV、Ti: 0.95eVとなり、金属の仕事関数に依存する<sup>[4]</sup>。このように表面フェルミ準位のピン留め現象がない半導体は障壁高



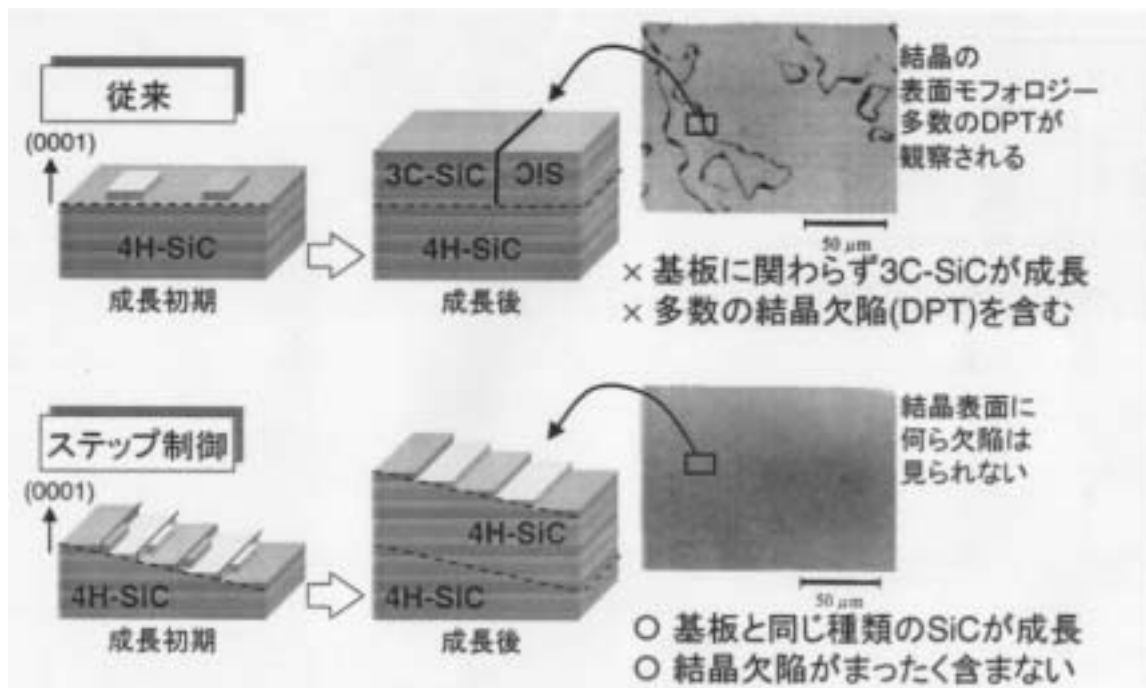


図1 ステップ制御エピタキシーの概念図

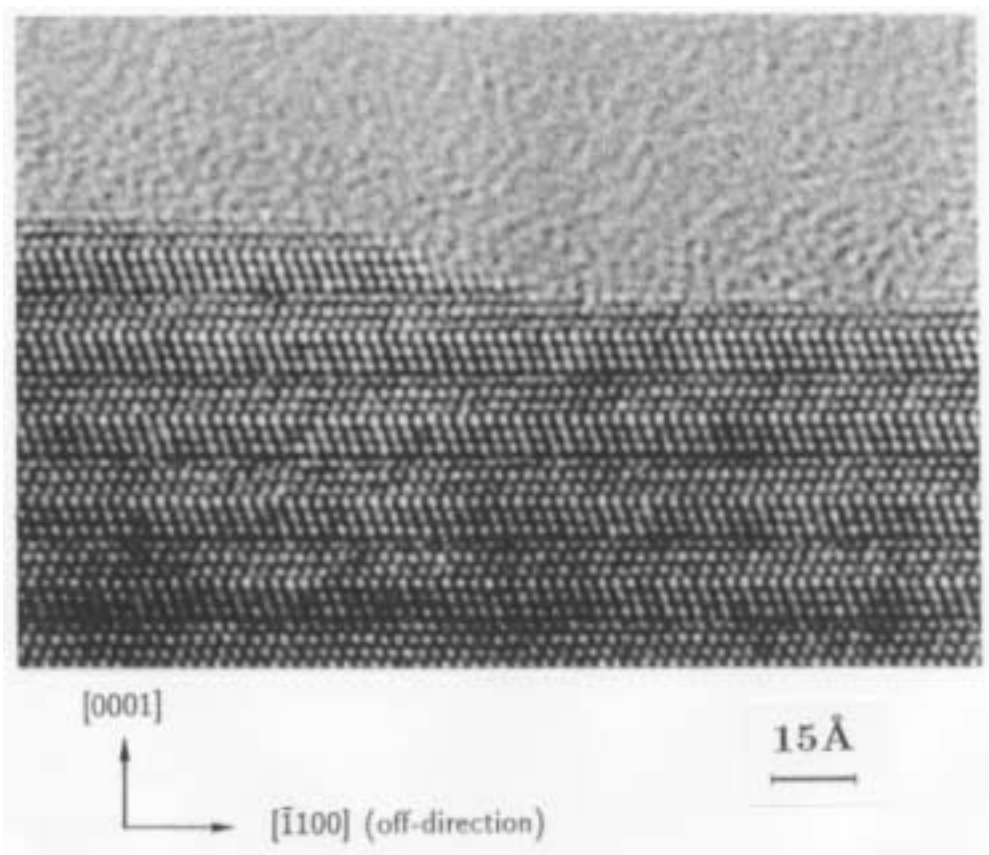


図2 ステップ制御エピタキシーにより作製したSiC成長層表面の断面透過電子顕微鏡像



さの制御が可能であり、応用上重要である。

次に、厚さ13  $\mu\text{m}$ 、ドナー密度 $6 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ のn型成長層を用いて高耐圧Ti/4H-SiCショットキーダイオードを作製した。ショットキー電極端部での電界集中を緩和するために、Bイオン注入により高抵抗ガードリングを電極周囲に形成した。この構造を用いて得られたダイオードの電流密度 - 電圧特性を図3に示す<sup>[6]</sup>。1750Vという高耐圧が得られ、しかもオン抵抗は、 $5.0\text{m}\ \Omega\text{cm}^2$ と非常に小さい。このオン抵抗は同耐圧のSiデバイスと比較して約2桁優れた値である。

この他、当研究室ではエピタキシャル成長によって形成したpn接合ダイオードで2.0kV、イオン注入で形成したpn接合で1.1kVの高耐圧を達成している。また、SiCはSiと同様に熱酸化により良質の酸化膜( $\text{SiO}_2$ )が形成できるという利点を活かして、酸化膜/SiC界面における電子物性を制御する研究も行っている。現在、反転形の金属 - 酸化膜 - 半導体電解効果トランジスタ(MOSFET)の動作を確認し、その特性向上を進めている。

### 3. おわりに

研究室では、今後、高耐圧( $>3\text{kV}$ )デバイス作製に必要な超高純度・厚膜SiC単結晶を作製し、結晶欠陥をさらに低減する方法を確立する。次いで、パワー半導体デバイス製作に必要な要素技術をさらに発展させ、最終的には、Siパワー半導体デバイスの限界を大きく打破する、小型、高耐圧、低損失のSiCダイオード、縦型の電界効果トランジスタなどを試作し、実用への指針を提言したい。このテーマに関連して、平成9年度から4年間の計画で文部省科学研究費「特別推進研究」の助成を受けている。

デバイス研究を通じて、この半導体が実用される見通しができれば、パワーエレクトロニクス分野への寄与がたいへん大きい。高電力インバータ用MOSFETが開発できればその成果は図4に示すように、素子レベルでの寸法が1桁、損失が1/300まで低減でき、システムレベルの一例として損失を1/3にまで低減できると予測される。直流送電などの電力輸送や電力変換機器のほか、各種の産業用電力変換装置、電車や電気自動車の速度制御など、あらゆるパワーエレクトロニクス機器において、現用の半導体Siでは不可能な、大幅な効率向上を可能にする。電気エネルギーの有効利用を目指す新しい「エネルギーエレクトロニクス」の開拓に資し、不必要な化石燃料や原子力の使用を抑制し、地球環境の改善に寄与すると期待される。また、SiCは通信機器用の高周波パワーデバイス、自動車や宇宙開発用の耐環境(高温、輻射下)デバイスとしても重要な寄与をすると予想される。国レベルでは、平成10年度から「低損失電力用半導体デバイス」の研究プロジェクトが始まる予定である。

#### <参考文献>

- [1] N. Kuroda, K. Shibahara, W.S. Yoo, S. Nishino, and H. Matsunami, *Ext. Abstr. of the 19th Conf. on Solid State Devices and Materials*, Tokyo(1987), p.227.
- [2] H. Matsunami and T. Kimoto, *Mat. Sci. and Eng. R20*, 125(1997).
- [3] T. Kimoto, A. Itoh, H. Matsunami, and T. Okano, *J. Appl. Phys.* 81, 3494(1997).
- [4] A. Itoh, O. Takemura, T. Kimoto, and H. Matsunami, *Silicon Carbide and Related Materials 1995* (IOP, Bristol, 1996), p.685.
- [5] A. Itoh, T. Kimoto, and H. Matsunami, *IEEE Electron Device Lett.* 17, 139(1996).

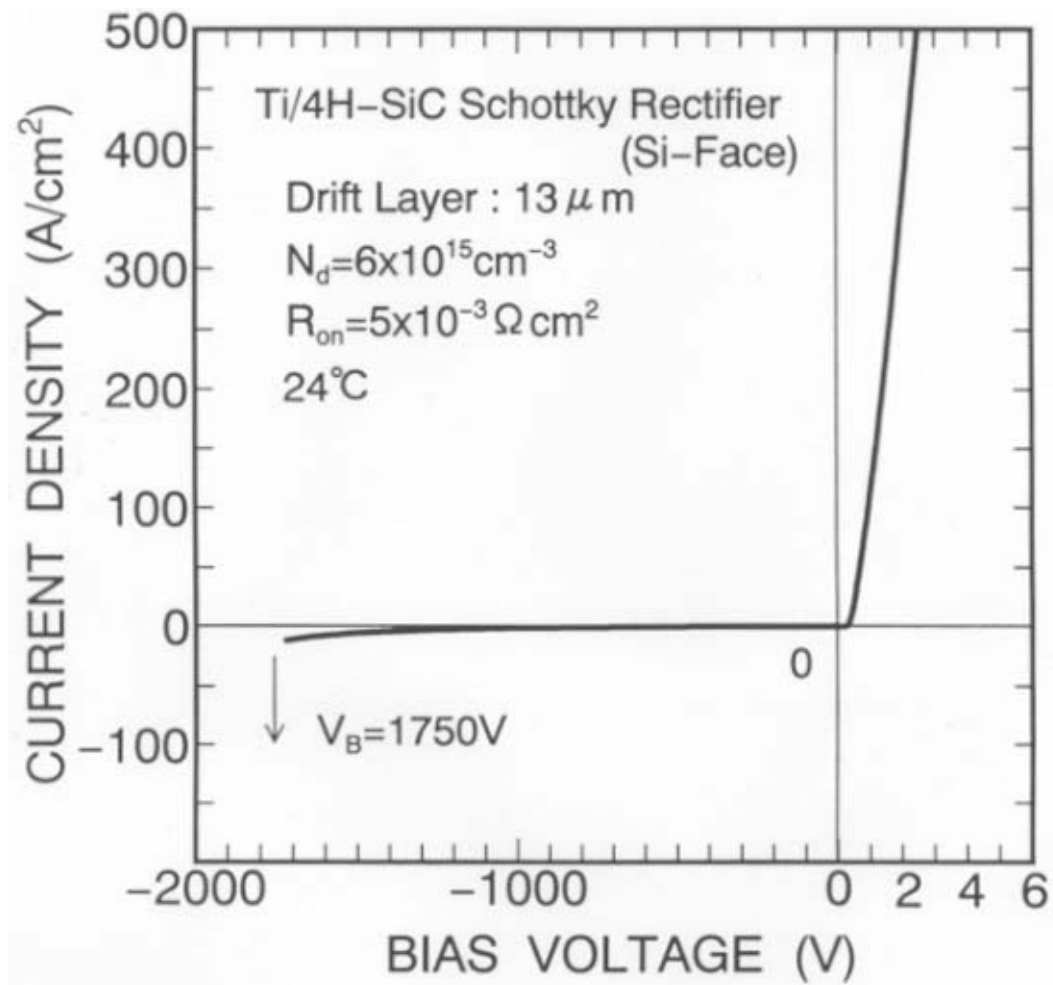


図3 Ti/SiCショットキーダイオードの電流-電圧特性



図4 SiおよびSiCパワーデバイスの比較

# メモリベースアーキテクチャ

情報学研究科 通信情報システム専攻 集積システム工学講座 大規模集積回路分野

教授 田丸 啓吉

e-mail: tamaru@kuee.kyoto-u.ac.jp

## 1. 背景

VLSI技術の発展により、「システム オン シリコン」が注目を集めている。特に最近DRAM不況によりLSIメーカーはロジック重視を掲げて、システムの集積化に注力しようとしている。システム全体を一つのLSIに集積するためには、メモリとプロセッサ（プロセッシングエレメント）を集積することが必要になる。メモリとロジックを一つに集積するというアイデアは決して新しいものではなく、これまでもメモリに近いものでは、連想メモリ（CAM）<sup>[1][2]</sup>や機能メモリ<sup>[3]</sup>、ローカルメモリを持つ小規模プロセッサのアレイ<sup>[4]</sup>、キャッシュメモリを集積したプロセッサ<sup>[5]</sup>、主記憶を集積したメモリプロセッサ混載LSI<sup>[6]</sup>など多くの形式のLSIが開発されてきた。しかし基本的にメモリとプロセッサ（ロジック）はこれまで固有の技術を追求して発展し、一方はギガビットの大容量を狙い、他方はクロック600MHz以上の超高速プロセッサを開発している。このことはメモリとプロセッサをバスで結合するアーキテクチャはそのままにして、両側のメモリとプロセッサに独立に性能向上を要求してきたため、メモリは大規模データに対応するべくますます大容量になり、プロセッサは多量のデータを処理するためますます超高速化してきたことを示している。その結果大容量メモリと超高速プロセッサは最適技術によって別個の独立ユニットとして設計製造されることになり、最後に両者を結合するバスがボトルネックとして残ることになった。この解決策としてメモリプロセッサ混載によるバンド幅拡張が行われている。これは実際的な方法ではあるが、革新的なアイデアではない。もう一度問題を考え直してみると、結局種々の特性をもつデータの処理を同一アーキテクチャによって行うところに問題があることが解る。したがってより本質的な解決法はデータの特性に依じたアーキテクチャを採用することで、その一つの方式として、メモリとロジックを一体化した新しいアーキテクチャを考えることである。このようなアーキテクチャとして、我々はメモリをベースにしたメモリベースアーキテクチャを提案してきた。以下にその概要と例について説明する。

## 2. メモリベースアーキテクチャの概要

メモリベースアーキテクチャの基本となる考えは二つある。第1はメモリの構造的特徴を利用し、規則性、繰返し性をもつ構成を実現することである。第2は同じ機能をメモリを活用して実現することで、メモリセルとその周辺で単なるデータ保持（記憶）以上の処理機能を実現することである。このように考えるとメモリベースアーキテクチャの基本的特徴は、記憶と処理を一体とした構成、SIMD動作（制御方式）並列化を中心としたデータ処理、高密度で規則的構造などのデータパス系アーキテクチャである。その効果は多量のデータに比較的簡単な処理を並列に行うことによる性能向上である。このような性質をもつ最も手近な用途は画像データ処理である。

このような特徴を考えると、メモリベースアーキテクチャの構造形態として、メモリの容量と論理部の粒度が問題になる。またこれは並列度にも関係する。この点より次の4種類に分類できる。

### 1. メモリ1語内に論理回路を付加した形（1語ユニット形）

これは最も簡単な機能メモリに相当し、1語のメモリにゲートを付加して外部入力との間で論理動作ができるようにしたもので、CAM<sup>[1][2]</sup>が代表例である。CAMでは1語の各ビットセルに追加

の検索データ線、EXNORゲート、各ビットのEXNOR出力のwired AND（一致検出線）の論理機能を付加している。この論理を使用して外部入力との間で一致検索、極値検索などを行う。メモリ各語は互いに独立で、論理演算の一方は必ず外部入力である。動作の並列度はメモリ語数をnとしたときn並列になる。

2. メモリ2～4語（程度）に論理回路を付加した形（4語ユニット形）

2項演算を行うためには、演算数、被演算数、結果を入れるために2～3語とさらに中間結果や倍長結果を入れるために1語が必要になる。この形では2～4語のメモリに加算回路や論理演算回路を付加して、メモリデータ間の演算ができるようにした構造である。代表例には後に説明する加算機能メモリがある。並列度はn語に対してn/2～n/4程度であるが、nが十分大きければ並列度も実用上十分大きくなる。

3. メモリ複数語（8語以上数十語程度まで）に小規模プロセッサを付加しブロックにした形（ブロック形）

複数回の2項演算を連続的に行うような多数回演算に対応するため、演算数や中間結果を格納する複数語のメモリをもち、演算回路も複数種類の演算をビット並列に実行するように拡張した論理回路（小規模プロセッサに対応）を備えた構造である。例として後に述べるFMPP-VQとトロント大のCRAM<sup>[7]</sup>がある。

CRAMは8k（32×256）ビットのメモリアレイと64個の簡単な1ビットプロセッサを組合せ、32×4ビットのメモリに1個のプロセッサを割当て、64組を並列に配置した構造をしている。プロセッサは2個のレジスタを持ち、バスの他にプロセッサ通信路を備え、ビット並列動作も可能である。

並列度はブロック並列に動作するので、単純にはブロック数即ち（n/ブロック語数）になるが、実際には論理部分が大きくなり、同じ面積なら語数が減るので、（n/ブロック語数）の1/2～数分の一程度になる。

4. ローカルメモリをもつプロセッサアレイの形（プロセッサアレイ形）

100語以上のメモリをもつプロセッサをアレイ状に配置して並列動作させる形式である。プロセッサの機能も3より複雑で、規模も大きい。並列度はメモリではなくプロセッサの個数で決まり、数十から数百程度になる。例としてはNECのIMAP(IMAPULSI)<sup>[8]</sup>がある。IMAPULSIでは64個のプロセッサが2MビットのSRAMアレイに組合せられている。1個の8ビットプロセッサに32kビッ

