

# cue

京都大学電気関係教室技術情報誌

NO.11

JUNE 2003

---

[第11号]

.....  
卷頭言

葉原耕平

.....  
大学の研究・動向

通信システム工学講座・知的通信網分野

エネルギー生成研究部門・粒子エネルギー研究分野

.....  
産業界の技術動向

住友電気工業(株) 林 秀樹

研究室紹介

平成14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。

cueは京都大学電気教室百周年記念事業  
の一環として発行されています。

## 巻頭言

# 独創性、国民性、気候風土

葉原耕平



昨今、独創性とか大学発ベンチャーの掛け声がかしましい。アメリカでのITの発展などに刺激され、それではわが国でも、という追従型の発想のように思われる。では日本人に際立った独創性があり、あるいは期待できるだろうか。日本発のOS “TRON” を提唱・開発した坂村健さんは「日本人にビル・ゲイツを期待するのは無理だ。そもそも日本人は欧米人に比べてセロトニンの分泌量が桁違いに少ない。それにもかかわらずそれなりに世界に伍してやってきたのはなぜか。それを大切にすべきだ」という。今NHKの「プロジェクトX」が驚異的視聴率だ。総じて、卓越したひらめきと合わせてチームワークと忍耐努力の勝利、というお話が多い。坂村さんの設問に対するひとつの答えがここにあるのかもしれない。

話は一転して9. 11テロ以降のアメリカ、ことにブッシュ大統領の有無を言わず二者択一をせまる二元論的、二分法的、かつ強者の論理。イスラムに詳しい片倉もとこさんは国民性を大きく3つに分類している。まず日本社会は「性善説」。そして近代西欧社会は「性強説」。人の意思あるところ何事も可能である、という考え方。それに対してイスラムを信仰するムスリムは「性弱説」。人間は本来弱いものだから誘惑にも負ける。アルコールはご法度だが、それはアルコールがあれば人は飲みたがるのが自然、あとで酔っ払い運転をとがめるよりはじめから飲ませない方がいいという発想だと片倉もとこは述べている。一方、彼らがもっとも大切にするのは沈思黙考の時間とその態度、彼女はそれを「ゆとり」と「くつろぎ」から合成して「ゆとろぎ」ということばで表現している。

ではなぜムスリムあるいはアラブの人々は「性弱説」なのか。それはあの広漠とした砂漠では人間は自然の力には到底及ばないちっぽけな存在で、せいぜい自然に逆らわずに住まわせてもらう以外にはない、ということの現われだという。そして、砂漠の生活では下手に動き回って体力を消耗するのは愚の骨頂、一発勝負で嗅覚鋭くオアシスを探し当てる、ということが大切だ。そのためには常に沈思黙考する。次に日本人の「性善説」つまり「お人よし」だ。その根っこは多分最後は水と緑があり何とか生き延びることができる、さらにはすべては「水に流してくれる」という甘えにまで通じる、という識者もいる。ちょこまかと目先のことを処理することには長けるが、アラブのように生死をかけてオアシスを探し当てる、という厳しさはない。そして西欧社会の「性強説」。私には、12世紀前後キリスト教が「大開墾時代」といわれる時期にヨーロッパを西に席卷していった折、牧師が先頭に立って豊かな森をなぎ倒したように、やれば何でもできる、という過信に陥ったことが遠因のように思われる。

世界にはGDPが低く傍目には貧しい国々がたくさんある。しかし、そこに暮らす人々の精悍な姿、輝く目などを見聞きする一方で、疲れ果て電車の中で眠りこける日本人を対比すると何が人々にとって幸せか、改めて考えさせられる。何か欠けている、何かおかしい、それは何なのか。

これからの世の中では苦しくてもその「何か」の模索が求められるように思えてならない。それは「性強説」の欧米型追従の手法の延長上では得られないような気がしてならない。そのヒントのひとつは長い歴史にもまれ競争・共存の中で培ってきた京都の文化にあるのではないか。多少は「お人よし」でもいい、自然の摂理に従った別なアプローチが求められる。けいはんな学研都市のATRで基礎研究のマネージに携わり、10年余の経験を経てつくづくと感じたことでした。

(元ATR (国際電気通信基礎技術研究所) 副社長、現顧問)

## 大学の研究・動向

# フォトニックネットワーキング

情報学研究科 通信情報システム専攻

教授 高橋 達郎

takahasi@i.kyoto-u.ac.jp

助教授 朝香 卓也

asaka@i.kyoto-u.ac.jp

助手 新熊 亮一

shinkuma@i.kyoto-u.ac.jp

## 1. はじめに

光通信は、光伝送路の持つ広帯域性や光デバイス的高速性によりめざましい進歩を遂げている。1本のケーブルに異なる波長を持つ複数の光源からの信号を多重伝送する波長多重伝送がバックボーンネットワークに利用されている。1990年代後半から始まった、爆発的なインターネットトラフィックの増大を、光通信の高速化と多波長化が支えたと言っても過言ではない。

利用可能な波長の増加と共に、波長を2点間の大容量伝送に利用することにとどまらず、ネットワーク内のルーティングにも用いる、フォトニックネットワーキングが注目されている。本稿では、将来のバックボーンネットワーク技術と目されるフォトニックネットワーキングの研究状況を述べる。

## 2. フォトニックネットワーキングの発展段階

光伝送技術はめざましい進歩を遂げ、高速・大容量システムが利用され始めている。ベンダー各社は高速で高多重なシステムをラインアップしており、1本の光ケーブルあたり320波、1波毎の信号伝送速度10Gbpsの光伝送システムが（カタログ上の）フラッグシップ機種となっている。光ケーブルあたりの伝送容量はテラビットを超えている。一方、パケットをルーティングするルータは、現在電気回路で構成されており、ルータが収容可能な最大回線容量は、数百Gbpsのレベルにある。複数の伝送リンクを収容するノードシステムの容量が、リンク1本の容量を下回るアンバランスな状態にある。光技術の持つ高速性・並列性といった特徴を生かした大容量ノードの実現技術や、波長を用いた柔軟で効率的なネットワーキングの実現が期待されている。

情報源としてインターネットなどのパケット型通信を対象としたバックボーンネットワークにおける波長の利用には、図1に示す次の3段階が考えられる。最初のステップは、2点間の光ファイバー伝送において波長多重伝送を適用する段階であり、現在実利用が進められている。第2ステップは「光クロスコネク」を用いて、波長単

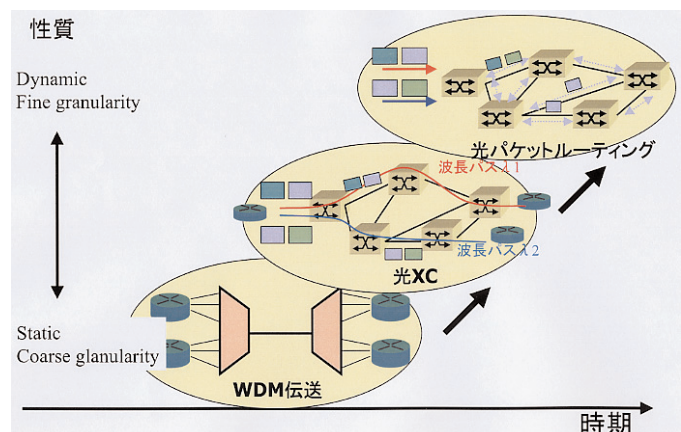


図1. フォトニックネットワーキング

位でネットワークのトポロジーをダイナミックに制御する。中継ノードで波長単位にルートを切り替えることができるため、1本のファイバーに異なる宛先の情報を多重化できる。光クロスコネクタは、光信号を電気信号に変換することなく光信号のまま中継するため、中継ノードを低コストで実現できる。比較的早期の実用化が期待され、さまざまなベンダーが開発を競っている。2002年のSupercomm展示会では、複数のベンダー間の相互接続実験が行われている。光クロスコネクタを用いる方式は、波長の制御に現在の電気ネットワークを用いることが可能で、切り替えの動作も低速でよい実現にあたってのハードルは低い。一方、中継ノードでは波長単位に切り替えるため、ノード相互間に1波長分の伝送容量に匹敵する大規模なパケットトラフィックが存在しない場合には効率が悪くなる。第3ステップは、パケット単位でルーティングを行う「光パケットルーティング」である。きめ細かなルーティングが可能のため、光技術の適用領域を拡大できる。一方、光による高速なスイッチングやヘッダ処理を含むルーティング制御など、その実現に向けた課題は多い。

### 3. 光パケットルーティング

光パケットルーティング実現の最大の課題は、パケット衝突時のバッファリングである。電気ルータでは、高速・大容量で安価なRAMを用いて、一時的な可変長パケットの蓄積により、回線の使用効率を高めることができる。一方光領域では、効率的なメモリデバイスが実現されていない。一定長の光ケーブルが固定時間の遅延素子として用いられる程度である。そのため、RAMによるパケットバッファを用いずに、光パケットルータを実現する方法が各種検討されている。代表的な方法として、①MACプロトコルの利用、②バーストルーティング、③遅延線によるパケットバッファリング等がある。

LAN等で用いられるMAC（メディアアクセス制御）プロトコルは、複数のユーザが伝送システムを共同利用するための規約であり、各端末がプロトコルに従って通信することにより、集中的な管理システムを用いずに、効率的な通信を行うことができる。MACプロトコルの中で衝突回避型のプロトコルを用いることにより、光領域でのバッファを不要にすることができる。主にメトロポリタンエリアネットワークを対象に、検討が進められている。しかしながら、この方式は適用距離が制約されるとともに、リングシステムなどのトポロジー上の制約もある。

バーストルーティングは図2に示すように、データの送信に先立って、ネットワークリソースを確保するための制御フレームが転送される。中継ノードは、リクエストフレームを受信した後、データフレームが到着するまでに次回線の空き波長を捕捉し、光スイッチを制御して次回線までのルートを予め設定しておく。回線交換同様に、予め経路を設定することにより、バッファを不要にする方式である。リクエストフレームを送信してから、実際にデータが送信されるまでのガードタイムが必要になる。ガードタイムの影響を限定するために、長いデータとする必要がある。バーストルーティングと呼ばれている。端末からのデータ送信が現状のインターネットプロトコルの場合には、バックボーンネットワークの出入り口で、パケットとバーストの変換が必要になる。国内でも、室内実験が始められている。

遅延線によりバッファを実現する試みもある。遅延時間の異なる各種の遅延線を用

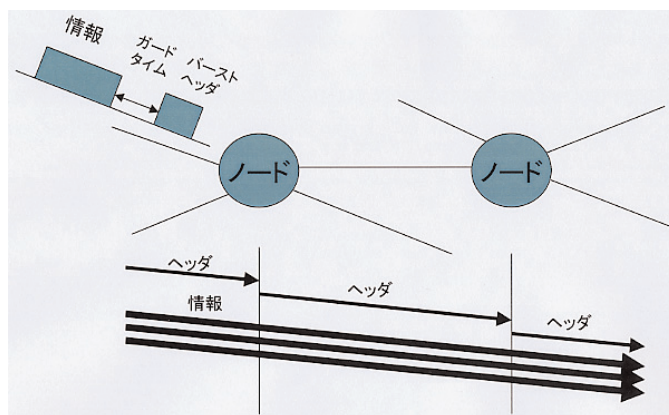


図2. バーストルーティングの原理

意し、信号の経路を切り替えることにより可変長パケットのバッファリングを行うことも不可能ではない。図3は、波長多重されたN本の入出力に対して、遅延時間の異なるD本の内部リンクを用い、波長変換可能な多段の光スイッチと遅延線群を組み合わせ、衝突を回避しながらルーティングを行う提案である。

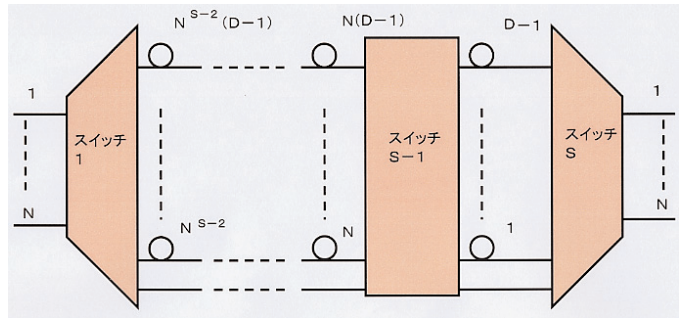


図3. 遅延線を用いたパケットルータ

4. 電気エッジルータを共通バッファとして用いる光ルータ

光パケットルータ実現に向けた現実的なアプローチとして、電気で構成されるエッジルータを、光ルータの共通バッファとしても活用する方法を提案している。図4にネットワークモデルを示す。ユーザから集められたパケットは、エッジノードで波長多重され、バックボーンネットワークに送り込まれる。バックボーンネットワークはWDM伝送路がコアノード相互間を接続し、コアノードでは光スイッチにより、パケット単位にルートを選択と波長の変換が行われる。コアノードは大都市などのパケットトラフィックを大量に発生する場所に設置されるため、一般にエッジノードも併置される。併置されたエッジノードを光スイッチのパケットバッファとしても併用すれば、光パケットルーティングのバッファ問題を解決できる。

図5は提案システムのアーキテクチャを示している。到着したパケットのヘッダ処理により出力先を選択し、出力回線に空きがあれば送信される。空きが無い場合は、バッファリングのためにエッジルータに転送され、出力回線に空きができるまで待たされる。入力部の遅延線は、ヘッダ処理に要する固定時間パケットを待たせるものである。このシステムでは、同時に多数のパケットがエッジルータに迂回するとパケット廃棄が発生する。一方、光の高速性を生かし経済的なシステムとするためには、システム容量に比べてバッファ帯域を十分小さなものとする必要がある。また、バッファリングされるパケットと、光のままカットスルー接続されるパケットで、ノード内の接続ルートが異なるため、パケットの順序逆転が発生することがある。従って、小さなバッファ帯域でパケットの順序逆転を防ぐ制御方法が必要となる。

近年のLANの高速化は著しいものの、バックボーン回線に比べると1桁以上速度が遅い。従ってバッファでの遅延時間を一定の範囲に収めることができればパケットの順序逆転を避けることができる。図6は、バッファでのQ長に応じて、バッファが捕捉する出回線の帯域を適応的に制御する場合の、順序逆転確率を評価している。バッファ帯域はノード容量の1/8である。LANや端末の伝送速

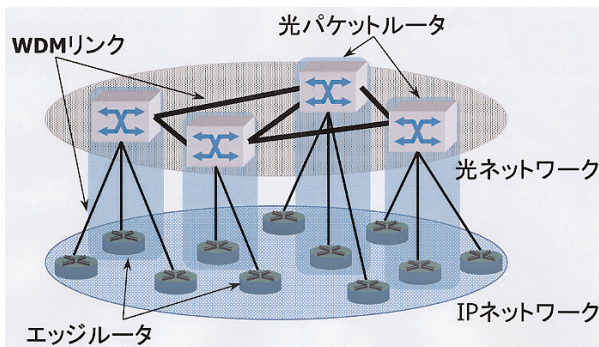


図4. ネットワーク構成

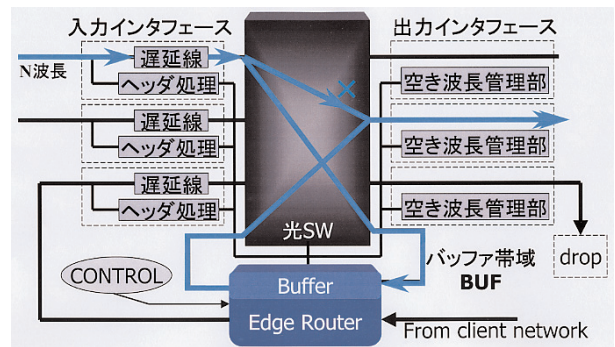


図5. エッジルータ共通バッファとして用いる光ルータ

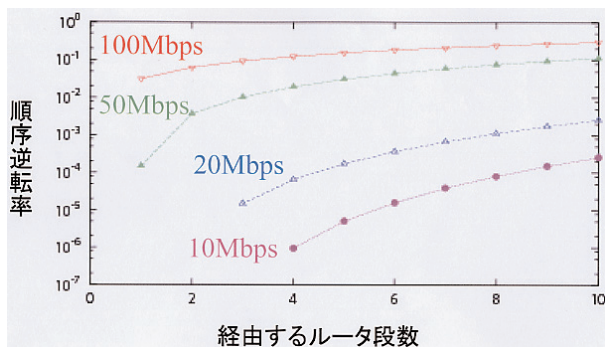
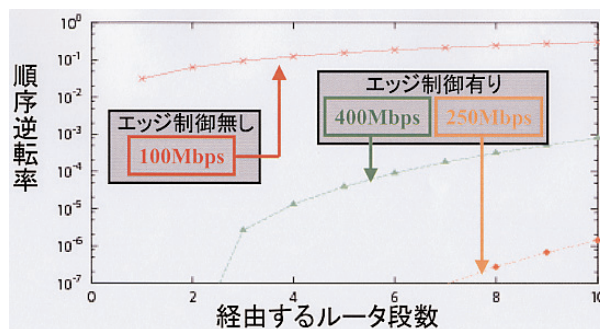


図6. パケットの順序逆転確率（エッジ制御無し）

図7. パケットの順序逆転確率（廃棄率 $10^{-6}$ ）

度が10Mbps以下であれば、経路するコアノードが数ノードの範囲で、パケットの順序逆転を確率 $10^{-5}$ 以下とできることを示している。

LANの高速化動向から、更に高速な回線もカバーできることが望まれる。そのため、出回線の状況に応じてエッジからの送信パケット速度を適応的に制御する方法を検討した。出力回線がふくそうすると、パケットがバッファに迂回する。迂回するパケット量に応じて、同一ルートへ向かうエッジからのパケットを一時待たせることにすれば、バッファへ迂回するトラフィック量を減らすとともに、バッファでの遅延時間も短縮することができる。エッジでの遅延時間は増大するものの、パケットの順序逆転は起こさない。ある制御パラメータでの性能評価例を図7に示す。順序逆転確率 $10^{-5}$ の領域を数百MbpsのLANまで拡張できていることがわかる。制御パラメータのさらなるチューニングや回線能力を若干制限することにより、ギガイーサの領域までカバーでき、光ルータにおけるバッファ構成方法の近未来の解のひとつとして期待できる。

## 5. おわりに

フォトニックネットワーク技術の状況を述べた。デジタルカメラ付き携帯の急速な普及に象徴されるように、マルチメディアトラフィックがネットワークの容量を更に押し上げるのは確実であり、光技術のニーズは今後も拡大すると予想される。大量のパケットトラフィックを光領域でさばく光パケットルーティングの実現には、光デバイスはもとより、さまざまな方式的なアイデアが期待される。

# 超小型放電型核融合中性子源開発研究の現状と地雷探査への応用

エネルギー理工学研究所エネルギー生成研究部門粒子エネルギー研究分野

教授 吉川 潔

kiyoshi@iae.kyoto-u.ac.jp

助教授 長崎 百伸

nagasaki@iae.kyoto-u.ac.jp

助手 増田 開

masuda@iae.kyoto-u.ac.jp

## 1. はじめに

「核融合」という言葉を聞くと、「人類にとっての夢のエネルギーではあるけれど、実現までにはこれからまだ数十年もかかり、また開発費用も数千億円かかる」というイメージを持つ方が多い。たしかに、現在よく新聞紙上をにぎわすITER（国際熱核融合実験炉；International Thermonuclear Experimental Reactor）が目指す核融合商用発電のための開発研究においては的を射ている。が、ここにのべる超小型放電型（IEC；慣性静電閉じ込め、Inertial-Electrostatic Confinement）核融合中性子源は、重水素ガスを満たした直径30cmほどの超小型球状真空容器内で核融合反応を起こすもので、中心部分におかれた中空球殻状陰極と容器（陽極を兼ねる）間の電気放電により、簡単かつ定常的に核融合反応を生起する装置である。エネルギー出力という点では1W（～毎秒 $10^{12}$ 個の核融合反応率に相当）よりはるかに低い。しかし、高エネルギーの中性子や陽子が簡単かつ大量に生成できる等多くのユニークな特徴を備えているので、将来さまざまな産業分野における先端的利用が期待されている（図1）。本稿では、この装置についての簡単な説明と、最近注目されているアフガニスタンでの地雷探査への応用などについて紹介したい。

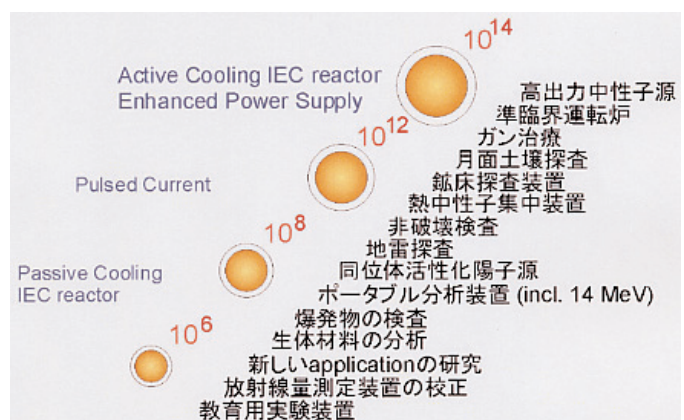


図1 放電型核融合中性子・陽子源の応用（単位はn/s）

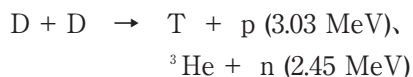
## 2. 慣性静電閉じ込め(IEC)核融合中性子源

### 2.1 中性子源の歴史

現在、中性子源としてはAmBeや $^{252}\text{Cf}$ が賞用されているが、中性子源強度やパルス化の点で難点があり、大強度化などには放射線規制の問題がある。一方、重水素と三重水素を用いるDTチューブと呼ばれる超小型加速器タイプの中性子源（重水素イオンを数百keVに加速してターゲットに含浸させたトリチウムに衝突させ核融合反応を生起）は石油探索などで賞用されているが、寿命や熱的制約、放射性物質規制などのため中性子強度や寿命の増大の点で大きな制約がある。

これらに対して、本中性子源であるIEC装置は以下の重水素核融合反応（各50%の確率）





であるため、トリチウムに関わる放射線規制がなく（X線規制はある）、また強力な非定常パルス運転のみならず定常運転も容易であるのでその装置利用率は極めて高く、工業的にも経済的にも大きな利点・競合性を有する。

この概念は既に1930年代に出されたが、ようやく1967年にHirshが複数のイオン源を用いてはじめてD-T核融合で $10^9$  n/sの生成に成功した。その後、しばらくの間極めて精力的に研究されたが、磁気閉じこめトカマクが主力方式に選択されるに及んで研究が中断された。1992年、装置の簡便化と低中性子束応用分野からの要請で、イリノイ大学がより簡単な現在主流のグロー放電方式のIEC核融合中性子源を開発しその優秀性を示した。これを受けて、ウイスコンシン大学、ロスアラモス国立研究所、京都大学エネルギー理工学研究所などが相次いで研究を開始し、既に毎秒あたり $10^8$ 個以上の中性子発生数（同数の陽子が発生）を達成している（表1）。その発生率をさらに2~3桁増加させることができれば、応用領域が大きく拡大し、新たな産業を創出する事が可能となる。

表1 各研究機関での中性子束生成量  
(2002年3月現在)

	中性子発生率 [n/sec]
京都大エネ研	$1.1 \times 10^7$ (定常;62kV30mA)
米国イリノイ大学	$2 \times 10^6$ (定常) $7 \times 10^8$ (パルス)
米国ウイスコンシン大学	$1.1 \times 10^8$ (定常, D-D, 135kV,58mA) $1.6 \times 10^8$ (定常, D- ${}^3\text{He}$ )
米国ロスアラモス国立研究所	$1 \times 10^6$ (定常)
東京工業大	$5 \times 10^5$ (定常) $2 \times 10^6$ (パルス;30kV,2A)
日立製作所	$7.5 \times 10^7$ (定常)

## 2.2 慣性静電閉じこめ核融合中性子源の原理

IEC核融合中性子源（図2）は、球状の真空容器（陽極）内に同心球状に幾何学的透過率の高い陰極を設置したものであり、陰極への電圧導入端子による影響を除いてほぼ球対称な電位分布が形成される。IECではグロー放電（図3）で生じたイオンの多くは陰極を通り抜け中心へ向かい核融合反応を起こす。再度陰極を通り抜け真空容器へ向かうイオンは、陰極により減速され、再び陰極内へ再加速される。この運動は、イオンが真空容器や陰極に衝突したり、電子により中性原子に戻されたり、核融合反応を生起するまで繰り返される。その結果、球形固体陰極による放電に比べイオンの寿命は

