

cue

京都大学電気関係教室技術情報誌

NO.9

JUNE 2002

[第9号]

.....
巻頭言

四国電力 近藤耕三

.....
大学の研究・動向

電子物理学講座・プラズマ物性工学分野

システム情報論講座・画像情報システム分野

.....
産業界の技術動向

松下電工(株) 野村淳二

研究室紹介

平成13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

人口減少という時代の課題

四国電力会長 近藤 耕三



新しい国勢調査結果が発表されて日本の人口減少時代が実感され始める一方、アメリカ主導の競争社会への転換を迫られ、大わらわの産業界、そして学会の昨今である。

- ・ある文明が成熟期に達すると、人口増加が止まり、停滞ないし減少に転ずるとい歴史人口学の教えによれば、明治維新以降、ひたすら追ってきた工業文明もいよいよ終局に近づき、ポスト工業文明への移行口を探す時期になったと考えられる。
 - ・文明の転換が容易なことなのか、危険に満ちたことなのか答えられる経験者はいないが、過去多くの文明が消滅し、廃墟が残る事実を想起すれば、円滑な文明移行の成否は日本社会にとって、決して軽い事象ではないであろう。
 - ・明治維新を農耕文明社会から工業文明社会への転換点と捉えたと、現今の日本社会にとって最も身近な文明移行期の前体験は江戸時代の後期にある。この時期を見直すことは決して無駄ではないと考えるので、以下 二、三触れてみることにしたい。
- 八代将軍吉宗の人口調査（1721年）約3,100万人から明治6年（1873年）の人口調査3,330万人にいたる150年間の人口変動は±5%の範囲におさまっている。何かが人口の増加を完全に阻止したのである。
- ・一方、その間に、工業文明への移行準備は人知れず進行し、明治維新の動乱を比較的少ない犠牲で乗り越え、現在までの約130年間に人口の4倍増を達成した。先物取引を始めた大阪商人に代表される経済社会化の進展、からくり人形に象徴される工業技術の発展等を含め、江戸時代後期における文明移行準備は、結果的に、大成功であったと言えるであろう。
 - ・歴史人口学の分野において、既に指摘されているところによると、江戸時代後半期において、われわれの祖先は人口の予防的制限に取り組み、工業文明への移行に必要な所得水準 つまり貯蓄 = 投資が可能な水準を維持した。これが中国に先がけて工業化に成功した要因であったという。現在の晩婚化、非婚化の程度は、人口をほぼ一定に保った江戸期よりはるかに高く、文明の円滑な移行をむしろさまたげる恐れすらあるのではないかと案じられる。

文明が成熟すると何らかのストレスが社会の内部に醸成され、それが構成員に働きかけて少子化への道を選ばせると仮定すると、現今のストレスは主として次の2要因から発生していると考えられる。

土地ベースの農耕文明から工場ベースの工業文明の移行に伴う社会構造の変化

すなわち、長期化、都市化、核家族化、単身世帯の増加、イ工制度の崩壊等々の変化が進み、育児、介護機能が大幅に欠落したが、日本社会は未だこれに代替するシステムを備えたコミュニティづくりに成功していない。

太陽エネルギー依存の文明から化石エネルギー依存の文明への移行に伴う生活面の変化

すなわち、生物的なフローのエネルギーから非生物的なストックのエネルギーへの転換によって、エネルギー投入量の制約がはずれ、多様な製品と、生産量の急激な増加をもたらすとともに、環境問題の発生、情報の氾濫等々生活面において新しい、未知の事象が次々に発生した。

このような情勢下において、京都大学に期待される事柄は沢山あるが、エネルギー業界に身をおく者として、省エネルギーにつながる技術 - すなわち真空管から半導体への移行により実現されたようなエネルギー効率の高い生産、利用技術 - の開発を要望しておきたい。ナノテクやバイオの中に解があるのでは、と期待している。

大学の研究・動向

ナノ・エコの世紀におけるプラズマ応用技術の展開

電子物性工学専攻電子物理学講座プラズマ物性工学分野

教授 橘 邦 英

tatibana@kuee.kyoto-u.ac.jp

助教授 八 坂 保 能

yasaka@kuee.kyoto-u.ac.jp

助教授 白 藤 立

(国際融合創造センター融合部門兼)

shira@iic.kyoto-u.ac.jp

講師 中 村 敏 浩

(ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー兼)

toshihiro@kuee.kyoto-u.ac.jp

助手 久 保 寔

mak-kubo@plasma1.kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

電子とイオンの集合体としてのプラズマは、長距離に及ぶ荷電粒子間のクーロン相互作用によって複雑な集団的挙動を現わすため、これまで主に物理的な側面からの基礎研究や応用研究がなされてきた。1970年代の後半になって、プラズマ中のイオンや中性ラジカルのもつ大きな内部エネルギー状態の高い反応性を利用して、材料の微細加工や薄膜形成など、化学的側面からの応用分野が展開してきた。しかし、21世紀においてプラズマが学術研究の対象として存続し、新しい産業基盤を創成していくためには、もう一度プラズマのもっている特性を見直して、新しい可能性を発掘していく必要がある。すなわち、発光性、導電性、誘電性、反応性などの性質を極限まで高めたり、それらを組み合わせる新しい応用の展開をはかったりすることが重要である。

プラズマの状態を表わすパラメータとして、電子あるいはイオンの温度 T_e , T_i や密度 n_e , n_i があり、例えば、自然界や人工的なプラズマ中での n_e は $10^4 \sim 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲に及ぶ。従って、上に述べた性質も広い範囲で変化させることができる。また、プラズマの容積も従来の数 cm ~ 数 m のマクロなスケールから、最近では mm から μm スケールの微小なものにも興味をもたれている。我々は、ナノテクノロジーや環境適合技術に関連した種々のプラズマについて、**図 1** に示すような「造る（生成）・診る（診断）・使う（応用）」という観点から、多様な研究を展開している。

2. 反応性プラズマの診断と材料プロセスへの応用

分子ガスを用いることによって、気相や表面での化学反応を活性化し、固体材料の表面でエッチング（微細加工）、デポジション（薄膜堆積）、モデフィケーション（表面改質）などのプロセスを行なうことができる。それらをリソグラフィの技術と組み合わせることによって、現在の超LSIの加工が行なわれている。**図 2** は 1 Gbit 世代での DRAM のメモリセルの 1 例で、基本構造はスイッチング用の MOS-FET とメモリ容量のキャパシタとから成っている。これまでは、材料として Si とその酸化物である SiO_2 および配線用の Al が使われてきたが、次世代では層間の絶縁膜に低誘電率の材料、キャ



図1 プラズマ物性工学分野での研究対象

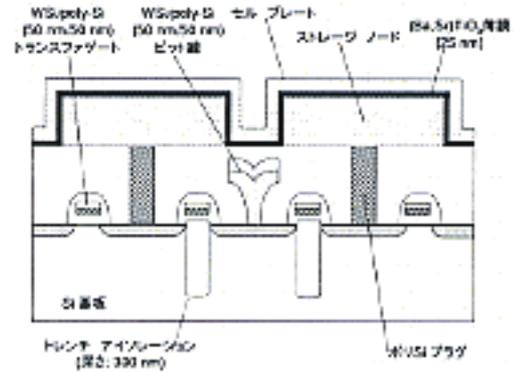


図2 1 Gbit DRAMのセル構造の例

パシタには高誘電率の材料、さらに配線には低抵抗のCuなどの薄膜材料が要求されるようになってくる。

(1) 低誘電率薄膜のプラズマCVD

層間絶縁膜の低誘電率化には、フッ素を含有したSiO₂や非晶質炭素(a-C:F)の薄膜、有機系ポリマ膜などが試用されている。しかし、将来の50nmノードに対応するためには比誘電率を1.5程度にまで低減する必要があり、nmスケールでの多孔質化が不可欠になると予測されている。我々は、C₄F₈、C₅F₈、C₆F₆などの種々のフロロカーボンガスを原料に用いたプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)によって低誘電率のポリマ膜を形成し、その後の湿式あるいは乾式処理によってそれを多孔質化する技術を研究している。

a-C:F系の膜は、段差被覆性に優れフレキシビリティがあるため、フラットパネルディスプレイとして有望な有機ELのパッシベーション膜としての用途も検討されている。しかし、その目的のためには、水やガスに対するバリア性も必要になるので、それらの特性を兼ね備えた薄膜を如何に作成するかについても研究を進めている。

(2) 選択性向上を目指したプラズマエッチングにおける反応解析

超LSIの製造ではゲートやコンタクトホールなど、高アスペクト比のパターン形成でナノメートル精度のエッチング技術が要求されている。例えば、図3に示すように、FETのソースやドレインとの



図3 コンタクトホールのエッチングにおける電子、イオン、ラジカルの挙動

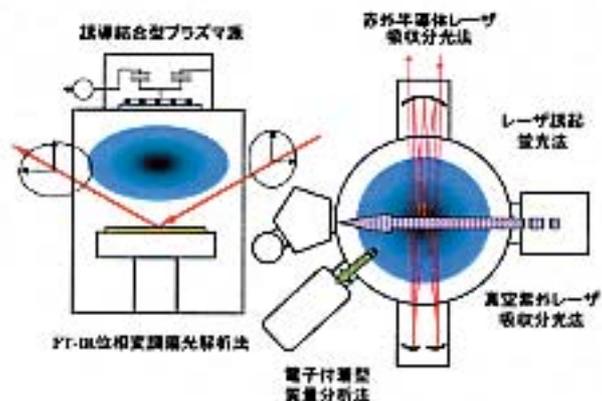


図4 プラズマプロセスにおける気相・表面診断法

配線のために層間絶縁膜のSiO₂にコンタクトホールを形成する場合には、下地のSiやマスクのフォトリソ、ならびにゲートを自己整合的に保護するための窒化膜(Si₃N₄)に対して高い選択比が要求される。材料との反応性の違いを発現させるためには、プロセスガスとして用いられるフロロカーボンガスのプラズマ中におけるラジカルの組成やイオンの衝撃エネルギーを高度に制御する必要がある。そのためには、プラズマ源(装置の寸法・形状、電力結合の方法など)やその動作条件(ガス種、圧力、流量など)と生成されたプラズマの特性を関連付ける診断が必要であるが、我々は、図4のような種々の分光学的手法によって気相でのラジカルやイオンの計測を行なうとともに、反応が進行中の表面における化学結合を赤外域の吸収法や偏光解析法によって診断し、表面における反応過程を解析している。