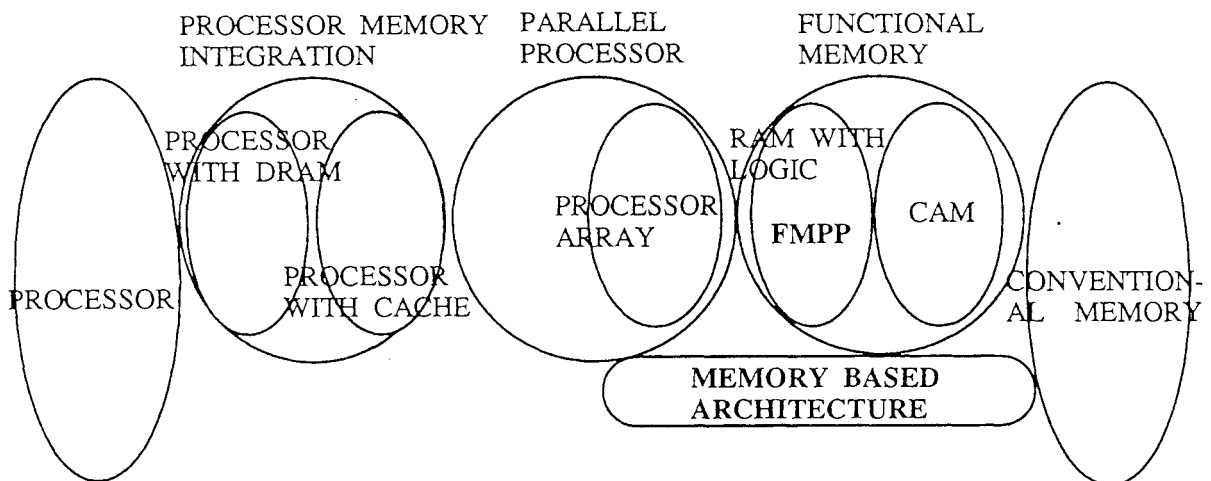


図1 メモリベース アーキテクチャの領域

トのSRAMがついており、構造的には2個のプロセッサと64kビット（512×128ビット）メモリが1組になっている。プロセッサは12個の汎用レジスタと5個のメモリおよびデータ転送用のレジスタを持ち、バスの他に隣接プロセッサ間のデータ転送路も持っている。

このようにメモリベースアーキテクチャの構造は1語ユニット形や4語ユニット形のように論理部の粒度が小さく、小容量のメモリと密に結合し、機能メモリとしての特性を持つものから、プロセッサレイ形のように論理部の粒度が大きく、プロセッサとメモリが物理的には密接に構成されているが、アーキテクチャ的には独立性を持っているものまで広い範囲にわたっている。その中間にブロック形が存在し、両者の中間の特性を持っている。この関係を図示したものが図1である。メモリベースアーキテクチャはプロセッサとメモリの間で、メモリよりプロセッサ側へ手をのばした存在になっている。この図からも判るようにメモリベースアーキテクチャの本質は、メモリの特徴をプロセッサ側へいかに組み入れていくかという点にある。この点でアルゴリズムとアーキテクチャをメモリ技術を接点に結びつけるものがメモリベースアーキテクチャであるということが出来る。

### 3. メモリベースアーキテクチャの例

以下に我々の研究室で開発中のLSIを紹介する。

#### (1) FMPP-VQ

FMPP-VQはベクトル量子化<sup>[9]</sup>処理の中で行う最近傍ベクトル探索専用のLSIとして設計したものである。画素データは8ビットで、16次元ベクトルの探索を行う。構成の単位をブロックと呼び、1ブロックが1個のベクトルに対応する。ブロックは図2に示すように140ビット（8ビット×16語と12ビット×1語）のメモリ（SRAM）と8ビット並列加算回路、2個の12ビットレジスタからなるロジックユニット（LU）、最小値検出回路、フラグなどで構成されている。ブロックは並列に

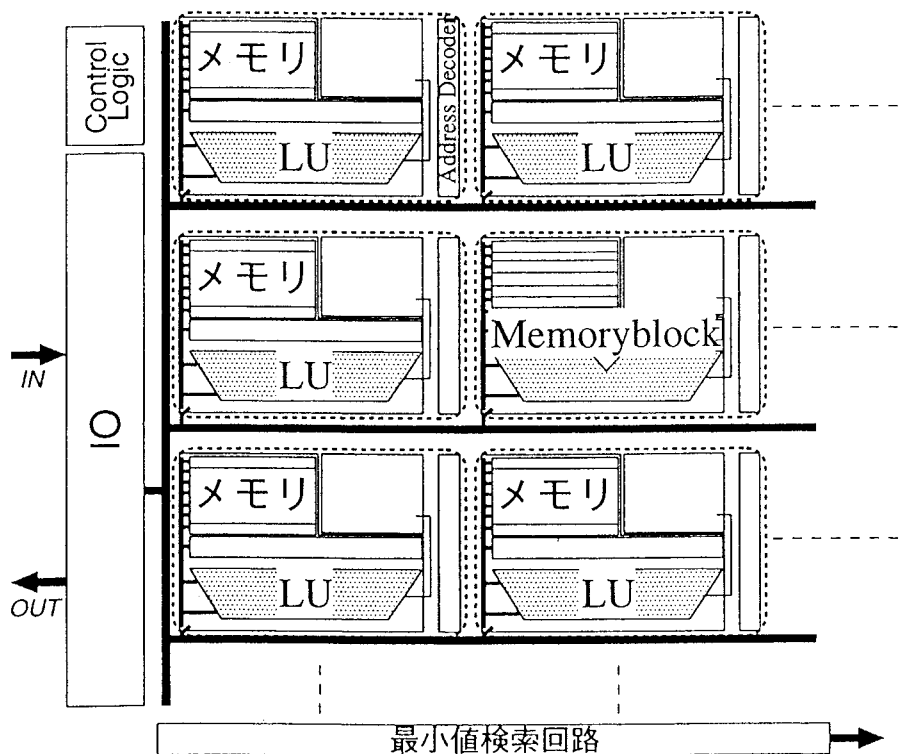


図2 FMPP-VQの構成



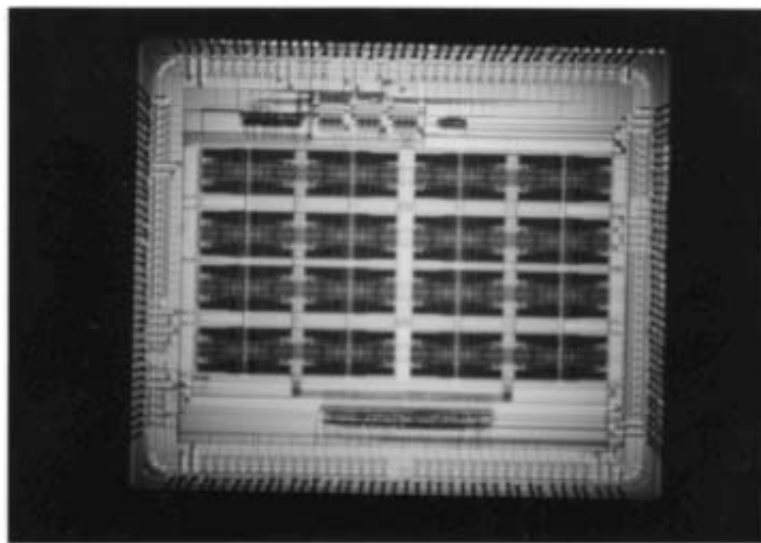
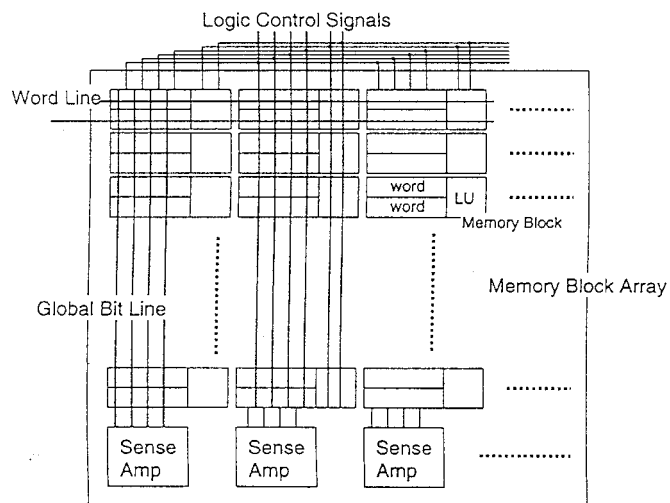
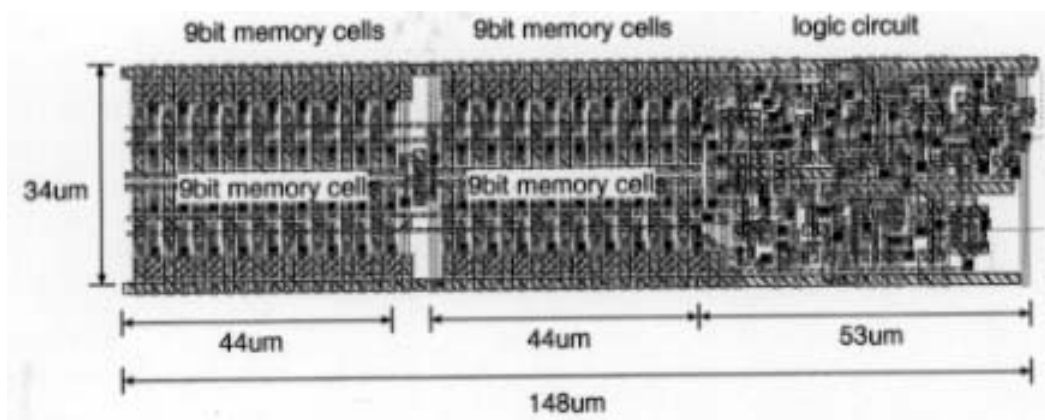


図3 64ブロックのFMPP-VQチップ



(a) メモリアレイの構成



(b) メモリブロックのレイアウト図(4語の場合)

図4 加算機能メモリ



動作し、各ブロックの16語のメモリにはベクトルの16個の要素データが記憶されている。外部より共通に入力ベクトルの16個の要素データが入力され、各ブロックのメモリの対応する各データとの減算が行われ、差が12ビットのメモリに累算される。16回の演算が終了すると各ブロックの累算結果が比較され、最小値の検索が行われて、最小値をもつブロックの番号が出力される。現在64ブロックのLSIが試作されている(図3)<sup>[10]</sup>。このLSIは25MHzで動作し、1入力ベクトルを9.5 $\mu$ sで処理することができる。携帯TV電話のような低ビットレートの通信路で小画面(QCIF)の動画を転送する用途への応用を検討している。

## (2) 加算機能メモリ

このメモリは図4に示すように2語または4語(1語は符号とデータ8ビットの9ビット)に1ビットの演算回路を組合せて1ブロックを構成したメモリで、ワードに記憶しているデータ間または記憶データと外部共通入力間でビット直列に加減算、論理演算を行うことができる。外部から見たメモリとしては9ビット構成のメモリと同じに動作するが、コマンドによって内部ではブロック並列にビット直列演算を行う。ブロックの粒度が小さいので機能が限定されているが、並列度は1万以上を考えている。そのためDRAMを使用し、高密度で超並列を特徴とする構造をしている。1語の演算は560nsである。現在機能テスト用のLSIを試作中である。

## 参考文献

- [ 1 ] Koo, J.T.: IEEE J. SSC, SC-5, 5, 208-215 (1970).
- [ 2 ] Ogura, T. et al.: IEEE J. SSC, SC-20, 6, 1277-1282 (1985).
- [ 3 ] Tamaru, K.: IEICE Trans. Electron., E76-C, 11, 1545-1554 (1993).
- [ 4 ] Jones, S.R. et al.: IEEE J. SSC, SC-23, 2, 543-548 (1988).
- [ 5 ] Kohn, L. and Sai Wai Fu: 1989 Int. Solid-State Circuits Conf., Digest of Tech. Papers, 54-55,(Feb. 1989).
- [ 6 ] Shimizu, T. et al.: 1996 IEEE Int. Solid-State Circuits Conf., Digest of Tech. Papers, 216-217 (Feb. 1996).
- [ 7 ] Elliott, D.G. et al.: IEEE 1992 CICC, 30.6.1-4 (May,1992).
- [ 8 ] Kimura, T. et al.: J. SSC, SC-30, 6, 637-643 (1995).
- [ 9 ] Gersho, A. and Cuperman, V.: IEEE Commun. Mag., 21, 9, 15-21(1983).
- [ 10 ] Kobayashi, K. et al.: Proc. of the 22nd European Solid-State Circuits Conf., 184-187 (Sept., 1996).

## 産業界の技術動向

# 通信のグローバル化を支える技術

国際電信電話株式会社 取締役 事業開発副本部長 平田 康夫

### 1. はじめに

情報通信は、ボーダレス化、グローバル化に向けて加速度的に進歩している。筆者は、1967年に京都大学電子工学科の修士課程を終え、KDDに入社、以来1989年に至るまでKDD研究所において衛星通信の研究に従事してきた。その後、移動通信やインターネットを始めとするマルチメディア関連の事業開発や技術開発に係わってきた。KDDに入社以来現在に至るまでの約30年間、情報通信技術の目覚ましい進歩に支えられ、筆者が深く関わってきた国際通信は飛躍的な発展を遂げた。国際伝送路の容量は、数100倍に増え、通信料金は数10分の1に安くなり、通信品質も格段に向上した。また、海外でのイベントのテレビ中継やニュースを誰もが極く当たり前のように楽しむのはもとより、インターネットを介して海外のホームページにアクセスするのも日常茶飯事となっている。このような国際通信の飛躍的な発展の担い手が、衛星通信や光ファイバーなどに係わる伝送技術、さらにはデジタル通信技術や信号処理技術である。

ここではこれら通信のグローバル化を支えてきた技術の変遷を駆け足で回顧しつつ、今後の技術動向について触れてみたい。

### 2. 衛星通信時代

#### 2.1. 国際基幹伝送路

表1 インテルサット衛星の性能

	運用開始年	地上重量	中継器数	容量 (片回線)	寿命
I号	1965年	38 kg	2	480	1.5年
II号	1967年	86 kg	1	480	3年
III号	1968年	146 kg	2	3,000 + 2TV	5年
IV号	1971年	700 kg	12	8,000 + 2TV	7年
IV-A号	1975年	720 kg	20	13,000 + 2TV	7年
V号	1980年	970 kg	27	24,000 + 2TV	7年
V-A号	1985年	1,090 kg	32	30,000 + 2TV	7年
VI号	1989年	4,240 kg	48	48,000 + 3TV	13年
VII号	1994年	3,590 kg	36	36,000 + 3TV	10-15年
VIII号	1997年	3,425kg	36	48,000 + 3TV	18年

我が国の国際衛星通信は、インテルサットと呼ばれる国際組織のもとで1967年に商用サービスが開始された。初期の衛星は、重量も100Kgに満たないもので、中継容量も電話回線500チャンネル程度であった。1970年代に入ると10,000チャンネル以上の中継容量を有する大型の通信衛星が大西洋上、インド洋上及び太平洋上に配備され本格的な衛星通信時代を迎えることになる。表1は、インテルサットがこれまでに打ち上げた衛星の性能を示したものである。V I号衛星に至るまでは急増する国際通信トラフィックを運ぶため、ひたすら衛星の大型化、大容量化が進められてきた。一方、1990年代になると大容量光海底ケーブルの出現により、大陸間を結ぶ国際基幹伝送路の主役の座を光海底ケーブルに譲ることになり、単なる大容量化だけではなく経済性をも追求した衛星が打ち上げられることになる。これら衛星通信の発展は、打ち上げ能力のアップや衛星製造技術の向上等に依るところが大きいですが、同時に地上設備に係わる通信技術の進歩も大きく貢献しており、その進歩に我が国は先導的役割を担っている。

また、衛星通信は、電力および帯域制限の厳しい電波をいかに有効に利用するかがシステム設計のポイントとなっており、衛星通信で培われた技術が他の通信システムで活用されている例も数多く見受けられる。その典型例が、デジタル通信技術である。デジタル衛星通信技術は、複数のユーザーが共通の衛星中継器にアクセスするマルチプルアクセス技術、信号を電波に乗せるための変復調技術、伝送路上の誤りを訂正し雑音に強いシステムを構築するための誤り訂正方式、および音声や画像等のアナログ信号をデジタル化する情報源符号化方式に大別される。アクセス方式としてT D M A (Time Division Multiple Access) をベースとするデジタル衛星通信システムの研究開発をK D D研究所において開始したのは1967年のことである。私事になるが、1967年は筆者が丁度K D Dに入社した年であり、その後23年間、衛星通信のデジタル化に係わる研究開発に従事したことになる。デジタル通信方式は、その後日米欧で積極的に研究開発が進められ、1980年代前半より順次実用化され、今日のデジタル通信全盛時代に至っている。



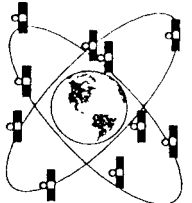
## 2.2 . 衛星を用いた移動通信

大洋上を航行する船舶を対象とした衛星通信システムは1976年に米国において実用化され、その後1982年に国際機関であるインマルサットに引き継がれグローバルなシステムに発展する。初期のシステムは、インテルサットの場合と同様にアナログのF M方式が用いられていたが、1980年代後半に伝送効率の良い誤り訂正技術および音声符号化技術をベースとするデジタル通信方式が適用されるようになり、対象とする移動体も船舶に限らず、陸上移動体や航空機へと広がっていった。

インマルサットで代表される衛星による移動通信は、赤道上空36,000Kmの静止衛星によって行われていたが、近年低軌道衛星を利用する携帯電話通信システムが注目を集めている。現在、商用に向けてシステム開発が進められている衛星携帯電話システムを表2に取りまとめで示す。このようなパーソナル衛星通信システムの設計のポイントである衛星軌道については、高度1千Km程度の円軌道に多数の衛星を打ち上げる低軌道システム(L E O ; Low Earth Orbit System)と高度1万Km程度の円軌道を使用する中高度軌道システム(M E O ; Medium Earth Orbit System)とがある。

前者すなわちL E Oをベースとして、66個の衛星を極軌道上に打ち上げ、かつ衛星間中継を行うことによって、宇宙空間でグローバルネットワークを構築しようというのがモトローラが中心とな

表2 実用間近のパーソナル衛星通信システム

システム名	IRIDIUM	GLOBALSTAR	ICO
衛星構成			
事業者名	Iridium Inc.	Loral Qualcomm Sat. Services Inc.	ICO Inc.
衛星軌道	低軌道(LEO)	低軌道(LEO)	中軌道(MEO)
衛星高度	765km	1,389km	10,355km
衛星数	66	48	10
軌道面数	6	8	2
多元接続方式	TDMA/TDD	CDMA	TDMA

って推進しているイリジウムシステムのアプローチである。グローバルスターは、LEOではあるが、傾斜角軌道を採用し、高度を約1400Kmとイリジウムに比較すると若干高くすることによって衛星の数を48個にしている。一方、インマルサットおよびその署名当事者が中心のなつて商用化を進めているICOシステムは、高度が約1万Kmの傾斜角円軌道上に10個の衛星を配備することによってグローバルネットワークを実現しようとしている。

これらパーソナル衛星通信システムは、開発が順調に進めば1998年秋にも実用化される予定になっている。また、地上セルラーと一体化した携帯電話端末の開発も進められており、地球上のどこにいても通信サービスが受けられる時代が現実のものになるのも間近であろう。もっとも、パーソナル衛星システムは、システム構築のコストや中継容量の点から考えると、地上のセルラーに取って変わるほど強力なシステムではなく、地上セルラーのサービスエリア外で使用されるといった補完的な役割りを担うものといえよう。すなわち、衛星通信の役割り、位置づけを正しく認識しておくことも、衛星通信の健全な発展のために重要であろう。