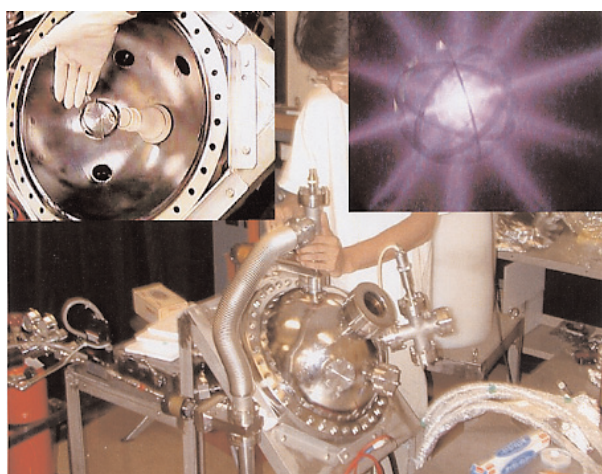


図2 放電型核融合中性子源

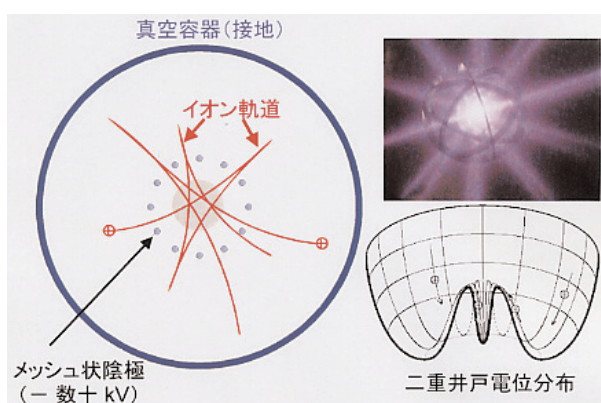


図3 グロー放電（スターモード）と二重井戸電位分布

遙かに長くなり、電離効率の大幅な向上と共に、イオン同士の衝突やイオンと中性原子との衝突による核融合を高効率で生じさせることが可能となる。

### 2.3 これまでの研究成果

本研究グループは我が国で初めて1991年に研究に着手し、今日まで広範にわたる理論・実験研究を行ってきた。その間、収束イオンビーム空間電荷効果を自己無撞着に計算できる粒子シミュレーションコードを開発し、中心部へ向かうイオン電流のパービアンズがある閾値を越えると球形状中心部で静電ポテンシャルの二重井戸構造（図3）ができ、このとき中性子発生率は電流の3乗以上に依存することを発見した。その検証のため、日本原研による公募型研究「原子力基礎研究」により、平成11年シュタルク効果を用いたレーザー誘起蛍光法で二重電位井戸電位分布の直接的計測に世界で初めて成功、30年間にわたる二重井戸電位分布の存在に関する論争に終止符を打った。さらに、イオンのエネルギー分布を計測し、グロー放電によるイオン生成では、ほとんどが1/3や1/2の印加電圧対応エネルギーのイオンしか生成できず、実効的核融合反応断面積が小さくなることを定量的に実証した。これらの結果を踏まえ、最近、低圧力下で、かつ真空容器壁（陽極）近傍で効率よくイオンが生成できるマグネトロン放電の基礎実験を行い極めて有望な結果を得た。

### 3. 地雷探知への応用（京都大学学生新聞(H15.2.20号)より抜粋）

『昨年1月、世界61か国が参加したアフガン復興支援会議が東京で開かれ、今後のアフガン支援についての協議が行われた。その中で、アフガニスタンにおける人道的地雷除去支援が議題にあげられ、日本が率先して支援を進めていくことを小泉首相が宣言した。

1980年代のソ連アフガン侵攻など、アフガニスタンには紛争が絶えなかった。その影響で地雷や不発弾に汚染された地域も多く、調査済の地域だけでも合計834km<sup>2</sup>もある。このうち、住宅地や道路、農地など、緊急に除去が必要とされている地域が410km<sup>2</sup>になる。

生活環境圏内にこれだけの地雷が埋まっているのだから、犠牲者の数も多い。全国的統計は存在しないが、分かっているだけでも1か月に150～300人の被害者が出ているようだ。チョウチョ型地雷もあって、小さな子どもたちが興味本位に地雷に触れ、被害に遭うケースもあるらしい。

そのような中で、科学技術振興事業団（理事長・沖村憲樹）では昨年6月、「人道的観点からの対人地雷の探知・除去活動を支援するセンシング技術、アクセス・制御技術の研究開発」の研究提案を全国から募った。大学、独立行政法人、企業などの研究者から82件もの応募があり、最終的に12件の研究代表者および研究課題が採択された。

本学からは、エネルギー理工学研究所長・吉川潔教授が研究代表者となり、原子炉実験所・代谷誠治教授や学外7機関の参加による提案が採択されている。吉川教授らの研究課題は「超小型放電型中性子源による地雷探知技術の開発」。5年後の実用化を目指し、現在、研究が進められている。

地雷撤去に最先端技術を応用してほしいという要請が現地から寄せられる背景には、従来の技術による地雷撤去の限界という問題がある。かつて地雷は金属製容器内に爆薬が収納された型式だけだったが、現在はプラスチック製の厄介な地雷が多数存在している。探知にもきわめて慎重にならざるをえず、除去に多大な時間が費やされているのが現状だ。金属探知器に代わる、新たな探知技術が求められている。（中略）

居住区や農地などの優先除去地域では、除去率が100%でなければならない。地雷がわずかでも残っているかもしれない場所に、人が住むことはできないだろう。

そこで吉川教授らが提唱している技術が、「超小型放電型中性子源による地雷探知」だ。地中に中

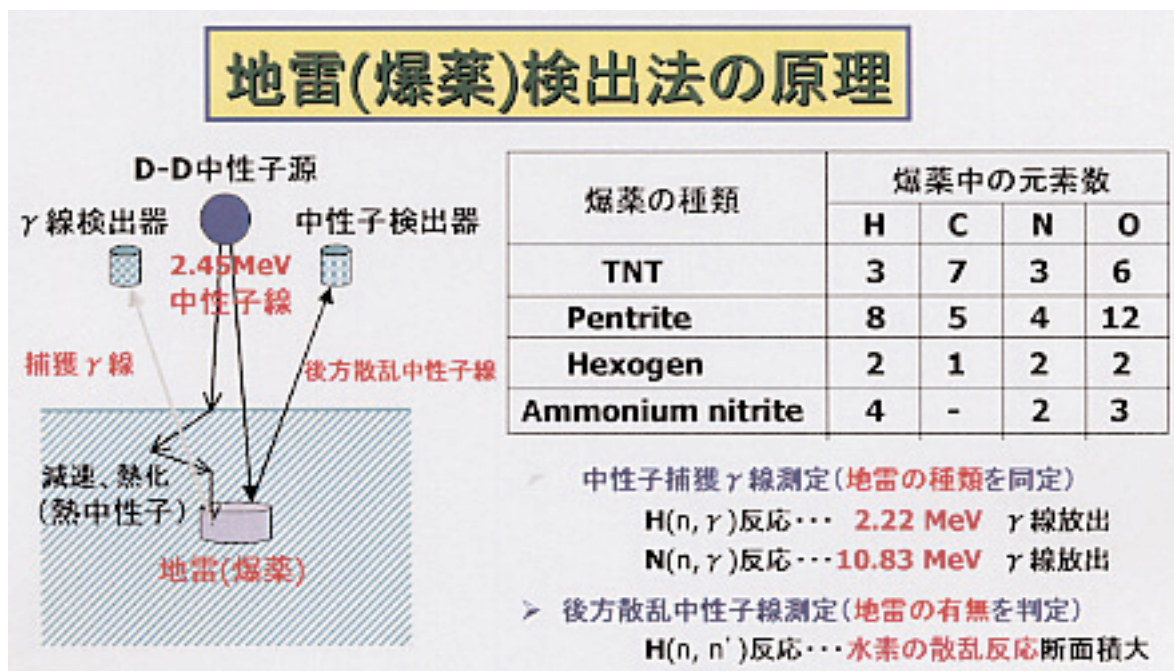


図4 核反応による地雷検出法

中性子を放射して地雷の有無を判定し、爆薬から放射されるガンマ線を検出して地雷の種類を同定する、シンプルだがきわめて有効な地雷検出法になっている。地雷が検出された場所にスプレーが散布され、安全かつ確実に地雷を処理できるというわけだ。

地雷検出の詳しい原理はこうだ。放電型中性子源から中性子線が地中に放射される。地中にH（水素）を多く含んだ物体（地雷には多くの水素が含まれる）があれば、水素による散乱が多くなりより多くの中性子が戻ってくるので、その量の中性子検出器で測定して水素を多く含む物体の有無を判断する。また、中性子を受けた物体は特定のエネルギーのガンマ線を放射するので、ガンマ線検出器でHやN（窒素）からの放射線を測定する（図4）。爆薬の種類によってHとNの比率が違うので地雷の種類が同定できる、という仕組みになっている。

吉川教授はもともと核融合によって中性子を発生させる装置の研究を進めており、「きわめて簡単な装置で核融合反応をおこす研究」を我が国で初めて着手したとして注目されていた。中性子発生源はガン治療や非破壊検査などに応用できるのだが、「応用の一環として昔から人道的地雷探査を見据えていた」と吉川教授は言う。一昨年の9月11日、奇しくも米国で同時多発テロが行われた日にサンクトペテルブルグで開催されたIAEA（国際原子力機関）の地雷に関するワークショップにオブザーバーとして招待され、中性子源応用の可能性について議論していたそうだ。（中略）

探知装置操作者の被曝線量を法的規制値を十分にクリア。地雷の被害者はもちろんのこと、地雷探知要員の安全も最優先だ。

今回の装置には、ガン治療用に開発された中性子捕獲ガンマ線の技術が応用されている。「地雷は地中のガンとも言えますから（笑）」。昨年12月アフガニスタンにおける国連地雷除去センター責任者を交えた国内会合でこう語ったら拍手喝采だったそうだ。「地雷のない日本には分からないことが多い。早くプロトタイプを完成させて（図5）、現地で実際に使用してもらいながら少しずつ改良していく」。そう語る吉川教授からは、研究は人のために貢献して当たり前という哲学が感じられた。』以上、京都大学学生新聞（H15.2.20）抜粋

#### 4. おわりに

現在、マグネトロン放電基礎実験により、中性子束の改善とパルス運転制御性についてめどをつけた。今後、大電力パルス源と組み合わせたパルス高中性子束生成、ならびに、検知計測システムとの統合、遠隔制御車両への搭載など、現地での地雷探知実地試験を目指した研究を加速する予定である。



図5 超小型核融合中性子源を用いた地雷探知遠隔制御車両

## 光ファイバ通信用デバイス

住友電気工業株式会社  
林 秀 樹

### 1. はじめに

光ファイバ通信は、1970年に石英系光ファイバの低損失化と半導体レーザ（以下LD：laser diode）の室温連続発振が達成されて以降、急速に技術開発が進み、今や海底伝送、陸上の長距離基幹伝送はもちろん、メトロネットワークと呼ばれるより近距離のシステムにも用いられつつあります。インターネットの普及に伴うデータ・トラフィックの飛躍的な伸びに対し基幹伝送網をより一層太くする必要があり、これに対しては、1本の光ファイバに波長の少しずつ異なる複数の光信号を多重化して送るWDM（wavelength division multiplexing：波長多重）方式の実用化により対応してきました。最先端のWDM伝送装置では、光ファイバ1本当たりでT（テラ： $10^{12}$ ）ビット／秒クラスのデータ伝送が可能になっています。一方、各家庭へのアクセス系に関しても最近ではFTTH（fiber to the home）と呼ばれる光ファイバ通信が始まりつつあります。光通信システムを支える光ファイバや半導体デバイスの開発もこれらの市場の変化に対応した新しい技術開発が進んでいます。

筆者は、昭和48年電子工学科を卒業した電気系の卒業生で、住友電気工業（株）に入社して以来主として化合物半導体を用いた電子デバイス、光デバイスの研究開発を担当してきました。本稿では、半導体レーザ、光通信用高速ICなどのデバイスや光ファイバなど光ファイバ通信用の各種デバイスの技術開発動向について述べます。

### 2. 光ファイバ

今後予想される通信需要の更なる増大に対応する大容量・長距離伝送システムを構築するため超低損失の光ファイバが不可欠でありその開発が強く求められていましたが、最近、低損失の世界記録となる0.151dB/km（波長1568nm）を実現した光ファイバの開発に成功しています。また、メトロネットワークで用いられると予想されるCWDM（Coarse WDM）伝送（隣接チャンネル間の波長間隔が広い波長多重で、送信器や光学部品に対する要求仕様が緩いため低コストのシステムが実現できる）における伝送路としては、通信容量の増大に対応したチャンネル数の増加のために広い波長帯域で伝送可能な光ファイバが必要となっていました。これに対しては製造方法の改善によって光ファイバ中に残存したOH基による1400nm近傍の波長帯での吸収損失を低くおさえることに成功し、1280nm～1625nmといった広い波長帯域で伝送が可能となっています。

光アクセスに用いられる光ファイバでは、ビル内や宅内で配線するため、壁に沿わせた配線や光ファイバ余長を電源ケーブル並に小さく処理することが難しく、曲げに強いファイバが求められています。そこで、曲げ特性向上を最優先した独自設計の採用により伝送損失の増加や信頼性低下を殆ど発生させずに曲げられる最小の曲げ半径が従来のファイバの1/2や1/4といったファイバが開発されており、取り扱いや収納性が大幅に向上しています（図2-1）

一方、光ファイバ技術の成熟とともに従来構造の光ファイバでの革新的な技術進展の余地が少なくなっていることも事実であり、将来の大容量、高機能の通信網の実現のための新しい試みが始まっています。その一つがフォトニック結晶ファイバで、もう一つはそれから派生的に生まれてきたホーリーファイバです。

フォトニック結晶ファイバは、クラッドでの周期的な誘電率分布によるブラッグ反射により光がコアに導波されるので、コアの屈折率への制約が無いため広帯域、低損失、低非線形の中空コアファイバなどが期待されています。

一方、ホーリーファイバは空孔の導入によって光学特性を改善する光ファイバであり、製造や応用が比較的容易であることから盛んに研究されています。その断面写真を図2-2に示します。従来の光ファイバではそのコアとクラッドの屈折率差は、ゲルマニウムやフッ素などの添加によって作るため高々数%でした。これに対してホーリーファイバでは、その屈折率差を約1桁大きくすることができるため波長分散、実効コア断面積、単一モード帯域などの光学特性を大幅に変えることができ、種々の応用が期待されています。

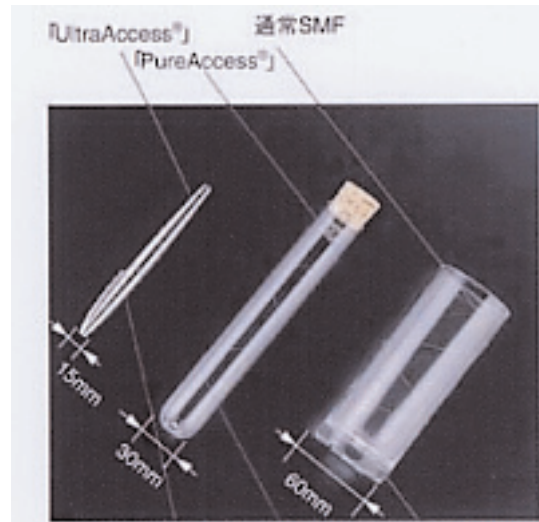


図2-1 許容曲げ直径の比較

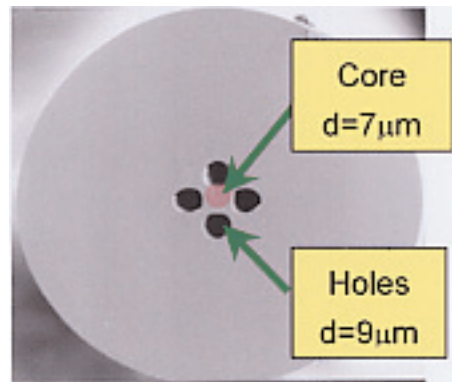


図2-2 ホーリーファイバ

### 3. 光デバイス

光通信に用いられる発光および受光デバイスとしては、主にInP等の化合物半導体基板上に形成したLDやフォトダイオード（以下PD：photo diode）が用いられます。LDでは、高速動作化、高出力化、WDM光源としての波長安定化、光変調器との1チップ集積化などがこれまでの主な課題であり、数多くの開発がなされてきました。

最近では上記したようなメトロ系、アクセス系の市場の拡大に伴い、温度調節無しでも使えるもの、小型で低コストのものなどの開発が活発化してきています。例えば、LDの温度特性を改善するためにLDの活性層の材料を現在実用化されているInGaAsP系だけでなく AlGaInAs系や GaInNAs系といった新しい材料系を用いた研究が進んでいます。

メトロ系での採用が期待されているCWDM伝送用のLDモジュールとしては小型で比較的低価格の無温調同軸型LDが実用化されています



図3-1 無温調同軸型LD

(図3-1 : 1.5ミクロン帯20nm間隔、8波長)。また光アクセス系では、1本の光ファイバに送信と受信の光信号を双方向に送る方式が用いられますが、図3-2はそのアクセス系に用いられる送信部と受信部が一体化になった双方向光モジュールの写真です。

光通信用のLD等の光モジュールは、これまでとはとても高価な部品だというイメージがありました。今後FTTHなど家庭でも使われるような部品にするためには大幅な低コスト化が必須です。このため光デバイスの種類、製法、パッケージの材料、形態、モジュールの製法などでこれまでのものと大幅に異なるものが採用されつつあります。

#### 4. 電子デバイス

光通信用ICとしては、SiのバイポーラICやCMOS ICももちろん使われますが、高速用にはGaAs IC や InP系ICといった化合物半導体を用いたICが不可欠なものとなっています。

10Gbps対応のGaAs ICは既に実用化されています。図4-1はその1例で イオン注入プロセスで活性層を形成したGaAs MESFET (metal semiconductor field effect transistor) を基本素子としたLD駆動用ICです。

また、40Gbpsといった高速対応には、MOVPE (metal organic vapor phase epitaxy : 有機金属を用いた気相エピタキシャル成長) や MBE (molecular beam epitaxy : 分子線エピタキシャル成長) といった薄膜結晶成長プロセスを用いたInP系のHBT (heterojunction bipolar transistor) やヘテロ構造FETが開発されています。これらのデバイスでは、トランジスタの $f_T$  (電流利得遮断周波数) や $f_{max}$  (最大発振周波数) が共に200GHzを越える性能が得られており、40Gbpsに十分対応できるものとなっています。図4-2はその1例で、InP HBT を用いた40Gbps対応の分布型のアンプICです。

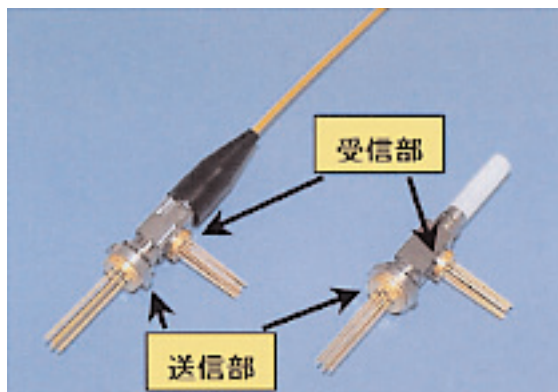


図3-2 アクセス系用双方向光モジュール

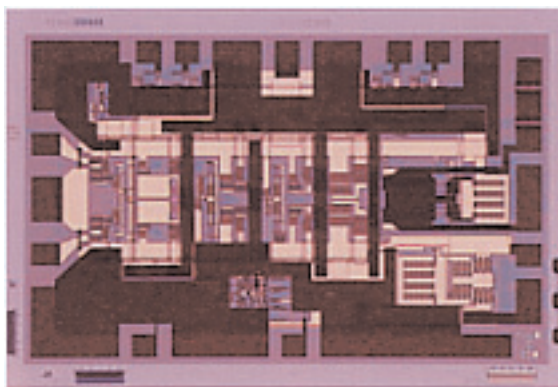


図4-1 10Gbps対応GaAs ドライバIC

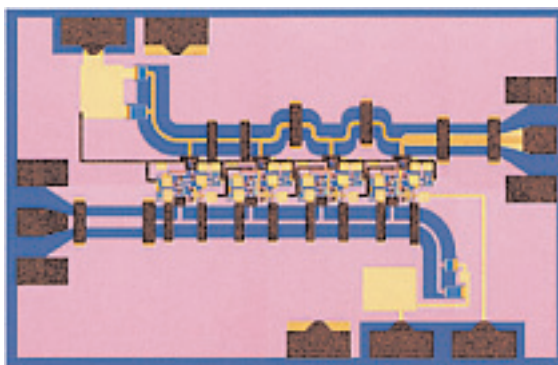


図4-2 40Gbps対応 InP HBT アンプIC

## 5. 光リンクモジュール

光リンクモジュールは、これまで述べてきたLDやPD等の光デバイスと、LDを駆動するドライバIC、PDからの光電流を電圧に増幅変換するプリアンプICや、ものによっては電気信号を多重分離する Mux/Demux-IC などの電子回路素子をも一つのパッケージ内に納めたモジュールで、ユーザにとっては個別のデバイスを用いるより小型で使い勝手が良いモジュールとなっています。

光通信ネットワークの大容量化に伴い光リンクモジュールに対しても高速化、小型化、高機能化等が要求されてきました。高速化について述べますと その規格が 156Mbps, 622Mbps, 2.5Gbps, 10Gbps と4倍ずつ速度が上昇してきており、最近では 40Gbps 伝送の開発も行われつつあります。

今後普及が予想される10Gbps光リンクについてはいくつかの標準化活動が進められていますが、その中で代表的な X2およびXFPと呼ばれる光リンクモジュールを図5-1に示します。いずれも従来の光モジュールに比べて大幅な小型化が図られており、10Gbpsといった高速での性能を維持しながら小型化を実現するため数多くの実装上の工夫がなされています。

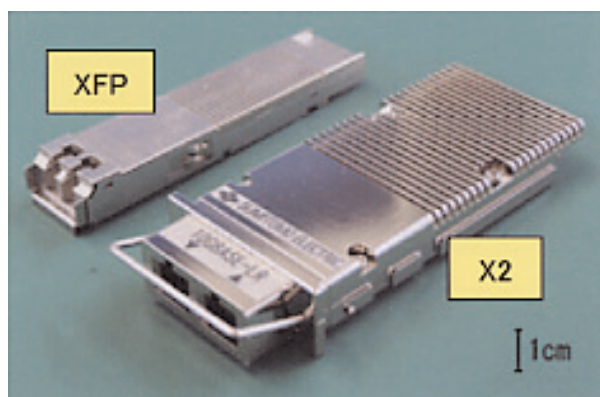


図5-1 10Gbps対応小型光リンクモジュール

## 6. おわりに

光ファイバ通信の各種デバイス、モジュールの開発動向について述べてきました。インターネットの普及とコンテンツの高度化によってデータのトラフィックが急速に増大し、これに対応した高速のデバイス、モジュール、光ファイバの開発が急がれる一方、FTTHなどのアクセス系への光の普及によりアクセス系に適した小型で低コストのデバイス、モジュールの開発への要求も強くなっています。

光ファイバ通信については、これまで何となくご存知でも実感が伴わなかった方もおられたのではと思いますが、これからは、FTTHでどんどんと家庭やオフィスの中まで光ファイバが入り込んできると予想され、光ファイバ通信がもっと身近に感じられるのではと思います。



## 新設研究室紹介

### 電気システム論講座 電力システム分野（大澤研究室） 「変革に対応する新しい電力システムの構築に向けて」

現在の電力供給システムは、「電力自由化（規制緩和）」と「分散電源」を2つの主要なキーワードとして大変革の時代を迎えている。前者については、発電市場への競争導入、大口需要家を対象とした小売り自由化と、電力供給の自由化が進行しつつあり、自由化の制度設計、自由化のもとでの設備形成や信頼度確保、電力品質維持サービス（アンシラリーサービス、補助的サービス）の確保などなど、検討解決すべき多くの課題がある。また、後者の分散電源は、厳密な定義があるわけではないが、太陽光発電、風力発電、燃料電池、マイクロガスタービンなど、小容量で比較的需要地の近くに設置できる電源のことを言う。これらの電源は、スケールメリットが小さく小規模でも高効率である、需要地に近いため送電損失が小さい、などの利点があり、今後ますます普及が進むと考えられている。このように需要地近くに多数の分散電源が導入された電力システムにおいては、電圧問題、保護の問題など、これまでの電力システムでは考えられなかった問題が生じることが懸念されている。本研究室では、以上の2つの流れに対応する電力システムの構築に向けて、以下のような研究テーマに取り組みつつある。