近い将来、低誘電率材料に対する高選択性、高異方性のエッチングが必要になってくる。O₂やH₂を用いたエッチングでは加工形状が等方的になりやすいため、N₂やHH₃などを添加ガスとして用いる試みがなされているが、反応機構や異方性の発現機構についてはまだよくわかっていない。その機構解明やプロセス特性の改良にでも取り組んでいる。

3. マイクロプラズマの生成・診断とその応用

プラズマTVという名称でPDP(Plasma Display Panel)が次第に普及しはじめてきた。PDPでは、Ne-Xe混合ガスを封入した数100μmサイズの放電セル内で、励起状態のXe*原子やXe₂*分子から放射される紫外線を内面に塗布した蛍光体で可視光に変換しているが、RGBの3つのセルで1画素を形成し、それをパネル上に100万個程度配置している。また、最近、液晶プロジェクタが随分明るくなってきたが、その光源は電極ギャップが1mm程度の超高圧水銀灯である。また、ハロゲン化物を封入した高輝度放電(HID)ランプも民生用途で小型化してきている。このように、従来の放電管とはサイズも動作圧力も大きく異なる領域で新しい応用が展開してきている。我々は、そのような方向をさらに一般化して捉えることによって、マイクロプラズマと呼ぶべき新領域が開拓できるのではないかと考えて研究を進めている。

(1) PDP用マイクロプラズマの診断

現在のPDPでは、一对の透明電極をガラス基板(前面基板)上に配置し、その表面を誘電体と保護膜(MgO)の積層膜で被覆している。背面板上には誘電体の隔壁が設けられ、その内表面には蛍光体が塗布されている。その下には選択したセルで放電を開始させるためのアドレス電極が設けられている。このような3次元構造の微小な放電セル内での放電現象や発光特性を評価する目的で、紫外発光のもとになっている励起状態Xe原子の密度の時空間変化を測定するための図5のような3次元計測

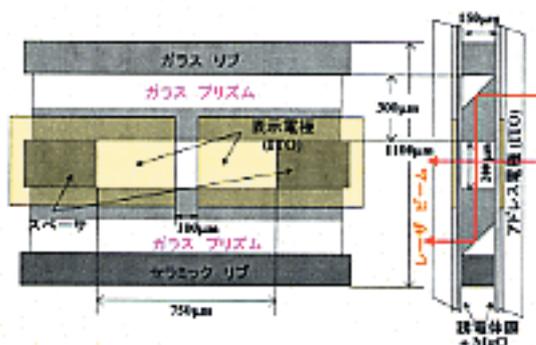


図5 3次元観測用PDP放電セルの構造

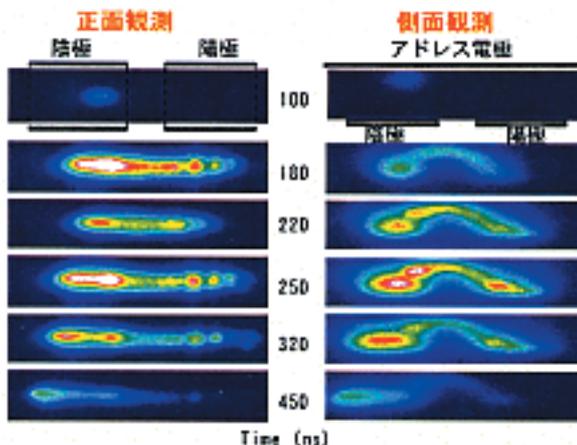


図6 近赤外発光の時間変化の正面・側面像

セルを試作して測定を行なっている。
 図5に示したように、正面と側面からの同時観測を可能にするためにガラスプリズムを隔壁として使い、蛍光体は塗布していない。図6は、電流が最大となる時間での発光の様子をゲート付CCDカメラで観測した例を示している。動作条件による放電の変化の様子を3次的に解析できるので、シミュレーションとの比較によって放電や発光の物理現象が定量的に理解でき、セルの設計や効率の最適化の基礎データとして活用できる。

(2) ミクロ反応場の創成と新規応用

マイクロプラズマのサイズや動作ガス

圧をパラメータとして2次元の平面上に示し、プラズマ密度を縦軸にとって、予測される応用技術の領域を表示してみると図7のようなになる。PDPと同等のサイズでも、圧力やプラズマ密度領域が次第に大きくなると微小化学分析法としての μ TAS (Total Analytic System)への応用、真空紫外～極端紫外光源への応用が考えられる。また、サイズがもう少し小さいところでは、マイクロマシーン (Micro Electro Mechanical System)の加工用ツールとしての応用や、最初に述べた～の特性を利用したプラズマデバイスとその集積化したものなどに新しい展開が期待される。一般に、放電でプラズマを生成しやすくするためには、体積が微小になるにつれてガス圧を増やす必要があるが、 μm ～ nm 領域では数10～数100気圧の動作ガス圧が最適となる。そのような超臨界状態付近の高密度ガス中では、原子や分子が量子統計的に会合 (クラスタリング) や分離を起こしており、放電やプラズマの特性、さらに電離媒質としての反応性などが大きく変化する可能性もあって、物理的にも大きな興味を持たれる。

4. D^3He 核融合のための基礎研究

重水素とヘリウム3 (D^3He)などの先進燃料を用いる核融合では、実現に高温度を要するものの、発生エネルギーが中性子ではなく電子やプロトンなどの荷電粒子により担われる。そのため、高値 (プラズマ圧力/磁気圧力) のプラズマ装置に直接エネルギー変換を適用して、高効率で環境保全性に優れた核融合炉の実現が期待できる。このような目的のための基礎的研究も進めている。

(1) タンデムミラープラズマの制御

我々が現在使用している装置はHIEIタンデムミラーと称し、2段のミラー磁場配置をもつものである。その特徴は、プラズマの制御にイオンサイクロトロン周波数帯の高周波 (ICRF波) を活用し、単純性と小型性を引き出している所にある。これまでに、ICRF波の動重力によるフルートモード不安定性の安定化、回転モードICRF波による高密度プラズマ生成、2種イオンプラズマにおける速波から遅波へのモード変換を利用した加熱、速波の静電波へのモード変換と電子加速による閉じ込め電位形成、リミタ/エンドプレートバイアスによる非線形な状態遷移と閉じ込め改善、ダイバータ磁場配位による安定化などに関する研究成果を得てきた。

(2) 直接エネルギー変換

D^3He 核融合プラズマから流出する高エネルギー粒子を電界で減速して、その運動エネルギーを直接電気

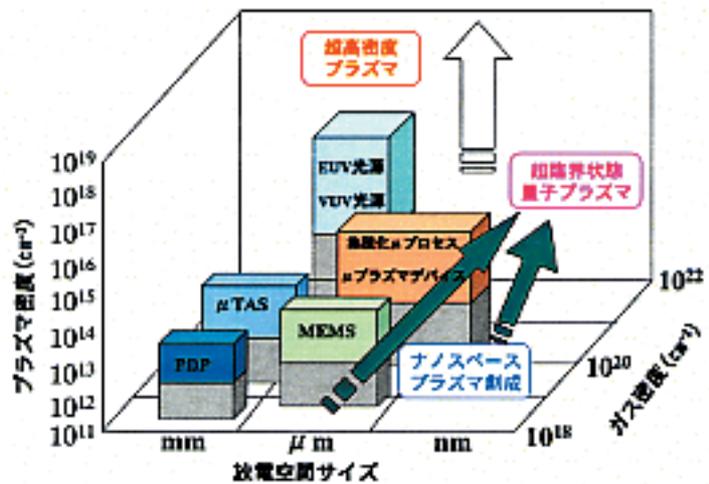


図7 マイクロプラズマのパラメータ領域と応用技術

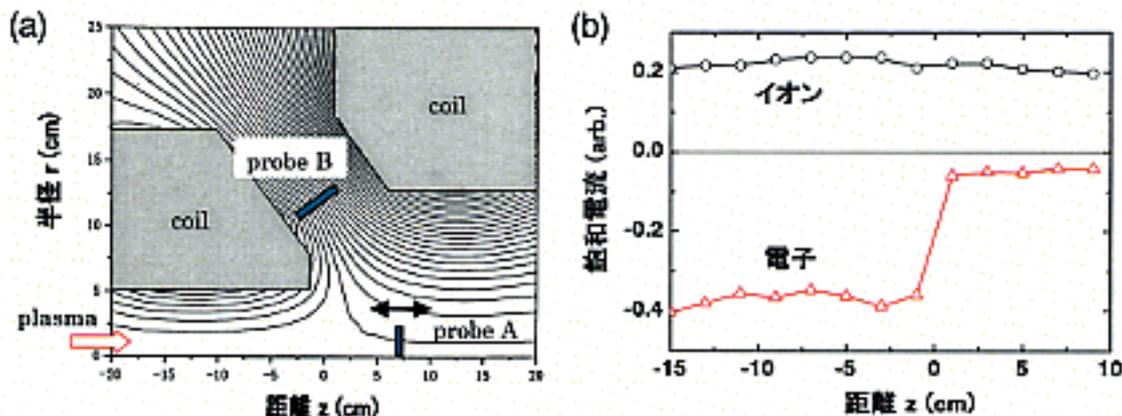


図8 カスプ磁場型直接エネルギー変換器における(a)磁力線分布と(b)プローブAでの電子、イオン飽和電流

エネルギーに変えるためには、電子、熱化イオン、15MeVの高速プロトンを分離選別し、それぞれのエネルギーに適した減速器に導入する必要がある。我々は、カスプ磁場を利用した電子とイオンの分離方式、およびイオンビームと高周波進行波の相互作用を利用したプロトン減速方式に関する基礎的研究を行っている。図8(a)はカスプ磁場実験装置の磁力線分布を示す。マイクロ波放電により発生したプラズマをカスプ磁場に流入させ、 z 軸上の平板プローブAに流入するイオン、電子飽和電流を測定すると、図8(b)のように $z < 0$ の領域ではイオン、電子両方の電流が観測されるが、 $z > 0$ では電子飽和電流は大きく減少して、イオン電流の電子電流に対する比はきわめて大きくなる。一方、装置の半径方向外側に設置したプローブBでは電子電流が支配的になる。適切な条件のもとでの電子・イオンの分離率は95%以上になり、カスプ磁場による電子とイオンの分離が実証された。また、低エネルギーイオンビームに速度変調を与えバンチングを起こさせた後、高周波進行波を作用させる実験を行なって、進行波減速部の長さ1波長あたり約15%のエネルギー変換効率を得た。これにより4波長の長さを採用すれば60%程度の高効率が期待できることが明らかになった。