### 2.3. 衛星通信のその他の応用

衛星通信は、以上述べた基幹伝送路や移動通信以外にも、様々な分野で通信のグローバル化、パーソナル化に役立っている。衛星から直接放送を行う衛星放送、超小型地球局からニュース等の素材情報を発信するSNG(Sattelite News Gathering)、カーナビでお馴染みのGPS(Global Positioning System)など我々の日常生活に深く係わっているサービスが次々に実用化されている。

### 3. 光海底ケーブルが主役の座に

我が国と米国を結ぶ最初の太平洋横断海底ケーブル（TPC-1）が開通したのは1964年のことであり、その通信容量はわずか128電話回線であったが、短波通信に頼らざるをえなかった国際通信を画期的に改善した。その後、衛星通信に主役の座を譲るものの1970年代から80年代にかけて衛星通信とともに急増する国際通信を支えてきたのはアナログの同軸海底ケーブルであった。

1989年には、280M b p s の容量を持つ光ファイバーによる第3太平洋海底ケーブル（TPC-3）を建設し、高品質、大容量の光海底ケーブルの時代に突入した。その後1992年に容量が560M b p s のTPC-4が、さらに1996年には5 G b p s の伝送容量の備えたTPC-5が日本米国間に敷設された。これらのシステムはいずれも1970年代よりKDDで進めてきた光海底ケーブル方式を適用したもので、その方式概要を表3に示す。TPC-5で用いられているOS-A方式では、光信号を数10Km毎に配置された海中の中継器で電気信号に変換することなく光のまま直接増幅する光増幅方式を採用することによって大容量化、高信頼度化を図っている。さらに、波長多重技術などを適用することによって、中継容量を拡張することが可能であるという利点もある。

TPC-5は、日米間を南回りと北回りのループ状で結ぶ大容量海底ケーブルシステムで、計画段階ではTPC-5は当分がらで回線容量の余剰状態が長く続くと見なされていた。しかし、マルチメディア時代に向けて需要が急増し、来年にはケーブル容量が不足するような事態になってきており、容量増加を図るためTPC-5に波長多重技術が適用されることになっている。

さらに、KDDでは、1999年3月完成をめざして、日本を一周する光海底ケーブル（JIH；Japan Information Highway）を現在建設中であるが、このケーブルシステムは、波長多重技術を適用することによって100Gbps（電話換算で120万チャンネル）の容量を備えている。

表3 KDDが開発した光海底ケーブルシステム

海底ケーブル方式	OS-280M	OS-560M	OS-A
線路速度	280 Mbit/s	560 Mbit/s	5 Gbit/s
容量/ファイバ対	3,780 回線	7,560 回線	60,480 回線
中継器	再生中継器	再生中継器	光直接増幅器
信号波長	1.31 $\mu$ m	1.55 $\mu$ m	1.55 $\mu$ m
中継器間隔	50～70 km	120～150 km	30～100 km
適用システム	TPC-3	TPC-4等	TPC-5CN等
実用開始年度	1989年	1992年	1995年

### 4. マルチメディア時代に向けて

マルチメディア化、ボーダレス化、パーソナル化に向けてインターネットは急成長を見せている。我が国のインターネット利用者数は昨年未で900万人に達し、サービスプロバイダーは2000社を越えている。また、我が国と海外を結ぶインターネットの回線容量は、1 Gbpsを越えるに至っている。1年数カ月前の1996年秋に日米間においてインターネット回線容量が電話回線の容量を上回ったこと



に驚きを感じたが、今ではその差は、2倍以上に広がっている。一方、わが国と米国以外を直接結ぶインターネット回線は、総て合わせても日米回線の4%弱に過ぎない。この米国中心のネットワーク構成は全世界的傾向であり、今後のマルチメディア時代を支えてゆくであろうインターネットの健全な発展のためには、グローバルベースでバランスのとれたインターネット網を構築してゆくことが重要であり、そのためにもアジアでのインターネットバックボーンの整備を積極的に進めているところである。

インターネットは、従来の回線交換型ネットワークと比較して、利便性、網の拡張性、経済性などの面において非常に優れているが、その一方で、誰でもが自由にアクセスできるため、セキュリティーや信頼性などが必ずしも保証されていない。そのため、企業情報通信システムをインターネット上で構築するには問題があるが、IP (Internet Protocol) 技術をベースとし、ファイアウォールや帯域保証機能などを付加することによって、信頼性の高い安全な閉域網、すなわちイントラネットを構築することが可能である。このイントラネットにかかわる新しい技術、新製品が猛烈なスピードで次々に開発されており、今後、情報通信ネットワークはIP技術をベースとしたものになるものと思われる。また、商品の受発注、売買、決済などビジネスから一般消費者活動に至るまで様々な電子商取引 (EC: Electric Commerce) がインターネット、イントラネット上で行われることになる。

## 5. おわりに

情報通信に関連した技術の進歩には目を見張るものがある。マルチメディア化、ボーダレス化、パーソナル化は、今後ますます加速されることになる。技術の進歩のお陰で、一般消費者にとって、生活が豊かになる、便利になる、安くなるということは確かに悪いことではない。しかし、急成長という光の裏には必ず影の部分がある。インターネットの普及の結果として、プライバシーの侵害、教育・社会道徳への悪影響、詐欺や中傷などの犯罪等々が問題になってきている。一般に、光の部分の技術の進歩に較べて影の部分への対応はつつい後回しになりがちである。30年間光の部分の技術を追求してきた筆者にとって最近特に影の部分が非常に気になるところである。影の部分を法律や教育によって蓋をすることが重要であることは言うまでもないが、技術の面からも関係者が一層本気で取り込んで行くことが大切であることを、最後に反省を込めて強調したい。



## 関係教室全研究室紹介

### 電気系関連研究室一覧

#### 工学研究科

##### 電気工学専攻

- 複合システム論講座
- 電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野（島崎研）
- 電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研）
- 電力工学講座 電力発生伝送工学分野（宅間研）
- 電力工学講座 電力変換制御工学分野
- 電気システム論講座 電気回路網学講分野（奥村研）
- 電気システム論講座 自動制御工学分野（荒木研）
- 電気システム論講座 電力システム分野（上田研）

##### 電子物性工学専攻

- 電子物理学講座 極微真空電子工学分野（石川研）
- 電子物理学講座 プラズマ物性工学分野（橋研）
- 機能物性工学講座 半導体物性工学分野（松波研）
- 機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研）
- 量子工学講座 光材料物性工学分野（藤田研）
- 量子工学講座 光子電子工学分野
- 量子工学講座 量子電磁工学分野

##### イオン工学実験施設

- 高機能材料工学講座（山田研）

#### 情報学研究科

##### 知能情報学専攻

- 知能メディア講座 言語メディア分野
- 知能メディア講座 画像メディア分野（松山研）

##### 通信情報システム専攻

- 通信システム工学講座 デジタル通信分野（吉田研）
- 集積システム工学講座 大規模集積回路分野（田丸研）
- 集積システム工学講座 情報回路方式論分野（中村研）
- 集積システム工学講座 超高速信号処理分野（佐藤研）

##### システム科学専攻

- システム情報論講座 画像情報システム分野（英保研）

#### エネルギー科学研究科

##### エネルギー社会・環境科学専攻

- エネルギー社会環境学講座 エネルギー情報学分野（吉川栄研）

##### エネルギー基礎科学専攻

- エネルギー物理学講座 電磁エネルギー学分野（近藤研）

##### エネルギー応用科学専攻

- 応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野（塩津研）
- 応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野（野澤研）

#### エネルギー理工学研究所

- エネルギー生成研究部門 原子エネルギー研究分野（井上研）
- エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野（吉川潔研）
- エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野（大引研）
- エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野（佐野研）

#### 超高層電波研究センター

- 超高層電波工学部門（松本研）
- レーダー大気物理学部門（深尾研）
- 数理電波科学部門（橋本研）
- 超高層物理学部門（津田研）

#### 京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー（KU-VBL）

## 工 学 研 究 科

### 電気工学専攻

#### 複合システム論講座

#### 「複雑なシステムをどう理解するか？」

講師 倉 光 正 己

工学のあらゆる分野の高度化に伴い、複雑なシステムの解析・計画・制御・評価などが重要になってきた。また、社会・経済の分野や生体・生命科学の分野でも、扱う対象の大規模化や強システム性が認識され、システム理論、工学的アプローチが期待されている。本研究室では、従来、このような大規模で複雑なシステムや複雑系に関する研究を、基礎理論から応用まで総合的、多面的に展開してきた。しかし、西川教授の退官をはじめ教官の転任があり、スタッフが減少したので、現在は主に下記のテーマにしぼって研究を行っている。

1. 非線形電気回路網に関する研究 動機、カオス、自己組織化、ニューラルネット、複雑系など、最近広く関心を持たれている諸現象に共通するキーワードの一つが「非線形性」である。電気回路では古くから多様な非線形性、非線形素子が用いられており、非線形現象の統一的、物理的な理解、解明に適した対象であり、その応用も期待されている。電気回路におけるカオスの発生条件、カオスの同期現象などを物理的に解明する研究を行っている。
2. 生体情報処理の研究 脳・神経系における記憶・認識・制御などの高度の情報処理機能は、並列分散処理、自己組織化機能、あるいは非線形ダイナミクスに鍵があると見られる。ニューラル・ネットワークの学習と記憶、特に、報酬により学習を自律的に行う強化学習による行動制御について研究を行っている。

---

#### 電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野（島崎研）

#### 「超並列計算機による計算電磁界解析とMHD発電システムの理論的研究」

教授 島崎 眞昭、講師 乾 義尚、助手 松尾 哲司、リサーチアソシエイト 岩下 武史

超並列計算機の登場に対応した計算科学、計算工学の必要性が増大しており、電磁機械の精密解析を目的として、超並列計算機による計算電磁界解析法の研究を行なっている。3次元渦電流問題や運動物体を含む系の電磁界解析のための有限要素法や境界要素法の研究を行なっている。並列処理向きの解法として領域分割法の研究など並列数値計算アルゴリズムの研究とソフトウェアの開発を行なっている。また、電磁界解析のための問題解決環境の研究を行なっている。設計問題の解決のために最適化問題の研究も行なっていく。

世界における電力需要の増大、エネルギー資源の有効利用、環境汚染の低減、などの重大問題の解決に寄与するために、石炭、石油、天然ガスや核融合原子力などの一次エネルギーから高効率、準無公害で大電力を発生する手段として有力なMHD発電に関する理論的研究を広範囲にわたって行なっている。オープンサイクルおよびクローズドサイクルMHD発電機内の電磁流体の2、3次元解析や、MHD発電機の電力系統内での運転時の動作解析を行なっている。また、地殻探査などに用いられる、パルスMHD発電システムの解析も行なっている。

## 電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研究室） 「21世紀のキーテクノロジー「超電導技術」の電力機器への応用研究」

教授 牟田 一彌、助教授 星野 勉、助手 中村 武恒

1911年発見された超伝導現象は1986年の酸化物系高温超伝導物質が発見されるに及んで工学的応用への期待は更に膨らんでいる。工学的応用分野の中でも、我々は特に電力システム機器、パワーエレクトロニクスデバイスなどの開発に関心を持ち、その基礎的研究と実用化研究を行っている。更に、特性解析のシミュレーション法、設計法、制御法などの確立を計画し、実施している。

1988年に世界で初めて発電に成功した、励磁機も超伝導化した全超電導発電機については、特性解析等を継続している。励磁機に採用した磁束ポンプは、延世大学との研究協力で展開し、次世代の超伝導制御整流素子（パワーエレクトロニクスデバイス）は、ソ連時代のレベデフ物理研究所との共同関係の元に開始された。また、韓国電気研究所の界磁超電導発電機の開発研究をサポートするために、30 kVA超電導発電機の設計、特性評価を行っている。

その他、超伝導送電ケーブルの基本的設計研究、通電損失の分析、小型超伝導変圧器、超伝導マグネットデータベースの研究など多岐にわたっている。また、これまで行ってきた超伝導電動機、無誘導コイル型SN転移式限流器、限流機能を備えた四巻線型変圧器の研究から、多くの知見が蓄積されたが、たとえば、共通課題として、超伝導線材の大電流密度化、安定化などの基礎研究の重大さを痛感している。

## 電力工学講座 電力発生伝送工学分野（宅間研究室） 「電力の輸送にかかわる諸技術の高度化と環境との調和」

教授 宅間 董、講師 垣本 直人、講師 濱田 昌司、助手 山本 修

電力分野は今日の社会生活を支える基盤として高度に発達したシステムとなったが、なお新しい課題の発生や新技術の導入が活発な分野である。たとえば、交流1000kVのUHV（Ultra High Voltage）送電、直流500kV紀伊連系の大プロジェクトの実現が近付いている。

電力系統技術ならびに高電圧絶縁技術は、これまでの高信頼度という必要条件に、経済性の向上と環境対策の二面が加わり、新しい局面を迎えている。当研究室ではこのような状況に対処して、電気エネルギーの輸送に関わる諸技術の基礎的な研究を行っている。すなわち、電力系統や機器の絶縁に使用される電氣的負性気体（SF<sub>6</sub>）真空の放電現象を観測し、放電のシミュレーションを行う高電圧絶縁の研究、SF<sub>6</sub>に代わって用い得るような高気圧気体の放電特性の研究、送配電系統の高電界や大電流のひき起こす誘導電流などの環境問題（EMF問題）の研究、電気エネルギー輸送の制御技術に関する研究などである。

現在の主な研究テーマは以下のようにまとめられる。

- (a) 電磁界計算法の開発・改良
- (b) 沿面放電の実験とシミュレーション
- (c) SF<sub>6</sub>の代替ガスの検討
- (d) 電磁界の環境影響評価
- (e) 長距離くし形系統における内部共振の研究
- (f) SVCによる長距離くし形系統の輸送能力の向上
- (g) TCSCによるSSRの回避機構の解明

## 電力工学講座 電力変換制御工学分野

### 「多様な視点で現代的課題に挑戦」

非常勤講師 松木 純也（福井大・教授）\*）、非常勤講師 麻生 武彦（極地研・教授）、  
非常勤講師 橋本 岳（静岡大・助教授）

電力用半導体を用いて電力の変換と制御を行うパワーエレクトロニクス技術は、今や身近な電気製品から大規模産業システムに至るまでのあらゆる分野に浸透し、現代社会を支える基本技術となっている。本研究室では電力変換制御に関わる最先端技術の教育・研究を行っている。

従来、絶縁ゲート形バイポーラトランジスタ（IGBT）を用いたハーフブリッジ式高周波インバータ、電気自動車用高効率直流複巻電動機とその駆動制御、重量物の高速位置決め制御、無人搬送車の自律走行、スウェーデン国立スペース物理研究所との共同多点トモグラフィ観測、ニューラルコンピューティングを用いた画像識別、照明環境が目の疲労に及ぼす影響、同期発電機の特性の解明、電力システムの安定度の解析・監視・制御、サイリスタ制御直列コンデンサ装置の試作とそれによる電力システムの安定度制御並びに潮流制御の高度化等の多彩な研究を行ってきた。

引き続き、電力システムの制御性能の高度化のためのパワーエレクトロニクス応用、単色光オーロラ CCD画像の解析、画像トモグラフィ、対象物の識別や認識を行う手法、ロボット・ビジョン、リモートセンシング等の研究を行っている。

\* )平成10年4月まで本学講師

---

## 電気システム論講座 電気回路網学講分野（奥村研究室）

### 「電気電子回路システムの基礎研究」

教授 奥村 浩士、助手 市川 哲、助手 久門 尚史

電気回路網学は電気工学、電子工学の基礎分野に属するものである。近年の超集積回路の発展、電力、通信、コンピュータなどのシステムの機能の高度化と大規模化ならびにコンピュータ利用の常識化とともに電気回路網学は日進月歩の状況にある。電気現象、電磁現象あるいは工学システムなどを数理的に把握するための電気電子回路モデルやネットワークモデルも構成要素が増えるとともに多様化してきている。このような状況にあって、当研究室では電気電子回路、電力回路、分布集中混在型回路などの回路システムの実際問題を解決することを目的として、電気現象、電磁現象、工学システムのより良い近似モデルの作成と定式化、これらの現象の解明、工学システム設計のための有用な解析法とそのアルゴリズムの開発などを目指して、理論研究ならびに実験研究を行っている。また、これらの研究を通じて電気電子回路システムで起こる現象の理解、回路のモデル化の手法ならびに解析法の習得などを教育の目的にしている。



## 電気システム論講座 自動制御工学分野 (荒木研究室)

### 「自動制御 - 工場から病院まで」

教授 荒木 光彦、助教授 萩原 朋道、助手 古谷 榮光

本研究室では、自動制御の理論を研究しその成果を実用目的に応用している。

理論的課題としては、サンプル値系の周波数理論、大規模システム理論、2自由度制御、多周期デジタル制御、むだ時間システムの制御、モデル予測制御、スケジューリング問題などを研究している。M行列についてのリヤプノフ型定理の証明、FR作用素の定式化と設計問題への応用などはその後の理論の発展に大きく寄与した重要な成果と言える。また、1984年に提案した2自由度PID制御方式は最近産業界で広く使われるようになっており、2自由度型の最適制御系設計法も今後産業応用分野で重要な手法となると期待される。

応用としては、電力システムにおける制御問題、鉄鋼システムにおける多変数制御系の設計問題、空気圧サーボ、生産システムのスケジューリングなどといった工業分野への応用に加えて、患者の血圧・血糖値・麻酔深度の制御、病期の分類、看護婦スケジューリング問題など医療分野の諸問題を積極的に扱っている。特に、オブザーバを使った同期発電機の制御方式は理論研究の成果を生かした実用的な方法で、電力システム制御への重要な貢献と考えている。また、生体医療工学研究センターと共同で開発した血圧制御システムは、すでに臨床応用に用いられており、手術時間の短縮と輸血量の減少に大きく貢献している。

## 電気システム論講座 電力システム分野(上田研究室)

### 「非線形システムの物理現象の発生機構の解明と工学的応用」

教授 上田 亮、助教授 引原 隆士、助手 斎藤 啓子、助手 長谷川義孝

本研究室では、回転電磁機械内部における磁束挙動の計測から、非線形システムに生じるカオス現象の解析まで、実験と理論にまたがった研究を行っている。研究課題は、物理現象(複雑な電磁現象、非線形現象)の発生機構および性質の解明と、それらの工学的応用を目指すものである。現在行っている研究テーマは次の通りである。

電力システムに関する実験的研究：内部磁束計測用に特注した小型同期発電機を用いて、磁束分布の過渡挙動や電力システムの異常現象等を再現し、その発生機構・性質を解明する研究を行っている。

非線形力学に関する実験的研究：非線形システム(摩擦振動系、磁気弾性梁、高温超電導磁気浮上系、生体系等)に現れるカオスなどの非線形現象の計測、モデリング、制御を行う。これらの非線形現象は時系列データおよび空間離散データとして計測され、これらの解析法、システム次元の推定法を確立し、システム記述モデルの構築を試みている。

非線形力学・電力システムに関する理論的研究：電磁気学を適用した回転機内部磁束分布モデルの構築、電力システムの過渡安定度問題に関連したフラクタル引力圏境界などを扱っている。