#### 1. アンシラリーサービスの評価手法に関する研究

アンシラリーサービスは電気エネルギーの供給以外の補助的なサービスを指し、周波数制御、電圧制御、供給予備力確保などが含まれる。これらのサービスは従来の電力会社によって一元的に行われてきたが、電力自由化による新規参入事業者の増加によって、それらにかかるコストを定量的に評価し、公平に分担する必要が生じている。アンシラリーサービスの中でも電圧制御に注目し、発電機、調相設備などの各種機器が有する電圧維持能力を定量的に評価するため、モード解析を用いた電圧安定性の指標を定義し、それを利用した電圧維持能力評価手法の検討を進めている。

#### 2. 分散電源を含む電力システムの特性に関する研究

分散電源のなかで燃料電池は、排出物が水だけという環境に与える影響が小さい発電装置であり、系統連系用だけでなく電気自動車用の電源としてもほぼ実用化段階にある。燃料電池のモデリングに関して、等価回路表現法とそのパラメータ決定法の研究を、小規模燃料電池を用いた実測データを利用しながら行っている。

また、分散電源を含む電力システムの電圧安定性解析法の研究も行いつつある。分散電源には、燃料電池や太陽電池のように直流電源をインバータを介して系統連系するもの、風力発電のように誘導機型のもの、同期機型のものなど、種々のタイプが存在する。これらを個々にモデル化して解析することは非現実的なため、各種分散電源を考慮した効率的な電圧安定性解析手法の開発を目指している。

#### 3. パワーエレクトロニクス応用装置による送電機能向上

既存の電力システムに新規参入事業者が連系し送電することによって、送電混雑が発生する可能性がある。この問題の本質的な解決策は送電線を増強することであるが、自由化の制度設計によっては、送電線建設のインセンティブが働きにくいようなケースも考えられる。そのため、パワーエレクトロニクス技術を応用した各種の装置を用いて送電機能を向上することによって、送電混雑を回避することも検討する必要がある。自励式無効電力補償装置（STATCOM）、自励式直列コンデンサ（SSSC）、超伝導エネルギー貯蔵装置（SMES）などによる送電機能向上に関連して、各装置のモデル化と制御方式の研究を行っている。

## 附属イオン工学実験施設 クラスタリーオン工学部門（高岡研究室） 「テイラードクラスタリーオンの生成と応用」

ナノサイズの塊状原子集団であるクラスターは、固体、液体、気体、プラズマでもない第5の状態として物理的・化学的に特異な性質を持っている。また、我々の周囲の巨視的な世界と原子・分子が活動する微視的な世界を繋ぐ役割を果たしており、材料科学的に解明すべき重要な研究対象になっている。当研究室では、このような特徴を持つクラスターのサイズや構造のみならず、その物理的・化学的特性などを、自由にしかも高精度に制御したテイラードクラスタリーオンの生成と工学応用の研究に取り組んでいる。対象とするクラスターとしては、サイズや構造を高精度に制御した多原子粒子や特異構造をもつ多原子分子を取り上げ、自己成長法や質量分離法を含めて、従来のクラスター発生とは異なる生成法を検討し、クラスター科学や材料科学の新しい展開および先進的なイオンビームプロセス技術の開拓を行うことを目指している。以下に、取り組んでいる研究の一端を紹介する。

### 1. クラスタリーオンの生成

原子、分子あるいはクラスター状のイオンを生成する場合、これまでは主に固体材料や気体材料がイオン発生源のソース材料として用いられており、液体材料はあまり検討されていなかった。液体材料には、有機化合物のように、多種・多様な構造や化学的性質を有した物質が存在する。したがって、種々の異なる化学的性質を持つ液体物質のクラスタリーオンを用いることによって、例えば、固体表面の親・疎水性や潤滑性などの制御や付加・置換反応による表面改質を行うことができる。さらに、液体クラスタリーオンを加速・照射することによって、固体表面衝突時に液体特有の流動性やクラスタリーオンの運動エネルギーを活用した表面平坦化などの新しい表面加工法が期待できる。このような特徴を持つ液体クラスタリーオンの生成とサイズ制御の研究を進めている。

### 2. 表面反応ダイナミクスの解明

クラスタリーオンと固体表面との相互作用はフェムト秒からピコ秒の瞬時の多体衝突過程であり、クラスター自身の化学的性質を併用することによって、瞬時の反応速度にも対応できる化学反応の活性化や選択性を制御することができる。また、クラスタリーオンの運動エネルギーを利用することができるので、固体表面の特定の原子結合を切断したり、表面を局所加熱したりすることが可能となる。特に、サイズの制御された液体クラスタリーオンによる表面反応は、これまでの化学反応過程（例えば、溶媒・溶質反応）を、新しい切り口から解明するアプローチとして有用で、クラスタリーオンと固体表面との相互作用のダイナミクスを明らかにすることによって、溶媒・溶質反応の原子レベルでの解明が期待できる。したがって、従来のイオンビーム技術では得られない照射効果を持つクラスタリーオン特有の表面反応の実験的・理論的解明に取り組んでいる。

### 3. 高機能材料・デバイスの創製

高度情報化時代におけるデバイスは、益々高密度化、高集積化が要求され、また材料についてはナノサイズでの特性制御が要求されている。そのため、材料・デバイス製作プロセスにおいても原子・分子レベルでの制御が重要となっている。その中で、超微細領域の表面・界面を制御できるナノプロセス技術として、イオンビーム技術は様々な工学応用分野で用いられている。特に、クラスタリーオンビーム技術では、クラスター自身すでに臨界核以上の大きさであるため、従来のイオンビーム技術による薄膜形成とは異なり、基板上に安定に付着でき、クラスターそのものの形状を保持できる。したがって、このような性質を利用したクラスター・アーキテクチャーと呼ばれる超マイクロデバイスの製作が期待できる。また、テイラードクラスタリーオンの特異な性質を活用した超材料の創製は、先進材料として様々な産業分野で注目されている。そのため、原子・分子状あるいはクラスター状のイオンビームを用い、金属、半導体、絶縁物、有機物などを用いた高機能材料・デバイス創製の研究を進めている。

## 研究室紹介

このページでは、電気関係研究室の研究内容を少しずつシリーズで紹介して行きます。今回は下記のうち太字の研究室が、それぞれ1つのテーマを選んで、その概要を語ります。

(\*は「新設研究室紹介」、☆は「大学の研究・動向」のページに掲載)

## 電気関係研究室一覧

### 工学研究科

#### 電気工学専攻

##### 複合システム論講座 (荒木研)

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

電力工学講座 電力変換制御工学分野 (引原研)

電気システム論講座 電気回路網学分野 (奥村研)

電気システム論講座 自動制御工学分野 (萩原研)

電気システム論講座 電力システム分野 (大澤研) \*

#### 電子物性工学専攻

集積機能工学講座 (鈴木研)

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 (藤田茂研)

量子工学講座 光量子電子工学分野 (野田研)

量子工学講座 量子電磁工学分野 (北野研)

#### 附属イオン工学実験施設

クラスターイオン工学部門 (高岡研) \*

### 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)

通信システム工学講座 伝送メディア分野 (森広研)

通信システム工学講座 知的通信網分野 (高橋研) ☆

集積システム工学講座 大規模集積回路分野 (小野寺研)

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)

システム情報論講座 医用工学分野 (松田研)

### エネルギー科学研究科

#### エネルギー社会・環境学専攻

エネルギー社会環境学専攻 エネルギー情報分野 (吉川榮研)

#### 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

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

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)

### 宙空電波科学研究センター

#### 地球電波科学研究部門

大気圏光電波計測分野 (津田研)

#### 宇宙電波科学研究部門

宇宙電波工学分野 (松本研)

電波科学シミュレーション分野 (大村研)

#### 電波応用工学研究部門

マイクロ波エネルギー伝送分野 (橋本研)

レーダーリモートセンシング工学分野 (深尾研)

### 京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (KU-VBL)

### 国際融合創造センター

#### 創造部門

先進電子材料分野 (藤田静研) §

#### 融合部門

ベンチャー分野 § §

注 § 工学研究科電子物性工学専攻藤田茂研と一体運営

§ § 工学研究科電子物性工学専攻橋研と一体運営

## 複合システム論講座（荒木研究室） 「静脈麻酔鎮静度制御システムの開発」

最近、医療現場においては患者のQOL（Quality of Life）が重要視され、治療の質の向上や治療時および治療後の適切な生理状態の維持などが求められています。患者の生理状態の望ましい制御を行うためには、薬剤等の効果が現れるまでのむだ時間を考慮して、効果をなるべく正確に予測しながらきめ細かい調節を行う必要があります。我々はとくに周術期（術前・術中・術後）を対象として、薬剤の投与速度を調節して患者の生理状態を適切に維持するシステムについて研究を行っています。ここでは、すでに臨床応用を開始しているシステムの一つである静脈麻酔鎮静度制御システムについて紹介します。

全身麻酔は意識消失、鎮痛、無動化の3要素からなります。このうち意識消失に関して、近年吸入麻酔薬に代わって静脈麻酔薬 propofol が使用されるようになってきています。これは、代謝速度が速く、患者が麻酔から早く覚め、副作用が少ないという患者の肉体的負担の軽減に加えて、退院までの期間が短縮され、医療費の削減や患者の経済的負担の軽減という利点があるためです。以上の利点を十分に活かすためには、静脈麻酔薬の投与量を意識消失の効果が得られる最小限に抑えることが望まれますが、医師の手で適切に調節することは困難です。そこで、手術に適した意識消失のレベル（鎮静度）に維持するシステムの開発を行いました。鎮静度としては脳波に基づく BIS（Bispectral Index）を用いています。システムの構成を図1に示します。

本システムは、鎮静度のフィードバック制御、個々の患者に対する麻酔薬の効果のオンライン同定、および術中覚醒や過剰投与など望ましくない状態の回避の3つの機能を備えています。鎮静度のフィードバック制御には、モデル予測制御法を用いています。これは制御対象（この場合は薬剤投与に対する鎮静度の変化）のモデルを用いて将来の鎮静度を予測し、それが望ましい鎮静度変化にできるだけ近くなるように操作量を決定する方法です。この予測に用いるモデルとして、薬理学の知見に基づくモデルを用いています。各患者のモデルパラメータは、年齢、体重および麻酔導入時の応答から求めています。また、術中覚醒、麻酔薬の過剰投与や血圧・脈拍等の異常の回避を行う機能を付加しています。

本システムは、京都大学医の倫理委員会の承認を得て、2001年12月から京都大学医学部附属病院デイ・サージャリー診療部で臨床応用を開始し、現在までに120例以上の臨床応用を行っています。すべての例で制御は適切に行われ、BIS値をほぼ望ましい範囲に維持できました。

本システム使用時と医師によるマニュアル制御時の整定時間、平均BIS値、および平均麻酔薬投与速度について比較した結果を表1に示します。これらすべてで統計的な有意差が認められました。すなわち、開発システムのほうが正確な制御が可能であり、麻酔薬の投与量も低減できます。

今後はさらに正確な制御を行えるようにするとともに安全性の向上のための改良を行っています。

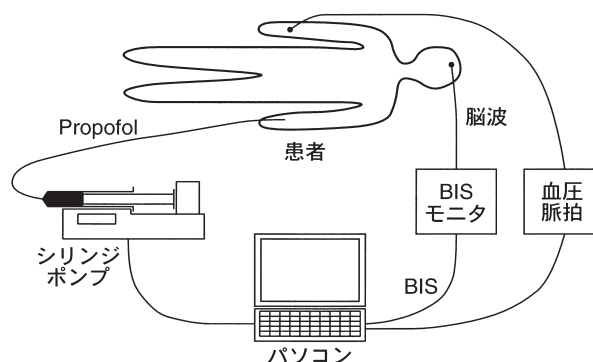


図1：静脈麻酔鎮静度制御システムの構成

表1：本システム使用時とマニュアル制御時の比較

項目	本システム使用		マニュアル制御	
	平均値	SD	平均値	SD
整定時間 (min)	28.2	31.9	43.9	54.9
平均 BIS 値	48.5	2.5	45.7	6.5
平均麻酔薬投与速度 (mg/kg/h)	8.2	2.1	9.1	1.4

(SDは標準偏差)

## 電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研究室） 「可変リアクトルを用いた整流型限流器」

本研究室では、発電機、電動機、送電ケーブル、限流器といった超伝導技術の電力機器への適用と超伝導材料の適用性から見た評価、極低温環境の有効利用を中心として研究を行っている。今回は、その中で、限流器について紹介する。

限流器とは、電力系統における事故電流を抑制する機能を持つ電力機器である。限流器があると、線路リアクタンスを減少させても事故電流を抑制することを可能にし、電力系統の連携を増強できる。理想的には平常時のインピーダンスは、 $Z = 0$  で、系統事故時には、有限のインピーダンス  $Z = r + jx$  となる機能を持つ。常伝導であるアーク・抵抗方式、半導体方式、超伝導現象を利用する各種方式が提案されている。超伝導を応用すると限流動作開始に系統故障の検出がいらず、受動素子であることが優れており、様々な構成が考えられた。

近年我々はこの中で、半導体断路器と親和性の高い、整流型限流器を中心に研究を進めている。限流効果の大きいリアクトルと組合せると負荷電流が急増するときにも、限流動作してしまうことが分っている。そこで、インダクタンスの値が電流によって受動的に平常時には小さく、系統事故時には大きくなるような可変リアクトルと整流回路を組合せばよい。その実現方法として、「可飽和リアクトル」、「無誘導並列接続リアクトル」、「無誘導直列接続リアクトル」、「直流変圧器型リアクトル」、「磁気遮蔽型リアクトル」を提案し、特許出願した [1, 2]。

大学で実験できる規模であるが、図1、2に示すような小型モデル器を用いて、動作試験を行っている。図3に直流変圧器型リアクトルを用いた整流型限流器の動作試験波形を示す。電源電圧が100Vの場合においても十分な限流効果があり、かつ40%の負荷急増に対しても過渡的電圧低下を示さないことが確認されている。さらに、計算機シミュレータによって様々な条件下における限流器の導入効果を検討し始めている。限流器は第1波から過電流を抑制できるので、機器を設計のときに、従来遮断器が開くまでの時間の過電流耐量を小さくすることが出来る。すなわち、限流器を系統に導入することによって、系統機器に対する設計尤度が増し、それらの機器の省エネルギー・省資源化を可能とするものである。単に遮断容量の大きな遮断器に取替るのではなく、電力の安定供給に欠かせない機器となるものとして、今後も精力的に研究開発に取り組んでいく予定である。

[1] 限流器、特開2002-291150 (2002.10.4) [2] 限流装置、特願2003-61321 (2003.3.7)

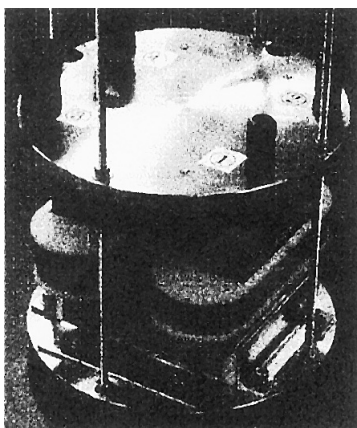


図1：試作可飽和リアクトル

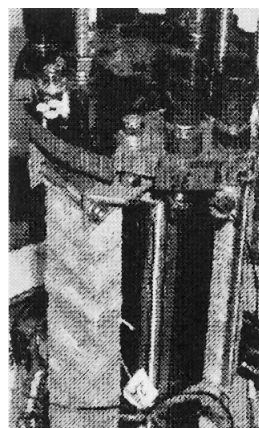


図2：4巻線変圧器

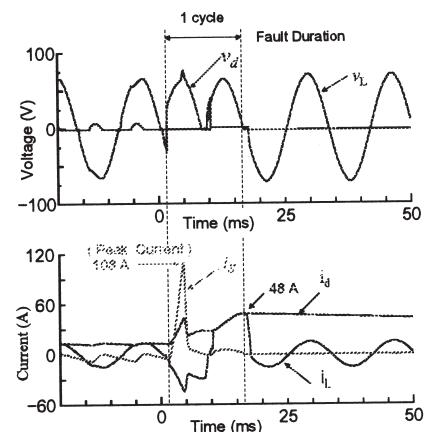


図3：DC変圧器型試験波形

## 電気システム論講座 自動制御工学分野（萩原研究室） 「数値最適化手法を用いた制御系の設計および解析」

本研究室では、さまざまな分野への制御技術の応用を支える制御理論の基盤を確立すべく、デジタル制御系に関する制御理論（現代的サンプル値制御理論）や2自由度最適制御系の設計理論を中心に研究を行なっています。今回は、これらのテーマに加えて新しく研究を立ち上げている最中である数値最適化手法を用いた制御系の設計および解析に関する研究の平易な説明を試みます。

1990年初頭を境に、計算機の使用を前提とした制御理論なるものが注目を集めはじめ、以降活発に研究が進められています。解析的な解を探求してきた従来の制御理論の研究スタイルとは大きく異なり、制御系の設計問題、あるいは解析問題を線形行列不等式（Linear Matrix Inequality, LMI）で表される凸最適化問題に帰着させ、計算機によって解を求めようというアプローチです。現在では、制御における基本的な問題がLMIに帰着できることが知られておりますが、必要十分の形でLMIに帰着できる問題は限られており、制御理論における広範な問題をLMIに帰着させるための普遍的な方法は見出されておられません。

このような状況のもとで、本研究室では与えられた制御系の設計問題、あるいは解析問題をできるだけ必要十分に近い形で取り扱うためのLMIに関連する代数的な処理手法に関する研究を行なっています。特に、私達の最近の研究により、標準的なLMIにある代数的操作を施して導出される伸張型LMIを用いれば、より必要十分に近い形での設計や解析が可能となることが分かってきており、この伸張型LMIに焦点をしばって研究を進めています。

以下、伸張型 LMI に基づく設計の有効性を示す一例として、ゲインスケジュールドコントローラの設計問題を取り上げます。制御対象は図1の点線内に示す時変パラメータ  $\theta(t)$  を有する線形時変システムです。 $G$ が制御対象の時不変な部分を表し、 $\Delta(\theta)$ が時変パラメータ  $\theta(t)$  に依存して変化する部分を表します。時変パラメータ  $\theta(t)$  はオンラインで測定可能であり、この情報をコントローラが利用できるものとします。ここでの目的は、制御系に入り込む外乱  $w(t)$  の評価出力  $z(t)$  への影響をできるだけ小さくするような、時変パラメータ  $\theta(t)$  に応じて変化するゲインスケジュールドコントローラ  $K(\theta)$  を設計することです。このようなゲインスケジュールドコントローラの設計問題を扱う上では、伸張型LMIを用いた方が標準的なLMIを用いるよりも有効であることが私達の研究により明らかになっています。図2は標準的なLMIおよび伸張型LMIを用いて設計を行なった場合のある外乱  $w(t)$  に対する出力  $z(t)$  の応答を表していますが、伸張型LMIに基づいて設計を行なうことで、良好な外乱抑制が達成できていることが分かります。

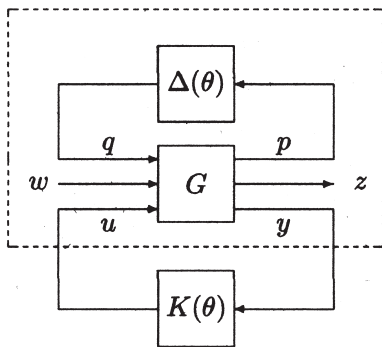


図1 : Gain-scheduled controller synthesis.

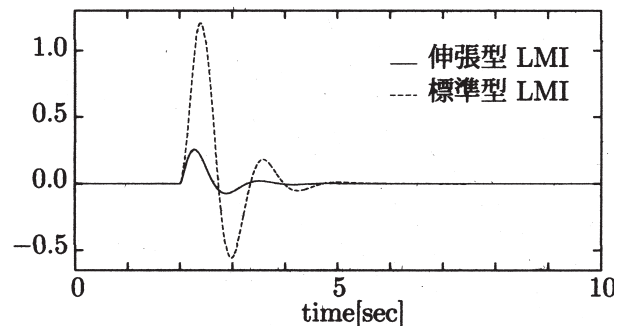


図2 : Response of  $z(t)$ .

## 電子物理工学講座 プラズマ物性工学分野（橋研究室） 「誘電体バリア放電とフィラメントの自己組織化の観測」

誘電体バリア放電（DBD）は、大気圧でもアーク放電にならず、グロー放電が可能という特徴を有する。通常の金属電極間に高電圧を印加すると、最初に放電した表面に電流が集中しアーク放電に移行するが、図1 (a) のように金属電極を誘電体で覆うと、誘電体への蓄積電荷によってギャップ間電圧が低下し、維持電圧以下になると放電は消える。次に極性の異なる電圧を印加すれば、蓄積された電荷による電界が重畳されて放電が起こりやすくなる。このように、DBDでは交番のパルス電圧によって駆動することによって、アークに移行しない安定した放電が得られる。これを材料プロセスにも応用し、プラズマ表面改質や薄膜堆積も試みられている。従来の減圧条件下のプラズマでは、大掛かりな真空容器と大規模な排気設備が必要であるが、大気圧プラズマでは、roll-to-rollの行程に容易に組み込むことができる。実用化のためには解決すべき課題が多いが、プラズマプロセスの中でも近年注目されている技術である [1]。本稿では、その研究の過程において観測された物理的にももしろい自己組織化の現象について述べる。誘電体バリア放電では、動作ガスにHeを用いると空間的に一様な放電が得られ、ArやN<sub>2</sub>ではフィラメント状の放電がランダムに多数発生し、図1 (b) のようなランダムな放電電流となる。この違いには、Heガス中での電子やイオンの大きな拡散係数や、他の原子分子のイオン化準位より高い内部エネルギーをもつHeの準安定準位が関係しているとされているが、その機構はまだ良く理解されておらず、誘電体表面の蓄積電荷の定量的な測定法も含め、解決しなければならない問題が多い。図2は、そのような研究の途上で偶然見出した現象で、フィラメントが規則正しく対称性を保って並ぶという自己組織化の様子である（RF 500kHz、正弦波印加）。印加するRF電力を40から41Wまで徐々に変化させると、同図 (a) → (f) のようにフィラメントの本数が増加し、対称性もそれに応じて変化する。図1 (c) のように、電流波形にはランダムなパルス成分が含まれていない。

自己組織化そのものは、すでにPurwins等によって精力的に研究が進められている [2]。我々は違った角度で、この自己組織化を利用しようとしている。冒頭に述べた通り、バリア放電では誘電体に蓄積される電荷が重要な働きをする。従来のランダムフィラメントでは、壁電荷の時空間分布を追跡することは困難であり、想像の域を出なかった。停止した小数のフィラメントが得られることから、従来では不可能であった一本のフィラメントに的を絞った観測が可能となり、均一なバリア放電の生成において鍵となるフィラメントの発生機構の解明とその制御法に有効な知見が得られるものと期待している。

**参考文献** [1] 第50回応用物理学関係連合講演会シンポジウム「大気圧・液中プラズマの基礎と先端技術への応用」, pp.53-58 (2003) .

[2] I. Brauer, C. Punset, H. G. Purwins, J. P. Boeuf: J. Appl. Phys. **85**, 7569 (1999) .