5. おわりに

21世紀では、プラズマ応用技術もナノテクノロジーにおける超微細加工ツールとして、あるいはプラズマそのものをマイクロにすることなどから新たな活路を見出していく必要がある。他方では、エコロジ技術への適応も一つの方向であろう。そこでは、排ガスや廃棄物の処理という概念だけでなく、リサイクルを可能にする技術の開発が鍵となるであろう。また、エネルギー関連でも高効率で環境共生型の技術展開を指向していくことが必要である。

医用多次元断層データの処理と表示

京都大学大学院情報学研究科 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

教授 英 保 茂

eiho@i.kyoto-u.ac.jp

助教授 杉 本 直 三

sugi@i.kyoto-u.ac.jp

助手 関 口 博 之

seki@i.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

近年診断装置の高機能化・高速化に伴い、多数枚の断層データが撮像され、診断に供されるようになってきた。また、その利用形態も、単に画像診断に用いるだけでなく、手術中においても、その支援のために、積極的に利用する事により、位置などの把握を容易ならしめ、的確な操作を目指したシステムや、デジタル化された患者の実体モデルを用いて、仮想的な内視鏡検査シミュレーションや、コンピュータによる診断補助データや画像の生成などが実施されつつある。この時に、3次元体内実体データから、必要な情報を取り出し、診断現場へ提供するためには、高速・高精細表示手法に関する検討や、画像診断装置から生成されるデータから、対象物を認識するセグメンテーションの問題など、多くの問題を解決しなくてはならない。以下では、これらに関するいくつかの項目について述べる。

2. 断層データ群からの3次元情報の表示（3次元画像による体内の可視化）

CT装置の高速化・高精度化にともない、高精細な3次元データが診断現場で利用されるようになってきた。この場合も多数の断層像を並べて観察するのではなく、3次元像を簡単に高速に表示することが求められる。積み上げられた断層像の各画素を立方体として取り扱う（ボクセルという）ことにより多数枚の断層データ群は、3次元の体内データそのものにとらえることができる。

3次元画像の生成は、1. 視点方向からの深度画像（図1. ここで得られる画像そのものが立体形

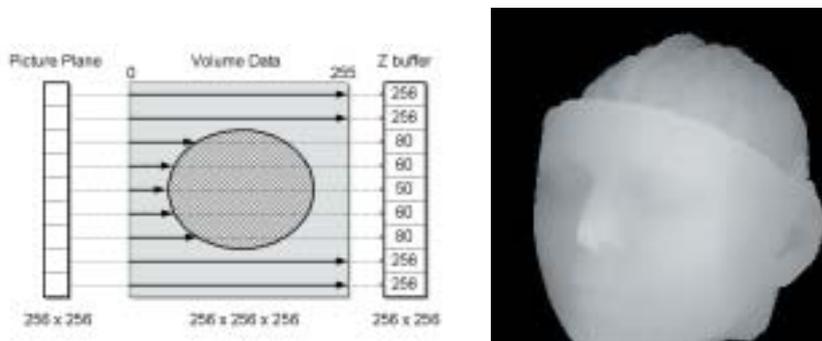


図1 深度画像

状であると考えてもよい)の作成、2.各表面ボクセルにおける仮想面の生成、3.仮想面における反射光計算 の手順で行われる。

図2左下は、仮想面の作成において、表面ボクセル同士の位置関係から生成して表示したものであるが、この方法では同図上に示すように、仮想面の傾きがボクセルの大きさで粗く離散化されてしまうため、画像上に等高線状の縞が発生する。これに対して右上に示すように、ボクセル値の傾斜方向(グレイレベルグラジエント)を仮想面の傾きとみなすと、ほぼ無段階の傾斜方向を取ることができるようになり、右下に示す図のようにより自然な3次元像が得られる。

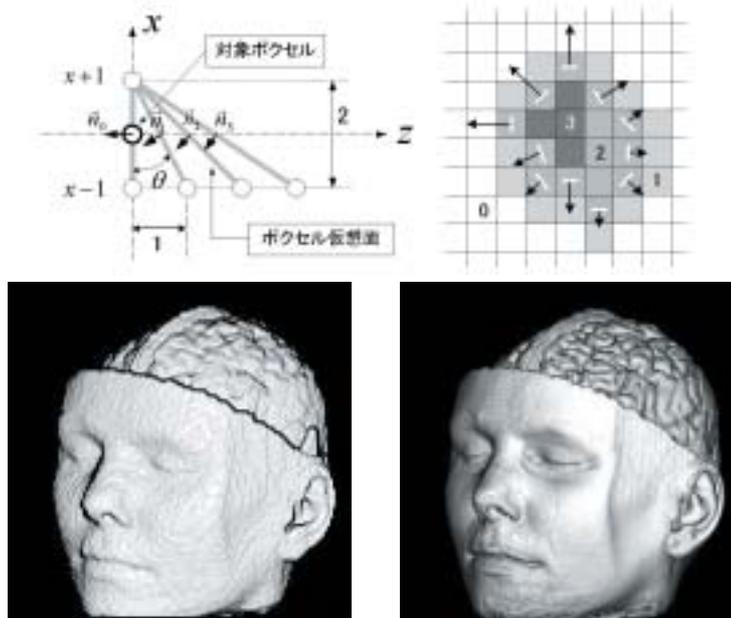


図2 3次元表面表示

上記のグレイレベルグラジエントの計算には、1ボクセルにつき周囲6画素、回転処理を行う場合は $6 \times 8 = 48$ 画素のデータに対する補間演算が必要になる(図3左)。これを省略して近傍格子点の値で代用すると、傾斜量計算のベースとなるボクセル間距離が周期的に変化するため(同中)、画像上にしま模様が発生してしまう。画質を保ったまま処理時間の短縮を図るために、真の傾斜量を近傍格子点の差分量から推定する手法の概念図を同図右に示す。図4は簡易手法(図左)と上記の高速・高画質手法(図中央)に従って求めた画像を示す。なお、右図は補間処理によるものとの比較拡大画像(左が本手法)である。深度画像作成についても、飛び越し走査や、表面ボクセルのリストを予め作成するなどの手法によってさらに高速化を図ることが可能である。

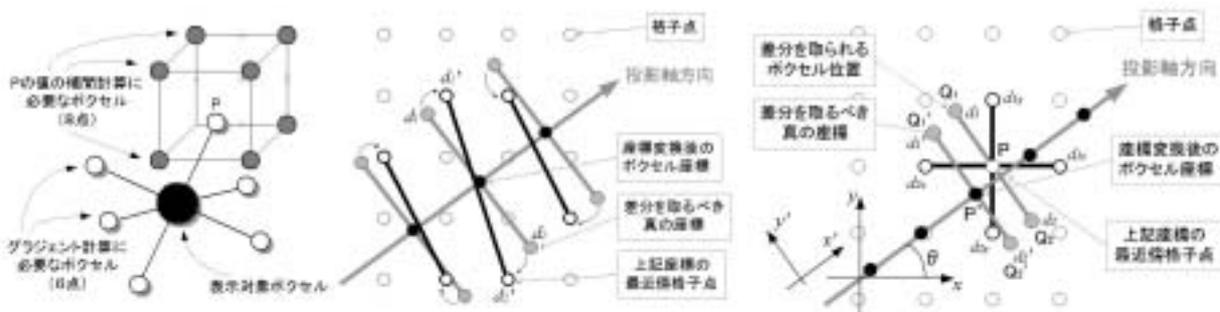


図3 グレイレベルグラジエントの計算手法と高速・高画質化



図4 3次元表示高速高画質化手法表示例

3. 体内臓器の抽出

前項で述べたような、体内臓器の3次元表示を行うためには、対象臓器部分が抽出されていることが必要である。CT画像の品質が向上してきたので、ある程度のところまでは画素値（CT値）に基づいて抽出できる部分もある。しかし、ほぼ完全に、誤差少なく分離できる臓器としては、X線CT像における骨領域等に限られてしまう。これまで様々な抽出手法（セグメンテーション手法）が提案されているものの、もともと高度な画像認識力が要求される処理であり、完全自動処理としては、まだ、決定的といえる手法はない。よく用いられる手法に領域拡張法がある。（図5）これは内部に探索開始点を与え、その周りの点のある評価関数に従って、対象物に組み入れることを許すかどうかを判定して、領域を拡張していくものである。適切な評価関数を設定でき、また、抽出対象の内部が一様で、かつ境界が明瞭な場合にはきわめて有用な手法である。しかし、実際のデータに対しては、対象領域外へのはみ出し（誤侵入）あるいは抽出欠落を生じる場合が多く、人手による部分部分の修正を余儀なくされることが発生し、臨床現場での実利用は困難である。信頼性向上のためには人手の介入が不可欠ではあるが、その場合に重要なことはその修正プロセスができる限り簡単であることである。ここでは拡張過程は領域拡張の進行に伴って生成される3次元像を見ながらモニタし、外部領域へのはみ出しが生じた時点（観察してわかった時点）でこれを修正（マウスなどで適当な部分を指示）する手法を用いることができる。詳細は略すが、図6に示すように、はみ出しの原因である連結点を自動検出し、