パワーエレクトロニクスの基礎的研究：パワーエレクトロニクス回路の基本特性を、最新の非線形力学理論を用いて検討すると共に動作の安定性を検討する。

## 電子物性工学専攻

### 電子物理学講座 極微真空電子工学分野（石川研究室） 「先進イオン・電子ビーム技術開発と材料物性応用」

教授 石川 順三、助手 辻 博司、助手 後藤 康仁

イオンビームや電子ビームの先進的操作・制御技術の開発やイオンビームを用いた先進的な材料プロセス技術や電子デバイスの開発が研究の主眼である。また独創性のある研究をすすめることが研究室の方針である。

イオンビームの操作・制御技術として、イオン発生法について独創的な研究を行ってきており、新しい原理に基づく種々の正イオン源および負イオン源を開発してきている。特に高効率の負イオン発生法の確立は、新たに負イオンビームの材料プロセスへの適用を可能としたと同時に、負イオン注入装置、負イオンビーム蒸着装置の開発を行い、帯電の無いイオン注入法や運動力結合を用いた新材料形成法などの先進技術への展開を図っている。

他方、電子ビーム技術の研究に関しては、ミクロン寸法の微小電子源を用いた極微真空電子デバイスの開発をイオンビームを用いた加工・成膜法によって行っている。極微真空デバイスは、キャリアである電子の速度が半導体中の電子の速度より10～100倍速いため次世代の超々高速デバイスとして期待されていると同時に、新たなフラットパネル表示管としても期待されている。

---

### 電子物理学講座 プラズマ物性工学分野（橘研究室）

#### 「プロセス用プラズマを主として、あらゆるタイプのプラズマが研究対象」

教授 橘 邦英、助教授 八坂 保能、助手 久保 寔、助手 中村 敏浩

弱電離から強電離状態まで、また $\mu\text{m}$ オーダーから数十 $\text{cm}$ まで、あらゆるタイプ、サイズのプラズマを研究対象として、基礎から応用まで幅広く研究を進めている。特に、プラズマCVDやプラズマエッチングなどのプラズマプロセスの技術は、半導体の微細加工や機能性薄膜の製作などの基盤技術として進歩してきたが、プロセスに対する要求の高度化や新たな応用への期待から、媒体の反応性プラズマを更に高度に制御する方法の確立が急がれている。このため反応性プラズマ中の反応活性種や基板表面への吸着種を種々のin situ計測法を用いて多角的に診断することによって、プラズマ中や表面層での反応を更に微細に制御するなど、より高度なプロセスプラズマの制御方法の開発に努めたり、大口径のウエファに対応すべく新しい発想での高密度大面積プラズマ源の開発を行っている。この他、次代のエネルギー源として期待される核融合の基礎研究として 強電離プラズマの波動による加熱、封じ込めなどの研究、クーロン相互作用によって微粒子が結晶格子状に配列した 強結合プラズマに関する研究。また応用研究として、大きな市場が期待される壁掛けTV用プラズマディスプレイの性能向上、光励起プロセスに用いる真空紫外光源の開発、高輝度HIDランプ中の高密度プラズマの特性解析などを行っている。



## 機能物性工学講座 半導体物性工学分野（松波研究室） 「半導体電子物性の精密制御とデバイス応用 - 半導体材料学の構築」

教授 松波 弘之、助教授 木本 恒暢、助手 須田 淳、非常勤講師 冬木 隆(奈良先端大・教授)

本研究室では次世代エレクトロニクス材料・デバイスの開発を目指した研究を進め、特に、原子レベルの構造制御と詳細な物性評価の両面から研究を展開している。その中からいくつかを紹介する。

次世代Si集積回路に必須の極薄絶縁膜低温形成に対し、励起活性種を用いた新プロセスを提案し、高温形成絶縁膜に匹敵する成果を得ている。さらに、放電電流スペクトロスコピーという独自の評価法を開発し、膜内の電子トラップを定量評価して、プロセスに還元、その最適化を図って、極微MOSFETの性能向上を目指している。

新しい光電集積(マイクロフォトニクス)デバイスやタンデム型高効率太陽電池の実現につながる、Si基板上へのIII-V族半導体のヘテロエピ結晶成長にMOMBE法を適用し、緒口を掴み始めている。

新世代パワー電子デバイスに最適の物性をもつSiCは、Siの限界を打ち破る材料として期待されている。「ステップ制御エピタキシー」という概念を提案し、従来不可能であった高品質SiC結晶成長を実現して、SiCをデバイスとして利用可能な半導体材料へと引き上げた。現在は、イオン注入、酸化膜形成などのデバイス作製プロセスや界面電子物性制御に取り組むとともに、結晶成長に関しても既存の枠組みにとらわれない、より高品質・大面積のものを作製する方法の確立に挑戦している。この分野では、世界のリーディングパートを担っていると評価されている。

## 機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研究室） 「ナノ電子現象の解明・構造制御による分子電子素子の創成」

教授 松重 和美、助教授 山田 啓文、講師 多田 博一(VBL)  
助手 堀内 俊寿、助手 石田 謙司(VBL)

来る21世紀の電子素材として、現在のSiや化合物半導体等を凌駕する高機能新規素材の登場が望まれている。その有力な候補として、最近実用化され注目されている有機ELデバイス、ディスプレイや生体系におけるエネルギー変換・巧みな情報伝達機構にその実例を見るように”分子系”材料がある。研究室では、それ自体固有で多様性のある電子・光特性を有す分子系材料を主たる対象に、最近進展が著しい走査型プローブ顕微鏡(SPM)を利用して、ナノレベル・分子レベルでの分子系及び極界面での電子現象の解明、電界やエピタキシー結晶成長を活用した構造制御による有機系及び有機/無機複合超構造薄膜の作製、及びこれらの研究を基盤として、分子メモリーや高感度センサー等の新規デバイスの開発に取り組んでいる。具体的研究テーマとしては、1)革新的電子機能を有する分子電子素子の創成を目指した分子ナノエレクトロニクス、2)構造制御された有機超薄膜の電子・光物性・構造評価に関する研究、3)SPMを利用した有機/金属積層膜や極界面を含む各種電子材料のナノメートルスケールでの電子・光機能の探索や、4)分子操作を活用した超高密度分子メモリーに関する基礎・応用研究を院生との議論の中で独創的アイデアを出しながら進めている。さらに、5)将来電子材料として極めて魅力のある強誘電体薄膜の成長技術や電子物性・デバイス応用に関する研究も行っている。

## 量子工学講座 光材料物性工学分野（藤田研究室） 「光機能性材料の創成と光物性の探索・評価」

教授 藤田 茂夫、教授、助教授 藤田 静雄、助教授 川上 養一(VBL)、助手 船戸 充

新しい光物性の発現と応用に向けた光機能性材料・デバイスの開発という観点から、光と電子の相互作用の大きい広禁制帯幅半導体や有機薄膜などの材料を対象に、材料の作製、評価、デバイス応用に関する研究を行っている。すなわち、原子分子レベルでの結晶成長の制御、ヘテロ構造や低次元構造の構築、そのようなマイクロな場に発現する光物性の評価を行い、光物性の解明、新しい物性の探索、新材料・構造の開発、デバイスへの応用を目指している。具体的な研究内容を以下に示す。

- (1) I-VI族およびIII-V窒化物広禁制帯幅半導体低次元構造の光物性を、励起子の振舞いを中心に評価し、励起子が関与した光物性の解明とデバイス応用に関する研究を行う。
- (2) II-VI酸化物半導体、多結晶または立方晶III-V窒化物半導体など、新しい光機能が期待される材料の育成、機能の探索を行う。
- (3) 異種化合物ヘテロ界面の微視的構造・物性の解明を通じて、ヘテロ接合による新しい光電子複合素子への応用を図る。
- (4) II-VI族およびIII-V窒化物系広禁制帯幅半導体の光機能を活用した可視短波長～紫外光素子に関して研究を行う。
- (5) 結晶成長中の光触媒反応を応用した新しい結晶成長法の確立と、材料の高品質化、新材料・構造作製への応用を図る。
- (6) 光機能性有機薄膜の成膜過程と微視的構造の解明、伝導機構と発光過程の制御を図り、光電子材料としての基礎を確立する。

## 量子工学講座 光量子電子工学分野

### 「次世代フォトンクス/デバイスの研究 - 光を自在に制御し、利用する - 」

助教授 野田 進、助手 石橋 豊次

通常、電子は粒子として、光は波としてとらえられているが、極微な世界では、電子は波としての性質（電子波）を示し、光は粒子としての性質（光子）を示すようになる。本研究室では、このような極微な構造中での電子および光の振る舞い、すなわち光量子電子効果の物理的基礎から応用までを研究の対象としている。

昨近の情報化社会においては、如何に多くの情報を如何に速く伝送、処理し、記憶するかが極めて重要な課題となっている。光はその高速性、空間並列性、広帯域性から情報伝送・処理および記憶媒体として大きな注目を集めている。本研究室では上記の光量子電子効果を駆使して、光の発生（新しい周波数領域の開拓も含めて）から、その超高速制御、受光にわたる多彩な研究を行っている。これらは、まさしく次世代の情報化時代を支えるキー材料・デバイスを提供するもので、その将来展望は極めて明るいと言える。

具体的な研究テーマは以下の通りである。

- (1) 量子ドットによる高効率テラヘルツ発光デバイス実現の研究
- (2) 新しい光材料：フォトンク結晶実現の研究
- (3) 光による光の超高速制御・変調の研究
- (4) 新しいプロセス技術（質量輸送ウエハ融着法）と光機能デバイス実現の研究
- (5) 大容量光記憶および高非線形材料の開発研究

## 量子工学講座 量子電磁工学分野 「量子性の理解とその工学への応用」

助教授 北野 正雄

電子工学で利用される光(電磁波)、電子、原子などの振舞いは究極的には量子力学に支配されている。しかし、実際にはこれらを古典力学にしたがう波動や粒子として扱うことが圧倒的に多い。このことは、我々が物質の量子性を自由に制御し、十分利用する方法をまだ手に入れていないことの反映でもある。量子性の本質の一つである量子コヒーレンスが、通常的环境下では非常に壊れやすく、容易に保持できないことが、古典的記述の許される原因である。しかし、最近の量子光学を中心とする実験技術の進展により、コヒーレンスの維持やその制御が可能になってきた。ここでは、原子を $\mu\text{K}$ 以下に冷却できるレーザー冷却や、波長より狭い領域の電磁波を検出、制御できる近接場光学などの新技術を開発するとともに、それらを利用して、量子性の理解を深めることを目指して研究を進めている。



レーザーの輻射圧により冷却されたルビジウム原子の雲  
(直径1mm, 温度 $500\mu\text{K}$ , 原子数 $10^6$ 個)

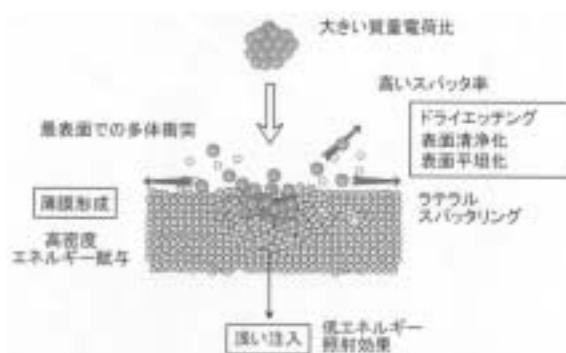
## イオン工学実験施設

### 高機能材料工学講座(山田研究室)

#### 「キャッチフリーズ：次世代イオンビームプロセスの基礎と応用」

施設長・教授 山田 公、助教授 高岡 義寛、助手 松尾 二郎

イオン工学実験施設では、真空中や低ガス圧領域で原子、分子、クラスター(塊状原子集団)などのイオンビームと固体表面との相互作用に関する学問分野を研究している。また、イオンビームによる材料創製や加工等の研究も行っている。すなわち、イオンと固体との衝突による新しい非線形相互作用の学問分野を開き、理論、分子動力学法によるシミュレーション、実験から研究を行っている。特に、クラスターイオンビームによる固体表面プロセスや材料開発の研究では、新しいイオンビーム応用の展開を計っている。クラスターイオンビーム技術は、クラスターを構成する原子数、クラスターイオンの運動エネルギー等を変えて固体表面に照射することによって様々な応用が展開できる。(図参照)



## 情報学研究科

### 知能情報学専攻

#### 知能メディア講座 言語メディア分野 「言語を理解するコンピュータをめざして」

併任教授 松本 裕治（奈良先端大） 講師 黒橋 禎夫

情報処理技術が進展し、コンピュータの使用が社会生活の様々な局面に浸透するに伴って、人間にとって「情報」とは何か、あるいは、人間はどのように「情報」を処理しているのか等、人間の情報処理過程を明らかにすることが不可欠となっている。本研究室では、このような観点から、人工知能、特にその中心的な課題であるコンピュータによる言語理解の問題、言語の翻訳、情報検索等の研究を行ってきた。これらの諸分野は、計算機科学の中でも、時とともにその重要性が増しており、今後ますます重要になると考えられる。人工知能・知識情報処理の中心をなす言語の科学的研究は今後の科学技術の全ての分野における基本要素であり、コンピュータのハードウェア・ソフトウェアの技術はもとより、他の広範な技術分野に非常に大きな影響を持つと考えられている。本研究室の最近の研究テーマは、言語によるコミュニケーションのモデル化、文脈情報の処理、知識ベースの構築、機械翻訳の高度化、電子図書館システムの開発などである。

---

#### 知能メディア講座 画像メディア分野（松山研究室） 「視覚情報処理を通じた知能の解明と知能システムの構築」

教授 松山 隆司、助教授 和田 俊和、併任講師 中村 裕一（筑波大）、  
助手 東海 彰吾、リサーチ・アソシエイト 日浦 慎作

人間は、感覚器を通して物事の様子や変化を認識・理解し、それに基づいて推論や思考を深めたり、状況に即した適切な行動を取るといった優れた知的能力を持っている。本研究室では、主として視覚情報処理の観点から、人間に匹敵する能力を備えた知能システムの実現を目指している。

具体的には、画像・映像情報の処理、認識、理解、生成、編集のためのハードウェアおよびソフトウェアに関する研究を行っている。現在は、5年間のプロジェクト研究として、「分散協調視覚：視覚・行動・コミュニケーション機能の統合」という考え方を提唱し、以下の課題に集中的に取り組んでいる。

- (1) 多機能高精度カメラシステムの開発：3次元距離画像や360°全方位パノラマ画像を撮影できるビデオカメラシステム
- (2) 首振りビデオカメラを用いた移動物体の検出・実時間追跡システム：火災などの異常検出、侵入者監視とモニタリング
- (3) ネットワークで結ばれた多数の首振りカメラ間の協調処理による広域シーンの状況認識・理解：交通およびセキュリティ用監視システム
- (4) 対話的実時間映像生成：視点の異なるカメラで撮った映像データやネットワークを介して得た情報を基にして、効果的なカメラワークを付加することによって「見飽きない映像」を実時間で対話的に生成・編集する。



## 通信情報システム専攻

### 通信システム工学講座 デジタル通信分野（吉田研究室） 「いつでもどこでもマルチメディア情報の受発信を可能に！」

教授 吉田 進、講師 廣瀬 勝一、助手 村田 英一

グローバル化、高品質化、マルチメディア化をキーワードに次世代、次々世代の移動体通信の検討が進みつつある。いつでもどこでも、オフィスや自宅同様に、どんな情報でも意のままにやりとりできる情報ネットワークの構築が狙いである。すなわち、中枢神経系に相当する高速広帯域の光ファイバ網と、末梢神経系に相当するエンドユーザに至るラスト10m～100mの無線通信とを組み合わせたユニバーサルパーソナル通信の実現をめざして、特に移動体通信に焦点を当てて研究を進めている。

ところが、市街地やビル内の電波伝搬環境は劣悪であり電波は建物や壁により反射され多重経路伝搬となるほか、様々な雑音、ひずみ、干渉を受ける。固定網と同等の通信品質を確保するためには、高度な適応デジタル信号処理技術を駆使する必要がある、積極的に研究を進めている。また周波数利用効率の更なる向上を狙った研究や、今後様々なアプリケーションを開発していく上で不可欠となる情報セキュリティ技術の研究にも取り組んでいる。そして、将来の情報通信ネットワークのあるべき姿、すなわち、社会基盤としてのネットワークの存在を意識することなく、どのような情報でも受発信できるネットワークの構築に向けて研究を進めている。

---

### 集積システム工学講座 大規模集積回路分野（田丸研究室） 「新しいシステムLSIの開発とCADアルゴリズムの研究」

教授 田丸 啓吉、助教授 小野寺 秀俊、助手 小林 和淑

当研究室ではプロセッサなどのLSI設計分野とLSI用の計算機援用設計(CAD)手法の分野を2本の柱として研究活動を展開している。最近アレイ構造など特殊なアーキテクチャの研究が多く行われLSI化もされ始めた。当研究室では新しいアーキテクチャの一つとして、メモリと論理機能を一体化したメモリベースアーキテクチャについて研究を行っている。特に数～十数語のCAM(内容アドレスメモリ)やRAMをベースにしたブロック単位の並列動作をするプロセッサアレイをFMPP(Functional Memory type Parallel Processor)と名づけ、LSIを設計試作して画像処理への応用の研究を行っている。またメモリの語レベルで加算機能をもつ加算機能メモリを考案し、構造と用途について研究をしている。現在CAD技術は、消費電力や配線遅延などを正確に評価する高性能デジタル回路やアナログ・デジタル共存回路用のより精細な設計に対応するCADと、論理や機能など上位レベルの自動化設計CADに研究の中心が広がってきている。このような動向にもとづき、配線遅延を考慮した機能および論理レベルの自動合成、高速・低消費電力化のための素子寸法最適化CAD、CADツール評価のためのモデルの開発、製造条件のばらつきを考慮した最適回路設計手法などの研究を行っている。



## 集積システム工学講座 情報回路方式論分野(中村研究室) 「通信情報空間の夢とその実現法を共に手に入れよう」

教授 中村 行宏、助手 泉 知論

今後益々多様化・高性能化を必要とされる応用向け専用LSI(ASIC)、ネットワークサーバやルータを含む各種プロセッサにとって、その実現基盤としての情報回路のアーキテクチャ/方式構成をどうするかが大変重要です。この認識の下に、(1)情報回路の超並列処理アーキテクチャ/方式構成技術、(2)その高位方式設計技術、の研究・開発を表裏一体として取り組んでいます。具体的には、

- (1) 非ノイマン型超並列計算機アーキテクチャとその記述・設計技術
- (2) マルチメディア/通信融合環境におけるキープロセッサ設計方式  
次例のような要素処理のLSI化設計とその設計ライブラリ化、IP(Intellectual Property)化を進めます。
  - ・マルチメディア・プロトコル実行LSI
  - ・高機能マルチメディアサーバ構成方式
  - ・次世代高性能ルータ など
- (3) サブミクロン・プロセスに適した論理合成技術
- (4) ハードウェア/ソフトウェア協調設計技術

マルチメディア時代の情報システムの設計は、各種アプリケーションに適したアーキテクチャを総合的にとらえ、最初からハードウェア/ソフトウェアの機能分担を考慮した協調設計が重要となります。これに対処するための統合的なシステム・アーキテクチャとその設計技術の研究を進めています。