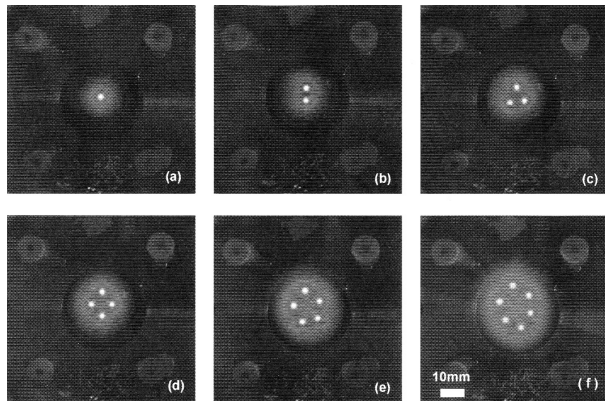
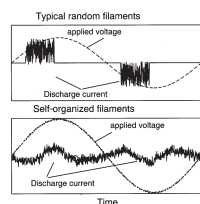
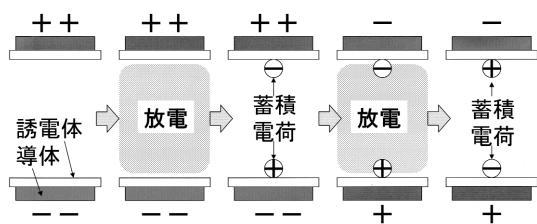


図1. 原理と電流電圧波形。

図2. 自己組織化フィラメントの例。

## 機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研究室）

## 「ナノ構造電極を用いた有機半導体薄膜の電気特性とFET特性に関する研究」

## 1. はじめに

有機分子のエレクトロニクスへの応用は有機ELを始めとする能動デバイスの出現により、非常に大きな注目を集めている。無機材料に比較して、有機材料を用いるメリットは、(1) 軽量性、(2) フレキシビリティ(柔軟性・湾曲性)、(3) 多様な量子状態(HOMO/LUMO)を実現する材料種の幅広さ、(4) スピンコート法、印刷法に代表されるプロセス費の低減、(5) 単一分子デバイス実現の可能性などが挙げられる。しかし、その一方で、有機分子/金属界面でのキャリア注入メカニズムやその高効率化、キャリア輸送機構や最適デバイス構造、ナノ領域特有の機能発現、など未だ明確でない点が数多く残されているのが現状である。上記背景のもと、本研究室では有機物特有の動作機構の解明と高効率化に関する基盤研究を行いつつ、デバイス応用に向けた可能性を行っている。

## 2. 配列制御した有機分子膜の電気特性評価

有機系材料の導電性は、分子が形成する分子軌道の空間的広がりや重なり方に大きく影響をうける。我々は $\pi$ 共役系分子であり、かつ成膜条件の最適化により高結晶、高配向性膜の形成が期待されるフェニル末端チオフェン3量体(P3T)の配列層状成長膜を作製し、そのFET特性の評価を行った。熱酸化膜(100nm)が形成されたヘビードープSi(100)をゲート電極とし、ギャップ幅30ナノメートル~1ミクロンのPt製くし形電極、先鋭電極をソース、ドレイン電極とした(図1参照)。この電極基板上に真空度： $10^{-4}$ Pa、蒸着速度： $0.3\sim 0.5$ nm/min、基板温度： $50^{\circ}\text{C}$ の条件下で、真空蒸着法による成膜を行った。この条件下では、P3T分子は基板に対して垂直配向し、 $\pi$ 電子雲をソース-ドレイン電極間に揃えた層状成長膜を形成する。FET特性の最も基本的な特性であるドレイン電流( $I_d$ )-ドレイン電圧( $V_d$ )特性の電極形状による変化を図2に示す。P3T膜はP型半導体特性を示すと共に、くし形電極と先鋭電極では明らかな特性差が観測された。くし型電極の場合、チャンネル長1ミクロン以下では短チャンネル効果により $I_d$ - $V_d$ 飽和特性や $V_g$ 変調が観測されないものの、先鋭電極ではチャンネル長70nm以下でも $V_g$ 変調、飽和特性を示し、素子の微細化において先鋭電極が有利であることが示唆された。また、 $I_d$ - $V_d$ 特性の特に線形領域における「立ち上がり特性」が先鋭電極にて大幅に改善されていることがわかった。その特性改善の原因としては、先鋭電極では先端曲率が小さいために電界集中が生じやすく、同じ電圧を印可したくし形電極と比較して実効的な電界が強くなり、電極からのキャリア注入効率が向上したためと思われる。

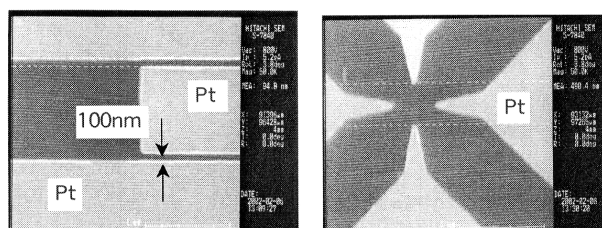


図1 櫛形電極、先鋭電極の概略図

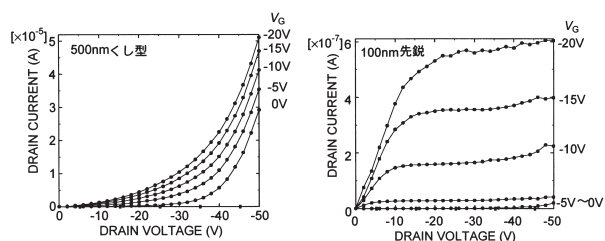


図2 くし形電極と先鋭電極における有機FET特性



## 量子工学講座 光量子電子工学分野（野田研究室）

## 「2次元フォトリック結晶スラブによる超小型波長合分波デバイス」

近年、光を自在に制御可能な新しい光ナノ構造として、フォトリック結晶が注目されている。これは、光の波長程度の周期的屈折率分布をもつ材料で、ちょうど固体結晶において電子のエネルギーに対するバンド構造が形成されるのと同様に、光子のエネルギーに対して、バンド構造をもつことを特徴とする。特にバンド構造中の禁制帯（フォトリックバンドギャップ）中に光が存在できないことが非常に興味深く、この効果を利用した自然放出の抑制や増強、急峻曲げ光導波路による超小型平面光回路、さらには新しい半導体レーザーなど幅広い応用が期待されている。本研究室では、2次元および3次元フォトリック結晶を用いた様々な光子制御技術を研究しているが<sup>1-3)</sup>、以下では2次元フォトリック結晶スラブを用いた超小型波長合分波デバイスの現状について紹介したい。

2次元フォトリック結晶スラブは図1に示すような誘電体スラブ（薄板）に2次元の周期性を導入した構造であり、スラブの上下に十分に屈折率の低いクラッド（空気）が存在していることが特徴である。この構造に、図1のように直線状線および点状に格子点を埋めた欠陥を導入することによって超小型の波長合分波デバイスが形成される。導入した欠陥部分においては周期性の部分的欠如により光の存在が許容されるようになる。線欠陥部分においては、光は横方向をフォトリックバンドギャップ効果によって、上下方向を全反射によって閉じこめられつつ、長手方向に伝搬できるため、これは導波路として利用できる。点状欠陥部分は微小共振器として動作し、面内方向においてはフォトリックバンドギャップ効果によって光は完全に閉じこめられるが、上下方向の全反射は光の局在のために完全には満たさないため、上下方向の光放射が必然的に生じる。このため、図1の構造において線欠陥導波路を伝播する光のうち、点欠陥共振器の共鳴波長に一致する光子は点欠陥を介してスラブから垂直方向に放射され、その他の波長の光子はそのまま伝播する。これにより面出力型の波長分波機能を実現でき、また逆にクラッド側から点欠陥へ光を入射すれば、欠陥に共鳴する波長の光子のみが導波路に導入されるという面入力型波長合波機能も実現できる。これらの動作は、波長程度の大きさの点欠陥によりなされるため、極めて小さなデバイスが実現可能となる。

実験結果の一例を図2に示す。点欠陥共鳴波長である1557nmにおいて点欠陥からの光放射が生じており（図2- (b)）、それと対応するように線欠陥導波路の光透過率が減少している（図2- (a)）。実験結果の解析により分波効率はこの構造における理論的的最大値である50%に近い値であることが分かった。また、図2- (c) に示すように自由空間から導波路への波長合波動作も実現されている。さらに、現在400程度であるフィルタとしての

Q値を点欠陥の形状を変えることで数千以上にまで増加させることや、また、線欠陥や点欠陥の形状・配置を工夫することで外部光学系との結合効率を大幅に改善することなどの研究を行っており、波長多重通信システムへと応用可能な超小型デバイスの実現を目指している。

1) S. Noda, et al. Science **289**, 604 (2000) . 2) S.Noda, et al., Nature **407**, 608 (2000) . 3) S. Noda, et al. Science **293**, 1123-1125 (2001) .

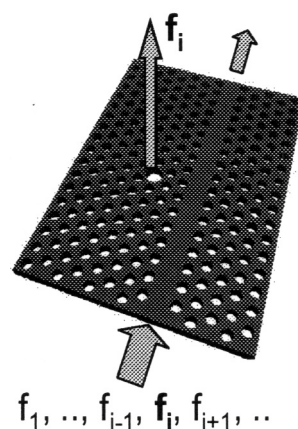


図1：フォトリック結晶スラブ波長合分波デバイス

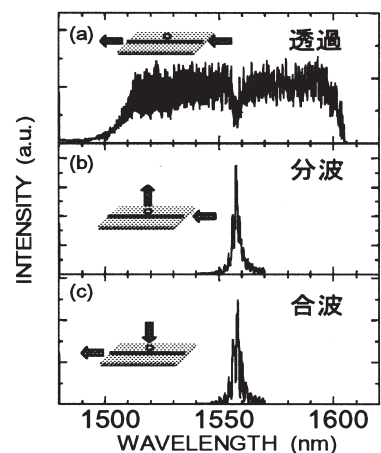


図2：デバイスの透過 (a)、分波 (b)、合波 (c) 特性

## 量子機能工学講座 量子電磁工学分野（北野研究室） 「異常群速度と負群遅延」

最近、光の速度が再び注目されている [1]。それは、レーザ冷却された原子など、新しいタイプの媒質を用いることで、光速 $c$ を越える群速度や負の群速度、あるいは、非常に遅い群速度 ( $\sim 10^{-5}c$ ) などが実現できるようになってきたためである。さらに、電磁誘導透過という干渉効果を用いると、群速度を0にする、すなわち光パルスが媒質内で静止させることすら可能になっている。いずれも従来の光の速さに対する常識を覆す現象であり、その物理的な仕組みや意味に興味を持たれている。一方、量子制御などの次世代光技術への応用の可能性についても検討されている。波の速度にはさまざまな種類があるが、おもなものとして、3つの速度、すなわち、位相速度、群速度、波頭速度が考えられる。位相速度が光速 $c$ を越え得ることはよく知られている。一方、群速度はしばしば誤って、情報の伝達する速度と同一視され、光速 $c$ を越えることはないと述べられている場合がある。しかし実際には、群速度も光速 $c$ を越えることは原理的には禁じられていない。光や電磁波を学んだ人の多くが「位相速度は光速 $c$ を越えてもよいが、群速度は $c$ を越えることはない。それは相対論で禁じられている。」と誤解している状況はかなり問題である。一方、波頭速度は、信号が0から立ち上がる点（波頭）の速度である。急峻に立ち上がる波頭に含まれる非常に高い周波数成分が伝達する速度であり、光速 $c$ に等しい。この波頭速度こそが、情報伝達の限界速度を与えている。

われわれは、上記のような群速度の異常性の本質を詳しく調べるために、集中定数系における群遅延について研究を行っている。とくに、負群遅延は、光速を越える群速度や負の群速度に対応する現象である。負群遅延は電子回路を用いると比較的簡単に実現できる [2, 3]。図1の回路は、直流近傍で、位相特性が周波数とともに進み、振幅特性は平坦であり、負の群遅延を与える。この回路に適当に帯域制限された滑らかな（ベースバンド）パルスを入力すると、図2に示すように、入力信号より出力信号の波形の方が先に出力される。パルス幅に比べて、進みが20%程度とそれほど大きくないが、光領域での対応する実験に比較すると、大きい進み量が得られている。回路をカスケードに接続することにより、進み量を増やすことが可能であるが、それに伴って、帯域外のゲインが指数的に増大し、実現が困難になる。正の群遅延には、このような困難はなく、時間の方向に関する非対称性が現れている。このような簡単な実験であるが、群速度と情報伝送速度（因果性）との関係について、従来の混乱した議論の整理に有効なモデルとして期待されている。また、他大学において物理実験のテーマとして、早速採用されるなど、教育面からも注目されている。

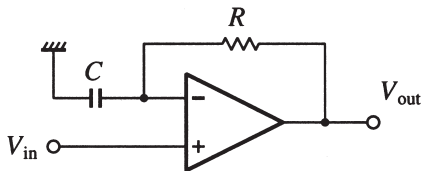


図1 負群遅延回路

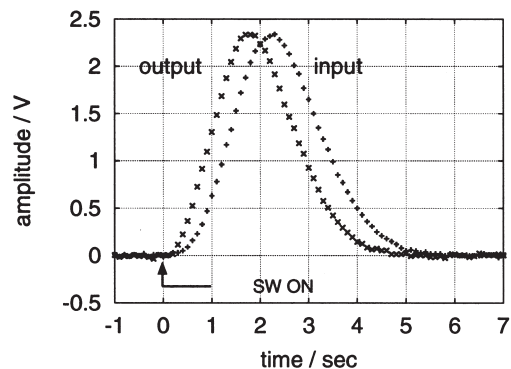


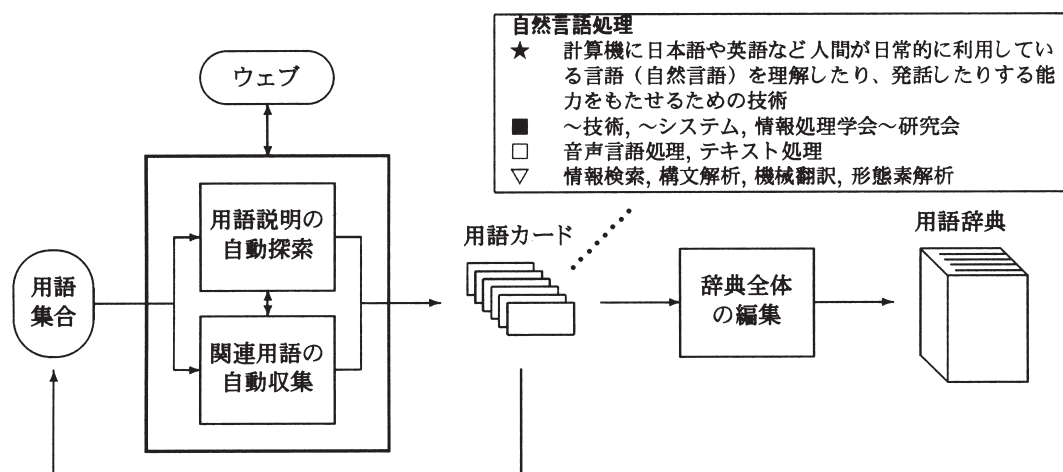
図2 入力と出力の波形

### 参考文献

- [1] 北野, 中西: 応用物理 **72**, 6月号 (2003) 印刷中.
- [2] T. Nakanishi, K. Sugiyama, and M. Kitano: Am. J. Phys. **70**, 1117 (2002).
- [3] M. Kitano, T. Nakanishi, and K. Sugiyama: IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics **9**, 43 (2003).

## 知能メディア講座 言語メディア分野 「ウェブを情報源とした用語辞典の自動編集」

近年、科学技術の高度化とともに、多くの分野で多数の新しい用語が生まれてきています。このような新しい用語の意味を調べる際に最も有用な情報源は、ワールドワイドウェブ（ウェブ）です。しかし、ウェブで単語の意味を調べる作業は、サーチエンジンなどを利用して試行錯誤を繰り返す必要があり、それほど容易とは言えません。本研究では、この作業の自動化を研究し、特定分野の用語群に関する情報を「辞典」形式に自動編集する技術の実現を目指しています。



辞典の編集に必要な作業は、(1) 用語の収集と選抜、(2) 用語項目の編集、(3) 辞典の構成、に大きく分けられます。本研究では、これを上図のようなシステムとして実現します。このうち、用語項目の編集で必要となる用語説明の探索は、これまでの研究で実現済み [1] であり、平成14年度は、与えられた用語からその関連用語を自動収集する方法を研究しました。

本研究で実現した関連用語の自動収集法 [2] は、(a) コーパス収集、(b) 重要語抽出、(c) フィルタリング、の3ステップから構成されています。まず、コーパス作成では、与えられた用語に対して、その用語を含むウェブページを検索し、その用語を含む文のみを集めて、数百文程度のコーパスを作成します。次の重要語抽出では、このコーパスに含まれる用語（主に、複合名詞）のうち、そのコーパスで特に重要と考えられるものを30個選びます。この選択には、語の造語能力に着目した方法（「造語能力の高い単語から構成される複合語が重要語である」）を用います。最後のフィルタリングでは、コーパスから重要語として抽出された用語が、専門用語であり、かつ、元の用語と強く関連しているかどうかを、ウェブのサーチエンジンのヒット数を用いてチェックします。この方法を用いると、たとえば、「自然言語処理」という語に対して、次のような関連用語を収集することができます。（\*は、関連用語として不適切な用語を表します。）

形態素解析、構文解析、意味解析、意味処理、自然言語処理システム、自然言語処理技術、処理技術\*、情報検索、音声情報処理、音声認識、自然言語処理研究会、情報処理学会、自然言語処理学、自然言語処理学講座\*、研究分野\*

### 参考文献

- [1] 桜井裕, 佐藤理史. ワールドワイドウェブを利用した用語説明の自動生成. 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.5, pp1470-1480, 2002.
- [2] 佐藤理史, 佐々木靖広. ウェブを利用した関連用語の自動収集. 情報処理学会研究報告, Vol.2003, No.4, 2003-NL-153-8, pp57-64, 2003.

通信システム工学講座 伝送メディア分野 (森広研究室)

「高速・高信頼な通信を達成する変調技術を目指して - 組合せOFDMの提案」

携帯電話や無線LAN内臓PCなどの広範な普及に見られるように、我々の日常には手軽に会話や情報交換ができる無線通信端末が浸透してきている。無線通信端末には、劣悪な無線通信路を克服するために現代の通信技術の粋が結集されている。高速かつ高信頼な無線通信を達成する変調技術の一つとして、無線LANのIEEE802.11aやデジタルテレビジョン放送などの変調方式に採用されている直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM)が知られている。OFDM変調方式は、高速



図1. OFDMの搬送波

に加え、搬送波の組合せに情報を乗せることにより、OFDM変調方式の無線通信に対する利点を残しつつ、同一周波数帯域幅で情報伝送速度の高速化が図れる。本研究室では、この新たな変調方式「組合せOFDM」を提案し、その特性を評価した。

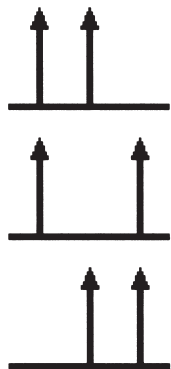


図2. 組合せOFDMの搬送波

簡単な例で組合せOFDMについて説明する。図1は3本の搬送波を2値変調する場合のOFDMの搬送波を表している。このとき、伝送できる状態数は8通りある。これに対して、3本の搬送波のうち2本を同時に利用する組合せOFDMの場合、図2のように同時に使用される搬送波の組合せは3通りのいずれかである。同時に使用する搬送波2本を2値変調すれば、伝送できる状態数は12通りになる。組合せOFDMでは、同時に使用する搬送波の数を適切に選べば、先に述べた例のように伝送情報量を増加させることが可能である。特に、搬送波の変調方式が2値変調の場合、全搬送波数を十分大きくとれば、組合せOFDMは従来のOFDMより約1.58倍の高速伝送が可能となる。

図3. OFDMと組合せOFDM

の、ビットエネルギー対雑音電力密度比に対するビット誤り率を示している。雑音は白色ガウス雑音、各搬送波の変調方式は8相PSK、全搬送波数は64、組合せOFDMの同時使用搬送波数は57としている。図3より、組合せOFDMは、OFDMより低い信号電力で同じビット誤り率を達成している領域があることが分かる。

組合せOFDMの復調では、OFDMとは異なり、使用された搬送波を検出する必要がある。搬送波の検出方法に応じて、組合せOFDMの二つの復調法「固定閾値法」と「適応閾値法」を提案した。

今後、様々な通信環境における組合せOFDMの特性を検証していく予定である。

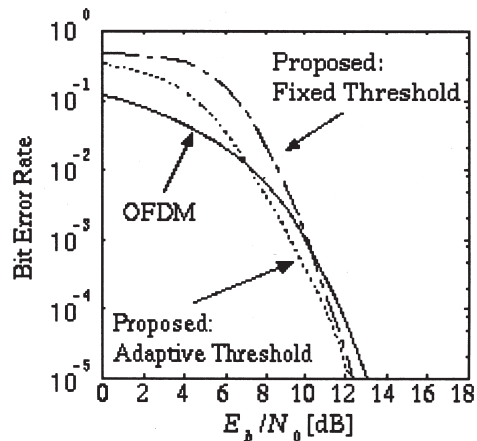


図3. 組合せOFDMのビット誤り率特性

## 集積システム工学講座 情報回路方式分野 (中村研究室)

## 「Plastic Cell Architecture

## ～ リコンフィギュラブル・コンピューティング・システムの実現を目指して～」

LSI(Large Scale Integrated circuit)の大規模化、それに伴う高機能化により、システム設計に要するコストは増加の一途を辿っている。一方、市場での製品サイクルが早まり、開発期間の短縮が求められている。こうした要求を受け、従来試作に要していた多大な時間とコストの削減のため、ユーザの手元で回路を書き換えることができるPLD(Programmable Logic Device)が利用されるようになってきた。近年では、さらに試作等における専用回路の代替部品としてのみならず、その再構成能力を活用して専用回路にせまる性能と汎用コンピュータと同様の高い柔軟性を両立したリコンフィギュラブル・コンピューティング・システムの研究が現在さかんにすすめられている。

中村研究室では再構成可能なアーキテクチャである Plastic Cell Architecture (PCA)を提案し、その基本概念、デバイスの設計・試作から、処理系や設計環境の構築、応用に至るまでの研究・開発を統括的に進めている。PCAは動作中の回路の書き換え(動的再構成)だけではなく、内部の回路が別の回路を書き換える(自律的再構成)機能をも有している。これをPCAでは、機能回路が構成され処理を実行する可変論理部と、可変論理部を制御し、また可変論理部上に構成された機能回路間の通信を担う組込み機能部の対からなる基本セルを敷き詰めることにより実現する。我々は、提案概念にもとづきPCAを実現するためのデバイス設計・試作も行った。1999年にはPCA-ChipOneを、2000年には可変論理部の構造を論理の埋め込み手法とともに提案・検討したPCA-Chip2を試作している。また、PCA-Chip2 上において機能実現を支援するための回路設計環境の構築もすすめている。この設計環境により、言語による機能記述から実際にPCA-Chip2 上にダウンロードするためのデータを自動的に生成することが可能となっており、回路設計者の負担を大幅に削減できる。さらにデバイスやツール群などの基礎的な研究・開発にとどまらず、PCAの特長である動的かつ自律的な再構成機能を活用した応用についての研究も進めており、現在、負荷に応じて機能回路を自律的に増減させる適応的な負荷分散処理の初期検討等を進めている。

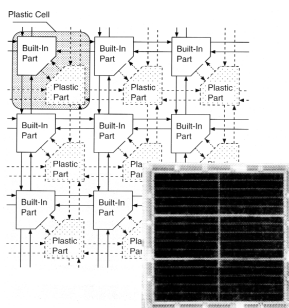


図1：PCAの構造(左上)ならびに設計・試作したPCAチップ(右下)

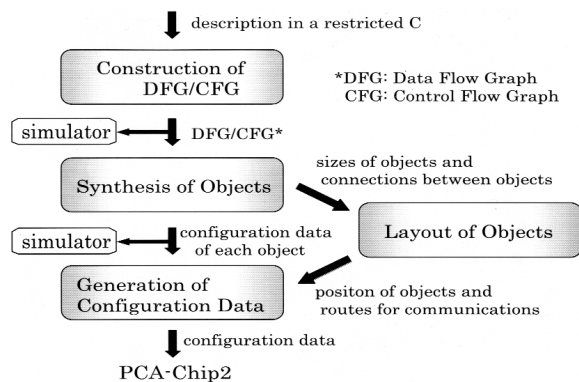


図2：構築した設計環境を用いたデザインフロー

## 参考文献

- ・ 富田、杉本、筒井、境、檜田、泉、尾上、中村：“LUTアレイ型PLDの設計と試作”、信学技法 VLD2000-98、ICD2000-155、FTS2000-63、pp.173-178、2000
- ・ H. Tsutsui, A. Tomita, S. Sugimoto, K. Sakai, T. Izumi, T. Onoye, Y. Nakamura: “LUT-Array-Based PLD and Synthesis Approach Based on Sum of Generalized Complex Terms Expression”、IEICE Trans. on Fundamentals, Vol.E84-A, No.11, pp.2681-2689, 2001
- ・ T. Okamoto, T. Yuasa, T. Izumi, T. Onoye, Y. Nakamura: “Design Tools and Trial Design for PCA-Chip2”、IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E86-D, No.5, 2003
- ・ Y. Soga, T. Yuasa, T. Izumi, T. Onoye, Y. Nakamura: “An Improved Communication Channel in Dynamic Reconfigurable Device for Multimedia Applications”、in Proc. of EUROSIS Euromedia Conference, pp.152-157, 2003