はみ出し領域から開始点に向かう方向性を持つ領域拡張を用いて実行している。図7に上記プロセスの過程を示す。(a)が領域拡張過程の図であり、(b)にはみ出しの検出と修正の状況を、(c)に最終結果を示す。

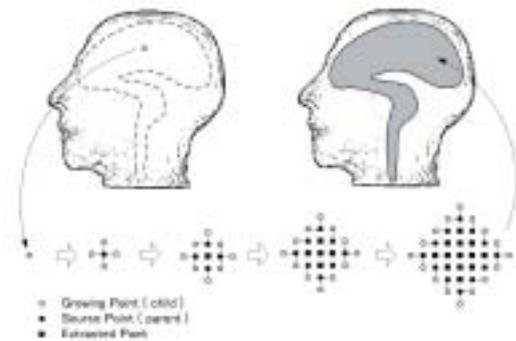


図5 領域拡張法

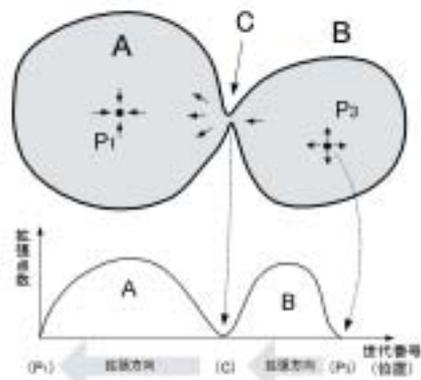


図6 はみ出し侵入の修正

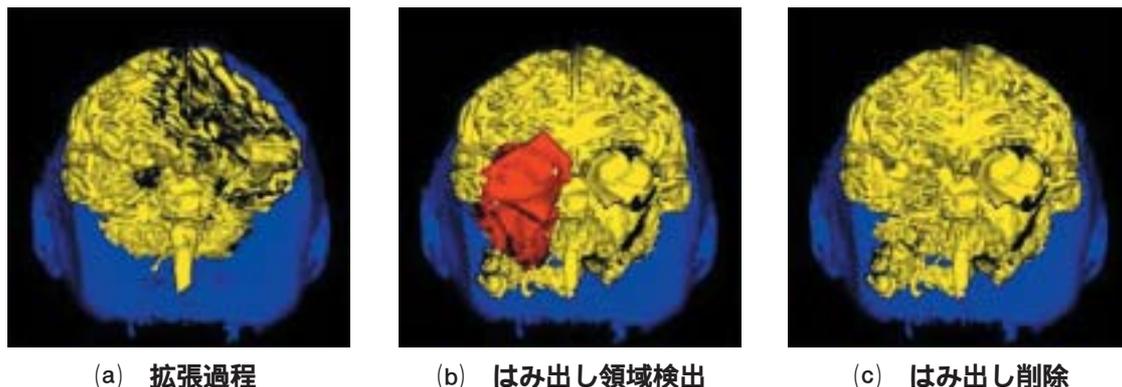


図7 修正領域拡張法の表示画像

4. 血管領域の抽出

磁気を用いたCTによる血管データの画像化手法であるMRAで得られた血管データの表示には、血管部分の画素値が大であるという性質を用いた方法でMIP法と呼ばれている、表示面に垂直な直線（投影軸）上に並んだボクセルの最大輝度を表示するものがよく用いられる。この手法は、抽出処理が不要で、信頼性も高いという評価を受けている。しかし画像生成にはデータ全体のスキャンが必要になるため、リアルタイム表示は困難である。また投影画像なので、原理上、血管の前後関係は判別できない。3次元ボクセル空間での血管抽出を行い、その血管に対する3次元表示を行えばいいわけであるが、現状のデータでは血管の抽出精度は十分ではない。特に領域拡張では血管の濃度ムラによって途切れる可能性も高く、信頼性が低くなる。そこで血管抽出のために、領域拡張において成長箇所を常に一箇所限定する領域拡張法が有効であると考えている。すなわち、血管分岐部では片方の血管のみに進行し、その抽出を終えた後に再び分岐部に戻って残りの枝の抽出を行う。拡張部位が限定されるため、拡張条件を自律的かつ動的に変更できるので、先端部の細く暗い血管の抽出にも有効である。また、途切れに対しては、拡張終端点においてその周囲を調べることで対処可能である。図8にその一例を示す。中央の画像は血管部分をしきい値で3次元的に抽出したものであり、MIPに比べて、特に細い血管部分での欠落があり、また、血管以外の部分も多く検出されている。これに対して右図は細い血管部分も検出されており、さらにノイズもきわめて少ないことがわかる。また、この手法で得られる3次元血管なので、種々の視点からの観察や、回転表示なども問題なく実施できる。

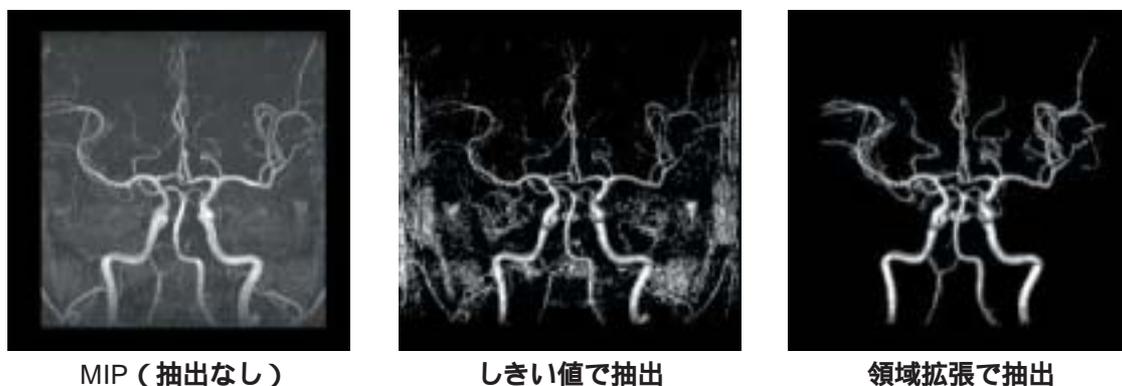


図8 脳内血管の検出

5．おわりに

以上多次元医用診断データの認識と表示の問題について述べた。さらに、臨床現場では複数の（モダリティによる）検査が用いられて、それらを参照しながら診断が行われているが、これらのデータをマッチングさせることにより総合的な患者データとして融合することにより、新たな診断データの生成に関する研究や、手術中にオンラインで、器具などの位置情報を提示する術中サポートシステムへの応用に関しても研究を進めている。これらの課題において、データ間のマッチングが大きな問題であり、特に3次元実体データと2次元画像との対応など興味ある課題も多く山積している。医用以外でも多次元のデータに対する処理は交通流の処理などを含め、研究室の大きな課題となっている。

産業界の技術動向

住宅内情報化における技術、サービス

松下電工株式会社
野村 淳二
nomura@icrl.mew.co.jp

1. はじめに

住宅内の情報化はインターネット関連技術により大きく変化しようとしている。人の住まいとしての住空間を考えると、基本機能としての住環境やその性能表示、住宅のライフサイクルコスト、エネルギーコスト等々は着実に技術開発がなされ、年々快適になってきている。一方、住まい手が自分の空間として必要な機能、特に対話機能を考えると、普及しているものは電話以外にほとんどない。普通のテレビは放送であり、映像と音を送られてくるのを見るだけで、テレビの前で手を振っても話しかけても、当然相手が反応することはない。インターネット関連技術の発達は今までにない新しい対話機能を住まい空間に持ち込み、住まい手の生活そのものが大きく変化することが考えられる。住まい空間がリアルタイム映像や音といったマルチメディア的対話機能を持つことは、実際の空間距離がなくなり、バーチャルな空間を共有することを意味する。大阪にある自宅の書斎の大型壁面ディスプレイを通して、ロサンゼルスに住む娘のリビングルームとが空間としてつながっているかのような状態で対話が可能となる。さらに、人間同志の対話機能のみならず、家電機器、照明器具、空調機器が状態や状況をデータとして送受信可能となったり、エージェントと呼ばれるソフトウェアが機器や器具の状態をまとめて住まい手に知らせたり、住まい手の指示に従ってコントロールしたりする対話機能が実現可能になってきている。変な言い方になるが、住まい手と家電機器や照明器具とが対話可能な時代になってきている。“Human to Human Communication”の時代から“Human-Appliances・Devices Communication”の時代に住空間が変化してきている。ここでは住宅内情報化における「人」を中心として関係する技術、サービスについて述べる。

2. 情報化、ネットワーク化がもたらすもの

これまでのインターネットの世界はパソコンが中心で、家庭内においてもパソコン系、ゲーム系を中心として発展してきたが、最近では、対象範囲がパソコンからさらに広がり、PHS電話や携帯電話などとメール交換ができるなど、モバイル端末との間での様々な情報のやりとりが可能になってきている。さらにブロードバンド(広帯域通信)と呼ばれる高速インターネットが普及し始めるにつれ、インターネットの世界はテレビやビデオなどの画像系にも広がってきている。

一方、図1に示すようにインターネットの世界はこれまで手のつけられていなかった設備系、センサ機器系にまで広がってきており、人が作った情報やナレッジだけでなく、設備や端末機器の運転状態や制御情報までもがインターネットに乗せられ利用できるようになりつつある。つまり、家庭内において単にパソコンだけでなく家電製品や設備機器など様々なものがネットワークで結ばれ自由にコントロールすることが可能になってきている。