研究者の育成について一言補足します。我々の研究開発対象である通信情報システムのおかれた環境の変化はあまりに速く、かつ複雑なので、既成概念での知識体系化・モデル化は追い付けない。行動力、理論と実際を結びつける実践力の必要性が今ほど大きいときはない。すなわち、従来の大学教育の前提である専門知識の修得以外に、「通信情報システム」の目的を達成するために必要な実践ノウハウともいべきもの、すなわち、構想力、結合力(人、金などを)、ヒアリング力、説得力、さらには、倫理感と人としての信用などが必須であり、これらを日頃の研究活動を通じて身に付けさせることに努力しています。

## 「光・電磁波・電磁現象の基本的な解明とその応用」

助教授 中島 将光

- (1) 光エレクトロニクス

光通信に関するものとして、光の広帯域性を生かすための研究を行なっている。光変調および光復調に電子回路を使用する限り、回路的な限界があるので、電磁波と光波との相互作用を適当に利用することによって、それ以上の高速信号で変調および復調可能な方法を考案した。また、多重光通信系において副搬送波の選択(アクセス)と同時に直接復調可能なホモダイン光復調系などの提案を行ない、シンガポール大学やインドの大学と共同研究を実施している。

- (2) マイクロ波・ミリ波

核融合の火を灯すのに大電力のミリ波による加熱が有効なので、国内外の大学や研究所と協力して研究を進めて来た。大電力のミリ波モード変換器や集束アンテナなどを開発したが、これらは特許になっており、核融合実験装置などに実用されている。

- (3) 電磁現象の基礎理論

電磁気は自然における非常に基本的な現象であって、電気の応用範囲が広がれば、また基礎的な考究も必要である。静電界、静磁界、動電磁界を動的・統一的に把握し、電磁エネルギー伝達の物理的描像を明らかにした。その結果、例えば、ヘルツ以来のポインティング・ベクトルに対するパラドックスを解いた。

## 集積システム工学講座 超高速信号処理分野(佐藤研究室) 「電波・光信号処理を通じて信号に含まれる情報の本質を探る」

教授 佐藤 亨、助教授 乗松 誠司、助手 松尾 敏郎、助手 笠原 禎也

膨大な情報を選別し、効率的に処理することはこれからの通信・情報処理システムにとって不可欠の機能である。このとき、最適な処理法を構成するためには求める情報と与えられる信号の関係を完全に理解しモデル化する必要がある。

本分野では、レーダーに代表される各種電磁波計測や光通信など、特に高速な信号処理を必要とする諸分野における信号の性質を研究し、多種・大量のデータを用いた推定の高速化と高精度化の手法を開発することを目標とする。特に先験情報を活用して通常の処理法の限界を越える高度な処理技術を実現することを目指す。

当分野は平成10年4月に情報学研究科の新設に伴って設置されたため、研究室としての活動はこれから始まることである。これまでの各教官の主な研究課題は

- 1．地下探査、地球環境探査、宇宙探査などにおける知能的レーダー信号処理法の研究
- 2．光通信システムにおけるレーザダイオードを用いた光ホモダイン検波方式の研究
- 3．地球磁気圏プラズマ中の電波伝搬に関する電波到来方向や発生機構の研究
- 4．通信衛星と地上ネットワークを用いた同報データ通信方式の研究などであった。今後はこれらを基盤として、レーダーや光通信など、特に高速な信号処理を要求される分野における高度信号処理の基礎技術を開発して行きたい。

## システム科学専攻

### システム情報論講座 画像情報システム分野(英保研究室) 「画像からの情報取得と情報の画像表示に関する研究」

教授 英保 茂、助教授 杉本 直三、助手 関口 博之

百聞は一見にしかずと言われるが、これは人間の持つ直感的な把握力、画像認識能力、情報抽出力などの卓越性を示したものである。すなわち、画像は人間にとって一見でその状況を把握するための手段としては極めて優れたものであり、情報の可視化という点もこういった観点から重要な位置を占めている。一方、3次元画像、動画など多次元にわたる画像(系列)に対しては、それらの中から適当な情報を(特に定量的に)取り出すことは、人間にとってはそれほど得意なものとはいえない。本研究室では、種々のシステムにおける情報インターフェースとしての重要な位置を占める"画像"を研究対象として、コンピュータを用いて人間と同等(以上)の画像認識・理解を行わせるための手法の研究、人間が不得意な多次元画像からの定量情報取得に関する研究、各種情報を画像として表示する情報の可視化に関する研究、人間の持つ感性と画像との関連などに関する研究を進めている。これらの研究の目的は、画像や図形さらには、動画像を利用した、高度な計測とマンマシンコミュニケーションの手段を確立することである。

## エネルギー科学研究科

### エネルギー社会・環境科学専攻

#### エネルギー社会環境学講座 エネルギー情報学分野(吉川栄研究室) 「技術と人間の調和を目指すヒューマンインタフェースの高度化」

教授 吉川 栄和、助教授 手塚 哲央、助手 下田 宏

21世紀を目前に控え、新世紀の高度情報化社会に要請される重要課題として、情報システム工学の立場から、「技術と人間・社会の調和」のための、“Human with Technology”に関わる学際領域の教育研究に携わっています。ヒューマンインタフェース、マンマシン系の研究が中心ですが、現在、研究室では、従来のインタフェースとは全くコンセプトの異なるインタフェース概念として、端的に言えば、映像空間の中の知的ロボットでもある、「バーチャルコラボレータ」と呼ぶ新しいインタフェース概念を提唱し、これの実現に向けて、(1) Eye-Sensing HMDや、片目軽量型でハンドフリーのモバイルHMDなどの新しいインタフェースデバイスの開発、(2) 人間の情報行動特性の計測実験とそのリアルタイム診断システム化、(3) 人工現実感とインターネットを統合した分散仮想環境の教育や訓練への応用実験、(4) 人間の認知と感情のヒューマンモデル、(5) マンマシン相互作用のシミュレーション、(6) 人体モーションや顔表情の感情計測とVRシミュレーション、などの個別研究を進めている段階です。ヒトと機械、あるいは、ヒトとヒトの間の、より豊かで親しみのあるコミュニケーションの設計原理の創成を目指し、研究室の若い学生諸君、外国人留学生、それから民間企業の若手研究者と共に、活発に研究を進めています。詳しくは、研究室のホームページ<http://hydro.kuiae.kyoto-u.ac.jp/Lab> をご覧下されば幸いです。

### エネルギー基礎科学専攻

#### エネルギー物理学講座 電磁エネルギー学分野(近藤研究室) 「ヘリカル型磁場に閉じ込められた高温プラズマの実験、理論研究」

教授 近藤 克己、助教授 中村 祐司、助手 別生 榮

近年ヘリカル型磁場配位の研究が急速に進展し、トカマク型磁場配位と同様に高度の対称性をもつ磁場配位を考案することが可能になった。この研究室では、エネルギー理工学研究所と協力し最適化された磁場配位の提案とそれに則った実験装置の製作を行い、その中に閉じ込められたプラズマの巨視的、微視的構造のダイナミックな挙動を実験的、理論的に解明し複雑系の一例となるプラズマの理解を深め次世代の学問の発展に寄与することである。右に示した図は、現在製作中の装置の模式図でプラズマと磁場発生用コイルが描かれている。平均大半径は、1.2m 磁場強度は、1.5T である。



## エネルギー応用科学専攻

### 応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野(塩津研究室)

#### 「先進エネルギーシステム実現への熱科学と超電導工学からの挑戦」

教授 塩津 正博、助教授 白井 康之

本分野は、1996年に発足したエネルギー科学研究科の電気電子工学科兼担講座の一つとして新たにスタートした。研究分野は大きく「エネルギー応用に関する熱科学」と「超伝導のエネルギー応用」の2つに分かれているが、熱科学と電気工学に基礎を置いた新しい視点からエネルギー応用に関する諸問題を捉えることを目指している。具体的には、核融合炉、高速増殖炉、超伝導応用高密度エネルギー変換・輸送・貯蔵システムなどの先進的エネルギーシステムを対象として、これらの実現に不可欠な種々の熱媒体の工学的極限状態における定常・非定常熱流体力学諸問題を実験を踏まえて基礎的に解明するとともに、理論モデルの確立を目指した研究を進めている。またこれらの研究成果を基に、電子機器の高密度除熱や高温超伝導体の磁束流領域における電気抵抗特性などの研究にも取り組んでいる。一方、超伝導工学は極低温技術からシステム技術まで扱う広範な学問領域であり、エネルギーシステムの大変革を招来するキーテクノロジーの一つである。超伝導の応用技術に関して特に電力システムに注目し、超伝導発電機、超伝導エネルギー貯蔵装置、超伝導スイッチ、超電導限流器など、超伝導を応用することによって、全く新しい特性が期待されるエネルギー機器について、超伝導材料の特長からみた観点と応用された機器のシステム的な観点の両面からの検討を進めている。

### 応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野(野澤研究室)

#### 「キャッチフレーズ：最先端エネルギー技術に応用した超LSIに関する研究」

教授 野澤 博、客員教授 ウォルフガング フィツナー

当研究室は近年飛躍的に技術が進歩し、エレクトロニクス、情報分野における基礎的な部品として注目されている超LSIのエネルギー分野への応用に関連したテーマを追究している。まず、超LSI製造にはさまざまなエネルギー、特に最先端エネルギー研究の成果が幅広く利用されている。これらのハイテクエネルギー技術を統合、組み合わせることによって初めて超LSIの製造が可能である。超LSIの構成単位であるトランジスタなどのデバイスは新しい技術を取り入れた最適構造で設計されることにより、しだいにミニチュアライズされる傾向にある。また、デバイス構造がミニチュアライズされるとともに性能設計もより高精度のものが必要になり、計算機によるデバイスシミュレーションが必要不可欠である。当面の目標はハイテクエネルギーを駆使した新しいデバイス構造を追究し、近年注目されているマルチメディア情報社会に必要な画像情報処理用集積回路への応用を研究することである。さらにその先への展開としてエネルギー科学への応用がある。21世紀にはいよいよ核融合炉による発電が実用化される、若しくは実用化されねばならない。この核融合炉を実用化していく上でプラズマ閉じ込め時間を長くすることが重要である。これを達成するための研究が多方面からなされていることは言うまでもないが、超LSIを専門とする立場から、実時間画像処理技術で高度化したデータ処理用LSIをさらに発展させ、磁気流体不安定性などの問題を最適化し、核融合プラズマ閉じ込め制御用LSIへの応用を研究することが究極の目標である。



## エネルギー生成研究部門 原子エネルギー研究分野(井上研究室) 「核融合炉の実現」

教授 井上 信幸、助教授 山本 靖、助手 神保 光一

当研究室は、エネルギー理工学研究所に本籍を持ち、大学院はエネルギー科学研究科エネルギー変換科学専攻に所属している。平成8年5月にエネルギー科学研究科の創設と同時に行われた研究所の改組（原子エネルギー研究所 エネルギー理工学研究所）の際に新たに設置された研究室であり、公募による教員の選考・着任を経て、昨年度半ばに研究室の体制を整えたところである。今年度より電気電子工学科で、学部学生の教育・研究指導に参加させて頂くことになった。

当研究分野の研究目的は改組時の資料には、「社会的需要性の高い核反応を利用した粒子生成とそれを用いた計測、診断、核反応処理技術などの開発と新物質の創生」と記載されており、現在は核融合炉の開発を中心とした研究を行っている。主な研究テーマとしては、「核融合炉設計と総合評価」、「新しい閉じ込め方式の研究」、「負イオン源の研究」などがある。

---

## エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野(吉川潔研究室) 「高品位・高機能エネルギーの生成、変換と制御」

教授 吉川 潔、助教授 大西 正視、助手 督 壽之

イオンや電子・陽電子など荷電粒子の運動を極限に近い状況で高精緻制御出来れば、従来不可能であった新しい機能が発現する。例えば、多数の電子を限りなく同一の位相空間に集めることができれば、夢の光源といわれる波長可変な高品位自由電子レ - ザの短波長発振が可能となる。21世紀の重要な先端科学技術のなかで、とくに、高効率直接エネルギー変換、量子放射光発生、自由電子レ - ザによる人工衛星や宇宙ロケットへの光エネルギー伝送、中性子無発生先進核融合などの先進的分野では、新しい荷電粒子の高品位・高精緻制御法の開拓が強く要請されている。研究室ではこのような荷電粒子の高精緻制御に関する創造的な研究に挑戦しており、現在、自由電子レ - ザ発生・応用、高効率高周波電子ビーム管開発、高効率直接発電、イオンビーム加速プラズマ中性子源、先進核融合炉（D-3He）等の研究を通して人口増加、経済発展、エネルギー需要の増加による化石燃料資源の枯渇および環境破壊等困難な課題の解決を迫られる来世紀のエネルギー分野の科学技術を担う学生の教育を行っている。



## エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野(大引研究室) 「プラズマエネルギー制御のための学理体系を目指して」

教授 大引 得弘、助教授 水内 亨、助手 長崎 百伸

高エネルギー媒質である高温プラズマを扱うためには、プラズマの物性を物理的・工学的に解明していくことが重要です。大引研究室では、磁場による高温プラズマの閉じ込め、核融合エネルギー制御とその安定化、熱・粒子・不純物輸送の制御、高温プラズマ応用など、プラズマエネルギーの制御に関する知識・技術の開拓とそれらの体系化を目指しています。特に、高温プラズマの生成・加熱制御、高温プラズマのMHD平衡と安定性に関する磁場制御、プラズマ電流によるプラズマトポロジーの動的制御、ダイバータ概念を用いた熱、粒子、不純物輸送制御、さらに、プラズマと固体の相互作用などの実験・理論解析により、京都大学を発祥の地とするヘリオトロン磁場を初めとして、広くヘリカル型磁場配位の閉じ込め特性の基礎的解明を進めています。エネルギー科学研究科での学生教育では、主として上述のような核融合システムに固有なプラズマエネルギーの制御に関する教育を行っています。

## エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野(佐野研究室) 「プラズマをとおした複雑系の物理の探求、未来エネルギー源の開発」

教授 佐野 史道、助教授 花谷 清、助手 岡田 浩之

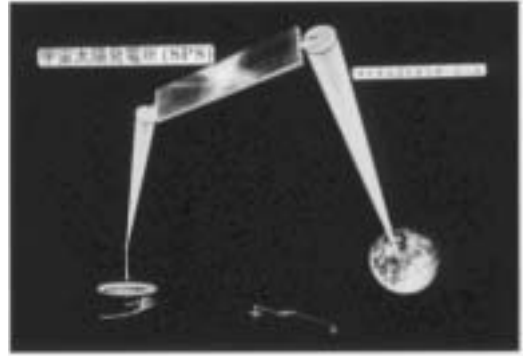
核融合を目的とした高温プラズマの挙動、特にプラズマ閉じ込めに密接に関わる磁場を横切るプラズマ輸送の解明のために、より基礎に重点を置いた研究の必要性が高まっている。本研究室では、高温プラズマの輸送と加熱の観点から、ヘリカル系プラズマの(1)磁気面トポロジー、(2)粒子運動論的および磁気流体的(MHD)的特性、(3)高エネルギー粒子のエネルギー緩和過程における閉じ込め、(4)中性粒子ビーム(NBI)加熱やECH(電子サイクロトロン加熱)およびICRF(イオンサイクロトロン)加熱などの実験ならびに理論およびシミュレーション研究を行っている。また、現在エネルギー理工学研究所では新しいプラズマ実験装置建設を行いつつあり、それに関わる設計・理論解析、加熱・計測装置等周辺機器の設計なども重要な課題である。

学生の教育・研究については、テーマ毎に教官と研究チームを組み個人指導が受けられる体制で臨んでいる。また、大学院への進学を積極的に推奨している。前期にはプラズマ物理と核融合の基礎を学ぶために輪講を行い、後期には定期的にコロキウムを開き、関連分野の教官および大学院生も交えて各研究テーマについて多角的に論議する。核融合研究は国内・国外との共同研究も盛んで、学生諸君も国際学会等への出席の機会も多い。

## 超高層電波研究センター 超高層電波工学部門（松本研究室） 「宇宙プラズマ空間における電波環境の解析と電波応用技術の開発」

教授 松本 紘、助手 小嶋 浩嗣、助手 臼井 英之、助手 篠原 真毅

本研究室では、21世紀の宇宙開拓の時代に向けて、理学、工学の両面から宇宙電波科学の研究を行っている。具体的には、(1) マイクロ波無線送電及び宇宙太陽発電衛星に関する実験及び技術開発、(2) 地球・惑星電波及びプラズマ波動の科学衛星観測とデータ解析、(3) 宇宙プラズマや、マグネトロンなどのマイクロ波デバイスに関する工学的計算機実験、の3つのテーマを柱に研究に取り組んでいる。当研究室は、宇治の超高層電波研究センター及び大学院情報学研究科通信情報システム専攻科に所属し、当センターの橋本研究室及び、宇宙科学研究所やNASAなどの国の内外の宇宙関連機関と密接に協力して研究活動を行なっている。マイクロ波関連の技術開発においては企業との共同研究なども積極的に進めていきたい。



宇宙太陽発電所（SPS）の概念図

## レーダー大気物理学部門（深尾研究室） 「最先端レーダーリモートセンシング法を開発、大気圏の未知を探る」

教授 深尾 昌一郎、助教授 山本 衛、助手 橋口 浩之

先端的VHF/UHF帯大気レーダー・リモートセンシング・テクノロジーを開発・駆使することによって、地球環境に直結する大気圏の未知・未解決の諸現象の解明に挑んでいる。1984年当研究室が中心となって開発した最新の電子制御を用いた世界最高性能のVHF帯レーダー「MUレーダー」(写真)を用いてレーダー工学と大気物理学を融合した学際分野の開拓を目指している。特に人間生活を左右する下層大気中の風・雨・雲・雷から無線通信に影響する超高層大気(電離層)の擾乱現象までを統一的視点で研究している。当グループは産学協同で小型大気レーダーやミリ波帯霧レーダーを開発中である他、我国におけるこの分野の中核として、世界の研究者との国際協同研究を推進している。



写真: MUレーダー(滋賀県信楽町)

## 数理電波科学部門（橋本研究室）

### 「宇宙空間の電波を探る」

教授 橋本 弘藏、助教授 大村 善治

本研究室は、電磁力学・計算電磁気学・電波工学・通信工学・信号処理を基礎とし、宇宙空間を舞台とする電波に関する研究を行っている。以下に示すような電波科学やその数理的手法を中心とした研究は、今後とも重要になっていくことが期待される。

主なテーマ：(1) 地球の磁気圏の探査を行なっているGEOTAIL衛星のプラズマ波動観測装置で800kHzまでの波動現象の観測と解析。例えば新たに発見された静電孤立波の計算機実験、オーロラ領域や赤道域から出る電波のデータ解析や理論的解析。(2) 衛星の観測データを効率よく伝送するために、デジタル信号処理し、データ圧縮、自律的な判断、データ選別等を行なって地上に伝送する、高い知的機能を持つ波動受信機の開発。(3) 超並列計算機を利用して、従来のスーパーコンピュータでは実行不可能な超大規模計算機実験を行うためのプログラムに関する基礎的研究。宇宙プラズマの計算機実験に用いられてきた電磁粒子コードを基に、世界に先駆けて超並列対応の粒子コードの開発。(4) マイクロ波電力伝送において、複数の地点からの伝送要求を処理するために、スペクトル拡散技術を利用した到来方向の検出、複数の方向へ電力伝送などの通信技術の応用。(5) 衛星通信を使った遅延のある回線でのインターネット効率化。