## 集積システム工学講座 超高速信号処理分野（佐藤研究室） 「大気レーダー用アダプティブクラッタ抑圧手法の開発」

大型大気レーダーでは、微弱な大気の散乱エコーを受信するために、多数素子で高利得なアンテナパターンを構成している。しかし、山や飛行機などのハードターゲットからの反射波は大気散乱エコーに比べて非常に強いため、現状のアンテナパターンでは抑圧が不十分である。そこで本研究では、数素子のウエイト制御可能な受信専用アレーを大型大気レーダーに付加することで、適応的にクラッタ抑圧する方法について検討した。この場合すべての素子のウエイトを制御することは非現実的である。そこでレーダーを1素子の高利得アレーとみなし、アダプティブなクラッタの抑圧を行う。素子のウエイト制御に関しては、方向拘束付出力電力最小化法（DCMP）をもとに、大型大気レーダーで使用する場合の問題点を解消する重み拘束付DCMP（DCMP-CN）を新たに提案した [1]。

通常の通信におけるアダプティブアンテナでは、所望信号の到来方向が定まっているため、その方向の応答が保証されれば、アンテナパターンは変形しても支障はない。しかし大気レーダーでは、目標は連続的に分布するため、アンテナ主ビーム形状に影響を与えないことと共に、サイドローブ領域からの妨害波及び銀河雑音の影響を極力抑え、高いSN比を保つことが重要である。また、極めて微弱な信号を検出するため、利得の低下を最小限度に抑えることが要求される。DCMP-CNではこれらの条件を満たすため、各素子の制御重みを一定値以下に制限することで主ビーム形状を保護し、また重み拘束によって系統的にSN比の劣化をどの程度に抑えるかを決定できる。

MUレーダーによる観測データを用いて、適応的にクラッタ抑圧ができるかについて検討した。受信専用アレーは3素子である。図1にアンテナの配置を示す。アダプティブ処理を行わないレーダーのみの場合（破線）、及び提案手法を用いて合成した出力（実線）のドップラーパワースペクトルの例を図2に示す。速度0m/sのスペクトルが山からの反射波である。また速度2～3m/sに見られるピークが大気乱流によるエコーである。提案手法では、所望信号の方向を指定しているだけで、不要信号のスペクトル形状については何ら情報を与えていないにもかかわらず、山からの反射波のみが正確に除去されていることがわかる。

### 参考文献

- [1] 神尾 和憲、佐藤 亨、電子情報通信学会論文誌、Vol.J86-B、No.5（印刷中）、2003。

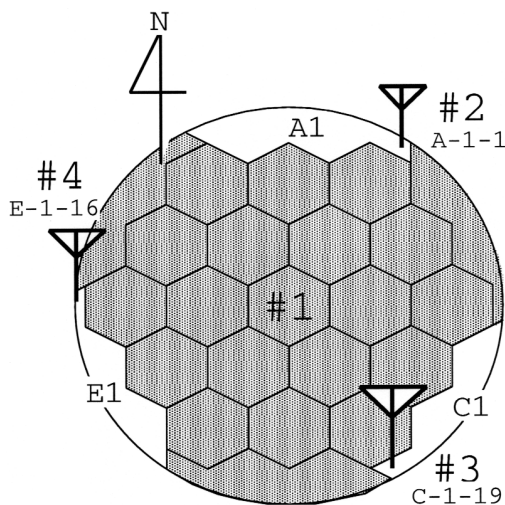


図1. 観測アンテナ配置

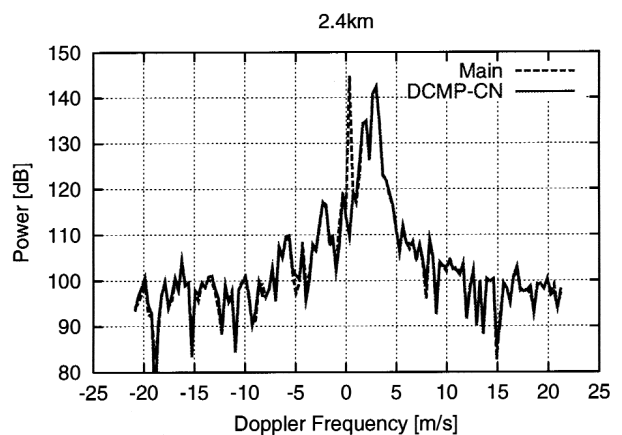


図2. 処理前（破線）と処理後（実線）のエコーパワースペクトル

## システム情報論講座 画像情報システム分野（英保研究室） 「治療支援のための術前・術中画像処理」

画像診断という言葉も一般的になってきたが、低侵襲治療への要求・実施に伴い、診断だけでなく治療時にも医用画像処理技術が必要とされるようになってきている。主として整形外科や脳外科領域を対象とした治療支援技術が開発されてきたが、本研究室では大動脈瘤の低侵襲治療(ステントグラフト留置術)を対象にした治療支援技術の開発に取り組んでいる。

ステントグラフト留置術では動脈切開部よりカテーテルを用いてステントグラフトと呼ばれる人工血管を病変部に挿入・留置し、人工血管内だけに血液が流れるようにすることで動脈瘤の破裂を防止する。このような治療の支援として、体内に挿入する人工血管の設計支援や治療部位における血管走行の推定・表示について研究を進めている。

### 1. 術前の治療デバイス設計の支援

ステントグラフト留置術では術前に適応症例であるかどうかの判定し、留置すべき人工血管を設計する必要がある。この場合に、血管の走行方向、断面積や距離計測、狭窄の有無といった大動脈瘤や留置経路にあたる血管の3次元形状を正確に計測することが必要となる。従来は病変部位を含む大動脈血管形状の自動計測が困難であったが、本研究では臓器の位置関係の知識を利用し、血管の識別・病変部位における血管中心軸の再設定を行うことにより病変部位を含む大動脈形状を計測するものである。この結果に基づき、3次元血管モデルが生成され、その上に仮想的にステントグラフトを配置して症例に適したステントグラフトのサイズを求める。



図1. ステントグラフトの設計支援

### 2. 術中画像の撮影領域推定と治療計画・解剖学的情報の表示

ステントグラフト留置術は低侵襲である反面、病変部を直接視認できないため術中においては画像処理・表示技術による誘導が強く求められている。術中画像としてはX線透視像が用いられるが、2次元画像であるために臓器や器具の位置関係の把握に習熟を要する。この術中におけるこれらの情報の把握を容易にするため、大動脈の3次元的な走行やステントグラフト留置予定位置の把握支援のため、術前の3次元CT像と術中の2次元X線像との位置合わせを行う。具体的には3次元CT像を様々な方向から投影した画像の集合を作成しておき、X線像と投影像とのパターンマッチングを行い、X線像の撮影方向を推定値するものである。本手法を用いることで病変部位の把握が容易になり、造影剤使用量の低減にも役立つと期待される。現在は上記処理の実時間処理実現について研究を進めている。

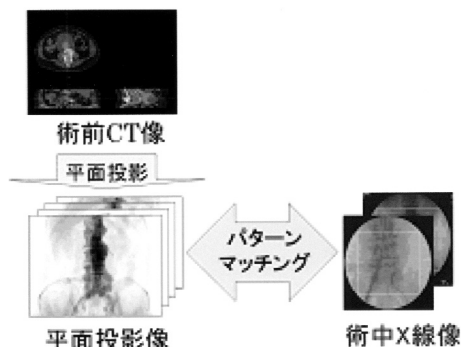


図2. CT像とX線像との位置合わせ

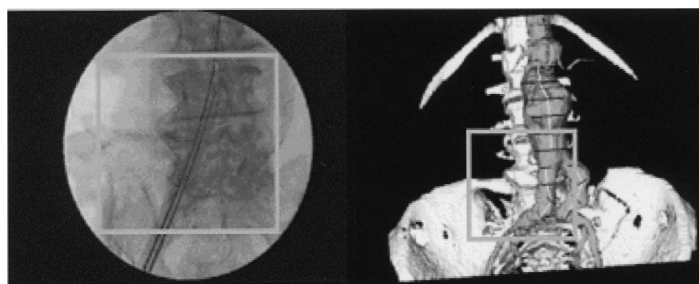


図3. 推定した方向・位置からの血管モデルの表示

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)  
 「ヘリオトロンJ装置における荷電交換中性粒子のエネルギー分布測定」

現在、化石燃料に代わる新たなエネルギー資源の開発が急がれている。新しいエネルギー資源として期待されているものの一つに超高温プラズマによる核融合エネルギーがある。京都大学ではエネルギー理工学研究所のヘリオトロンJ装置において磁場に閉じ込められたプラズマの研究が進められている。

磁場閉じ込めプラズマにおいて、イオン温度の時間変化や空間分布を評価することはプラズマを高温に加熱するという観点から欠くことのできないものである。また、ヘリオトロンJ装置のような立体磁気軸を持つプラズマ閉じ込め装置では、高速イオンの挙動の解明も非常に興味深い研究対象となっている。本研究ではヘリオトロンJプラズマにおいて、イオン温度や高速イオンのエネルギー分布の測定を目的としている。

プラズマ中のイオン温度は、イオンのエネルギー分布から評価されるが、イオンは通常、閉じ込め磁場に巻き付いて運動しているため、このエネルギーを直接測定することは困難である。しかし、イオンがプラズマ中にわずかに存在する中性粒子と荷電交換反応 (図1) を起こすと、エネルギーを保存したまま中性粒子 (荷電交換中性粒子) に変換し、閉じ込め磁場を横切ってプラズマから飛び出してくる。従って、この荷電交換中性粒子のエネルギー分布を測定することで、プラズマ中のイオンのエネルギー分布を知ることができる。

測定には、荷電交換中性粒子エネルギー分析器を用いる。その測定原理を図2に示す。本分析器は、プラズマから飛来した荷電交換中性粒子を再びイオン化した後、磁場と電場により、そのエネルギーと質量を分析することができる。そして、エネルギーごとに粒子数をカウントすることで、荷電交換中性粒子のエネルギー分布、つまりはプラズマ中のイオンのエネルギー分布を知ることができる。

測定結果の一例として、ヘリオトロンJ ECH (電子サイクロトロン加熱) プラズマにおいて測定された、エネルギースペクトルを図3、図4に示す。イオンのエネルギー分布がマクスウェル分布をしている場合、図3のように、エネルギーに対して指数関数的な分布になり、その傾きからイオン温度 (Ti) を評価することができる。図3では、Ti=185eVと評価される。しかしながら、電子密度が低い ( $N_e < 1.0 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ ) 場合に、1 keV以上のエネルギーを持つ粒子が多く観測され、図4に示すように、エネルギースペクトルは、高温 (Tail) と低温の2成分の分布を示すようになった。現在、この高温成分の生成機構について調べている。

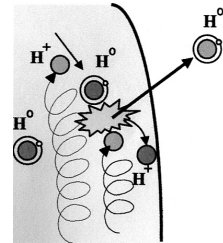


図1

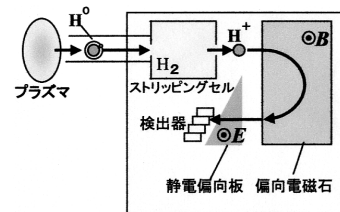


図2

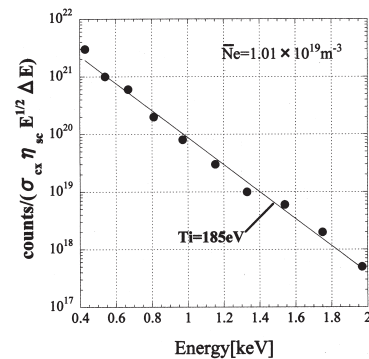


図3

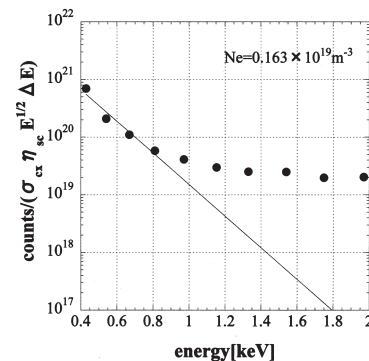


図4



## 応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野（野澤研究室） 「RSA暗号方式における小容量メモリ化アルゴリズム」

近年、IT 革命によりインターネット上などデジタル世界が非常に身近となってきている。今ではインターネットで、商品を買う、新聞を読む、音楽・映画などを手に入れる、旅行の予約をすることなど可能となり、なくてはならないものとなっている。また、携帯電話に代表される携帯機器も爆発的に増加してきている。

一方、取引が増え、重要な情報を送信する機会が多くなってきている。そこで、送信する情報の安全性確保が問題となってくる。安全性確保のために情報を暗号化し送信する手法が取られている。現在は、主にソフトウェアにより情報の暗号化が行われている。しかし、ソフトウェアでは処理速度はCPU の能力に依存し、これからの送信情報の増加を考えると限界があることが予想される。そこで、この問題を解決するための一つの方法として暗号化復号化処理ハードウェアを作製することが挙げられる。今回は、メモリとして不揮発性であり、低消費電力で高速なデータ書き換えが可能なゲインセル結合型FeRAM を用い、暗号化復号化処理回路について考察した。暗号化する情報のビット長が大きくなると、回路は一般的に面積とメモリ量が問題となる。この解決策の一つとして、暗号方式としてRSA暗号を用いた場合につき、暗号化最小論理回路構成と省メモリ暗号化アルゴリズムを提案する<sup>(1)</sup>。

RSA 暗号の基本式は、暗号文、平文、暗号化鍵  $(n, e)$  の時、

$$X = M^e \pmod{n} \quad (1)$$

と表される。鍵が大きい時、この (1) そのまま計算すると大きくなりすぎて桁あふれを起こし、計算することが不可能である。そこで、今回提案するRSA 暗号化小容量メモリ化アルゴリズムは以下の通りである。ここで、平文

$$M_s (s = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1) = s \quad (2)$$

であり、それに対応する暗号文を  $X_s$  とする。

$$\begin{aligned} X_{s+1} &= M_{s+1}^e \pmod{n} = (M_s + 1)^e \pmod{n} \\ &= (M_s^e + {}_e C_1 \times M_s^{e-1} + {}_e C_2 \times M_s^{e-2} + \dots + {}_e C_{e-1} \times M_s + 1) \pmod{n} \end{aligned} \quad (3)$$

について二項定理を用い計算できる。このように  $s$  の値を小さくしていき、最終的には  $s=0$  まで計算する。よって、各項の係数が求められていれば、簡単な乗算と加算で  $X_{s+1}$  を求められる。そこで、あらかじめ、

$$\{({}_e C_1, {}_e C_2, {}_e C_3, \dots, {}_e C_{e-1}), ({}_{e-1} C_1, {}_{e-1} C_2, {}_{e-1} C_3, \dots, {}_{e-1} C_{e-2}), \dots, ({}_3 C_1, {}_3 C_2), ({}_2 C_1)\} \pmod{n} \quad (4)$$

を求めておき、その値をFeRAM に格納しておく。その結果、この小容量メモリ化アルゴリズムを用いることにより、必要なメモリ量が非常に少なく出来た。

### 参考文献

- (1) M. Takayama S. Koyama and H. Nozawa, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41 (2002) pp.6844-6847, No. 11B, November 2002

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野  
 「中性粒子ビームによるプラズマ加熱」

磁場閉じ込め方式による核融合による発電を達成するためには、高温・高密度のプラズマをある一定時間以上閉じ込める必要があります。すなわち、プラズマの加熱パワーより多くの核融合出力を得るために、プラズマを”効率良く”生成・加熱する事が必要です。

プラズマの加熱方式には、大きく分けて電磁波を用いる方式と、高速ビームを用いる方式の2通りがあります。電磁波による加熱は電子レンジとほぼ同様の原理で、プラズマの場合は電子あるいはイオンの共鳴周波数に対応する電磁波を入射しプラズマを加熱する方法です。一方、高速ビームによる加熱は、いわば冷たい水に温かいお湯を注ぎ温める方法です（といってもエネルギーの差を温度に換算すると数億度に相当します）。また、この様な高速ビームによって生成した粒子は、磁場中での粒子挙動を調べるトレーサーとしての役割も持ち、核融合反応で生成する高エネルギー粒子の運動を予測するためにも用いられます。

ヘリカル軸ヘリオトロン配位をもつヘリオトロンJ装置は、1) 高エネルギー粒子の良好な粒子閉じ込め、2) 高いプラズマ圧力（プラズマ密度×温度÷磁場強度に比例）と安定性の両立、を目指して設計された装置であります。現在まで、主に電磁波による加熱装置を用いた研究を進めてきましたが、中性粒子ビーム加熱装置を新設し、高いプラズマ圧力の達成と高エネルギー粒子の挙動について研究をはじめました。図1に中性粒子ビーム加熱の原理を示します。まず高エネルギーに加速した中性の粒子（ここでは水素）をプラズマ中に入射します。

中性粒子は主にプラズマ中の水素イオンと衝突します（荷電交換反応）。その際、ビームの運動量はイオンに移るので、結果としてイオンを加熱します。図2(上)はマイクロ波加熱（電子サイクロトロン共鳴加熱：ECH）で生成したプラズマに対し、中性粒子ビーム加熱（NBI）を重畳した実験の初期的な結果を示しています（ビームの加速電圧は26keVドレイン電流は60A）。NBIの重畳によりプラズマの持つ蓄積エネルギー(Diamag)の増加が確認できました。また、イオン温度(Ti)も0.16keVから0.2keVに増加しました。図2(下)は $\Gamma_{CX}$ （イオンの分布関数に相当）のエネルギースペクトルを示しており、イオン温度の10倍以上に相当する高エネルギー粒子が観測されました。

平成15年度の実験では本格的にNBI実験を開始し、加えてイオンサイクロトロン波共鳴加熱を行うべく、現在準備を進めています。

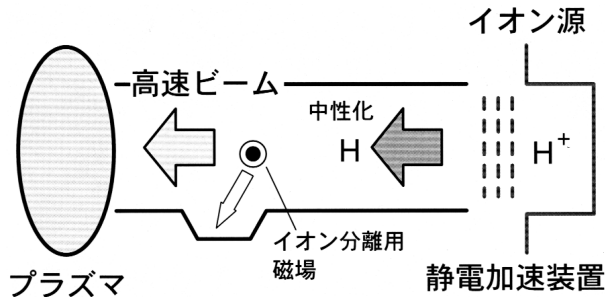


図1 中性粒子ビームを用いたプラズマ加熱

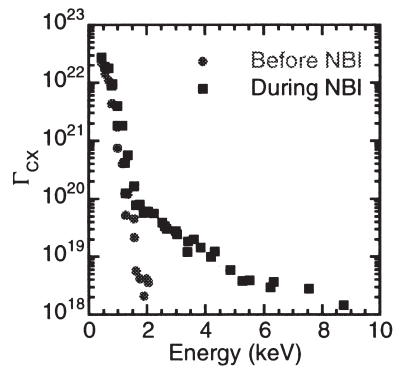
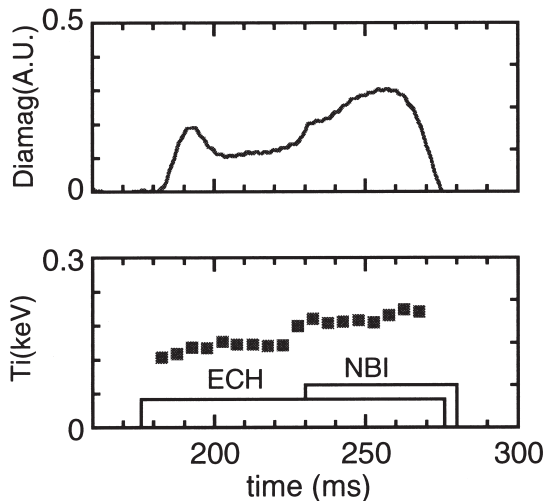


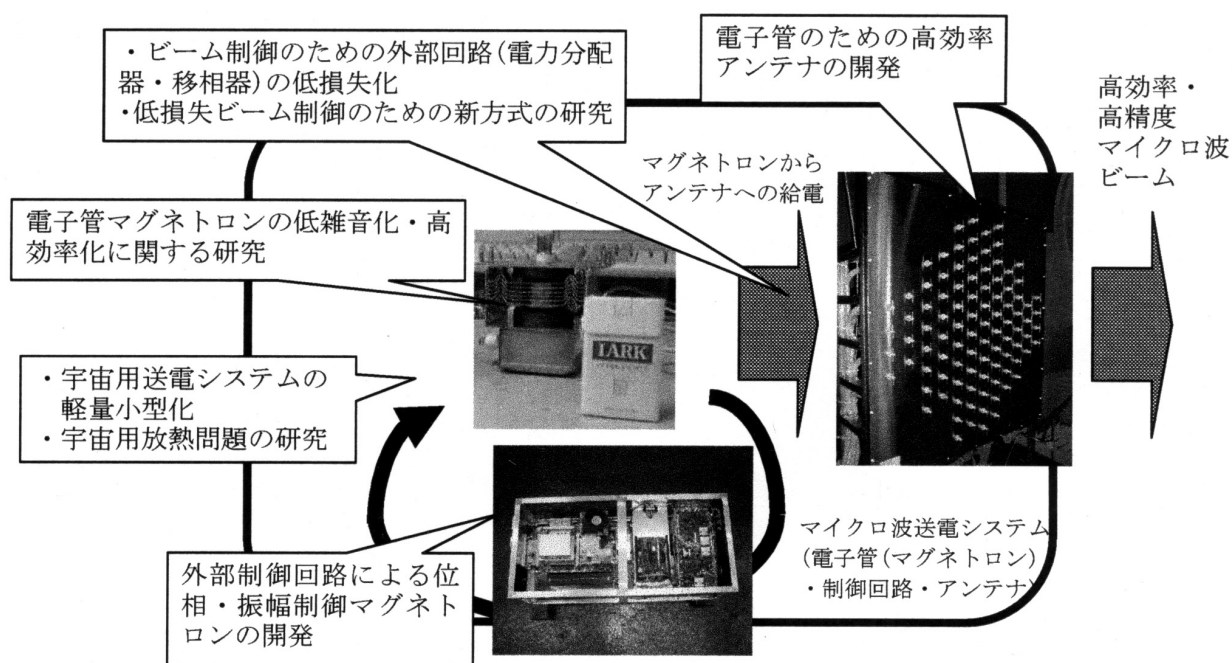
図2 (上) NBI入射試験における蓄積エネルギーとイオン温度の時間発展、(下) イオンのエネルギースペクトル

## 電波応用工学研究部門 マイクロ波エネルギー伝送分野 (橋本研究室) 「マイクロ波無線電力伝送用電子管システムの研究」

当研究室では、同じ研究センターの松本研究室、大村研究室と協力し、マイクロ波応用工学、電波工学、通信工学、科学衛星による波動観測、信号処理、計算機シミュレーションといった研究を行なっている。本稿ではその中でもマイクロ波無線電力伝送用電子管システムの研究について紹介する。

当研究室では、宇宙太陽発電所SPSにも応用することができるマイクロ波無線エネルギー伝送用マイクロ波送電システムとして高効率な電子管、特にその中でも安価なマグネトロンを選び、送電システムとして総合特性を向上させる研究を行っている。マグネトロンは携帯電話等で利用されている半導体増幅器に比べて重く、電波の質が悪いという印象を与えているが、我々の研究の結果、電源や外部制御回路の選択・付加により位相安定度・周波数安定度ともに半導体増幅器と同程度のマイクロ波を高効率のまま発生させることができるということがわかった。重量も、単位出力あたりの重量で比較すれば出力がmW-数Wの半導体よりもkWのマグネトロンのほうが軽いということがわかっている。現在は、電源へのPLLフィードバックと注入同期を組み合わせた位相・振幅制御マグネトロンの開発・改良を中心に、送電システムとしての総合効率向上、高精度化の研究を行っている(下図参照)。電子レンジに用いられていて入手が容易な2.45GHzCWマグネトロンを用いた研究はもとより、新たに民間と協力して開発した5.8GHzCWマグネトロンを用いた研究も行っている。高効率・安価でかつ通信品質のマイクロ波を発生できる位相・振幅制御マグネトロンの応用は宇宙太陽発電所のためのマイクロ波送電のみならず、これまで半導体では効率不足・出力不足であったが電子管では電波の質が悪すぎて使えなかったような応用、例えば地上での移動体へのマイクロ波送電や通信基地局等への応用も考えられる。