設備や端末機器がお互いに情報をやりとりしながら連携して住宅内の環境をコントロールするといった従来ではSFの世界の話だったものが、現在では夢物語でなく現実性を帯びてきている。壁のコンセントにプラグを差し込むだけで、白物家電や照明器具、各種設備など全ての機器がインターネッ

トに簡単に接続できるようになりつつある。図2に示すように、全ての機器がインターネットにつながり夢のようにリンクしていく、そんなオープンなシステムの実現が着々と進んでいる。

3. 技術的背景と見通し

住宅の情報化を具体化するためには、実現するための技術が不可欠であり、個人の多種多様なニーズに対応できるサービスを提供することが求められている。ひとつの方式のみを押しつけるのでは人にやさしいシステムを提供することはできない。ここではネットワーク技術とそれに対応したソフトウェア技術、情報セキュリティ技術、ユーザインタフェース技術を取りあげ、その動向と多様化への対応について述べる。

3.1 サービス、機器と人をつなぐネットワーク

(1) 宅外のネットワークとインターネット

住宅の情報化は、住宅と宅外のサービスをつないで初めて情報の価値が生まれる。過去、住宅と外部を結ぶのは電話線だけであり、その接続先も特定のサービスセンターに一時的に接続するだけであった。しかし現在はインターネットが普及し、「宅外とのネットワーク接続=インターネット接続」と言ってもよいであろう。

インターネット接続についてまず注目すべき点は、接続手段の高速化と多様化である。ここ数十年の間にモデムの速度は格段に向上し、現在は56kbpsのモデムがどのパソコンにも使われている。さらに64k、128kbpsのISDN、数百kbps以上のADSLやCATVも利用できるようになり、一部には光ファイバーによるサービスも開始されている。通信の高速化に伴いより多くのデータを扱えるようになり、たとえば従来ではテレビ放送のような公共サービスでのみ可能であった「離れた場所の映像を見せる」サービスが個人レベルで可能になってきている。

インターネット接続によるもうひとつの重要な側面は、開放されたネットワーク環境に個人環境が接続されることである。つまり、インターネットに接続することは一戸の住宅を特定のサービスに接続するのではなく、複数のサービスに自由に接続できる可能性を持つことを意味する。

(2) ネットワークの媒体の多様化

オフィスでもっとも一般的なパソコンネットワークはイーサネットである。住宅環境でもイーサネットを配線すれば良いが、新築以外では配線工事が困難なため、配線が不要なネットワークが注目されている。現在有力なネットワーク媒体の比較を表1に示す。

無線LANはすでに利用が始まっている。現在すでに10Mbps以上の大容量の通信が可能な商品が市

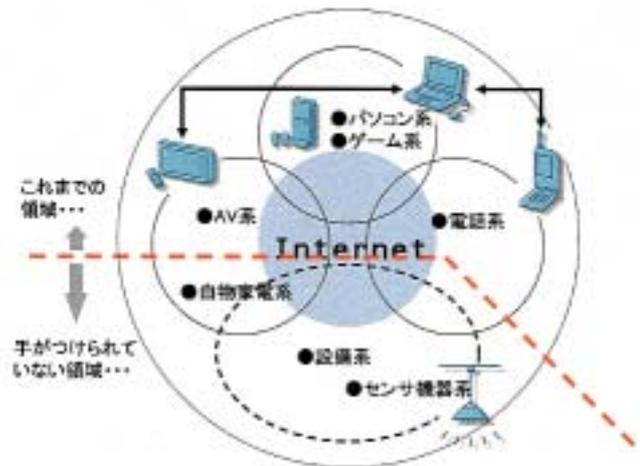


図1 これまでのインターネット、これからのインターネット

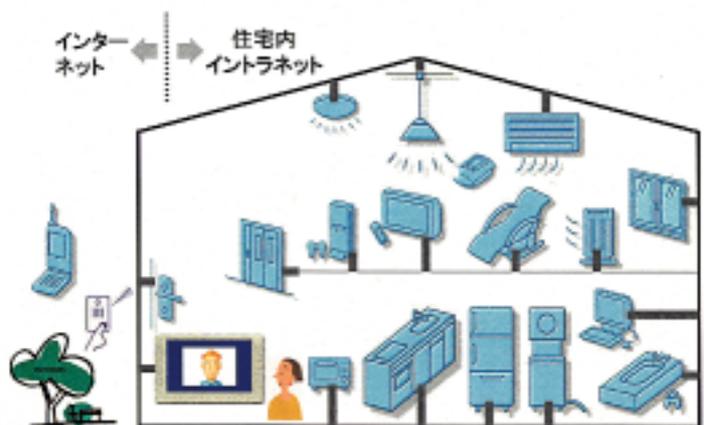


図2 インターネットにつながった住宅のイメージ

販されており、今後無線LANはますます普及が見込まれている。無線は住宅内では配線にまったく依存しないという特長があるが、確実性、信頼性において万全なわけではない。通信距離が思いのほか離れ、通信ができない場合も起こる。また、電波を発生する機器のノイズや、同じ周波数を使用する他のシステムの影響により性能が低下する場合もあり、考慮すべき点は多くある。

表1 住宅内の通信方式の比較

ネットワーク媒体	長所	短所
有線ネットワーク	高性能で安定 高信頼性	配線工事必要 既築で使用できない
無線ネットワーク	配線工事不要 移動可能	ノイズの影響 メディア共有による性能限界 Bluetoothでは到達距離短
電力線ネットワーク	配線工事不要 電源線以外は不要	ノイズの影響 信頼性に課題 メディア共有による性能限界

最近、にわかに注目を浴びているものが電力線通信である。電力線通信は電灯線を通信線として使う伝送方式で、余分な配線が不要であり既築の住宅での利用に適している。かなり以前から利用はされていたが、速度が遅く信頼性が低いことから主流になることはなかった。しかし、半導体技術の進歩に伴い、最近では信頼性の高いシステムが構築できるようになり、高速通信ではイーサネットの代替用途として使える可能性が出てきている。低速の制御用電力線通信の具体的な応用例にはエコーネットやマイクロソフトのSCP (Simple Control Protocol) などがある。高速通信の応用では住宅内のLAN用途と、インターネット接続用のアクセス回線として使う2つの用途が考えられている。高速電力線通信で通常使用される周波数は現在日本では使用することができないが、法改正により2002年中には実用化される見込みである。

(3) マルチメディア通信

住宅内情報化の中で画像、音声を扱うマルチメディアサービスは非常に有望視されており、以下のような各種データ圧縮並びに通信方式が標準化され、実用化されてきている。今後マルチメディア通信はますます身近なものになるであろう。

○MPEG2

MPEG2方式は主としてテレビ放送用の動画像とオーディオをデータ圧縮し、通信することを目的として開発された方式である。携帯型オーディオプレーヤーで利用されているMP3 (MPEG2Layer3) もその応用のひとつである。今後、テレビ受信機や情報家電のセットトップボックス等にMPEG2の機能が内蔵され、放送系のマルチメディア通信の主役となっていくと考えられる。

○H.261/263

H.261/263方式は主としてテレビ電話、テレビ会議用の動画像と音声をデータ圧縮し、通信することを目的として開発された方式である。今後の住宅内情報化の中でも、テレビ電話機能や映像監視機能が要求されるサービスにおいて、電話系を用いたマルチメディア通信の一端を担っていくと考えられる。

○MPEG4

MPEG4方式は従来の放送系、電話系とは異なる新しい通信メディアとして開発された最新のマルチメディア通信方式である。現在もっとも注目されている応用は、携帯電話やPDA等のモバイル機器を介した様々なマルチメディアコンテンツの配信である。MPEG4は低速の通信回線においても比較的良好な品質の動画像とオーディオを提供する性能を有しており、昨今の携帯電話ブームの中で特に有望視されている。

○VoIP

VoIP (Voice over IP) は、インターネットを通じて音声通信ができるシステム (インターネット

電話)であり、安価な電話サービスを実現できる方式として注目されている。

3.2 通信ソフトウェア

ネットワークができあがり、すべて同じプロトコル、つまりインターネット標準のTCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) でつながれば、どのようなシステムでも作れるだろうか。現在、ホームユーザはいろいろな媒体でネットワークに接続しており、さらにその先では様々な通信手段を経由してネットワークは構成されている。このネットワークの中で自由に通信できるのは、データを交換するためのプロトコルが統一されているからこそのである。しかしより高度の連携を行うためにはTCP/IPのようなネットワークレベルの相互接続だけでなく、より抽象性の高いデータを含めた情報の相互接続性が必要になる。これを実現する役割を担う通信ソフトウェアが、Jini (Java Information Infrastructure)、UPnP (Universal Plug and Play) などのミドルウェアであり、このようなミドルウェアを利用すれば、ネットワーク上において様々なサービスを提供する分散システムを比較的容易に構築できる。

しかしながら、Jini、UPnPなどのミドルウェアはあくまで情報機器向けのものであり、設備機器向けにはマイコンレベルの少ない情報処理資源で実現できる設備用ネットワークミドルウェアが求められている。現在有力な設備用ミドルウェアの一つに、図3に示す米emWare社のEMIT (Embedded Micro Internet Technology) がある。EMITはインターネットに直接接続できない設備機器をインターネットに接続するための技術で、個々の機器には2~3キロバイトの小容量のソフトウェアを組込むだけで実現できるという特長がある。ネットワーク媒体と同様、ミドルウェアもただ一つの標準に集約される可能性は少なく、複数のミドルウェアを適切に組合せてシステム化する技術の重要性が高まってきている。本節で述べたホームネットワーク分野のミドルウェアのマップを図4に示す。

3.3 情報セキュリティ

インターネットの普及に伴い、情報セキュリティの重要性が増してきている。システムに侵入され機密情報を盗まれたりシステムを破壊されたりする可能性がある。

インターネットは誰でも容易に利用できる。その手軽さが現在の普及につながっている反面、悪意の第三者が他人のデータを盗聴するような行為も容易に行える。インターネットを利用する限り、そこに流すデータは必ず他人に見られているという認識が必要である。その対策として、送信するデータを暗号化したり、シ