## 超高層物理学部門（津田研究室）

### 「電波・光・音波を用いた新しい地球大気計測技術の開発」

教授 津田 敏隆、助教授 中村 卓司

地表付近にある我々の生存環境は、数百kmの厚みを持つ大気層によって惑星間宇宙から隔絶され、快適な状態に保たれている。近年の急速な産業発展によって、この保護膜に変調が起こりつつある。環境変化を正確に予測するには、まず精密な大気計測が重要である。本研究室では電波・音波・光が大気中を伝播する際に起こす種々の現象を活用して、新しい大気計測技術を開発している。

レ - ダ - は能動型計測法の代表例であり、電波(あるいはレ - ザ - 光)を地上から発射し、大気による散乱を受信して、大気運動や温度・密度分布を優れた時間・高度分解能で連続観測できる。我々が滋賀県信楽町に建設した大気観測用大型レ - ダ - (MURE - ダ - )では、大気乱流や流星飛跡による電波散乱を検出している。また音波発射装置を付加して大気温度分布を求める新観測技術も開発している。

大気自身が放射する赤外線を地上あるいは人工衛星で受光し、大気状態の水平分布を観測する受動的計測法も活用している。一方 GPS電波の大気伝播遅延から水蒸気や大気温度分布を推定する応用技術を開発している。

これらの観測装置を国内および海外の拠点に設置し、長期間連続観測を行うとともに、国際共同研究により様々な気象擾乱および大気波動現象の振舞いを研究している。

本研究室は電子工学と地球科学の学際的分野を目指しており、研究対象が地球規模であるため国際共同研究も活発に推進している。

## 京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリ - (KU-VBL)

最近、知的創造・発信の場としての大学には、将来の科学技術立国を先導する独創性豊かな人材の育成の場として、また昨今の日本経済の閉塞感を打ち破るものとして、これまでにない大きな期待が寄せられている。本施設は、平成7年度の補正予算の中で、新規産業創出につながる研究推進策（VBL設立構想）により設立されたもので、その趣旨は1）将来の産業を支える基盤技術である研究開発プログラムの推進、2）ベンチャー精神に富んだ創造的人材の育成 というものである。

全学の教育・研究施設としてのVBL棟（2000m<sup>2</sup>）は、平成9年3月に本部構内に竣工し、現在本格的な活動の場を提供している。本施設は、学内ばかりでなく、外にも開かれた施設として、学内外から種々注目を集めているが、研究テーマとして「先進電子材料開発の為に原子・分子アプローチ」を掲げて、電子物性工学専攻の教官・院生がその主たる推進母体となっていることもあり、特に、電気系企業や洛友会の会員諸氏の見学も多く、繋がりも深い。起業家教育の一環として、後期に「先端電子材料学」を開講して、学外・企業の研究者に企業の紹介も含め研究の最前線をボランティア的（旅費・謝金無し）に話をし頂くとともに聴講の院生等と討論の場を持っている。（話題提供者を募集中；7月末日までに松重まで連絡を）

現在、VBLではその他、如何に産学連携を進めるべきか、知的創造サイクルをシステムとして構築すべきか、に関してTLO（技術移転機構；株式会社形式）の構築等を検討している。本施設の詳細等は、ホームページ（<http://www.vbl.kyoto-u.ac.jp/>）を参照して頂くか、直接連絡を。

問い合わせ先

施設長 松重 和美（電子物性工学専攻）

Tel/Fax: 075-753-7570、Tel. 5308

E-mail: [matusige@kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:matusige@kuee.kyoto-u.ac.jp)

事務局 Tel: 075-753-7571, Fax: -7572



## 平成9年度修士論文テーマ紹介

### 平成9年度修士論文一覧

#### 電気工学専攻

##### 浅田 智 広 (奥村教授) 「格子状分布線路の電磁界理論による数値解析」

本研究は、電磁界理論を用いて格子状分布線路により生じる電界および電位を数値解析している。具体的には格子状分布線路を有限長導体を繋ぎ合わせた線路として扱い、この計算の畳み込みによる高速化を行なっている。そして、この方法を鉄塔のサージインピーダンスの計算に応用している。

##### 天野 博 之 (上田教授) 「三機無限大母線系統における動揺方程式の引力圏に関する考察」

2機の発電機、1機の同期電動機、無限大母線からなる三機無限大母線系統の動揺方程式を対象として、計算機実験から引力圏境界の根元集合及び引力圏の隣接関係を明らかにした。その結果より、系統構成の相違による引力圏構造の変化という観点から、系統の過渡安定度について考察を行なった。

##### 安藤 寛 (吉川(栄)教授) 「仮想空間内における自然な人体モーションの生成」

人間の動作を制御盤の操作行動に限定し、実際の人間の移動と機器操作行動を3次元磁気センサを用いて収集した。収集した人間行動データの補正手法を考案して、補正後に基本データとしてデータベース化し、これを用いて仮想空間内の人体モデルに自然な動作で制御盤操作を行うシミュレーション手法を開拓した。

##### 石井 裕 剛 (吉川(栄)教授) 「人工現実感技術を用いた機器保守訓練環境構築支援システムの開発」

人工現実感技術を用いる訓練環境のプログラミング作業の効率化を図るため、構築支援システムの開発を行った。本支援システムを用いると、VR用プログラミング知識がなくてもシステム構築に必要な設計情報をGUIから入力するだけで、多様な訓練環境を短時間に構築できることを示した。

##### 石下 晃 生 (牟田教授) 「30 kVA超伝導発電機の設計とその短絡特性シミュレーション」

本設計法では超伝導発電機構造を考慮した電磁解析によって得られる電氣的諸定数式を基本に組み立てられたもので、各種パラメータの制約条件を変更することで定格の異なる発電機概念設計にも拡張できる汎用性のあるものである。

##### 稲増 崇 (吉川(潔)教授) 「光陰極型高周波電子銃における電子ビーム特性に関する研究」

短波長、あるいは高輝度な自由電子レーザー生成には低エミッタンスで高輝度な電子ビームを生成することが必須要件である。高周波電子銃は、空間電荷効果の作用時間を最小にするために考案された電子銃で、高輝度低エミッタンス電子ビームを得るには、高周波の加速位相に同期させてレーザーを照射し、光電子を引き出す方式が最も有効で、電子銃の最適形状・運転条件を理論的に求めた。

##### 内山 真 男 (松木講師) 「ALISによるオーロラ単色光多点観測画像の解析に関する研究」

ALIS (オーロラ多点観測ネットワーク) により観測された3種類の波長 (赤、青、緑) のオーロラ画像を用いて、ステレオ計測によるオーロラの高度推定や、SIRT法を用いたオーロラの3次元復元を行った。赤、青2種類のオーロラについては、今回初めて解析を行った。

##### 岡田 興 志 (吉川(潔)教授) 「3次元Staggered-Array Undulatorの特性解析に関する研究」

高輝度量子放射光の代表的な自由電子レーザーは、相対論的電子ビームをアンジュレータと呼ばれる交番磁場を有する場で規則的な周期運動をさせることにより生成可能となる。従来のアンジュレータは永久磁石を用いるため高価で、かつパラメータ可変領域が狭かった。本 staggered-arrayアンジュレータはソレノイド磁場内におかれた鉄片ディスクからなる2列スタックからなり、安価でかつ可変領域が大きい特徴がある。本研究では、3次元解析による最適設計を行った。



**片岡直記（佐野教授）「トラスプラズマにおけるブートストラップ電流に関する計算機シミュレーション」**

粒子シミュレーションの新しい技法として注目されているDelta-f スキームを用いてトカマクの数値シミュレーションをおこなった。マーカー粒子をドリフトハミルトン形式で解きブートストラップ電流のAspect比および衝突周波数依存性を求めた。また衝突項のモーメント保存の効果を調べた。

**鎌田啓史（奥村教授）「汎関数モデルで表される非線形逆システムの構成法に関する研究」**

非線形システムの出力に含まれる非線形成分を除去するために、逆システムを用いることを考え、その構成法を示した。逆システムによって、非線形成分はある程度除去することができるが、元の非線形システムより高次の非線形成分が出てきてしまうことが明らかになった。

**小林 繁（近藤教授）「ヘリカル系プラズマにおけるバルーニング不安定性」**

高温プラズマの安定性を考える上で重要なバルーニングモードをBooser 座標系で解析するプログラムの開発を行い、文部省核融合科学研究所で現在建設中のLHD装置で生成されるプラズマを対象に解析を行った。その結果 値が5%程度までは十分安定であることがわかった。

**小松 邦 嘉（牟田教授）「200MW全超伝導発電機の安定性および限流特性に関する研究」**

現在超伝導発電機は、高効率、省コスト、省資源などの優れた特徴を持ち、実用化が期待されている。本研究は電機子巻線も超伝導化する全超伝導発電機の先駆的研究として、発電機の数式モデルを導出し、その特性把握、事故時の安定性、さらに事故後の安定制御について取扱ったものである。

**紺 矢 雅 之（宅間教授）「複合誘電体場における表面電荷法に関する研究」**

二種類の誘電体から成る複合誘電体場の電界計算で、一方の媒質の周辺電荷だけを用いる表面電荷法を検討した。この方法は誘電率が著しく相違する場合、従来方法に比べて計算精度が格段に向上することを示した。また、媒質が導電性を有する場合、複素数電荷を用いる計算法で同様な検討を行った。

**櫻田 信 弥（松木講師）「天井蛍光灯を利用した複数移動体の協調走行に関する研究」**

以前からの天井蛍光灯を利用した移動体の研究を1歩進めて、本論文では移動体同士を協調走行させ、柔軟な移動体システムを構築する。協調走行時の移動体間の相対位置計測技術として、相手移動体にLEDを取りつけ高精度に相対位置を計測し、それを用いて実際の移動体を協調走行させた。

**静 俊 二 郎（倉光講師）「3次元発振器におけるカオスとその同期に関する研究」**

3次元発振器について、カオスの発生するパラメタ領域を「カオス発生条件」の仮説に基づき求め、それをシミュレーションで確かめ、仮説の正当性を確認した。この結果を用い、最近、秘話通信とも関連して興味を持たれている、カオス発振器の結合系に生じるカオス同期の成否を推定する方法を検討した。

**下山 武 志（荒木教授）「自動搬送車の運行計画問題について」**

複数台の車を擁する自動搬送車システムを用いる場合には、車どうしの衝突を回避しつつ効率を最大化する運行計画作成アルゴリズムが要求される。本研究ではこの計画問題を車割当問題と車別スケジュール問題に分割することを提案し、さらに後者について具体的なアルゴリズムを構成した。

**陶 山 基（荒木教授）「サンプル値系の周波数応答ゲインの上・下界値とH 制御」**

本論文は、周波数領域でサンプル値制御系の解析・設計を行なう際に重要となる、周波数応答ゲインの計算法について研究したものである。すなわち、周波数応答ゲインの上・下界値を理論的に導出し、さらにそれを用いたH 制御問題の近似解法を提案している。

**高津 琢 彦（松木講師）「オーロラCCD画像のAIによる自動認識に向けての基礎的研究」**

近年様々な分野で注目されているAI技術を応用することにより、スウェーデン国立スペース物理研究所を中心に行なわれている、ALIS観測網を用いたオーロラ観測を、人手に頼らず自動化することを目的とした研究

**立石 浩 一（島崎教授）「オープンサイクルMHD発電機における電極間短絡現象の3次元解析」**

MHD発電チャネル内電極壁近傍現象について非定常3次元解析を行った。電流集中による高温領域

の成長と移動により電極間短絡が生じる。流体と電磁力との相互作用により、短絡電流は生成消滅を繰り返しながら成長する等、電流集中現象の3次元的な挙動を明らかにした。乱流の影響についても検討した。

**田 辺 義 孝 (宅間教授) 「真空中固体絶縁物の帯電現象と絶縁特性に関する研究」**

真空中に固体誘電物(スペーサ)が存在するような複合絶縁系では、陰極から電界放出された電子がスペーサ表面に入射し二次電子なだれを形成してスペーサを帯電させる。本研究ではスペーサの帯電過程のオンライン計測を初めて行い、シミュレーションをもとに帯電現象過程を明らかにした。

**土 居 聡 (奥村教授) 「Study on Location of Fault on Transmission Line by Wavelet Transform」 (ウェーブレット変換による伝送線路における事故点の標定に関する研究)**

本研究はウェーブレット変換を用いて伝送線路における地絡事故の故障点評定することを目的としている。具体的には、伝送線路を信号が波として伝わるので線路を分布定数線路に近似し、その線路上で地絡事故が生じた際に生じる過渡応答波形をウェーブレット変換を用いて抽出し故障点評定を行なう。

**土 居 隆 之 (倉光講師) 「4次元発振器におけるカオス発生パラメタ領域の検討」**

損失を持つ2つの並列共振回路と3次特性能動素子で構成された4次元発振器について、カオスの発生するパラメタ領域を調べた。その結果を用いて、3次元と4次元発振器のカオス発生条件の比較検討を行った。また、損失がゼロのとき見られる多種類の周期解の発生との関係を明らかにした。

**利根川 繁 (荒木教授) 「むだ時間を持つ制御対象に対するモデル予測制御系のロバスト安定性」**

モデル予測制御は最近プロセス制御の分野で広く用いられるようになっているが、そのロバスト安定性の解析はまだ十分ではない。本研究では、制御対象のゲインおよびむだ時間にミスマッチがある場合について、安定領域を図式的に求める方法を提案し、その実用性を検討した。

**中 田 幸 治 (牟田教授) 「超伝導発電機の永久電流モード運転とSDR制御に関する研究」**

超伝導発電機が永久電流モードで、無限大母線系統に連係されて運転している状態での三相突発短絡故障発生時の過渡特性をシミュレーションによって解析および検討を行なった。また、系統安定用制動抵抗器を付加した場合の過渡安定性の向上についても検討を行なった。

**中 野 正 嗣 (上田教授) 「界磁に共振コンデンサを有する高調波吸収同期機の線間短絡」**

電力系統において問題になっている高調波電流は、多相界磁回路を持つ同期発電機によって吸収することができる。本論文はこの高調波吸収同期機の事故時の挙動を実験、シミュレーションにより解析している。その結果、事故時の界磁回路の高電圧を、回路構成の変更により抑制できることを明らかにした。

**中 村 航 (上田教授) 「同期機の飽和部位を考慮した磁束モデルとポーシェリアクタンス」**

同期機の磁気飽和現象の物理的な実態を正確に把握することを目標に、同期機の鉄心中における飽和部位を考慮した内部磁束のモデル式を示すとともに、磁束モデルの観点から、界磁電流の算定等に用いられるポーシェリアクタンスについて考察する。

**西 川 誠 二 (荒木教授) 「ロバスト性を考慮した空気圧シリンダの位置決め制御」**

空気圧シリンダの位置決め制御においては、摩擦と負荷変動の影響の抑制が重要である。本研究では、空気圧シリンダの位置決め制御系としてH<sub>∞</sub>制御の考えを採り入れた2自由度積分型サーボ系を提案し、それが上に示した問題を改善するのに有効であることを実験を通して確認した。

**長谷川 光宣 (吉川(潔)教授) 「慣性静電閉じ込め核融合反応に関する実験的研究」**

球状真空容器球の中に球形メッシュ陰極を同心状に配置し重水素ガスのグロー放電を起こさせ生じたイオンを球中心部に収束させると、核融合反応が生起する。核融合反応が簡便な装置で起こすことができポータブル中性子あるいは陽子源としての利用が期待される。この装置で毎秒百万個の中性子発生を達成し、中性子生成の放電電圧・電流依存性を明らかにし中性子源応用への基礎研究を行った。

**藤田 範人 (大引教授) 「ヘリオトロンEにおけるECHプラズマを用いたボロナイゼーション法の研究」**

ヘリオトロンE装置において、第一壁のコンディショニング法の一つであるボロナイゼーションをECHプラズマを用いて行い、生成されたボロン膜の分布、性質を調べた。さらに、これによって得られた結果をもとにしてボロン膜のトロイダル方向の一様性を改善する方法を考察し、試行した。

**藤野 盛夫 (宅間教授) 「電気的負性気体中における沿面放電進展に関する研究」**

SF<sub>6</sub>ガスあるいはSF<sub>6</sub>と窒素の混合ガスにおいて振動性急峻波電圧(VFTO)を中心に絶縁物表面の放電特性を種々の条件で調べ、その機構を検討した。さらに、三角形表面電荷法を用いて沿面リーク放電を模擬し、電子増倍量の計算を放電開始条件に適用して実測結果と良く合う放電進展長さを得た。

**松原 大典 (牟田教授) 「超電導マグネット間のエネルギー転送制御に関する研究」**

三相エネルギー転送装置を励磁電源に採用し、超電導マグネットを用いてエネルギー転送実験を行い、その特性について検証した。更に、電力システムの負荷平準化や負荷変動補償のためのエネルギー貯蔵装置としての制御法について考察した。また、超電導発電機の励磁装置として用いた場合の系統特性を調べた。

**宮塚 功 (奥村教授) 「三相電力回路における非線形ダイナミクスの解析」**

本研究は三相電力回路における非線形ダイナミクスを分岐現象という視点から計算機代数的手法を用いて明らかにしている。また、数値的解法と組み合わせることにより、昭和2年に福島県猪苗代送電線で起こった異常振動の構造を明らかにしている。

**村井 隆之 (宅間教授) 「レーザ生成空間電荷の移動と放電誘導に関する研究」**

大気圧から4気圧の窒素ガスを対象に、Xe-CIレーザで人工的に空間電荷を生成し、電荷の発生量、放電誘電特性、誘導電流波形などを調べた。また、電極に移動する空間電荷の挙動を電荷重畳法によってシミュレーションし、到達電荷量の実測値に近い波形を得るとともに、放電諸量の相似則を検討した。

**森川 大輔 (吉川(栄)教授) 「Eye-Sensing HMDを用いた瞳孔特性に関する実験研究」**

研究室で試作したEye-Sensing HMDは、その装着者に立体映像空間を提示するとともに装着者の両眼瞳孔画像を計測する。これに眼球運動や瞳孔径、瞬目などの視覚系指標をリアルタイムで検出する機能を付与し、これを用いた被験者実験により、仮想視環境が人間にもたらす瞳孔運動特性の新しい知見を得た。

**山根 孝志 (島崎教授) 「D-3He核融合炉進行波型直接エネルギー変換装置の動作特性に関する数値解析」**

重水素-ヘリウム3核融合炉の進行波型直接エネルギー変換装置について概念設計と動作特性解析を行った。1次元解析により変換装置各部の最適化を行い、最大変換効率73%を得た。2次元解析により、同心円環状電極間の静電容量を算出し、電極に伝送回路を接続した場合の動作特性を解析した。

**電子物性工学専攻****五十嵐 俊昭 (野田助教授) 「n型不純物添加量子井戸を用いた超高速光制御光変調の研究」**

量子井戸のサブバンド間遷移に共鳴する光により、バンド間遷移に共鳴する光を超高速に変調することが可能であることが最近本研究室により実証された。しかしながら、その変調速度の実験的な見積もりが今までなされていなかった。本研究では、その変調速度を決める上で重要なサブバンド間の緩和時間を測定するため、フェムト秒レーザを用いた緩和時間測定系を組み上げ、InGaAs/AlAs量子井戸のサブバンド間の緩和時間測定を初めて行い、2.7psと極めて速いことを示すことに成功した。