当研究室では通信技術に応用した目標位置推定方式(スペクトル拡散符号化したパイロット信号を用いたレトロディレクティブ方式)の研究や新しいアルゴリズムを用いたマイクロ波送電用ビームフォーミングの研究、複数方向マイクロ波送電システムの研究等も行っており、マイクロ波エネルギー伝送に関する多角的なシステム研究を行っている。研究は当センター所有の電波暗室METLABや宇宙マイクロ波無線電力伝送システムSPORTSを利用して行っている。



電波応用工学研究部門 レーダーリモートセンシング工学分野 (深尾研究室)  
 「ミリ波ドップラーレーダーを用いた霧の観測」

当研究室は、先端的大気レーダー・リモートセンシング・テクノロジーを開発し、大気圏の未知・未解決の諸現象の解明に挑んでいる。ここでは、その一例としてミリ波ドップラーレーダーによる霧観測について紹介する。

霧はごく小さな水滴が大気中に浮遊する現象であり、地上に発生した雲と考えることができる。空港、港湾、道路等で霧が発生すると、視程が悪化し交通障害の原因となるため、霧の動態把握や発生・消滅・移動予測技術の確立が望まれている。従来、霧の監視は視程計や工業用カメラにより行われている。しかし、霧の監視予測においては周辺一帯の広い範囲に渡る観測が不可欠であるが、これらは設置点付近のごく狭い範囲しか観測できない。一方、衛星搭載赤外センサーは広い範囲を観測できるが、上方から見た霧の表面(上空に雲が存在する場合は雲の表面)のみであり、高度方向の空間的な構造を捉えることができない。従って、霧の観測には実用上十分に広い範囲における3次元空間分布を観測できる地上設置のレーダーの利用が有効である。しかし、霧粒は粒径が数十 $\mu\text{m}$ と雨粒に比べてはるかに小さいため、気象観測で一般的に用いられるCバンド( $\sim 5\text{GHz}$ )やXバンド( $\sim 10\text{GHz}$ )等の気象レーダーでは観測できない。そこで、当研究室ではメーカーと協同で波長の短いKaバンド( $\sim 35\text{GHz}$ )の「ミリ波ドップラーレーダー」を開発した(写真1)。直径2mのパラボラアンテナの方向を自由に変えることができ、霧の3次元分布を把握することができる。



写真1. 車載型ミリ波ドップラーレーダー

北海道太平洋岸の釧路周辺は特に夏季に霧が多発することが知られている。1999～2002年の夏季にミリ波ドップラーレーダーを用いて観測実験を行った。図1に1999年8月5日に得られたエコー強度のレーダーから南方向(海側)の鉛直断面を示す。高度600m程度にエコー頂を持つエコーが存在し、強いエコーの塊が1～2km間隔で周期的に存在している。エコーは高度200mより上で直立し、200mより下では高度が下がるにつれて南(右)側に傾いた構造をしている。エコー強度の鉛直断面のパターンは時間とともにその形状を保ったまま南から北へ上空の風速と一致した速度で移動していた。

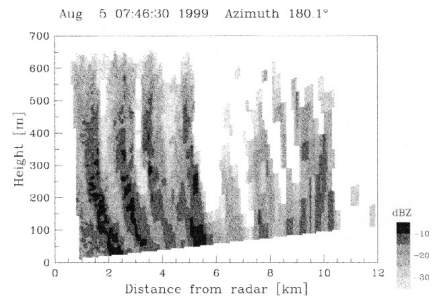


図1. エコー強度の鉛直断面

上記の観測結果から考えられるエコーパターン移動のメカニズムを図2に示す。風速場は高度200m以上では南風、以下では弱い北風であった。上空に1～2km間隔で粒径分布の変化する霧粒子の発生源が存在し、各々の霧粒は落下しながら南から北へ移動していたと考えられる。すなわち、周期的構造は発生源を反映したものであり、エコーの鉛直構造(傾き)は背景風の高度変化を反映したものと考えられる。

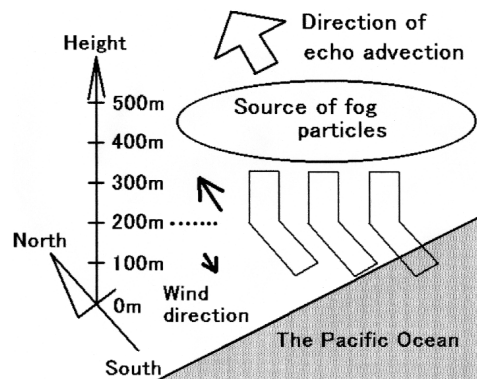


図2. 霧エコーの形成・移動のメカニズム

釧路以外でも同様の観測を行い霧の観測事例が蓄積されつつある。これらの研究の積み重ねにより、将来、霧の発生・消滅予測の精度が飛躍的に向上することが期待される。

## 平成14年度修士論文テーマ紹介

### 工学研究科 電気工学専攻

#### 市川 洋光 (荒木教授) 「血糖値制御システム—モデルとモデル予測制御法の検討—」

血糖値制御に用いる生体の血糖値調節機構のモデルについて検討し、積分特性と血糖値低下速度の飽和特性を持つ新たなモデルを提案した。さらに、提案モデルを用いて一般化予測制御法による血糖値制御システムを構成し、動物実験により有効性を確認した。

#### 浦口 幸宏 (荒木教授) 「定員制約を考慮した行き先階登録方式エレベータの運行決定手法」

乗客がエレベータホールで自分の行き先階を登録できるようなエレベータ (行き先階登録方式エレベータ) の運行を動的に最適化するアルゴリズム、および、効率のよい運行決定ルールを提案し、その有効性を計算機シミュレーションで確認した。

#### 佐々木 拓 (荒木教授) 「分枝限定法を用いた1機械重み付き納期ずれ和最小化問題の解法」

スケジューリング問題の一種である1機械の納期ずれ和最小化問題の研究である。具体的には、機械の遊休時間を許さない場合、許す場合のそれぞれについて、分枝限定法で最適スケジュールを求めるアルゴリズムを構成し、計算機実験により、その有効性を検討した。

#### 沢口 義人 (荒木教授) 「モデル予測制御を用いた静脈麻酔鎮静度制御システムの臨床応用」

モデル予測制御を用いた静脈麻酔鎮静度制御システムを80例の全身麻酔下の外科手術に臨床応用し、従来の投与法に比べて投与薬物の総量を削減できること、および適切な鎮静度の維持が実現できることを実証した。

#### 安藤 啓一 (島崎教授) 「有効磁界を考慮したプレイモデルによるヒステリシス特性表現とその磁界解析への応用」

有効磁界を導入することにより、プレイモデルによる強磁性体の直流ヒステリシス特性の表現精度を向上させることができることを示した。プレイモデルを電磁鋼板の渦電流解析に適用することにより交流磁気特性を模擬し、測定結果とよい一致を得た。

#### 内海 靖弘 (島崎教授) 「3次元非線形磁界解析に対するマルチグリッド法の適用に関する研究」

有限要素法による3次元非線形磁界解析にマルチグリッド法を応用した。ニュートン反復中の連立一次方程式の収束条件、未知数のオーダリング法、ゲージ条件、各階層におけるスイープ数、スムーザなどがマルチグリッド法の収束に及ぼす影響を検討した。

#### 谷田 隆一 (島崎教授) 「EMCZ法におけるSi融液の有限要素流体解析と電極配置の検討」

CZ法に磁界と電流を印加したEMCZ法におけるルツボ内Si融液流れの3次元有限要素解析を行い、電極配置による流れの変化について検討した。円環電極により安定な融液の回転が得られるなど、電流印加の効果と電極配置の影響を明らかにした。

### 中西 佑一 (島崎教授) 「ブロック化赤-黒順序付け法による不完全LU分解前処理の並列化に関する研究」

不完全LU分解前処理の並列化手法としてブロック化赤-黒順序付け法を3次元問題に適用した。同手法は、同期コストやキャッシュメモリ利用性の点で優れており、高い並列化効率を示した。また、並列オーダリングの収束性を正確に評価するための新しい指標を提案した。

### 江木 利昭 (牟田教授) 「一配電系統における超伝導限流器導入に関する考察」

都市部配電系統の配電変圧器1回線より下流をPSCAD/EMTDCシミュレータに構築し、事故回復後の再閉路動作について再現し、変電所への限流器設置(過電流抑制)、分散型電源連系点への限流器設置(過電流抑制、瞬時電圧低下抑制)といった限流器導入効果を考察した。

### 川崎 明夫 (牟田教授) 「限流器用Bi-2223バルク遮蔽体の電磁的挙動解析」

新方式SFCLの直流リアクトルとして用いられるBi-2223バルク遮蔽体の基礎特性を3次元有限要素法及び差分法を用いた数値解析によって評価し、さらに可変リアクトルを持つ整流器型限流器としてPSCAD/EMTDCを用いて限流特性の評価を行った。

### 坪井 恒夫 (牟田教授) 「高温超伝導ケーブルにおける遮蔽導体の定量的特性解析」

高温超伝導ケーブル用遮蔽導体について実験結果と定量的に一致する電流輸送特性理論式を用いて、高温超伝導テープの多芯構造を考慮し、特性を素線レベルで有限要素解析した。素線構造や導体構造による特性の相違を明らかにし、特性の温度依存性を解析した。

### 福井 健太郎 (牟田教授) 「Bi-2223バルク回転子の回転磁界中における磁化特性」

回転磁界中におけるBi-2223バルクについて、磁化特性と非線形電流輸送特性の関係を実験ならびに有限要素解析によって明らかにした。同バルク材を回転子に適用したアキシアル型モータの試験で運転条件(温度・起磁力)を最適化すると同期速度運転可能であった。

### 猪股 晋 (垣本助教授) 「STATCOMの周波数特性と電圧制御に関する研究」

STATCOMは自励式の無効電力補償装置であり、従来のSVCに比べて小形で、かつ電圧維持能力がすぐれている。本研究ではそのインピーダンスの周波数特性を調べるとともに、等価回路を導出した。また、負荷による電圧変動およびその制御への影響を検討した。

### 今井 裕児 (垣本助教授) 「電氣的負性気体を含む混合ガスにおける絶縁スペーサの絶縁特性」

地球温暖化効果の低い電力機器ガス絶縁方式を実現すべく、パーフルオロシクロブタンを含む混合ガスの絶縁特性を調査した。特に固体絶縁物(スペーサ)沿面の破壊特性に注目し、火花・コロナ放電による生成物が絶縁耐力に及ぼす影響を実験的に明らかにした。

### 西尾 真貴 (垣本助教授) 「高速多重極境界要素法による肺組織の低周波誘導電流計算」

低周波磁界の生体影響に関する研究の一環として、磁界曝露時の人体内誘導電流分布の数値計算を実施した。特に肺組織周辺の電流分布を高速多重極境界要素法により精密計算し、複雑に枝分かれした気管周辺での局所的な電流密度増大量を定量的に明らかにした。

#### 福田 正 樹 (垣本助教授) 「交流電圧における真空中絶縁スペーサの絶縁・帯電特性」

ガス遮断器の代替として真空遮断器の高電圧化を目指し、固体絶縁物（スペーサ）の交流電圧に対する真空沿面放電特性を調べた。スペーサの材料はパイレックスガラスで、比較のために石英ガラスも用いた。試料の表面粗さを大きくすると帯電し難くなること、および放電電圧が上昇して絶縁性能が向上することを実験的に明らかにした。

#### 岩 根 裕 典 (引原教授) 「三相不平衡補償を目的とした太陽光発電システムの系統連系手法に関する研究」

本論文では三相不平衡系統に連系される単相太陽光発電システムの系統連系手法について検討を行なった。瞬時実電力、瞬時虚電力による不平衡評価量を導入し、評価量に基づく制御法を提案した。また、その有効性を数値計算と実験により確認した。

#### 宮 本 秀 一 (引原教授) 「外部磁場中の第2種超伝導体に生じる磁束量子の動的挙動に関する研究」

ピン止め磁気浮上系に代表される外部磁場中の第2種超伝導体を対象として、微視的な特性を考慮した解析を行っている。特に超伝導体内のピン止め点の働きに着目し、磁束量子の動的挙動を数値計算によって検討した結果について述べている。

#### 南 部 康 司 (奥村教授) 「分布定数線路を有するChuaの回路におけるカオス現象に関する研究」

分布定数線路を有するChuaの回路は分布集中混在系となる。この回路についてアドミタンスの周波数特性からカオス現象の発生条件を検討した結果、アドミタンスの周波数特性を集中定数回路で近似することにより、分布集中混在系におけるカオス現象を解析できることを示した。

#### 後 中 光 治 (奥村教授) 「任意精度演算アルゴリズムとそのハード化に関する研究」

任意精度演算アルゴリズムとして上位桁から四則演算ができるアルゴリズム及びそれに適したコードを提案した。また、その演算を利用してガウスの消去法の精度保証ができることを示した。さらにこのアルゴリズムをハードウェアとしてFPGA上に実現した。

#### 小 角 能 史 (奥村教授) 「戸田格子を用いた非線形インダクタを含む対称三相回路の解析」

対称三相回路における非線形振動を明らかにするために、可積分系である戸田格子を用いた解析を行なった。戸田格子における非対称周期振動の厳密解が対称三相回路においてどのようなふるまいをするかをホモトピー法を用いて明らかにした。

#### 蒲 地 誠 (萩原教授) 「空気圧サーボ系の同定と位置決め制御に関する実験的考察」

本研究では空気圧サーボ系の精度よい位置決め制御を目的とし、デシメーションを複数個用いた同定法により求めた制御対象のモデルに対し、モデルマッチング的手法に基づき2自由度積分型サーボ系を構成した。さらに位置決め制御実験を通して、この手法の有効性を検証した。

#### 徳 山 和 馬 (萩原教授) 「ランク条件付きLMIに基づく分散制御装置の設計—反復射影法によるアプローチ—」

電力系統などの大規模結合システムに対しては、サブシステム毎に配置する制御装置によりシステム全体の制御を行う、分散制御が重要となる。分散制御装置の設計は一般に困難を伴うが、本研究ではランク条件付きLMIに帰着させる方法を提示し、その有効性について検証した。

## 工学研究科 電子物性工学専攻

### 寺尾 佑生 (鈴木教授) 「電子ドーピング型高温超伝導体 $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ の層間トンネル特性に関する研究」

ホールドーピング型高温超伝導体に比べ、あまり多くのことがわかっていない電子ドーピング型高温超伝導体の単結晶試料を作製し、結晶上に微小メサ構造を形成する基礎技術を確立した。また、それを用いた層間トンネル特性の測定を行ない、ジョセフソン電流の観測に成功した。

### 野口 直樹 (鈴木教授) 「コバルトおよび銅酸化物単結晶におけるFET構造の作製とその電気的特性に関する研究」

銅酸化物高温超伝導体と多くの共通点を有するコバルト酸化物  $\text{NaCo}_2\text{O}_4$  の単結晶を育成し、その清浄表面にFET構造を作製して電界効果による表面キャリア濃度の制御と超伝導発現等物性の制御を検討した。4.2Kにおいて  $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  までのキャリアドーピングでは超伝導が発現しないことなどがわかった。

### 濱谷 尚志 (鈴木教授) 「短パルストンネル分光法を用いた $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ におけるギャップ構造のキャリアドーピング量依存性に関する研究」

広い範囲にわたってキャリア濃度を変えた高温超伝導体の短パルス固有トンネル分光により、超伝導ギャップや擬ギャップなどのトンネル伝導度と固有ジョセフソン電流密度の特徴的なキャリア濃度依存性を見出し、超伝導の発現に関わる一様性の欠如の可能性など、発現機構に関する重要な知見を見出した。

### 松熊 亮文 (鈴木教授) 「傾斜磁場中の $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 固有ジョセフソン接合におけるマイクロ波誘起電流ステップに関する研究」

磁場中における高温超伝導体の固有ジョセフソン接合において、マイクロ波照射により電流-電圧特性に特異なステップが現れる。低温磁場中での試料回転プローブを作製し、ステップの磁場角度依存性を詳細に調べ、ステップの起源に関する磁束の運動について新たな知見を得た。

### 泉川 雅芳 (石川教授) 「炭素負イオン注入による医用高分子材料の表面改質及び神経再生治療への応用」

医用シリコンゴムや生分解性ポリ乳酸に炭素負イオン注入を行った場合の、親疎水性変化やタンパク質吸着特性を測定して、神経細胞接着特性の向上を明らかにした。また、炭素負イオン注入処理したシリコンチューブによる欠損神経の再生において、15mm長のラット坐骨神経の再生を達成した。

### 菅原 弘允 (石川教授) 「貴金属負イオン注入による二酸化チタンの光触媒特性の向上に関する研究」

ルチル型二酸化チタンの光触媒効率の向上を目指して、銀や金の負イオン注入を種々の条件で行い、その効果を調べた。負イオン注入によって表層に貴金属超微粒子が形成され、蛍光灯光や可視光下で光触媒能力が最大2.5倍に向上することを明らかにした。

### 中原 宏勲 (石川教授) 「熱及び可視光励起したボロンドープダイヤモンド薄膜の電界電子放出特性」

ダイヤモンド薄膜からの電子放出機構の解明を目的として電子放出特性の温度依存性や光照射依存性及び放出電子のエネルギー分析を行った。その結果、光照射による特性の変化は見られなかったが、温度変化に対して電子放出特性が変化した。エネルギー分析結果と併せて電子放出機構を考察した。



**植野 晶夫 (橘教授) 「C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>/C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>を用いた低誘電率薄膜のプラズマ化学気相堆積とその気相診断」**

C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>/C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>混合ガスを用いたプラズマ化学気相堆積と熱処理を組み合わせることにより、誘電率1.6のポーラス低誘電率膜を堆積した。また、その場合赤外吸収分光法によって気相観測を行い、成膜過程に関するモデルを提案した。

**北川 貴之 (橘教授) 「誘電体バリア放電に及ぼすMgO薄膜の効果」**

電子ビーム蒸着法によるMgO薄膜堆積装置を構築し、高二次電子放出係数が期待される<111>配向のMgO薄膜を従来のスパッタリングに比べて約10倍早い100nm/sで堆積した。また、放電フィラメントの配列に自己組織化現象を観測した。

**大藪 弘和 (橘教授) 「静電波励起プラズマ源における波動伝搬とプラズマ生成の解析」**

プラズマ中における波動伝搬を計算し、非ローテーション成分を含める事によって電流励起ではなく、電位励起による波動伝搬、ならびに共鳴現象の存在を示した。電流励起の場合では、拡散部と生成部の境界付近にプラズマが生成されるのに対し、電位励起では、アンテナ付近となることを示した。

**丸山 晃 (橘教授) 「磁気ダイバータ配位を持つタンデムミラーにおける速波イオン加熱」**

HIEIタンデムミラーにおいて、ICRF波によるイオン加熱法を検討した。2種イオン(He中のHイオン分圧10%, 33%及び50%)並びに1種イオン(Hイオンのみ)に対して、1.5MHzのRF入射による加熱が確認された。また励起されているRFは速波であることが確認された。更に、磁気ヌル点プラズマ中に存在する磁場配位が、加熱を行う上で不可欠であることを示した。

**根来 佑樹 (松波教授) 「パワーデバイス用半導体4H-SiCへのイオン注入と高耐圧pn接合ダイオードの作製」**

自作の高品質SiCエピ結晶 (n型) にp型不純物をイオン注入し、pn接合ダイオードを作製し、優れた整流性を得た。絶縁破壊時 (2900V) にアバランシェ電流を3A/cm<sup>2</sup>まで増大させてもダイオードの物理的破壊や特性劣化が生じない非常に安定な破壊特性を得た。

**西 佑介 (松波教授) 「分子線エピタキシーによる六方晶SiC基板上GaN成長への高温AlN緩衝層の効果」**

分子線エピタキシー法によるSiC基板上GaNの成長において、Gaフラックス照射という新たな成長前の基板表面処理法を導入した。その結果、緩衝層となるAlNの結晶性は飛躍的に向上し、欠陥や転位の少ない高品質GaN成長層を再現性よく作製することが可能となった。

**孫 雲華 (松波教授) 「プラズマ酸化法を用いた高品質SiO<sub>2</sub>膜の形成とMOSFETの作製」**

自作のリモートプラズマ酸化装置を用いてSiO<sub>2</sub>膜を500~650℃の低温で形成した。11MV/cm以上の高い絶縁破壊電界と優れた界面特性を得た。この膜を用いてSi MOSFETを作製したところ、熱酸化膜に匹敵する最大実効移動度739cm<sup>2</sup>/Vsを得た。

**小杉 肇 (松波教授) 「SiC MOS界面特性の向上と高耐圧横型MOSFETの作製」**

本研究では、パワーデバイスの集積化に向けて、SiC パワーMOSFETを作製した。MOSチャンネル移動度の向上をはじめとするデバイス作製プロセスの改善とデバイスシミュレーションによる最適設計により従来のSiデバイスの理論限界を超える高性能デバイスを実現した。

**橋本浩一（松波教授）「4H-SiC エピタキシャル成長における面方位依存性と高耐圧ショットキーダイオードの作製」**

4H-SiC (11-20)、(03-38) 面においても、C/Si比が高い条件で結晶成長を行うことにより、高耐圧デバイスの作製が可能な実効ドナー密度 $10^{14}\text{cm}^{-3}$ 台という高純度成長層を形成することに成功し、耐圧1kV以上の高耐圧ショットキーダイオードを作製した。

**一井 崇（松重教授）「走査型プローブ顕微鏡によるアルカンチオール自己組織化膜の構造・電子物性評価」**

本研究では、2種類のアルカンチオールからなる相分離自己組織化単分子（SAM）膜を作製し、走査型プローブ顕微鏡、特に非接触原子間力顕微鏡を用いることで、その構造および電子物性評価を行った。その結果、ナノスケールでの分子種の識別に成功した。

**改正清広（松重教授）「表面電気計測による二酸化チタン光触媒発現機構に関する研究」**

本研究では、表面電気計測、表面電位分布観察を通して二酸化チタン光触媒発現機構に関する評価を行った。紫外光照射下における光電流の特異的な振る舞いや面方位による表面電位分布の相違からドメイン構造やヒドロキシルラジカルの存在を示唆する結果を得た。

**木村 建次郎（松重教授）「走査型容量原子間力顕微鏡の開発と半導体における不純物分布計測への応用」**

本研究では、半導体における2次元不純物分布計測が可能な走査型容量原子間力顕微鏡（SCFM）の開発を行った。また、SCFMがSi-pn接合部の評価及び半導体MOSデバイス断面における不純物分布計測に適用可能であることを示した。

**熊谷裕典（松重教授）「ナノ構造電極を用いた有機半導体薄膜の電子物性とFET特性に関する研究」**

本研究では、有機電界効果トランジスタのデバイス構造と電気的特性の相関について考察し、特性向上への指針を得ることを目的とした。先鋭電極と呼ばれる電極を用いることで線形領域の特性が大きく改善されることを示した。

**川口佳伸（藤田茂夫教授）「GaAs(114)B基板を用いたInGaN/GaN系発光素子の特性改善に向けた基礎的検討」**

実用されているInGaN/GaN系ヘテロ構造近紫外～緑色発光デバイスの応用範囲の拡大には発光効率の更なる向上の達成が必須である。本研究は、GaAs(114)B基板上に結晶軸の傾いたヘテロ構造を作製することが有効であることを理論的に示すとともに、その実現に向けた結晶成長法の検討を行い、効率向上に対する有用な基礎的知見を得た。

**高木 豪士（藤田茂夫教授）「高Mg組成六方晶ZnMgO薄膜の作製と紫外光検出器への応用に関する研究」**

紫外領域で任意の検出波長を持つ光検出器を目指し、ZnMgO薄膜の構造制御を行った。サファイア基板上にZnOバッファを用いた成長を行うことで、相分離の問題を解決し、0.5という高いMg組成を有する六方晶ZnMgOの成長に成功した。応用として太陽光の影響を受けない波長280nm以下の紫外光検出器を作製し、感度0.37A/Wを得た。

**森 山 匠 (藤田茂夫教授) 「MOVPE法によるZnO薄膜への窒素添加に関する研究」**

ZnO薄膜の有機金属気相成長(MOVPE)において、窒素添加によるアクセプタ形成の条件を調べた。窒素の効果的な添加にとって、ZnO基板前処理を酸素雰囲気で行うこと、窒素原料としてターシャリブチルアミンが適していること、+c面ZnO基板を用いること、窒素添加が可能な範囲で高温成長が必要なこと、などを見出した。