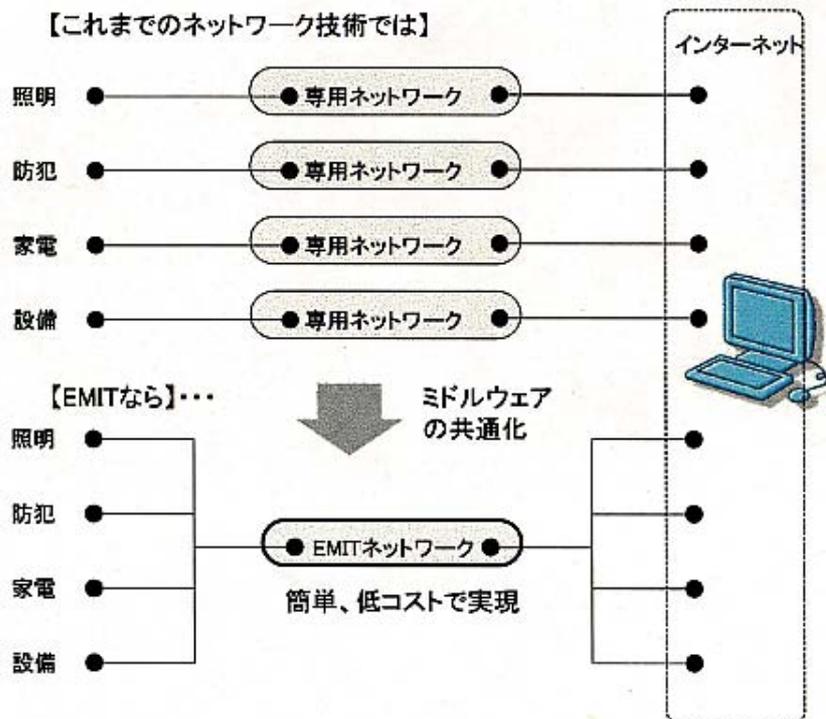


図3 EMITの概念図



HomeAPI=Home Application Interface
 OSGi= Open Service Gateway Initiative, UPnP= Universal Plug and Play,
 Jini=Java Information Infrastructure, Havi= Home Audio/Video interoperability
 SCP= Simple Control Protocol, LON= Local Operating Network
 EMIT=Embedded Micro Internet Technology
 HomeRF=Home Radio Frequency, HomePNA= Home Phoneline Network Association

図4 ホームネットワーク標準案のマップ

システムを利用する際のチェックを厳しくしたりする方法が考えられている。人間一人一人が持つユニークな情報（指紋、声紋、顔、筆跡、など）を用いて個人を限定するバイオメトリクスによる個人認証技術が最近特に注目されている。

情報セキュリティには数多くの手段があり、システム設計者は必要な手段を組合せて対策を講じている。その中でIPsecという方式が現在業界標準となりつつあり、現在このIPsecを使用し、インターネット上を仮想的に専用線として扱うVPN（Virtual Private Network）サービスが開始されている。しかしながら、情報セキュリティの世界はいたちごっこの様相があり、未来永劫有効な手段はあり得ない。システム設計者は被害に遭う前に常に先手を打っていく必要があることを、また利用者はインターネット上のデータは必ず誰かに見られていることを常に認識しておく必要がある。

3.4 ユーザインタフェース

住宅内の情報化においては、お年寄りや主婦、子供などの従来コンピュータを利用することが少なかったユーザに対してもシステムを使い易いようにユーザインタフェースを設計していくことが重要である。

キーボードやマウスの代わりに、図5に示すように音声を使ってシステムを操作することが考えられている。住宅内の情報端末に設置されたマイクにユーザが話しかけると、システムは音声を認識し、家の中の機器を制御したり、インターネットへのアクセスを行って必要な情報を検索したり、身近な情報管理をして

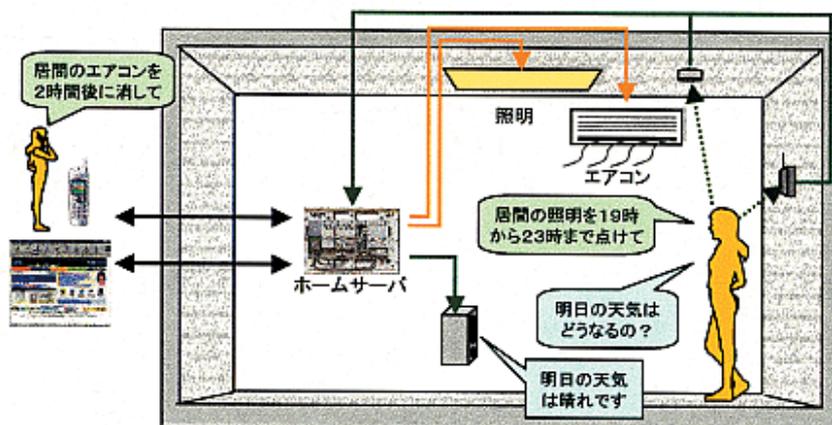


図5 使い易いインターフェースの例

くれる。ユーザが行った操作の結果は必要に応じて音声合成によって話し言葉に変換されユーザが耳で聞くこともできる。携帯電話を使って外出先から家のエアコンをつけたり、ビデオの予約をしたりすることも可能である。

一方、エージェント技術を応用し、仮想的な人物や動物（ペット）をシステムの中に組み込んでユーザと会話させる試みも最近盛んに行われている。近年商品化されたSONYの「AIBO」などのペットロボットやTVゲームとしてヒットした「シーマン」、電子メールソフトの「ポストペット」等が登場し、新しいユーザインタフェースの形として注目される。

4．住宅内情報化に求められるもの

住宅の情報化に必要な技術は揃いつつあるが、実現に至るまでには多くの課題がある。ここでは多くの人が情報化の利益を享受できるまでの課題を、技術や環境などの阻害要因の面からと、サービスの面から考察する。

4．1 実現への課題

何といたっても大きな課題はコストであろう。これまでの情報機器はどんどん価格が下がったとはいえ、まだまだ高価なものである。テレビやビデオ、パソコンはユーザがその価値を認めており、それなりの価格でも魅力的な機能があれば商品として売ることができる。反面、設備機器を扱うサービスではその機能価値がまだ定まっていないため、十分安い価格で提供できないと普及が始まらない。普及の遅れは価格が下がらないことにつながり、永久に普及が不可能となる。

もう一つの課題は情報インフラの整備である。現在のようなほとんどの住宅がモデムによるダイヤルアップによりインターネットに接続している状況では、提供できるサービスには自ずから限界がある。ネットワーク型サービスがその可能性を十分に発揮するためには、ほとんどの住宅が常時インターネットに接続されている状況が望まれる。そのためには安く、安定したインターネット接続環境が広く提供される必要がある。

また別の観点から、標準化という課題がある。通信ミドルウェアとして様々なミドルウェアが提案されており、それらの間の相互接続性は必ずしも確保されていないし、唯一の標準方式に収斂されるわけではない。ユーザは場合によって複数の方式を採用せざるを得ない状況にある。このような中でシステムメーカーには特定の標準案方式のみサービスするだけでなく、複数の手段を適切に組合せていくことが要請されている。

4．2 提供されるべき情報サービスの充実

住宅情報化において、どのようなサービスが本当に必要とされ、また提供されていくべきか、は重要な課題である。人々のニーズに応じて優先度の高いサービスを充実させていくことが大切である。

(1) 生活に不可欠な、安全や安心を支えるサービス

人々が生活していく上でもっとも基本的かつ関心の高いことは、安全で安心、家族が健やかに生活できることであり、最近の高齢化社会の進展やストーカー犯罪などの社会現象の中でますます注目が高まっている。実用化されつつある代表的なサービスを以下に示す。

○健康相談サービス

自宅にいながらにして健康状態を検査し、かかりつけの医者診断や相談ができるサービスである。住人は血圧計や心電図計、血糖値計等の機器によって測定した結果をネットワーク経由で定期的に通信し、医者診断を受ける。テレビ電話を用いて、医者と対話することも可能である。

○ホームセキュリティサービス

家の中に各種センサを設置し、防犯や防火などをより確実に行うサービスである。図6に示すように火災センサ、ガスセンサ、防犯センサ等をホームネットワークに接続し、その警報を自動的に警備会社に通報したり、外出時に携帯電話などへ連絡することが可能となる。また警報と連動して監視カメラの映像を携帯電話に送ることも可能である。本サービスの実現には、機器の低コスト化とネットワークセキュリティの確保などの課題がある。

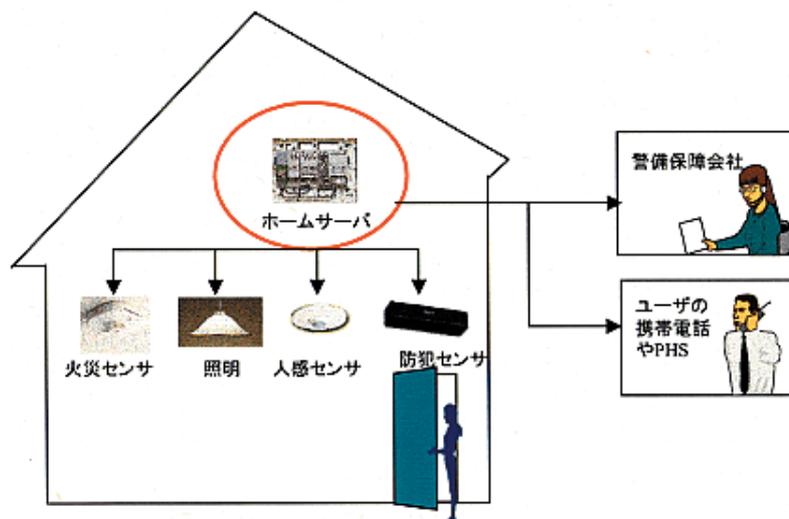


図6 ホームセキュリティサービス

(2) 日常の生活に密着した身近な情報サービス

我々は普段の生活の中で、身近な情報をいろいろと利用して行動している。ほとんどの人が天気予報や道路の渋滞情報、駅の時刻表、テレビ番組情報、ニュースなどに気を配り、チェックしている。このような情報は、多くの人に普遍的に必要なとされている基本的なものであり、正確に把握しておくことが必要不可欠となっている。住宅情報化の中では、このような情報サービスを使いやすい形で提供していくことが重要となる。