**石井 基範 (野田助教授) 「InAs/GaAs量子ドットにおけるサブバンド間の自然放出に関する研究」**

InAs/GaAs量子ドットのサブバンド間のエネルギーはテラヘルツの周波数領域に対応し、テラヘルツデバイス材料として期待できる。本研究では、まず、量子ドットの高次サブバンドの同定を行うとともにモンテカルロ法を用いてサブバンド間発光強度の解析を行った。これらの結果を基に、実際にサブバ



ンド間発光の観察を行い、テラヘルツ域自然放出光の初めての観察に成功した。

**上 田 健太郎 (藤田教授) 「Alキノリノール/オキサジアゾール有機薄膜の光物性とEL素子への応用に関する研究」**

有機発光材料であるAlキノリノールとオキサジアゾール薄膜の多層構造または混合膜においては、キャリアがオキサジアゾールからAlキノリノールにpsレベルで緩和し、強い発光を示すことを見出した。これを発光層に用いたEL素子により、発光効率の向上を得た。

**内 海 一 成 (石川教授) 「スピント型フィールドエミッタの電子放出面積と放出電流の安定性に関する研究」**

近年注目されているフィールドエミッションディスプレイは極微フィールドエミッタを電子源として用いている。本修士論文では極微フィールドエミッタの電子放出材料を最適化するための材料評価の基準を電子放出面積に選び、4種類の金属をスピント型フィールドエミッタにて評価した。

**大 西 桂太郎 (橘教授) 「低域混成波を用いたプロセス用大口径プラズマに関する研究」**

半導体関連分野ではコストの低減化と大口径ウエファに対応するため、高密度で大面積かつ均一なプラズマ源の開発が待たれている。研究では従来核融合の分野で用いられていた低域混成波を初めてプロセスプラズマの生成に応用し、直径35 cmに渡り $Ne=3 \times 10^{10}/cc$ で3%以内の均一性を得ている。

**神 杉 秀 昭 (橘教授) 「レーザー分光法によるフロロカーボンプラズマの診断」**

$SiO_2/Si$ 選択エッチングではポリマーの前駆体であるCF<sub>2</sub>とエッチングの前駆体であるF原子の密度比がキーパラメータとなる。研究ではフロロカーボンガスの誘導結合プラズマ中のCF<sub>2</sub>密度をLIF法を用いて測定し、二光子共鳴四波混合を利用した真空紫外レーザー吸収分光法によりF原子密度の定量測定を行った。

**櫻 井 啓一郎 (藤田教授) 「ZnO半導体薄膜のMBE成長に関する研究」**

励起子による新しい光機能の期待されるZnO薄膜を分子線エピタキシャル法で成長することを試み、酸素原料として酸化窒素ガスを用いることを提案した。サファイア基板上の成長により、ZnO薄膜のc軸配向が見られ、低温から室温まで励起子に参与した発光と光吸収が観測された。

**澤 田 憲 (藤田教授) 「In<sub>x</sub>/Ga<sub>1-x</sub>/N量子構造における励起子閉じ込め次元性に関する研究」**

In組成の異なるIn<sub>x</sub>/Ga<sub>1-x</sub>/Nを井戸層に持つ量子構造の発光起源について調べた。その結果、In組成の小さい場合には井戸層において励起子が二次元的な閉じ込めを受けて発光するが、In組成が大きいとIn組成の大きいドット状領域が井戸層中に生じ、ゼロ次元的な閉じ込めが生じることを見出した。

**島 田 規 広 (山田教授) 「クラスターイオン注入法による極浅接合形成と微細p-MOSFETの試作」**

従来のイオン注入の限界を打開する不純物導入技術としてクラスターイオン注入法を提案し、デカボラン・イオン注入による極浅接合形成を40nmの超微細p-MOSFETに応用し、優れたデバイス特性が得られることを明らかにした。

**武 本 大 作 (藤田教授) 「(110)劈開面上ZnCdSe系半導体の低次元量子構造と光学的特性」**

GaAs基板を高真空中で劈開して得た(110)面は、原子レベルでの平坦面と単分子ステップから構成されている。この上に分子線エピタキシャル法でZnCdSe系半導体を成長すると、リッジやステップに沿って細線やドット構造が自己形成し、量子効果による光物性が発現することを見出した。

**橘 弘 之 (藤田教授) 「立方晶GaNのMOVPE成長と六方晶成分の低減化に関する研究」**

GaAs基板上的GaN成長において、立方晶中に六方晶が混入する機構について調べた。その結果、六方晶に配向する要因として成長前に窒化を行った基板表面の構造との関連が示唆され、窒化条件を最適化して平坦な表面上に成長を行えば、六方晶成分の大幅な低減を図れることが判明した。

**谷 口 宏 明 (橘教授) 「HIDランププラズマの分光法による診断」**

メタルハライドランプは高気圧水銀ランプに沃化金属 (ScI<sub>3</sub>, NaI) を封入したランプで、これらの金属は効率、演色性の改善に重要な役割を持つ。研究では、発光分光法、LIF法レーザー吸収分光法を用いて、高気圧プラズマ中のSc原子とScイオンの密度分布や電子温度分布の測定を行なった

**豊田 善昭 (松重教授)** 「MOCVD法によるPb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>薄膜の分極及びトラップ電荷が及ぼす電気的特性に関する研究」  
不揮発性メモリーへの応用可能な強誘電性PZT薄膜の電気伝導機構、分極疲労特性の解明を試みた。自発分極や空間電荷分極など膜内部の局所電界がその電流特性に強く影響すること、及び分極疲労の原因としてドメインピンギングモデルが有力であることを示した。

**中村 修一 (石川教授)** 「質量分離した極低エネルギー負イオンビーム蒸着による超高真空中炭素薄膜作製とその評価」  
極低エネルギーで制御性が良い炭素および窒化炭素負イオンを用いて、超高真空中で各種の極低エネルギーにおけるイオンビーム蒸着薄膜を作製し、膜中の原子密度や原子間結合状態を調べ、準安定物結合である炭素や炭素と窒素間のsp<sup>3</sup>性結合形成に対するイオンエネルギーの効果を明らかにした。

**原口 秀剛 (松重教授)** 「電子共役系有機分子超薄膜の作製とそのナノスケール電気特性に関する研究」  
電子共役系有機分子であるオリゴチオフエンの単分子膜を作製し、原子間力顕微鏡AFMを用いてナノ領域での形態および電気特性を評価した。その結果、2次元的に配向成長した単分子膜作製に成功すると共に、基板・バイアス方向に依存した電流-電圧特性を確認した。

**藤井 泰宏 (松重教授)** 「金/フタロシアニン/シリコン・ヘテロ構造型セルを用いたガスセンシングに関する研究」  
有機/無機ヘテロ構造を有するガスセンサーを試作し、その動作機構および効率化について検討した。アンモニア、NO<sub>x</sub> (窒素酸化物)を対象にしたガスセンシングでは有機材料フタロシアニンは感度向上を促進するエンハンサーとして機能することが分かった。

**二山 拓也 (松波教授)** 「酸素活性種活用極薄Si酸化膜の電子物性解析と電界効果型トランジスタへの応用」  
ECR(電子サイクロトロン共鳴)プラズマ励起酸素活性種を用いて、500 Kの低温で厚さ数nmの極薄Si酸化膜を制御性良く形成できることを示し、Si-MOSFETを作製して、動作特性を解析した。また、酸化膜の電子トラップを定量的に評価する放電電流過渡解析法を提案した。次世代超LSI実現の基礎として意味がある。

**三村 昌和 (石川教授)** 「負イオンを用いた絶縁物粉体への無飛散均一イオン注入法に関する研究」  
振動攪拌器を備えた粉体への負イオン注入装置を開発し、振動攪拌中の酸化物微粒子粉体への負イオン注入を行い、無飛散であること実証する共に、粉体の振動攪拌に対する注入均一性を評価した。また、球体表面での注入深さ分布を明らかにし、負イオン注入による粉体の無飛散均一表面処理法を確立した。

**安井 俊之 (松波教授)** 「MOMBE法を用いたSi基板上GaAsPの結晶成長と価電子制御」  
低温で有機金属分子線エピタキシャル成長(MOMBE)法を用いてSi基板上にGaAsP系半導体の結晶成長を進めた。基板処理プロセスの最適化やフォトルミネセンスによる物性評価を展開し、ヘテロ結晶成長の高品質化に寄与する結果を得た。集積回路と光デバイスの融合や高効率太陽電池などへの展開が期待される。

**矢野 裕司 (松波教授)** 「SiO<sub>2</sub>/SiC 界面電子物性の制御と MOSFET への応用」  
SiCパワーMOSFET実現のために、SiC表面を熱酸化し、酸化条件、界面電子物性、MOSFET特性の相関について考察した。酸化雰囲気や酸化後のアニール処理が界面特性に及ぼす影響を調べた。SiC-MOSFETを試作し、良好な動作特性を確認、チャンネル移動度やしきい値電圧と界面特性の関係を明らかにした。

**山田 隆 (橘教授)** 「D-3He核融合における直接エネルギー変換に関する研究」  
物質の放射化を行なう中性子の生成が少ない次世代の核融合である、D-3He核融合反応の出力を直接電気エネルギーに変換する新方式の進行波型直接エネルギー変換を原理的に実証することを目的とした。実験ではイオンビームに対してその速度を変調させるパラメータを変化させ理論解析とほぼ一致する結果を得た。

**山本 敏之 (松波教授)** 「高純度  $\beta$ -SiC のホモエピタキシャル成長と物性制御」  
パワー素子用SiCの高純度化、厚膜化をホモエピタキシャル成長法で試み、表面平坦化を達成した。



電氣的、光學的性質評価から、成長層は非常に高純度で、結晶欠陥も少ないことを見いだした。成長時の不純物取り込み機構の考察と均一性の評価、マイクロパイプ回避のために基板面方位を変えた成長を行った。

**彭 志 剛(藤田教授) 「光援用MOVPE成長ZnSe系半導体の物性制御と発光デバイスへの応用に関する研究」**

有機金属気相エピタキシ法によるZnCdSe/ZnSe/ZnSSe量子構造光デバイス作製を目指し、p型伝導性制御と構造制御について調べた。その結果、熱処理による高品質p型膜の実現と量子構造の劣化の抑制を達成しうる条件を見出し、77K連続電流注入によるレーザー発振を示唆する結果が得られた。

**Alongkarn(野田助教授) 「結晶構造およびそのゆらぎがフォトニックバンドに与える影響の理論的研究」**

フォトニック結晶は光子エネルギーに対してバンドギャップをもつ新しい材料として大きな注目を集めているが、理論的に解明すべき点が数多い。本研究では平面波展開法、転送行列法を用いてバンドギャップの形成メカニズムを始めとするフォトニック結晶の諸問題を理論的に検討し、フォトニックバンドの形成には格子点の形状が極めて重要であること等の新たな知見を得た。

**秦 偉(山田教授) 「クラスターイオン援用蒸着法による透明導電性薄膜の形成」**

酸素クラスターイオンビームを照射しながら蒸着を行うクラスターイオン援用蒸着法によって、In酸化物やITO薄膜などの透明導電性薄膜の作製を行い、広いIn蒸着レートで低抵抗、高透過率の薄膜が室温で形成されることを明らかにした。

**河 相 勲(松波教授) 「GaAsPヘテロエピタキシャル層の電氣的物性および光起電力素子への応用」**

高効率太陽電池としてGaAsP/Siタンデム型構造を取り上げ、太陽電池作製上重要な伝導度制御の研究を行った。スズ、亜鉛を不純物とするn型、p型成長層を、ホール効果測定を中心に評価し、成長条件とドーピングの効率、結晶の品質などの相関を明らかにした。pn接合を試作し、光起電力特性を測定した。

## 電子通信工学専攻

**有 川 佳 宏(津田教授) 「MU Radar/RASS Observations of Detailed Temperature Structure and Turbulence Characteristics near the Tropopause」(MUレ - ダ - /RASSを用いた対流圏界面付近の微細温度構造を乱流特性の解明)**

MUレ - ダ - の近くに設置した大型スピ - カから発射される音波の伝播速度をレ - ダ - 計測し、音速と温度の関係から高度約20kmまでの大気温度を数分毎に求めた。この計測技術はRASSと呼ばれており、我々が開発した装置は国際的にも最先端の性能である。この観測結果を用いて大気乱流の微細構造を解析した。

**岩 崎 滋(佐藤助教授) 「3次元地下埋設物物体像再構成法の研究」**

地下探査レーダーデータを解析して正確な対象物体の形状を推定するため離散モデルフィッティング法が開発されてきた。これを3次元に拡張するためには、回折波をも表現できる波面追跡が必要である。このためのレイトレーシング法を開発し、これを用いて点物体像を再現することに成功した。

**岩 田 泉(北野助教授) 「不規則誘電体表面による光散乱の実験的研究」**

研磨や化学処理により形成した不規則なガラス面にレーザーを入射させ、その散乱パターンや偏光依存性を測定した。特に従来行われてこなかった高屈折率側から入射の場合について詳しく実験を行った。その結果、理論的に予想されていたいくつかの特徴的な現象(Yonedaピーク、散乱Brewster角など)を実証することができた。

**鷗 飼 昌 樹(田丸教授) 「高位合成における数式記述からのデータフローグラフ構造変形の効率化」**

スケジューリング手法等、従来から研究されてきた高位合成手法は、データパス最適化に行き詰まり

が生じている。提案手法ではデータフローグラフを数式レベルで解析、変形することにより強力に最適化を進める。この際、高位合成処理に無駄な時間がかからないよう効率化手法を導入している。

#### 大井 一郎 (長尾教授) 「統計的手法を用いた構文解析と語義解析の統合」

構文情報を人手で付与したコーパスを用いて文の構造を確率的に求める手法と、意味情報を人手で付与したコーパスを用いて単語の意味を決定する手法を統合した。その結果、文構造と語義を同時に決定することができ、また構文と意味の情報が相補的に働くことで解析精度が向上することがわかった。

#### 大石 巧 (長尾教授) 「コーパス中の特徴と文法的意味的情報を統合した新聞記事中の固有名詞認識」

人名、地名、組織名などの固有名詞を、コーパスの中で固有名詞の前後に特徴的に現れる表現、格フレームなどの意味制限、同一文章中の同じ語の繰り返しなどの種々の手がかりを統合的に用いることによって認識する方法を提案した。

#### 大賀 暁 (北野助教授) 「中空ビーム光磁気トラップと偏光勾配法を用いたRb原子気体のレーザ冷却」

従来の光磁気トラップには、強い冷却用レーザが最終的に冷却された原子を加熱してしまうというジレンマが存在した。この問題を克服するために、冷却レーザ光と相互作用のないダークステートへ原子を蓄積する方法を試みた。その結果、 $10^6$ 個のRb原子を $50\ \mu\text{K}$ まで冷却することができた。

#### 大塚 恒平 (松本教授) 「磁気圏尾部 Slow-mode 衝撃波周辺におけるプラズマ波動解析」

プラズマシート周辺において、磁力線再結合の結果発生しているといわれるSlow-mode衝撃波周辺におけるプラズマ波動の特性を地球磁気圏探査衛星GEOTAILによって明らかにし、ミクロな物理過程が衝撃波成立条件にあたえる影響について研究を行った。

#### 大寺 泰章 (北野助教授) 「マイクロ波の近接場測定によるフォトンSTM像の理解」

エバネセント光を利用した走査フォトントンネル顕微鏡は波長以下の分解能を持つが、その像は回折や誘電体プローブの影響で歪むことが多い。これらの歪みを定量的に調べるために、波長が約6万倍長いマイクロ波を用い、近接場の回折やプローブの検出効率を測定した。

#### 大西 一範 (津田教授) 「赤道域レダ-観測による中層大気上部の大気波動の研究」

インドネシアに設置した流星レダ- (ジャカルタ近郊)ならびに中波帯レダ- (ボルネオ島)によって数年にわたって蓄積された観測データを解析した。国際レダ-観測網で得られたデータも活用して、高度70-100km付近に現れる地球規模の大気波動について季節・緯度・経度変化を解析した。

#### 岡崎 彰浩 (吉田教授) 「MLSE型適応等化器におけるバースト誤り対策の研究」

移動通信における高度なサービスを実現するためにMLSE型適応等化器の適用が検討されているが、端末が高速に移動する場合、大きな特性劣化が生じる。本論文では、この劣化を解析し、演算量を最小限に抑えた対策と、非常に大きな改善効果が得られる対策の2通りの提案を行い、その有効性を示す。

#### 河野 宣幸 (深尾教授) 「Study of vertical velocities with the MU radar multibeam/interferometry observations」 (MUレーダー干渉計法を用いた鉛直流の研究)

MUレーダーのような大型大気レーダーは鉛直風速推定が可能な唯一の観測手段であるが、現在標準観測法となっているドップラー法では推定に誤差が生じる。本研究では、その誤差を補正可能な干渉計法を用いて鉛直流を測定し、その推定の妥当性を吟味、微細な乱流現象の鉛直構造を詳細に調べた。

#### 北 章徳 (松本教授) 「マイクロ波電力伝送のための送電用及び受電用電子管に関する研究」

2次元の電磁粒子シミュレーションコードを用いたマイクロ波送電用電子管マグネトロン電子のダイナミクスについての定量的な解析を行った。さらに回転する電子ビームの系を使い、時間微分項を計算しない方法でマイクロ波受電整流管CWCの動作解析を行い、RF-DC変換効率の推定・改善を行った。

#### 北川 恵一 (吉田教授) 「トレリス符号化干渉キャンセラのハードウェア化に関する研究」

TDMA移動通信用同一チャネル干渉波キャンセラは、加入者容量を増大できる有望な技術である。本研究室においてもトレリス符号化同一チャネル干渉波キャンセラ(TCC)を提案し、その有効性を示し

てきた。本論文では、このTCCのハードウェア構成、演算処理について試作を含めた検討を行っている。

#### **工藤 銑（橋本教授） 「GEOTAIL衛星観測による磁気圏尾部電磁波動の研究」**

GEOTAIL衛星で観測された尾部領域における1から30kHzの電磁波動を解析した。オーロラ域からミリアメータ波やローブ域にトラップされた非熱的連続放射の特性を詳細に明らかにした。また尾部におけるZモード波の確認、プラズマ周波数の2倍高調波を発見するとともに、各種波動の強度分布を明らかにした。

#### **黒嶋 健 仕（佐藤助教授） 「近距離空間ダイバーシティを用いた衛星同報通信連携プロトコルの開発」**

最近急激に発展している衛星-地上系複合ネットワークではアンテナの小型化に伴い降雨減衰が問題となる。近距離に位置する受信局間でデータを交換し、誤り訂正を行うことで通信効率を改善するプロトコルを提案し、衛星放送受信網のデータを用いてその特性を検証した。

#### **河野 弘 樹（松本教授） 「電気自動車無線給電システムの送受電アンテナに関する研究」**

FDTD法を用いて電気自動車へのマイクロ波送電時の電磁環境問題について評価を行った。さらに送電アンテナ上空を受電アンテナを備えた自動車が移動することによる相互インピーダンスの変化に注目し、送電のON/OFFをアンテナからの反射電力の変化で行う方法を提唱、基礎実験を行った。