**山 江 和 幸 (藤田茂夫教授) 「AlInGaN系紫外レーザー構造の時間・空間分解分光による発光機構の解明」**

紫外領域の半導体レーザー用材料として重要なAlInGaN四元混晶系レーザーデバイスの発光特性支配要因を解明するため、時間・空間分解フォトルミネッセンスによるダイナミックな光物性評価を行い、貫通転位と非輻射再結合中心の相関、In添加四元混晶化による点欠陥的な起源の非輻射再結合中心濃度の抑制を明らかにした。

**李 来 和 (野田教授) 「Design and Fabrication of Line-Defect Waveguides in Three Dimensional Photonic Crystal and Their Optical Properties (3次元フォトニック結晶線欠陥導波路の設計・作製およびその光学特性)」**

3次元フォトニック結晶の完全フォトニックバンドギャップを利用することで、非常に狭い領域に様々な機能を集積した超小型光チップの実現が期待されている。本研究では、光チップにおいて非常に重要である線欠陥導波路について理論・実験の両面から研究を行い、光通信波長域において、3次元フォトニック結晶光導波路を実現することに初めて成功した。

**吉 本 晋 (野田教授) 「3次元フォトニック結晶による発光制御に関する研究」**

3次元フォトニックバンドギャップを用いることで、従来制御不可能であった発光体の自然放出を制御することが可能であると期待されている。本研究では3次元フォトニック結晶中に発光体と点欠陥を導入した構造の光学特性を評価した結果、欠陥モード数に対応して発光ピークの数が増加することを明らかにした。また自然放出制御を評価する際に非常に重要である、発光体の非発光再結合寿命についても評価を行い様々な知見を得た。

**平 野 兼 史 (野田教授) 「井桁構造を用いた2次元フォトニック結晶面発光レーザーに関する研究」**

2次元フォトニック結晶面発光レーザーは、2次元周期性によって大面積・コヒーレント発振するという特長をもつ。本研究では、このレーザーの低閾値化が可能な構造として1次元周期構造を2層直交させた井桁構造を提案した。さらに井桁構造においても2次元周期性によって大面積・コヒーレント発振が可能であることを理論・実験の両面から明らかにした。

**清 田 和 明 (野田教授) 「2次元フォトニック結晶スラブ機能デバイスの超短パルス光による特性評価」**

2次元フォトニック結晶スラブを用いた機能デバイスが様々な研究されているが、従来は定常光による評価が主であった。本研究では、光通信などへの応用を視野に入れて超短パルス光を用いた特性評価について研究した。その結果、超短パルス光を用いることで、従来間接的にしか評価のできなかった、点欠陥における光の捕獲時間や導波路の群速度といった重要なパラメータを直接的に評価することに初めて成功した。

**田 中 良 典 (野田教授) 「2次元フォトニック結晶スラブにおける線欠陥導波路および点欠陥共振器に関する理論解析」**

2次元フォトニック結晶スラブの解析では一般に上下対称構造を仮定しているが、現実にはプロセス精度の関係で上下非対称構造になりうる。本研究ではこの点に着目した電磁界解析を行い、本来直交すべき2つの偏光成分が上下非対称構造のために結合可能となり、損失が生じることを明らかにした。また、点欠陥共振器のより自由度の高い設計手法として3次元的な加工の提案を行い、適切な加工を施すことにより外部光学系との結合効率の改善が実現可能であることを理論的に示した。

**呉 哲 庸 (北野教授) 「光周波数標準のための1オクターブ光コムの実現」**

光を用いた次世代周波数標準の実現に向けて、モードロックレーザとフォトニック結晶ファイバーを組み合わせた、超広帯域光コム発振器を試作した。

**川 西 徹 (北野教授) 「Rb原子のミラーMOTとそのアトムチップへの応用」**

冷却された中性原子集団を微小領域で操作するアトムチップの原子源として、ミラーMOT (磁気光学トラップ) を開発した。

**附属イオン工学実験施設****中 井 敦 子 (高岡教授) 「クラスターイオンのサイズ分析及び固体表面照射効果」**

本研究では、TOF法によってクラスターのサイズ分析を行い、ノズルの形状やイオン化条件等によるサイズの違いを明らかにした。また、ArクラスターイオンをSi基板に照射し、無損傷照射や表面平坦化等、クラスターイオン特有の照射効果を実験的、理論的に明らかにした。

**大久保 千 尋 (高岡教授) 「クラスターイオンを用いたSIMS装置の開発と基礎特性に関する研究」**

本研究では、クラスターイオンを用いたSIMS装置の開発を行った。また、計算機シミュレーションを行ってSIMS装置の電極構造の最適化を図り、クラスターのイオンビーム特性を明らかにすると共に、従来のSIMS装置では得られないクラスターイオン特有の特徴を明らかにした。

**情報学研究科 知能情報学専攻****坂 本 武 志 (佐藤理史助教授) 「日本語クロスワードパズルを解くシステムの作成」**

クロスワードのヒントから、答となるワードの候補を自動生成するシステムを作成した。まず、ヒントを分類し、その分類に基づいて、辞書、コーパス、クロスワードデータベース、ウェブなどの各種の知識源を適切に利用して、候補を作成する。

**外 池 昌 嗣 (佐藤理史助教授) 「ウェブを用いた4択クイズの自動解法」**

4択クイズを自動的に解くための方法を提案した。提案手法の一つである汎用解法では、正解は、問題文から抽出したキーワードの近くに数多く存在すると仮定し、そのようなテキストがウェブ中にどれだけ存在するかに基づいて、4択の中から解を決定する。

**村野 誠治 (佐藤理史助教授) 「文型パターンを用いた主観的評価の自動抽出」**

ウェブの掲示板の記事から、ある特定の製品を書き手がどのように評価しているかという情報を自動的に抽出する方法を提案した。提案手法は、評価や様態を表す形容詞や比較構文等の文型パターンに着目して、書き手の評価を抽出する。

**村山 賢洋 (佐藤理史助教授) 「語彙の平易度とそれに基づく用言の言い換え支援」**

日本語の単語の易しさを、4段階の平易度として定義し、文に含まれる単語の平易度を自動的に判定するシステムを作成した。また、平易度が低い(難しい)用言を、より易しく書き換えることを支援するために、言い換え候補を自動的に生成するシステムを作成した。

**宇野 弘晃 (松山教授) 「特徴空間と位相空間を併用した画像の構造解析」**

画像解析を行うための新たな枠組みとして、ブロック(矩形小領域)間の包含関係に基づいた階層的グラフ構造と、各ブロックを1次元の特徴ベクトルと見なした場合に作られる特徴空間とを併用した解析という新たな枠組みを提案し、それを実現するための予備的検討として、自己回帰モデルによって生成されたテクスチャ画像とブロック特徴ベクトル集合が作る固有空間との関係について、理論的、実験的検討を行った。

**木村 雅之 (松山教授) 「指示動作を介したロボットとのインタラクション」**

人間が行う様々な指示動作を主体、受容者、対象、内容、時刻を基本要素として体系的に分析するとともに、多視点カメラによる3次元位置・形状計測システムを用いて、指示動作を介した人間と小型移動ロボットとのインタラクションを実現した。

**近藤 純司 (松山教授) 「準視点固定型パン・チルト・ズームカメラのキャリブレーション」**

画像の投影中心とカメラの回転中心とがほぼ一致している準視点固定型カメラのキャリブレーションを行うために、CCD面の傾きなどを含んだ詳細なカメラモデルを考案するとともに、カメラの回転に伴う投影中心の移動量を定量的に評価する手法を考案し、実験によってその評価を行った。

**常谷 茂之 (松山教授) 「視体積交差法を用いた3次元形状復元のためのカメラ配置の最適化」**

視体積交差法に基づいた3次元形状計測システムを設計する際の重要な問題としてカメラ配置を取り上げ、空間解像度、計測可能範囲の定量的評価法を提案するとともに、これら両者の側面から最適なカメラ配置を求めるアルゴリズムを検討した。

**新沼 厚一郎 (松山教授) 「参照球を用いた3次元光環境センシング」**

完全拡散反射特性を持つ複数の球をシーン中に配置し、撮影された画像の濃度等高線を解析することによってシーンにおける光源の種類と位置・方位を推定する方法を提案し、シミュレーションと実画像を用いた実験によってその原理的可能性を示した。

**情報学研究科 通信情報システム専攻****椎崎 耕太郎 (吉田教授) 「大容量無線通信に向けた時空間伝送方式の誤り率特性改善に関する検討」**

高効率大容量無線通信を実現するトレリス符号化時空間伝送方式に不可欠なトレリス符号化変調方式

のビット誤り率の下界、上界の近似式を導出した。さらに、この近似式と一意に復号可能な符号の概念を用いて、レイリーフェージング伝搬路と準静的伝搬路の両方において優れた誤り率特性を示す符号を簡易に構成する方法を提案した。

#### 沈 紀 暉 (吉田教授)「大容量無線伝送のためのMIMO-MLDの演算量削減法に関する研究」

大容量無線通信を実現するMIMO (Multi-Input/Multi-Output) システムのハードウェア実装を狙いとして最尤検出器 (MLD) の新しい演算量削減手法を検討し、計算機シミュレーションによって特性を評価した。この結果、提案手法により特性劣化を抑えながらも演算量を大きく削減できることを確認した。

#### 真 鍋 裕 之 (吉田教授)「アドホックネットワーク用階層型ルーティングプロトコルの研究」

CBRP (Cluster Based Routing Protocol) は、クラスタを構成することにより効率良く通信を行うことを目的として提案されたアドホックネットワーク用のルーティングプロトコルである。本研究では、GPS等により位置速度情報を取得できると仮定してCBRPを改良し、その有効性を計算機シミュレーションによって確認した。

#### 森 野 洋 平 (吉田教授)「全無線マルチホップ自律分散網における宛先端末発見手法に関する検討」

あらゆる機器に無線通信機能が搭載されつつあり、自律分散的な全無線マルチホップ網が重要な役割を果たす時代が到来しつつある。本研究では、簡易な固定局を利用して移動局の位置情報を管理し宛先端末を発見する分散データベース型の手法を提案し、その有効性を計算機シミュレーションによって確認した。

#### 北 村 昭 裕 (森広教授)「アドホックネットワークにおけるマルチパスルーティングプロトコルの研究」

無線端末により一時的に構成されるアドホックネットワークにおいて端末間のデータ伝送に複数の経路を用いるマルチパスルーティングプロトコルを提案した。提案プロトコルは、単一の経路を用いるシングルパスルーティングと比較して、より信頼度の高い通信が行えることを示した。

#### 水 谷 享 介 (森広教授)「インパルス雑音環境下におけるコヒーレント通信システムに関する研究」

屋内の電力線を利用した通信では、通信路上にある家電製品などからインパルス雑音が発生する。本研究では、インパルス雑音環境下に適したコヒーレント通信システムについて提案した。計算機シミュレーションにより、提案システムは従来システムより高信頼性を達成することを示した。

#### 皆 川 正 彦 (森広教授)「マルチホップFWAシステムにおける周波数利用効率の改善法に関する研究」

携帯電話、PHS、無線LAN等の無線端末を収容する多数のアクセスポイント同士が無線中継を行うマルチホップFWAシステムにおいて、各無線リンク間の干渉を低減するためのチャンネル割当及びアンテナ指向性制御アルゴリズムを提案し、その性能をシミュレーションにより検証した。

#### 星 野 洋 昭 (小野寺教授)「スパイラルインダクタを用いた高周波電圧制御発振器の系統的設計手法」

CMOSプロセスで実現する高周波電圧制御発振器 (VCO) の系統的な設計方法について検討した。応答曲面モデルに基づくスパイラルインダクタの最適設計法と、位相雑音と消費電力の最良のトレードオフを与えるバイアス電流決定法を示した。

**湯 山 洋 一 (小野寺教授)「機能特化型プロセッサアレイによるシステムLSIアーキテクチャとその設計手法」**

機能に特化したプロセッサを多数並べたシステムLSIの設計手法について検討を行った。LSI内で行われる処理は、特定機能に特化したプロセッサとそこで動くソフトウェア（ROM）にマッピングされる。提案手法をJPEGの符号化システムに適用しその効果を確認した。

**高 井 幸 輔 (小野寺教授)「マルチプロセッサ型システムLSIのFPGAによる高速プロトタイプ手法」**

FPGA上にマルチプロセッサシステムを構築し、機能の変更を回路ではなくソフトウェアにより行うことで、検証を高速化する手法について検討を行った。FPGAを再構成するには通常、数時間から半日程度を費やすが、本手法では、数分で可能であることを示した。

**土 谷 亮 (小野寺教授)「周辺配線の影響を考慮したオンチップ高速信号伝送用配線構造」**

LSI上で高速信号伝送を実現するための配線設計について検討を行った。配線特性のモデル化について、周波数非依存のモデルで配線特性を表す手法の提案、および実測に基づく信号の伝送、結合特性の評価を行った。また、直交配線を用いた低結合の配線構造を提案した。

**山 田 祐 嗣 (小野寺教授)「容量性クロストークノイズを考慮した高精度静的遅延解析」**

現在、LSI設計で問題となっている容量性クロストークノイズを考慮した静的遅延解析法の検討を行った。微細化に伴ってさまざまに歪んだ波形を統一的に取り扱う手法を提案した。静的遅延解析法を実装し、現在のタイミングウィンドウ法の妥当性を評価した。

**岡 本 卓 也 (中村教授)「動的変論理デバイスにおける時分割処理のための機能切り換え手法」**

リコンフィギュラブル・コンピューティングの実現にむけて、変論理デバイスによる時分割処理のための処理切り換え手法を提案する。回路の構成、処理実行、中間データの待避、回路の消去を実現するための仕組みを検討し、そのための要素回路の設計を行う。

**曾 我 祐 紀 (中村教授)「プラスチックセルアーキテクチャにおけるハンドシェイク通信路を用いた制御論理モデルとその実装」**

動的自己再構成可能論理デバイスとして提案されているPlastic Cell Architecture (PCA) について、試作デバイスPCA-Chip2上で分岐やループなどの制御を実現するため、ハンドシェイク信号によるパイプライン通信路を活用した制御モデルを提案し、そのための要素回路の設計を行う。

**増 崎 隆 彦 (中村教授)「JPEG2000組込み向け高速レート制御手法」**

JPEG2000 の組み込み向け適応型レート制御手法を提案する。エントロピー符号化後のストリーム片切り捨てによるレート制御において、画像分析により最適切り捨て位置を予測し、符号化しながら適応的に予測値を変更することで、高画質かつ計算量の少ないレート制御を実現する。

**山 本 啓 史 (中村教授)「IEEE1394バス効率化のためのセグメント化手法とその実装」**

ホームネットワークの担い手として注目されているIEEE1394シリアルバスについて、効率化のためのバスセグメントブリッジを提案し、その設計を行う。不要な通信の遮断ならびに機器の接続・切断などに起因する初期化処理の隠蔽が可能となり、より効率的で利便性の高いネットワークを提供することができる。

**内 山 宏 樹 (佐藤亨教授)「磁気嵐に伴うプラズマポーズ近傍のコーラスに関する研究」**

磁気嵐等の宇宙の擾乱現象による衛星との通信不良が大きな問題となりつつある。磁気嵐発生時に放射線帯外帯において起る放射線帯電子減少後の回復にVLF帯の電磁波動であるコーラスが寄与するという仮説を、あけぼの衛星の長期観測データを用いて検証した。

**神 尾 和 憲 (佐藤亨教授)「高利得アレー用アダプティブサイドローブ抑圧法」**

大気レーダー観測の大きな障害となる、クラッタ等の妨害波を抑圧する必要がある。従来の適応的パターン制御手法に、高利得アレーの受信パターンを崩さない拘束条件を付け加えた手法を提案し、その有効性をMUレーダーの実データを用いて実証した。

**齋 藤 利 行 (佐藤亨教授)「人工雑音環境における地下掘削機との通信方式の開発」**

光ファイバ敷設において有望視される水平ドリリング工法で必要となる、地下掘削機の位置推定のための片方向通信方式を開発した。人工雑音に対応するためOFDMを用い、選択した周波数チャンネルを誤りなく伝送するための方式を考案してその特性を検証した。

**堤 修 一 (佐藤亨教授)「MUレーダーと高感度ビデオカメラの同時観測による微光流星の研究」**

超高速で大気に突入する流星体は、人工衛星等に対する脅威となっている。MUレーダーでは流星ヘッドエコー観測により微光流星の軌道やエコー強度が詳細に観測できる。これと高感度ビデオカメラの同時観測を行うことにより質量推定を行う手法を開発した。

**情報学研究科 システム科学専攻****石 原 陽太郎 (英保教授)「冠動脈造影像のパノラマ動画像作成と表示」**

冠動脈血管造影法により撮影された冠動脈像に対し、患者台の動きを吸収した表示法について検討したもので、冠動脈全体の拍動状況を一覧出来、かつ視野の広がった診断補助画像を作成することが可能となった。

**高 橋 秀 典 (英保教授)「分岐型血管形状モデルを用いたステントグラフトの設計」**

分岐を持つステントグラフトの設計支援を目的として、血管形状モデルを用い、Deformable Modelの手法によりそれを変形することで、正常な大動脈の形状を推定するとともに、得られたモデルの形状的特徴や情報を基に、設計パラメータを得る手法を開発した。

**鳥 井 陽 介 (英保教授)「交通流映像における車両追跡」**

交通流のビデオ映像上の車両追跡法として、時空間上のブロックマッチングを用いた動きベクトルを基本とした手法を提案している。実際のビデオ映像に適用した結果、精度よい追跡を行うことが可能なことを示した。

**藤 濤 伸 敏 (英保教授)「線集中場を用いた線状傷検出とエッジ方向を考慮した画像補正」**

映像フィルムに見られる損傷の一つである、スクラッチの検出とその補正を行う方法を提案したものであるが、線集中ベクトル場を用いた傷の抽出法と、エッジ部分にかかった傷の、より自然な補正を実現する手法を提案している。



**笈田 武 範 (松田教授) 「波の減衰を考慮した多重位相 MR Elastography を用いた粘弾性定数の導出」**  
医療分野において重要な診断指標の一つである組織の硬さを表す粘弾性定数を無侵襲に導出する手法である MR Elastography法において、高い導出精度と解像度を両立させることを目的に、多重位相 MRE画像に対して減衰項を持つ弾性波をあてはめる手法を提案した。

**神田 健 一 (松田教授) 「電気生理学モデルと構造力学モデルに基づく心臓拍動シミュレーション」**  
創薬支援などへの応用が期待される生体機能シミュレーションモデルの一つとして、心筋細胞内のイオン濃度の変化等を精密に記述した電気生理学モデルと、粘弾性体の大変形モデルで記述される構造力学モデルに基づいて心臓拍動シミュレーションモデルを実現しその評価を行った。

**下 垣 徹 (松田教授) 「3次元反力取得・表示システムを用いた仮想物体と実物体の力覚情報比較」**  
手術シミュレーションなどで仮想物体により記述される力覚情報の妥当性を実測値との比較から評価する手続きの確立を目的として、ハプティックデバイスと力覚センサを組み合わせたシステムを構築し、両者の力覚情報が物理的・心理的に比較できることを示した。

**西 濱 涼 子 (松田教授) 「内部に異物を含む組織の反力特性解析」**

手術シミュレーションで腫瘍など異物を含む人体組織からの力覚情報を仮想物体により記述するために、異物の大きさや硬さ、組織表面からの深さなどによる反力特性の差異を、物理パラメータを直接導入できる有限要素モデルを用いたシミュレーションにより解析した。

## エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻

**遠 藤 啓 介 (吉川榮和教授) 「積み木メタファを用いたインタラクティブ仮想空間構築インタフェースの開発」**

積み木を操作するように3次元環境内で直接操作することにより、インタラクティブな仮想環境を容易に構築できる手法として特殊な仮想物体ActCubeを新たに導入し、これを元に仮想物体同士の相互作用を定義することにより、専門知識が無くても仮想空間が構築可能なAct Systemを開発した。

**越 智 和 弘 (吉川榮和教授) 「Eye-Sensing HMDを用いた脳機能障害のスクリーニング検査システムの改良と実験」**

視覚系指標計測機能付きHMD (Eye-Sensing HMD) を脳機能障害の簡易検査に応用するため、基礎的な視覚特性検査を行う計測処理ソフトウェアのパソコンによる処理の一体化と検査環境の改善を行った。また、一般被験者の各種視覚系指標特性の計測実験を行い、実際の検査に適用するための準備を進めた。

**小 林 隆 (吉川榮和教授) 「プリント基板の面実装作業に対する作業教育システムの開発」**

作業員がプリント基板の面実装作業で犯すヒューマンエラーを抑制するため、作業員が実作業に携わる前の効果的なIT応用教育法として、「実践を交えた作業教育」「レーザー光とモニタを併用した情報提示」「画像処理による作業員の実践結果の認識」「教育コースに沿った多様な作業教育の実現」の4つの特徴を持つ作業教育環境を開発した。

**鮫 島 良 太 (吉川榮和教授)「環境教育のための議論モデルと議論支援システムの設計・構築とその評価」**

環境問題を自ら学習し価値判断できる力を養成するための環境教育へのITの適用を目的に、ネットワークコミュニティを用いる議論支援システムを開発し、高等学校での環境教育の授業に適用した。学習者の主観評価と学習過程をデータ分析して、システムの有効性と教育現場に活用する際の課題を考察した。

**新 田 和 弘 (吉川榮和教授)「拡張現実感を用いた原子力プラントの保守作業支援システムの開発」**

原子力プラント定期点検時の監督者と作業員間のコミュニケーションを効果的に支援するため拡張現実感技術を応用するヒューマンインタフェースシステムを新たに提起した。特に作業員が身体移動しても作業箇所を正しく指定できる動的表示法として、3次元センサと画像処理を併用する手法を開発し、評価実験を行った。

**エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻****入 口 雅 夫 (近藤教授)「ヘリオトロンJプラズマにおける分光計測」**

ヘリオトロンJプラズマのイオン温度と水素原子の速度分布を高分解能分光システムを用いて測定を行った。ECHで生成されたプラズマ中の炭素、酸素イオンの温度は、150~200eVで、水素原子は高温と低温の2成分の分布からなっていることを明らかにした。

**金 子 昌 司 (近藤教授)「ヘリオトロンJ装置における荷電交換中性粒子のエネルギー分布測定」**

ヘリオトロンJプラズマのイオンのエネルギー分布を荷電交換中性粒子エネルギー分析器を用いて測定した。ECHで生成された高密度領域のプラズマでは、150eVのイオン温度を得た。低密度領域では高エネルギーと低エネルギーの2成分の分布を持ったエネルギースペクトルが得られた。

**久 保 浩 康 (近藤教授)「軟X線を用いたヘリオトロンJプラズマの電子温度計測」**

ヘリオトロンJでECHにより生成されたプラズマの電子温度を軟X線の吸収法によって測定した。特に低密度領域では規格化された衝突周波数が1に比べて十分小さい無衝突領域にあるプラズマが生成されたことを明らかにした。

**藤 本 峰 香 (近藤教授)「ヘリオトロンJプラズマにおける電子バーンシュタイン波加熱のレイトレーシング」**

複雑な形状をもつヘリオトロンJプラズマにおける電子バーンシュタイン波加熱の可能性を調べるために、レイトレーシングコードを開発し、入射した異常波が電子バーンシュタイン波に変換されて吸収されるまでのレイの軌跡とパワー吸収分布の解析を可能とした。

**山 田 豪 史 (近藤教授)「MHD方程式を用いたプラズマの不安定性解析」**

非軸対称プラズマにおける理想MHD不安定性の線形解析を、簡約化などの近似を用いず直接初期値問題として解析する数値解析コードの開発を行った。この手法では、近似的にしか解析できなかった非軸対称プラズマの抵抗性不安定性の解析が可能となり、将来的には非線形問題へも拡張できる。

## エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻

### 大 屋 正 義 (塩津教授) 「Stability of Superconducting Magnets Cooled by Superfluid Helium (超流動ヘリウム冷却超電導マグネットの安定性に関する検討)」

現在、大型の超電導マグネットでは液体ヘリウム (He I) 冷却を用いているが、さらなる高磁場化と小型化のために超流動ヘリウム (He II) 冷却の実用化が期待されている。本研究では、超電導細線を用いた小型試験コイルの安定性評価試験を行い、He II冷却の有効性を実験的に評価した。その結果、安定限界通電電流はHe I冷却からHe II冷却に移行することで飛躍的に大きくなり、冷却安定性の改善が確認された。

### 佐 藤 晃 一 (塩津教授) 「On-line Grasp of Operating Conditions of Distribution System Including Distributed Generators by Use of SMES (分散電源の連系された配電システムのSMESによる運転状態把握)」