また、人間の生活シーンを考えた場合、仕事、教育、娯楽、家事、趣味など人それぞれ関心は様々である。在宅勤務、在宅学習、電子ショッピングや音楽、映像配信サービス、省エネルギーサービス等、ニーズに合わせて選択的に利用できる様々なサービスが今後生まれていくであろう。

5. おわりに

住宅内情報化について、対話機能を中心に技術的側面とそれによって可能になるサービスについて述べた。平成12年11月に策定された「IT基本戦略」に基づく「e-Japan戦略」によると、2005年には少なくとも3,000万世帯が高速インターネットに低廉な料金で常時接続可能となる。住宅内情報化に関するインフラ系の整備はこれから急速に進むことになる。このような情報インフラ系の変化に際し、最も大切なポイントは、その中心を「人」とすることである。住まい手がゆとりと豊かさを実感できる生活実空間、サイバー空間、実空間・サイバー空間複合化空間等、「人」を中心とした技術開発が必要となってくる。

執筆者紹介

野村淳二 (NOMURA Junji)

1971年京都大学工学部電子工学科卒業。京都大学工学博士。1971年松下電工(株)入社。現在、取締役、新事業推進部長、システム開発センター所長。日本バーチャルリアリティ学会、システム制御情報学会、ヒューマンインタフェース学会など各会員。

nomura@icrl.mew.co.jp

研究室紹介

このページでは、電気系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)

電気系関係研究室一覧

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

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)

イオン工学実験施設

高機能材料学講座 クラスタイオン工学分野

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 高度エネルギー変換分野

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 (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)

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)

レーザ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）

「行き先階登録方式エレベータの群管理システムの研究」

本研究室では、複合システム論という立場から、一つに手術中の患者の血圧制御や静脈麻酔における麻酔深度の制御など医療システム工学上のテーマを、また一つに電力・鉄鋼・交通など工学分野でのシステム最適化のテーマを扱っています。その中で今回は、「行き先階登録方式エレベータの群管理システムの研究」について説明したいと思います。

最近、行き先階登録方式と呼ばれるエレベータシステムが注目を集めつつあります。従来のエレベータでは、各階のエレベータホールに図1(a)のようなボタンが設けられていて、乗客は自分の行きたい方向（上下方向）をこのボタンで指定します。実際に行きたい階（行き先階）は、エレベータに乗った後で指定することになります。これに



(a) 従来の方式



(b) 行き先階登録方式

対して、行き先階登録方式の場合には、例えば図1(b)のようなボタンがエレベータホールに設けられていて、乗客はホールで直接行き先階を指定するようになっています。この場合、エレベータを管理するシステム側から見ると、各乗客の行き先階の情報をより早い時点で知ることができるわけです。この情報をうまく使うことにより、従来よりも効率よく乗客を運搬できるのではないかと期待されています。

本研究室ではこれまで、行き先階登録方式エレベータの群管理システム、つまり、複数台のエレベータを効率よく動かすシステムの研究を行ってきました。群管理システムでは、呼び割り当て：エレベータホールでボタンを押した乗客をどのエレベータに割り当てるか、運行決定：各エレベータをどのように動かして割り当てられた乗客を運んでいくか、という二つの点を考えなければなりません。現在のところは、エレベータの運行決定に重点を置いて、理論的な研究を行っています。

私達はまず、エレベータの運行決定の問題を、乗客がホールでボタンを押した時点でエレベータの運行を決定し直していくという、動的な最適化問題として定式化しました。運行のよさを表す尺度（評価関数）としては、今のところ、各乗客がホールでボタンを押してから、行き先階でエレベータを降りるまでの時間の平均（平均サービス完了時間）を用いています。この最適化問題に対して、分枝限定法を用いた厳密解法を構成しました。分枝限定法の性能は、構成方法によって大きく変わってしまいますので、いろいろな工夫が凝らして高速化をはかっています。

次に、エレベータの運行シミュレータを作成し、一般的なエレベータ運行と新しい手法による運行との比較を行いました。その結果、提案手法を用いることで、平均サービス完了時間を最大で20%以上改善できることがわかりました。

残念ながら、現在の解法では計算時間の面で、現実のエレベータシステムに組み込むのはまだまだ無理な状況ですので、今後、解法の高速度の研究を進める予定です。また、運行決定問題についての成果をベースとして、呼び割り当て手法の研究を行いつつあります。

電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研究室）

「固体窒素を用いた新冷却方式高温超伝導マグネットシステムの開発研究」

近年、冷凍機によって20～40 K程度の極低温環境が手軽に得られるようになってきている。同温度領域では、ビスマス系に代表される高温超伝導材料の電流輸送特性ならびにその磁界特性が大幅に向上することから、様々な冷凍機冷却方式高温超伝導機器が検討されている。ところで、伝導冷却方式では冷媒を用いた方式と比較して擾乱に対する損失特性の劣化が激しく、最悪の場合には焼損等の危険性も憂慮される。そこで、同方式に補助冷媒を付加すれば機器の信頼性が格段に向上するため、そのような冷媒の一つとして固体窒素（3重点：温度＝63.1K、圧力＝12.5kPa）が考えられる。安価で資源が豊富である上に環境に優しい固体窒素を補助冷媒として用いることができれば、機器の信頼性が格段に向上すると期待される。固体窒素冷媒の研究は、1970～1980年代に主として宇宙応用において行われた。一方、同固体を高温超伝導機器用冷媒に適用する試みは、最近になってマサチューセッツ工科大学（MIT）や韓国電気研究所（KERI）において検討されているが、固体窒素と冷却対象の熱接触に関する詳細な検討は行われていない。一般に固体冷媒と冷却対象との熱接触は極めて悪いため、これを改善することは固体冷媒の使用可能性を探る上で重要である。

我々は、伝導冷却方式窒素固化法において、試料空間への熱侵入を可能な限り抑えるとともに固化時の冷却速度を遅くすることにより、高温超伝導コイルと固体窒素との熱接触が大幅に向上することを見出した[1] また数値シミュレーションにより、我々の方法で作製した固体窒素の実効的熱伝達率は、従来の減圧法によるものよりも6倍以上良いことが分かった[2] その他、固体冷媒の所謂ドライアウト現象に関する伝熱学的知見も得ている[1] 一例として、BSCCO-2223高温超伝導コイル（図1）に過電流通電した際の電圧変化を図2に示す。真空中では10秒程度で熱暴走を引き起こすような条件下においても、我々の方法で作製した固体窒素に含浸した場合では損失の殆ど発生していないことが分かる。

固体窒素は35.61Kにおいて構造相転移を起こして比熱が向上することから、今後は20～30Kの温度領域をシステム運転温度として検討を進める。また、固体窒素の実効的熱伝導率の向上や液体ネオンとの併用によるパフォーマンスの向上などにも挑戦していきたい。さらには、別途研究している高温超伝導コイルの静止形フラックスポンプ方式永久電流減衰補償システムと組み合わせることにより、高機能高温超伝導マグネットシステムを志向する予定である。このシステムが開発されれば、例えばMRI（Magnetic Resonance Imaging）装置等への応用展開が期待される。

<参考文献> 1. T. Nakamura, I. Muta, K. Okude and T. Hoshino, Physica C (2002) in press.

2. 中村武恒, 奥出健一, 藤尾彰尚, 牟田一彌, 星野勉, 低温工学, 投稿中.

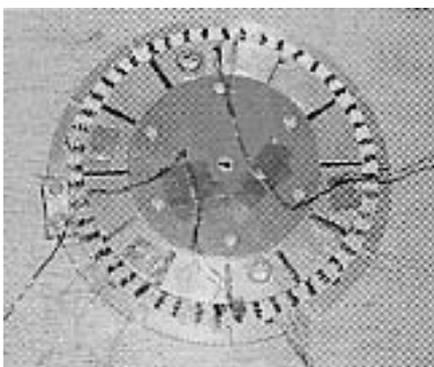


図1 高温超伝導コイル

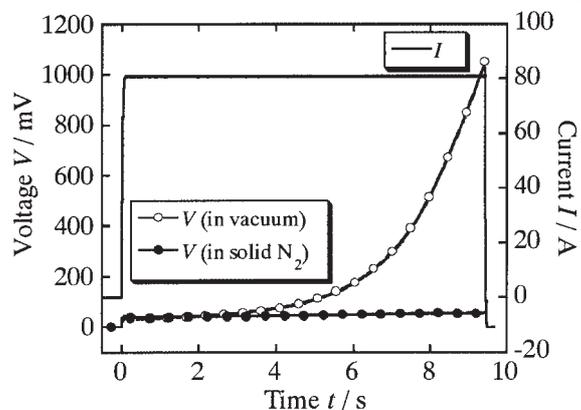


図2 過電流通電に伴う電圧変化（60.0K）

電気システム論講座 自動制御工学分野（萩原研究室） 「周期時変系に対するシステム制御理論の基盤構築」

1. 周期時変系

我々が対象とするシステムは、過去に行った操作がその時点のみならずそれより将来においても影響を及ぼすという意味での動特性を、多かれ少なかれ有している。この動特性が時間的に変化しないシステムを時不変系と呼んでおり、実システムの多くがこの範疇に属する（近似可能である）。しかし一方では、動特性が時間的に変化する時変系と呼ばれるシステムもまた数多く実在する。前者が定係数の微分方程式に対応するのに対して、後者は係数が時間的に変化する微分方程式に対応しており、当然のことながら扱いは厄介となる。このため、時不変系に関するシステム制御分野の研究成果の時変系への一般化がどこまでなされてきたか、という点に関して、現状はまだ不十分といわざるを得ない。