#### **佐藤 正 行（松山教授） 「多視点映像を用いた協調的動作認識」**

異なる視点から同時に撮った複数のビデオ映像を解析し、人間の動作（部屋からの入退出動作）の識別と、その人数の認識を行う。本研究では、複数の非決定性オートマトンを用いた「選択的注視に基づく協調的動作認識法」を提案し、その有効性を実験によって実証した。

#### **茂井 博 之（北野助教授） 「エントロピー最大化の逆問題解析への応用」**

複数の観測点での電場データから電荷分布を推定する手法として、観測データを拘束条件とした分布エントロピーの最大化法を提案した。熱力学的あるいは情報エントロピーとの関連についても議論した。応用として、脳内の電荷分布の推定のシミュレーションを行った。

#### **嶋田 光 伸（長尾教授） 「名詞意味辞書の構築と文脈処理への応用」**

コーパスから「AのB」の形の名詞句、例えば「家の屋根」、「本の価格」などを大量に抽出し、その名詞間の意味関係（全体部分、属性など）を決定することによって名詞の意味関係辞書を構築した。さらに、その辞書が文脈処理における間接照応の解析に有効に利用できることを示した。

#### **下吉 博 之（田丸教授） 「アナログ・デジタル混載回路における基板ノイズの見積り手法」**

システムLSIなどのアナログ・デジタル混載回路では、デジタル回路から基板を通してアナログ回路に伝わる基板ノイズが最大の問題となっている。本研究の目的は、大規模回路において基板ノイズを考慮した回路レベルシミュレーションを行う手法を提案することである。

#### **武内 昌 弘（田丸教授） 「ベクトル量子化による低ビットレート動画画像圧縮に適した低電力メモリベースプロセッサの設計」**

本研究ではベクトル量子化用機能メモリ型並列プロセッサをベースに、動画画像圧縮に特化させ高速、低電力化した低電力メモリベースプロセッサ(FMPP-VQ64M)について述べる。改良により消費電力を約65%に減少させ、処理能力を1.4倍に向上させると共に、単独でベクトル量子化が可能となった。

#### **玉木 論（深尾教授） 「中緯度F領域イレギュラリティの出現特性及び空間構造に関する研究」**

本研究はMUレーダーで発見された中緯度電離圏E及びF領域プラズマ・イレギュラリティ研究を進展させたもので、特に1986年以降のMUレーダー観測結果を統計解析し、FAIの発生時期・時間帯・太陽活動度依存性等を解明した。さらに、FAIが平面波状構造を持ち、それが多くの場合東から西へ伝搬することを示した。

#### **布施 栄 次（佐藤助教授） 「2次元放物型ウェーブレットを用いた地下探査レーダ画像の雑音除去」**

地下探査においてはノイズに加えて強いクラッタの存在が解析の支障となる。地下探査レーダ信号の特徴である双曲線状のトレースに着目し、これを選択的に抽出する2次元放物型ウェーブレットを用



いて効率的に雑音除去を行う方法を考案し、従来法と比較して有効性を明らかにした。

## 二 神 基 誠 (吉田教授) 「移動通信におけるARQを用いた動画像伝送の遅延低減に関する研究」

移動通信におけるリアルタイム動画像伝送を実現するために、誤り制御としてARQを用いた際に生じる伝送遅延を削減する方法について研究を行った。通信路状態の変動に応じた符号器における発生符号量の制御と再送の打ち切りを行う再送回数制御によって、受信画像の遅延を効果的に低減できた。

## 丸 山 昌 之 (松山教授) 「複数の首振りカメラによる移動物体の協同注視」

首振りビデオカメラを備えた計算機群をネットワークで接続し、それら間の協調処理(あるカメラが対象を捉えた場合に他のカメラの視線をその対象に誘導したり、死角に入った場合には他のカメラに対象追跡を引き継ぐなど)によって、広い範囲を移動する対象を実時間で安定に追跡するシステムを開発した。

## 三 木 信 彦 (橋本教授) 「Study of electrostatic solitary waves observed by GEOTAIL spacecraft」(GEOTAIL衛星によって観測された静電孤立波に関する研究)

プラズマシート境界層における静電孤立波(ESW)について、GEOTAIL衛星による波動及び粒子観測結果を用いて解析を行なった。粒子の一次元速度分布を導出して、ESWと電子ビームの関連を明らかにした。またESWの電位構造を分類し、観測位置の統計的解析を行ない、励起域の推定に応用した。

## 美 越 剛 宣 (松山教授) 「平面を利用した3次元画像計測」

視点・視線が大きく異なった複数台のカメラで撮った広視差ステレオ画像を対象に、3次元空間中の平面を処理の基本データとして、(1)カメラ間の幾何学的関係を求めるためのキャリブレーション法、(2)対象の3次元形状を求めるための計測アルゴリズムを提案し、実験によってその有効性を実証した。

## 光 山 和 彦 (中島助教授) 「ジャイロトロン単一モード発振化」

核融合反応が生起するまでプラズマを加熱するには、ジャイロトロン発振の大電力化と短波長化が要求される。共振空洞巨大化による多モード発振を避ける方法として、ジャイロトロン空洞に周期構造を導入し、安定な単一モード発振を得る基礎研究を行なっている。

## 宮 川 博 尚 (津田教授) 「Observations of Mesospheric Sporadic Sodium Layers with the MU Radar and Sodium Lidars」(MUレ-ダ-、ナトリウムライダ-による中間圏スボラディックナトリウム層の観測)

流星がもたらす金属原子が高度90km付近で薄い層状に滞留している。本研究では地上からレ-ザ-を放射し、金属ナトリウムからの共鳴散乱光を検出して、その密度分布の変動を測定した。同時にMUレ-ダ-により流星飛跡エコ-を観測して風速や温度変動を求め、ナトリウム層の微細構造との相関を解析した。

## 向 井 哲 雄 (吉田教授) 「パイロット信号の不要な伝搬路推定法に基づくDS-CDMA用干渉キャンセラの研究」

DS-CDMA用マルチステージ干渉キャンセラにおいて、受信予測値の生成に伝搬路推定が必要となる。本研究では逆拡散、逆変調後の信号における所望信号及び干渉信号の周波数特性の違いを利用して伝搬路推定を行う方法を提案し、これを組み込んだキャンセラの特性を計算機シミュレーションにより評価した。

## 物 部 祐 亮 (松山教授) 「視点固定型パン・チルト・ズームカメラを用いた実時間対象検出・追跡」

パン・チルト・ズームを変えても視点が変わらない視点固定型ビデオカメラを利用して、移動対象を実時間で追跡するシステムを開発した。本研究により、対象の動き予測に加え、画像処理やカメラ制御に要する時間を考慮することによって、対象追跡の追従性・安定性が著しく向上することが示された。

## 森 川 大 補 (橋本教授) 「Study of plasma waves in the terrestrial bow shock」(地球前面衝撃波面におけるプラズマ波動に関する研究)

衝撃波面におけるGEOTAIL衛星の波形捕捉受信機のデータを用い、通過の仕方の統計的分類、通過

前後の観測波形の詳細な解析を行なった。テスト粒子シミュレーションにより、波動粒子相互作用の結果としての粒子分布を求めた。さらに、観測された静電波及び電磁波の励起機構に関する議論を行なっている。

**山岡雅直(田丸教授) 「DRAMセルを用いた加算機能メモリの設計」**

DRAMセルを用いた加算機能メモリは、大量のデータ転送を伴い簡単な演算を実行する必要がある処理に最適な構造となっている。シミュレーション上は汎用のプロセッサの100倍の性能を実現できることがわかった。本論文ではこの加算機能メモリの回路構造について述べ設計結果の評価を行なう。

**山下史洋(松本教授) 「Computer Experiments on Space Plasma Measurements by Radio Waves」(電波を用いた宇宙プラズマ計測に関する計算機実験)**

粒子モデルの3次元計算機実験により、コールド及びホットプラズマ中のアンテナインピーダンスについて解析を行い、プラズマ温度、静磁場の影響について議論を行った。また、電波による、大気圏再突入機前面の高密度プラズマ層計測について3次元計算機実験により定量的な検討を行った。

**山地治(長尾教授) 「予測単位の変更及びクラスタリングによるn-gramモデルの改善」**

日本語のより良い確率的言語モデルを構築することを目的とする。文字n-gramモデル・単語n-gramモデルの予測単位をそれぞれ文字列・単語列に拡張した連文字n-gramモデル・連語n-gramモデル、クラスに基づくn-gramモデルを拡張した左側×右側クラスn-gramモデルを提案し、評価・考察を行った。

**山本真之(深尾教授) 「Development of a transportable S-band boundary layer radar」(車載型Sバンド境界層レーダーの開発)**

地上100m～1.5kmの大気境界層を簡便かつ精密に観測する小型可搬式レーダー開発の一環として車載型Sバンド境界層レーダーを開発した。周波数3.05GHz、ピーク送信電力500Wで直径1mのフェーズド・アレイ・アンテナを用いている。本研究では主にシステム設計とソフトウェア開発を行った。

**Wang Tingting(吉田教授) 「TDMA/TDDマルチメディア移動通信に適したチャネル割当方式の研究」**

従来の音声通話と異なり、データや画像の伝送は上り下りのトラフィック量が異なる非対称のトラフィックであることが多い。本研究では、TDMA/TDD方式でTDD境界を動的に移動させて非対称のトラフィックを効率的に収容する動的チャネル割当法を提案し、計算機シミュレーションにより特性評価を行った。

**Jean Xiang-Qun Yu(吉田教授) 「無線通信におけるハイブリッドARQ誤り制御に関する研究」**

本研究では一次送信にMPSK変調、二次送信にTCMを用いるARQ方式と、その一般化である異なるTCMを用いるハイブリッドARQ方式を提案し、特性検討を行った。提案方式では、各受信系列を合成することにより信号系列間の最小二乗自由距離を相互に補償し、誤り訂正能力が高められることが確認できた。

## システム科学専攻

**安斎友矢(英保教授) 「車載カメラの映像による先行車両域抽出」**

**楠本佳紀(英保教授) 「鍵盤楽器演奏における手指動作の自動生成」**

**杉山真哉(英保教授) 「造影X線CT像からの肝臓脈管の抽出と構造表示」**

## エネルギー基礎科学専攻

**西村和仁(大引教授) 「ECRHプラズマによるプラズマ対向材のリチウムコーティングに関する研究」**

核融合装置内壁のコンディショニング法として最近注目されているLiコーティングをトラス装置



に適用するための基礎研究として、円筒型真空容器の周りに円状コイルを配置した直線装置を用いて ECRH プラズマによる Li コーティングを試みると共に、内壁全体に亘る成膜のための条件を検討した。

#### 水 上 哲 (大引教授) 「ダイバータバイアスによる周辺プラズマ制御のシミュレーション」

周辺プラズマを制御する方法の一つとして、ダイバータ板間には電圧を印加するダイバータバイアスと呼ばれる手法がある。周辺プラズマのモデル化をし、ダイバータバイアスのシミュレーションを行い、ダイバータ周辺のプラズマパラメータの制御ができることを示した。

#### 森 岡 寛 (大引教授) 「電子サイクロトロン共鳴加熱・電流駆動のための HE11 モード伝送系における波形偏波器の開発」

電子サイクロトロン共鳴加熱・電流駆動のために用いられている HE11 モード導波管伝送系において、長時間大出力伝送を可能とするため、波形格子の偏波器の開発を行った。低出力 (mW) 高出力 (kW) での測定と理論との比較を行い、プラズマ実験に実用可能な偏波器を得ることができた。

## エネルギー応用科学専攻

#### 小 泉 尚 文 (塩津教授) 「水の管内強制対流サブクール沸騰臨界熱流束」 (Critical Heat Flux for Subcooled Forced Flow Boiling of Water in a Tube)

核融合実験装置である大型ヘリカル装置用ダイバータの冷却管路を対象とし、要求される超高熱流束密度における冷却性能を満足する最適な除熱システムを設計するためのデータベース確立を目標として、圧力、流速、サブクール度を系統的に変化させた模擬実験を行い、臨界熱流束について検討を行った。

#### 田 尻 雅 之 (野澤教授) 「SOI アイランド構造に関する研究」

SOI アイランド構造は SOI (Silicon on Insulator) 構造においてソースとドレインの近傍で下の Si 酸化層が盛り上がり、狭い Si 層にポテンシャル障壁が形成されるため量子効果が現われやすい。この効果のシミュレーション法を探るのが私の研究テーマである。

#### 長 澤 大 (野澤教授) 「EO 効果を利用した強誘電体膜の結晶性評価」

EO (Electro Optic) 波形測定システムは、単光パルスレーザ光と電気光結晶を利用して、IC 内部の信号を大気中で非接触測定するシステムである。

本研究では、同システムを用いて、強誘電体膜の自発分極を測定することで、膜そのものの電気特性の分析などへの応用を目指している。

#### 藤 井 芳 郎 (野澤教授) 「強誘電体を用いた機能メモリの設計」

機能メモリは従来のメモリに演算回路を付加したものである。メモリのワード毎に演算回路を設けることにより、並列演算が可能となる。機能メモリに強誘電体メモリを用いる事によって、面積、演算速度の面が向上すると考えられる。テストチップを製作し、その演算方法手段等を分析する事を目的としている。

## 学生の声

### 「大学院入学で思うこと」

電子通信工学専攻 博士課程2回生 藤田 智 弘

修士課程を修了してから会社つとめを少しやっていたのですが、現在は再び大学に戻り博士課程の学生として研究を行っています。ここではこのような経歴をとおして現在感じていることなどを述べます。

一旦社会人としての生活が身に付きますと、いろいろな癖がついているようで学生の気楽な生活にすぐに戻れなく最初はいろいろなところで戸惑いを感じました。企業では時間を区切って仕事をしていきますが、大学の研究ではこういうやり方はなじまず、よりフレキシブルにやっていった方がよく感じます。やはり、企業に比べると時間の流れが実にゆっくりのように感じます。しかしこれはこれで学校のいいところと思っています。

ところで、博士課程で研究をやらせていただく上で一番身にせまって深刻な問題は経済的な問題でしょう。現在在学中にもらえるお金は育英会をはじめとする各種奨学金や日本学術振興会などがありますが、返済の義務があったり採用されるのが難しかったりで昨今博士課程進学者が少ないのもこの点が大きな障害となっています。この点に関して何らかの対策がないと博士課程に行く学生の数は増えないように思えます。企業側からも今後ともますます大学側との共同研究を模索頂き、できましたら、研究費の一部を米国のようなTAやRAの制度のように学生に直接生活費をいただけるような仕組みができればありがたいです。

社会も多様化の時代となり色々なキャリアの積む人が、どんどん出てくると思います。我々も社会人生活での色々な経験をもとに目的意識をもって勉強しています。企業の方でもこれらの人材を積極的に採用して下さい切にお願いいたします。

### 「博士課程」

電子物性工学専攻 博士課程2回生 成川 幸 男

「大学に行くからには、博士課程まで行こう。」と中学の時に、分野も何も考えず漠然と思い立ちました。そして、その思いは学年が上がっても変わらず、とうとう具体的な専攻分野を決めないといけない時期が来ました。大学受験です。当時、電気系と機械系の両方に興味があり、どちらを選択するか悩みました。その悩みを解決するきっかけとなったものがあります。それは、「電子立国日本の自叙伝」というNHK特集です。Geに針をたてたら電流が増幅するという「トランジスタの発見」。トランジスタ、コンデンサ、抵抗等を一つの石に集積するという「ICの発明」。たったこの二つが今の半導体業界の基盤になっているという驚きは、私の心を大きく揺さぶりました。さらに、アメリカの見よう見まねという手探りの中で半導体の研究を始め、苦労に苦労を重ね、アメリカに追いつき、そしてアメリカを追い越した日本の研究者達にあこがれを感じました。自分もそういう先人と同じ舞台に立ちたいと思い、半導体物性系のある本学本学科に受験を決意しました。そして、入学することができ、講義等を通じて半導体のことを学んでいくうちに、半導体が光るということを知り、さらに半導体に興味を持ちました。お恥ずかしい話、高校時代は半導体とはSiのことを示し、電子デバイスだと思っていました。)その興味は尽きることなく、学部・修士を通じ半導体の光物性を研究し、現在に至っています。現在の研究環境はKU-VBLの設立のおかげで、すばらしい装置が導入され、恵まれた環境となりました。この恵まれた環境を生かし、自分の探求心を満足させると同時に、自分の力で新しい独自の研究分野を開拓開拓できる一人前の研究者になるよう、努力していきたいと思っています。

**教室通信****情報学研究科について**

平成10年4月より新しく情報学研究科が発足しました。この研究科は「高度情報化社会の健全な発展に資する学問的基礎を確立し、情報およびその基盤システムを創造する基礎科学としての「情報の学」を形成・発展させ、総合的視点から先駆的・独創的な学術研究を推進すること、並びに、高度情報化社会を支える優れた視野の広い人材を多数育成すること」(同研究科パンフレットより)を目的とした研究科です。従って、この研究科に関係する分野は、情報化社会に関連する諸分野にわたり、社会における各種の情報処理から、それを支える計算機や通信のようなインフラ技術、さらにその基礎となる情報、数理、システム、電子工学、脳・神経生理などの基礎学問分野まで含んでいます。

新研究科の構成は、知能情報学、社会情報学、複雑系科学、数理工学、システム科学、通信情報システムの6専攻から成り、講座数は42基幹講座、12協力講座です。電気系から移行した基幹講座の分野(研究室)は知能情報学専攻の言語メディアと画像メディアの2分野、通信情報システム専攻のデジタル通信、伝送メディア、知的通信網、情報回路方式、大規模集積回路の5分野で、他に超高速信号処理分野が新設されています。

新研究科の学生定員は修士課程165名、博士課程74名です。工学研究科から移行する教官は、工学部の教育に責任を分担しており、電気系から移行する教官は電気電子工学科の学生の教育については、今までと同じように行うことになっています。従って、学部学生は大学院進学時に工学研究科の研究室と情報学研究科に分かれることになります。第一回の修士課程学生は平成12年3月に修了しますので、就職等につきましてはこれまでの工学研究科の学生と同様にご配慮下さいますようお願い申し上げます。

**編集後記**

京都大学電気関係教室の技術情報誌「cue」創刊号をお届けいたします。

この雑誌の発行は電気工学教室の創立百周年の記念事業の一つとして企画されたものであります。これまで、大学の中で行われている教育や研究の具体的な内容はあまり社会に積極的に開示されてこなかったことから、「一つ大学から社会に向けて情報を発信しよう」という意図のもとにこの情報誌は企画されました。この意味で、「cue」は大学と産業界を結ぶ一つの架け橋になるものと期待しています。大変お忙しいときに原稿を書いていただきました皆様に心から感謝いたします。(O.K.記)

編 集：電気電子広報委員会  
田丸 啓吉、奥村 浩士、佐藤 亨、  
野田 進、松木 純也（現 福井大）

発 行：電気電子広報委員会  
〒606-8501 京都市左京区吉田本町  
京都大学工学部電気系教室内

印刷・製本：株式会社 田中プリント