電力自由化に伴い配電系統に分散電源が増加する傾向にあり、配電系統の構成は複雑化してきている。複雑化した配電系統の運転状態を正確に把握することは非常に困難である。そこで分散電源を含む配電系統の運転状態を、SMESを用いてオンラインで把握することを提案する。特に本論文では、分散電源として非回転系発電機を含む配電系統においても提案手法が有用であることが確認された。またSMESを2機用いて、上位に流れる有効電力の変動を抑制しながら、系統の運転状態把握が可能であることが確認された。

### 田 口 真 海 (塩津教授) 「超電導限流器の電力系統特性と系統安定度向上効果」

本研究では、これまでに試作された変圧器型超電導限流器を用いて実験を行ない、その結果から超電導限流器のシミュレーションモデルを作成した。そして、そのモデルを用いて行なったシミュレーションと実験の両面から、超電導限流器の電力系統特性と系統安定度向上効果について検討を行なった。シミュレーションにはATP-EMTPを用いた。

### 藤 田 健 治 (塩津教授) 「Numerical Analysis on Heat Transfer in Superfluid Liquid Helium: Development of a Parallelized Computer Code (超流動ヘリウムの熱流動数値解析：並列計算コードの開発)」

本研究では、Tatumotoらが開発した超流動ヘリウムの2次元熱伝達解析コードの高速化のために、MPIを用いて解析コードを並列化した。計算結果は実験値と比較され、妥当性が確かめられた。6CPUによる並列化により計算時間は約3分の10に短縮された。次に、3次元並列解析コードを開発し、3次元的に熱が広がる場合の熱伝達について解析を行った。

### 谷 本 雄 哉 (塩津教授) 「Critical Heat Fluxes of Subcooled Water Flow Boiling in a Vertical Tube: Influence of Tube Diameter (垂直円管内における水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束：発熱管内径の影響)」

本研究では、垂直円管内における水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束を、流速を4 m/s～13.3m/sまで、出口サブクール度を3～129 Kまで変え、出口圧力800 kPaで系統的に求めた。ステンレス製試験円管の内径は、2～12 mmと変え、それとともに試験発熱チューブの長さを内径の11倍に選んで、入り口液温度と流速が一定であれば出口の液平均温度が一定となるようにして、臨界熱流束を求め、発熱管内径が小さいほど臨界熱流束が大きくなることを明らかにし、実験結果を記述する表示式を導出した。

### 高山 雅夫 (野澤教授) 「RSA暗号計算アルゴリズムと次世代デバイスによる環境負荷軽減についての考察」

近年、IT化が進む中で様々な社会的変化が起こる。本研究では二つの点について研究ないし考察を行った。一つは、デジタル社会での情報の安全性確保の問題である。暗号化復合化処理回路の面積とメモリ容量を小さくする方式についての研究である。一つはIT化の進行による地球温暖化への影響である。温室効果に貢献する炭酸ガス削減量の見積もりを行った。

### 服部 寛史 (野澤教授) 「珪藻土の高純度化と精製されたシリカの還元反応」

石英及び珪藻土より精製したシリカを、還元剤としてグラファイト及びSiCを用いて、種々の実験を行ない珪藻土より精製したシリカをシリコンに還元するプロセスについて検討した。その結果還元剤としてグラファイトよりSiCの方が有効など、いくつかの有用な知見が得られた。

## エネルギー理工学研究所

### 園部 智規 (山本靖助教授) 「高密度プラズマを用いたプラズマイオン注入に関する研究」

プラズマ中性化セル用に開発された高密度大容量プラズマ源をプラズマイオン注入に用いることで、複雑形状材料の表面改質の実現性についてシミュレーション評価を行った。問題となる電圧パルス立ち上がり時間をイオンプラズマ周期の数倍に設定できること、立ち上がり時間の制御によりエネルギー分布を制御できることを示した。

### 登尾 一幸 (山本靖助教授) 「粒子シミュレーションによる球形慣性静電閉じ込め核融合の低ガス圧化による効率向上の研究」

荷電交換反応などを含む1次元粒子シミュレーションにより球形慣性静電閉じ込め核融合装置の性能評価を行い、核融合反応の空間分布を調べた。また、外部イオン源を用いた低圧力動作時の評価を行い、解離反応の減少や二次電子の増加が効率低下の原因となることを示した。

### 東 孝紀 (山本靖助教授) 「小型中性子源を目指した円筒形慣性静電閉じ込め核融合装置の動作圧力低減に関する研究」

円筒形慣性静電閉じ込め核融合実験において、イオン源の付加するにより、動作圧力をグロー放電モードでの1.3Pa (45kV、40mA放電) 0.5Paまで減少させ、中性子発生率を20%向上させた。また、数mAと低電流ではあるが、更に1桁低い領域での動作を確認した。

### 松村 慎也 (吉川潔教授) 「自由電子レーザー発生効率向上のためのSバンドリニアックの動作改善に関する研究」

エネルギー回収型リニアックにおける自由電子レーザー発生効率向上と放射線量率低減に極めて有効な低エネルギーまでの減速の実現のため、懸念されるビーム負荷の非一様性とビーム輝度劣化を数値解析により定量的に評価し、これらを最小とする回収方式を提案した。

### 水谷 俊之 (吉川潔教授) 「マグネトロン放電を用いた慣性静電閉じ込め核融合装置性能に関する研究」

慣性静電閉じ込め核融合装置において、極めて小型で簡易なマグネトロン方式イオン源を用いること

で低ガス圧力動作を可能として、従来のグロー放電のみによる装置では不可能であった核融合反応率のガス圧力依存性の測定に成功し、動作機構解明に繋がる重要な知見を得た。

#### 大野 宜 則 (大引教授) 「ヘリオトロンJにおけるフォトダイオードアレイを用いた軟X線分布計測」

ヘリオトロンJプラズマからの軟X線放射強度分布計測用トモグラフィ法を開発した。現行システムでは、 $m=1$ の水平方向小摂動に対して、その分布再構築性は良い。この手法を用いて、電子閉じ込めの改善が見られるHモード遷移時に軟X線強度分布がより尖鋭的になることを観測した。

#### 高宮 太 承 (大引教授) 「ヘリオトロンJにおける電子サイクロトロン放射計測用いたプラズマ特性に関する実験的研究」

ヘリオトロンJにおけるECHプラズマ実験において、マルチチャンネルラジオメータを用いてECE計測を行った。ECHエネルギー吸収分布はRay Tracingの予測と異なり、より平坦な分布であることを示した。また、低密度領域（光学的に厚くない場合）において、ECE信号に鋸歯状波に似た挙動を観測した。

#### 西岡 佑 亮 (大引教授) 「ヘリオトロンJにおける周辺プラズマ特性」

ヘリオトロンJにおいて、ラングミュアプローブを用いて周辺プラズマの時間発展特性および周辺プラズマ分布の特徴を調べた。対象としたECHプラズマにおける周辺プラズマに関し、閉じ込め領域周辺部のSOLあるいはダイバート領域で大きなプラズマ生成項はなく、閉じ込め領域内からプラズマの拡散が支配的であることを示した。

#### 行本 暎 俊 (大引教授) 「ヘリオトロンJにおける多チャンネルECEラジオメータを用いた電子温度分布計測」

ヘリオトロンJにおけるECH実験において、多チャンネルラジオメータを用いた電子温度分布計測を行った。受信アンテナ前面にレンズを挿入し、空間分解能を向上させ、チャンネル間の相対感度較正の他、SX計測による中心温度用い、最外殻磁気面までの電子温度分布計測を可能とした。電子温度分布はパワー吸収位置に強く依存するが密度依存性は小さいことを示した。

#### 今中 良 行 (佐野教授) 「ヘリオトロンJにおける粒子閉じこめのモンテカルロ・シミュレーション」

局所的な拡散係数を定義することが原理的に困難な、速度空間における軌道損失の存在する系において、グローバルな閉じこめ時間を評価する計算コードを開発した。開発したコードをトカマク配位で検証し新古典輸送による予測を再現した。シミュレーションの結果ヘリオトロンJ配位では、バンピー磁場成分が閉じこめ時間の改善に効果があることを確認した。磁場のリップルの高次の成分が、粒子閉じこめを劣化することも明らかにした。

### 宙空電波科学研究センター

#### 大西 道 隆 (津田教授) 「Improvement of Rayleigh/Raman lidar observation at Shigaraki MU Observatory (信楽MU観測所におけるライダーシステムの開発に関する研究)」

信楽MU観測所に設置されたレイリーラマンライダー（レーザーライダー）について、地上30 kmか

ら90 kmの温度を計測するレイラーライダー部分の光子計数部に関する改良と、ラマンライダー部分の水蒸気プロファイル導出方法の開発を行い、気球やレーダー観測と詳細な比較検討を行った。

**藤 井 淳 介 (津田教授) 「A study on wind and temperature variations observed by coordinated radar/optical measurements in the mesosphere and lower thermosphere (レーダー・光学複合観測による中間圏・下部熱圏領域の風速・温度の変動に関する研究)」**

種々の計測法により計測が行われつつある中間圏・下部熱圏(高度60-120km)の領域の風速や温度について、異なる手法や離れた観測点で計測したデータの比較上の問題や物理的な空間差を実際のレーダー、ライダー、大気光干渉計などの観測データと大気モデルを用いて明らかにした。

**田 島 勇 人 (松本教授) 「三次元静電粒子シミュレーションによる宇宙機帯電に関する研究」**

本論文では、三次元静電粒子シミュレーションにより、宇宙機搭載のイオン推進エンジンから放出されるアルゴンイオンによる宇宙機環境への影響を調査した。特に、電子中和器不具合時の宇宙機帯電過程、放出イオンダイナミクスの過渡的応答の詳細を明らかにした。

**新 島 壮 平 (松本教授) 「マイクロ波送電における均一振幅フェーズドアレーの最適化」**

本論文では均一振幅アレーを仮定し、1方向送電における最適化と2方向送電を可能にするマルチビーム形成の最適化を行った。1方向送電では全て同相で放射したときと比べ効率を4.5%増加させかつ最大サイドローブレベルを約12dB減少させることができることを示した。

**日比野 勉 (松本教授) 「マグネトロンの計算機実験に関する研究」**

本論文ではマグネトロンの計算モデルの改良を行ない、この新しいモデルを用いて計算機実験を行った。マグネトロンの特性として、電流特性、発振モード、出力部に注目し、実際のマグネトロンに用いられている均圧環を疑似的に導入し、発振モード制御に成功した。

**金 山 (松本教授) 「反射波を用いたレクテナの高効率化に関する研究」**

本論文では、マイクロ波電力伝送用受電素子レクテナに関して、反射波を用いた新しい高効率化手法に関する研究開発について述べた。Wilkinson型電力合成法、Rat-Race型電力合成法、及び直入型電力合成法という手法を提案、実験し、直入型電力合成法で整流回路単体より効率を約4.2%上げることに成功した。

**山 本 修 作 (松本教授) 「位相制御マグネトロンを用いたフェイズドアレイに関する研究」**

本論文では、宇宙太陽発電所SPSの実現するために不可欠な高効率軽量の位相制御マグネトロンを用い、終段での損失を抑えたフェイズドアレイを構築することを目的として、不等間隔サブアレイの理論検証及び導波管スロット給電型アクティブ集積アンテナの提案、電力分配器部分の設計を行った。

**榊 間 俊 洋 (橋本教授) 「大規模電気推進エンジンの重イオンビームと磁気圏プラズマとの相互作用の計算機実験」**

本論文では、ハイブリッドプラズマシミュレーションにより、電気推進エンジンから放出される重イオンビームと磁気圏との相互作用について定量解析を行い、低周波波動励起と背景プラズマとの波動粒子相互作用による加熱機構について明らかにした。

**甲斐島 元 (橋本教授) 「プラズマ中における衛星搭載電界アンテナの特性に関する研究」**

プラズマ中における複雑な電界アンテナの特性に関して、GEOTAIL衛星による実際の観測データと理論との比較を行い、「衛星の影の影響によるノイズ」、及び「アンテナインピーダンス」という観点で解析を行い、次期衛星ミッションにおける精密電界観測に結びつける提言を行った。

**親 松 昌 幸 (深尾教授) 「赤道大気レーダーによる熱帯対流圏界面近傍の大気観測」**

赤道大気レーダー (EAR) で得られた熱帯対流圏界面近傍のデータ解析を行った。EAR観測に基づいて対流圏界面高度を推定し、対流圏界面高度に日周期変動が存在することを明らかにした。また対流圏界面直上に強い上昇流が継続的に発生する可能性を示唆した。

**小 澤 雄一郎 (深尾教授) 「Study of low-latitude field-aligned irregularities with the Equatorial Atmosphere Radar (赤道大気レーダーによる低緯度電離圏イレギュラリティの研究)」**

赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar; EAR) を用いて電離圏イレギュラリティの振舞いを明らかにした。磁気的南半球において初の観測を行ったもので、マルチビーム観測から空間構造を直接捉えることに成功した。

## 学生の声

### 「博士進学への過程と現状」

工学研究科 電気工学専攻 荒木研究室 博士後期課程1回生 沢口 義人

思い起こせば10年前、中学生の頃に、「世界を変える」などという大それた言葉に取り憑かれ、他人の意向を気にせずに進めることが出来、そのくせ世の中への影響力が非常に強そうな、工学の分野に目が向きました。当時から人と同じ道を歩くことが嫌いだった為か、普通高校には興味が湧かず、近所の高等専門学校へと進学しました。その後、京大への編入試験や大学院入試を運良くくぐり抜け、さらに博士後期課程へ進学し、現在に至っています。

道中、様々な本を読み、色々な考えに触れるうちに、最初に述べた事柄の内、工学の世の中への影響力の強さへの確信は深まりつつも、他人の意向を気にせず…という点は幻想であったと気づき、さらに「世界」なるものが、それほど単純なものではないと分かってきました。その意味では、最初に工学を志した原点からは外れてきたように思います。しかし、自分のテーマとして選んだ医療システム工学への興味や、高等教育機関における研究のあり方への関心などが加わり、徐々に軌道を修正しつつもここまでやって来ました。

修士課程ではまだ、同輩の状況を見ながら進めて行くことが出来たのですが、博士課程に進んでからは、これまで身近に博士課程の人がいなかったこともあり、私自身がどういう生活を送ればよいものか、少々不安です。また、自分の面倒すら見切れていないのに、学部生や修士学生の研究の面倒が見れるだろうか、などという危惧もあります。さらに、学びを進めるほどに分かっていないことが増えていく様子に、今さらながら焦りが募って来ました。しかしそれでもなお、今の自分の立場が得難いもので、しっかりと頑張れば意義深い結果が得られ、面白い展開になって行くだらうという予感があります。

未だ巨人の肩には乗れず、腰の辺りでつるつる滑っている気分ではありますが、やがて頭の上まで登り切り、新たな地平を見出す日を夢見て、今日もぼちぼち頑張ろうと思います。

### 「これまでの研究生活を振り返って」

工学研究科 電子工学専攻 松重研究室 博士後期課程1回生 一井 崇

高校生の頃、化学の授業で「IBM」と書かれた写真を見せられ、「これは原子を並べて書いてある」と教えられ、非常に感動した記憶があります。当時、ナノテクノロジーに関する知識などは全くありませんでしたが、これはものすごいことだと感じました。月日は流れ、そういった感動もすっかり忘れ、学部4回生になって研究室をどこにしようか考えていた時、松重研究室の前でふと足が止まりました。そこには原子像や分子像が並んでおり、SPMという装置を知りました。高校生の頃の記憶がよみがえり、松重研にお世話になろうと決めました。

院試が終わり、卒業研究テーマ候補の中にSPMによる分子像観察というのがありました。しかし、分子像観察に取り組んでいる先輩に質問に行くと、「非常に大変だからやめた方がいい」と。情けないことに、やはり別のテーマにしようと考えました。しかし、先生から「分子像観察の研究をやってほしい」とのお言葉があり、そのテーマが卒業研究になりました。

先輩の言葉どおり、分子を見るということがいかに大変かというのを身をもって感じました。さらに、SPMそのものではなく、試料作製装置の原因不明の故障にも見舞われ、本当にやめたいと何度も思いました。

しかし、修士に進学し、それなりに結果も出始めてきました。相変わらずつらい日々のほうが圧倒的に多いのですが、苦労した分が自分の糧になっていることを少しずつ感じ始めました。M2になり、就職か進学かは非常に悩みましたが、ここまで学んできたものを中途半端で終わらせたくない、最後までやり遂げたいと考えるようになり、進学を決意しました。

そして現在、博士課程の学生として研究に取り組んでいます。相変わらずつらい日々のほうが多いです。でも結果が出たときの喜びを知っていれば、何とかがんばれます。今年は桂への移転もあります。おそらく始めは装置の立ち上げで苦労の連続でしょう。しかしそれらは必ず自分の糧になるだろうと確信しています。一步一步地面を踏みしめながらゆっくり進んでいきたいと思っています。



## 教室通信

平成15年度が幕を開け、本年度は、かねての計画通り、桂キャンパスへの移転が実施されます。我が電気系教室につきましては、大学院工学研究科の2専攻（電気工学専攻と電子工学専攻）と附属イオン工学実験施設が移転します。日程としては、上記電気系については、8月25日～9月22日の間に移転することでスケジュールが組まれています。例年、8月下旬に行われていた大学院入試は、今年は繰上げて、8月上旬に実施の予定です。なお、大学院情報学研究科の通信情報システム専攻など旧電子通信工学専攻に属する研究室は、平成19年度に桂へ移転する予定であり、今年度後半より4年間ほど、電気系教室は地理的に分離状態になります。これによる、主として学部学生の教育上の問題点と電気系教室としての対応策については、奥村前学科長よりCue9号の教室通信に述べておりますので、参照頂ければ幸いです。また、21世紀COEプログラムとしても採択された研究内容については、拠点リーダーの荒木教授よりCue10号の本欄で紹介した通りであり、鋭意、推進あるのみです。

桂キャンパス移転がらみの詳細については、次号以降、適宜、報告させていただきます。

残りの紙面を頂いて、平成15年度の新学期開始に当たり、学科長として学部学生に行った挨拶の要旨を報告させていただきます。卒業生諸賢のご意見、ご批判を頂ければ光栄に存じます。

「挨拶要旨」：新学期の冒頭にあたり、学生諸君に申し上げたいのは、電気電子工学の専門家としての基礎を築くと同時に、人格を磨く、人間を磨く、倫理観を持つ、と言うことを、各自、心掛けてほしいということです。今、日本の産業界・経済界は概して元気がありませんが、私は、小手先のデフレ対策などいくらやっても線香花火のようなものであると思っています。根本原因は、日本の力、すなわち、日本人の人材としての力が落ちてきたことであると考えているからです。専門家として、ひとりの人格として、しっかりと芯の通った、使命感を持った人がもっと育たなくては、問題は解決しないと思います。そういう人に、諸君にはなってもらわないとこの国は持ちません。まずはこの1年、ぜひ技術力と人格の両面を磨く努力をして下さい。

日本人の人間としての力が落ちてきたとお前はいうが、では、昔は立派だったのか？と皆さんは思うかもしれません。日本が戦争に敗れて58年、骨抜きにされるまでの日本人がどのようなであったか知りたければ、例えば、「わがいのち月明に燃ゆ」と題されたこの本を読んでみて下さい。京都大学における皆さんの先輩であり、私の先輩でもある「林 尹夫(ただお)」という方の日記を彼のお兄さんがまとめられたものです。学業半ばにして、学徒出陣兵として招集され、1945年7月末に戦死されました。彼の三校－京大－海軍時代、年齢にして、満18歳から21歳まで、1940年4月から1943年夏にかけての約3年間の日記です。学問に取り組む心構え、家族、友人への思い・心遣い、この国の未来に何を託して、何を守ろうとして、彼が戦死して行ったか、まともな人間なら襟を正さざるを得ないはずですが。私は、彼が特別な若者であったとは思いません。ほんの60年ほど前の京大生を代表しているのだと思います。この本は、筑摩書房から出版されていますが、最近、書店で見かけないので絶版になっていなければよいと思います。何しろ、出版社が儲かるというような本ではありませんから、出版社の使命感のみが頼りです。このようなものがことごとく失われているのが昨今の日本です。

もう一例をあげますが、1871年11月から2年間をかけ、明治を開いた岩倉具視、大久保利通、木戸孝允、伊藤博文らが、岩倉使節団として、アメリカ、ヨーロッパを訪問したことは、皆さんもよくご存知だと思います。彼らが、英語を達者に扱えた訳はありませんが、日本人であることの誇り・矜持とその倫理的で立派な立ち居振る舞いにより、当時の欧米の人達から強い尊敬の念を得ています。大久保利通といえば、日本を近代化するための優れた官僚組織を作った人ですが、最近のていたらかな外務省をはじめとする、「国を思わぬ」官僚たちの多さに、さぞやあの世で嘆いていることと思います。

ここには、留学生の方々もおられるでしょう。皆さん方に関係のない話をしているのではありません。

皆さんは、皆さんの国と民族に誇りを持ち、自分は国を代表しているとの意識を持って、日本で学んでおられるはずで、その日本がこのようになっていたらかな状態では、留学している皆さんにも申し訳がないのです。曾野綾子さんのいう「正直さ、勤勉さ、正確さ」という特質を持った、本来の日本人と日本になってこそ皆さんが留学するにたる国になるのです。まずは、京都大学の電気電子工学科に学ぶ皆さんから、そうなってもらいたいとの思いを述べさせて頂いています。

少し固い話になりましたが、京都大学への入学を志した皆さん一人一人の当初目標の達成に向かって、しっかりと勉学に励げみ、電気電子工学の専門家として基礎を築いてほしいと思います。そして、ぜひ人間を磨くことにも努力して下さい。時間を無駄にすることなく、充実した毎日を生き貫いてくださいとお願いして、私の挨拶と致します。「挨拶完」

最近の日本は、いささか籬(たが)が緩んできた、ふやけてきたと言わざるを得ないので、この国の将来を担う学生諸君に激を飛ばしました。自分のことを自分で決めることができなくなっている、今の日本では、もはや受け入れられることが難しい意見かもしれません。また、研究教育の基盤としての大学のあり方も大きく変わろうとしています。国立大学の独立行政法人化が審議されていますが、京都大学の研究・教育について、「中期目標と中期計画」なるものを策定させ、それを文部科学大臣が審査・承認し、進捗状況を評価する、という内容です。実質は、文科省の役人が審査、承認、評価する権限を行使することになりますが、彼らに京都大学の研究・教育の中味の評価などできる訳がありません。結局、申請書、報告書など膨大なる書類の山を作成することが大学人の仕事になるであろうことは火を見るよりも明らかです。というより、構造改革をやるなら、まず整理対象にするべき文科省の権限を、より強化するという本末転倒も甚だしい処置であると言うことです。私は、京都大学の総長、学部長に人事権を持ってもらい、適正なトップダウンの効く組織にすることには大賛成ですが、今回、大学は、「独立」からは益々、程遠い組織になろうとしています。大学こそ、国が不甲斐ない場合は、石原東京都知事よろしく「国を小突き回す」ぐらいのことをやるべきであり、京都大学にはそのような気概が残っていてほしいものと願います。

電気電子工学科長 中村 行宏

## 編集後記

電気系教室の産業界への情報発信の一環を担う「cue」は、お陰様で本号で第11号の発刊を迎えることができました。ひとえに皆様のご支援の賜物と、厚く感謝申し上げます。大学の組織が開学以来の大きな変革を向かえていることで、さまざまな議論がなされています。工学研究科の電気系専攻の研究室は、既に桂キャンパスへ特殊設備の移転を開始しております。さらには吉田地区の再利用のための計画が検討され、電気系教室を繋ぐものは、物理的な直接の関係から情報を介した間接の関係にならざるを得ないものとなりつつあります。その中で本誌が、多少なりとも電気系教室の構成員の間をつなぎ、研究科、組織間の垣根を越えた連携を促す基点になればと考えています。またその連携が産業界との連携を生むという流れが生まれることは、決して不可能では無いと考えます。電気系教室としては、なお一層の情報発信を自らの手で行っていきたいと考えています。今後も電気系教室への一層のご支援をお願い申し上げます。

(T.H記)

発行日：平成15年6月

編集：電気電子広報委員会

吉田 進、引原 隆士、鈴木 実、  
芝内 孝禎、松尾 哲司、山田 啓文、  
朝香 卓也

京都大学工学部電気系教室内

E-mail: cue@kuee.kyoto-u.ac.jp

発行：電気電子広報委員会、  
洛友会京都大学電気百周年  
記念事業実行委員会

印刷・製本：株式会社 田中プリント