時変系の中でも、動特性の周期的変動を伴うようなシステムが周期時変系と呼ばれるものであり、そのようなシステムについての研究は、理論的にも実用上も重要なものである。それはひとつには、上記のように理論を一般化して適用可能対象を広げていく過程として、時変系のなかでも扱いが相対的には容易なクラスに属することによる。加えて、回転に代表される周期現象が、自然現象から人工物に至るあらゆるものの中に普遍的に見いだされることから明らかであろう。あるいはまた、周期系の解析は、ある種の偏微分方程式の解析とも関連した実用的意義を有している。

2. 作用素理論に基づく周期時変系の解析

システム制御における基本的アプローチは、与えられたシステムの入出力間の動特性を表現するモデルを導入し、それに基づきさまざまな制御性能の解析や制御装置の設計を行うというものである。モデルとして代表的なもの1つに伝達関数があり、これに基づく周波数領域での解析・設計手法が古くから研究されてきた。しかし、周期時変系に対しては伝達関数モデルが存在し得ないことは明らかであり、これに代わるモデルが必要となる。そのようなモデルをいかにすれば導入可能かという問題は、実は、本誌第3号において紹介した現代的サンプル値制御理論に関する研究とも極めて類似の側面を有している。しかし一方では、周期時変系の問題では、変係数の微分方程式を対象としているという点において、そこでの問題とは異なる本質的により難しい点があり、取り扱いも全く異なるものとなる。ここでは本誌の性格や紙面の都合上、その詳細に関しては割愛させていただくが、一言で概観するならば、周期関数のフーリエ級数展開により得られる展開係数列の作る（あるいはこれが属する）無限次元空間 ℓ_2 上での作用素として周期時変系をとらえることにより、（本来的には時不変系に対する概念である）周波数応答の概念を拡張して（作用素として）持ち込むことを可能とし、これに基づき制御性能を論じるというものである。

実際には、このような手法を構築する上では、例えば、微分操作に関連して現れる非有界作用素の問題や、周波数応答作用素が一般にはコンパクト作用素でないという問題などをはじめとして、さまざまな厄介な点がある。ここで、コンパクト作用素とは、平たくいえば、「無限次元空間 ℓ_2 全体においてそれを一様に近似するような、有限次元の性質を有する作用素が、任意の指定近似精度のもとで存在する作用素」のことである。したがって、この性質の欠如が本質的な無限次元性とでもいうべきもの（ある意味での収束性の欠如）を意味し、例えば数値計算上でもさへも困難を回避する工夫を伴うであろうこととしてここでの問題点をご理解いただければ幸いである。これらの難点を克服しつつ周期時変系に対するシステム制御理論の基盤構築を行っているところである。

本研究の性格上、あるいは筆者の力不足のため、後半部においては理論面に立ち入った細かな話にならざるを得なかった点、ご容赦いただければ幸いである。

機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研究室） 「有極性低分子薄膜の構造制御とその強誘電物性の解明」

1. はじめに

有機電界発光（EL）素子や有機電界効果トランジスタ（FET）に代表される「有機薄膜エレクトロニクス」や、単一分子電子素子の創成を目的とした「分子ナノエレクトロニクス」など、有機分子を能動的電子デバイスに活用しようとする研究が各地で精力的に進められている。以前より当研究室では、個々の機能性分子の配列制御や有機分子集合体における光・電子物性の解明を主要なテーマの一つとし、新規な有機電子デバイスの創成を目的とした研究を遂行してきた。ここでは、代表的な分子の配列制御手法の一つである真空蒸着法を用いて作製した有極性低分子薄膜における、特異な結晶構造特性とその電気特性評価に関する研究について報告する。

2. 有極性分子蒸着膜における結晶構造の制御と強誘電特性評価

本研究では、代表的な強誘電ポリマーであるポリフッ化ビニリデンの低分子量体である新規合成フッ化ビニリデン（VDF）オリゴマー $[\text{CF}_3(\text{CH}_2\text{CF}_2)_n]$ を使用した。VDFオリゴマーは分子鎖内に大きな永久電気双極子モーメントを有する極性分子である。この分子には個々の分子鎖の構造とそれらが結晶化した時の結晶構造の違いにより、図1に示すような強誘電相（Ⅰ型）と常誘電相（Ⅱ型）の2種類の結晶相が存在する。この強誘電物性を利用することで有機分子デバイスへの応用展開が期待できるが、バルク状態では残念ながら常誘電相であるⅡ型が安定相である。我々は、成膜条件の制御によりⅠ型が優先的に形成される薄膜を作製する研究を進めており、これまでにKClやKBr等のイオン結晶性の絶縁性基板上ではⅠ型結晶からなる蒸着薄膜の作製が可能であることを示した。今後の電子デバイスへの応用に向けては、金属基板表面上でのVDFオリゴマー分子の結晶構造制御が強く望まれているが、最近の我々の研究により、蒸着時の基板温度を -100 以下まで冷却した状態でVDFオリゴマー薄膜を作製すると、任意の基板表面上においてⅠ型が優勢となる薄膜を形成できることをはじめて明らかにした。実際に、Pt基板上に基板温度 -160 で成膜したVDFオリゴマー蒸着膜（膜厚500nm）に三角波電圧を加えて電流電圧特性を測定した結果（図2参照）VDFオリゴマー分子の分極反転によるスイッチング電流のピークが観測され、VDFオリゴマーの強誘電性を確認するに至った。

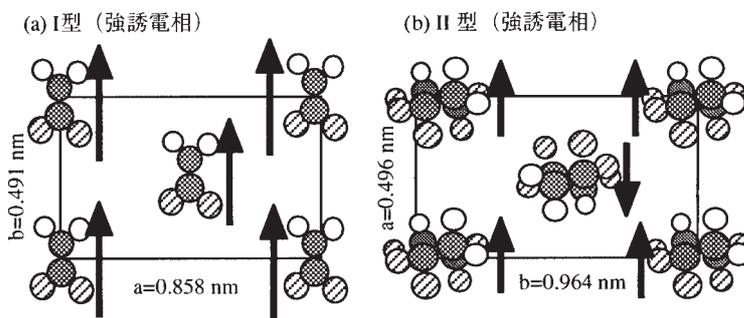


図1：VDFオリゴマーの結晶構造模式図

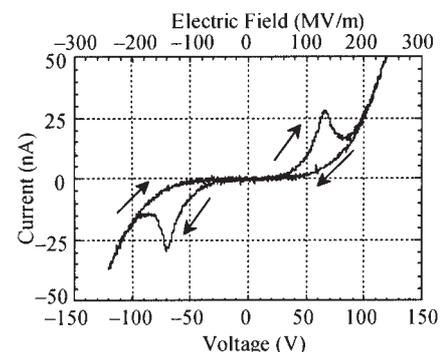


図2：VDFオリゴマー蒸着膜の分極スイッチング電流

量子工学講座 光量子電子工学分野（野田研究室）

「次世代フォトニクス・デバイスの研究：フォトニック結晶デバイス - 」

本研究室では、光分野で革新をもたらすような新しい構造・デバイスの開発を目的として、フォトニック結晶およびそのデバイス応用、超高速光 光変調デバイス、量子ドットデバイス等の研究を積極的に進めている。今回は、その中でも、フォトニック結晶を用いた新しいデバイスについて紹介する。

フォトニック結晶とは、周期的な屈折率分布をもつ新しい光材料を意味し、光子のエネルギーに対してフォトニックバンドギャップが形成されるという特長をもつ。このバンドギャップ中では、光子は状態を取り得ず、光は完全に結晶から遮断されることになる。このことは、周期ポテンシャル分布をもつ固体結晶（特に半導体）において電子に対するエネルギーバンド構造が形成され、バンドギャップ中において電子が状態を取り得ないのと類似の関係にある。完全フォトニックバンドギャップをもつ結晶に対し、結晶構造の一部を人為的に乱す、つまり「欠陥」を導入して光を局在させる、あるいは複数の欠陥列を介して光を伝播させる等の、「欠陥エンジニアリング」を行うことにより、光を様々に制御することが可能となる。これにより、極微小域で光を直角に曲げたり、零しきい値レーザという究極のレーザを実現したり、さらには、運動している光子を極微小欠陥で捕獲し、かつ放出するなど、従来にない新しい光の制御が可能となると期待される。もちろん当然のことながら、それに先立ち光波長域にバンドギャップをもつ2次元、さらには3次元の完全フォトニック結晶を実現すること自体も、重要な研究課題となっている。

我々は、図1に示すような2次元フォトニック結晶スラブ（薄板）を用いた新しい機能デバイスを提案している。これは、2次元フォトニック結晶スラブ（薄板）中に設けた線状欠陥導波路に様々な光子エネルギーをもつ光を導波させ、導波路の近傍に設けた点欠陥により、点欠陥準位に相当するエネルギーをもつ光子を捕獲し、点欠陥共振器中で共振している間に、垂直方向に光が取り出されるという原理で動作するものである。種々の大きさをもつ欠陥を複数個、導波路の近傍に設けるだけで、光波長多重通信において重要な超小型の面出力型の光アッド・ドロップデバイスの実現等に繋がるものと期待される。これまでに、図2に示すように、その基本動作の実証に成功するとともに、(a)ドロップ波長が欠陥の大きさを変えることで十分にチューニング可能であること、(b)Q値は、（空気部分の多いアクセプタ型としては）450程度とかなり大きな値であること、(c)取り出し効率は、数10%以上とかなり高いこと等を実証している。詳細は、

S. Noda, et al, *Nature* 407 (2000) 608, A. Chutinan, et al, *APL* 79 (2001) 2690, 野田、物理学会誌、57 (2002) 46-49.

等を参考頂ければ幸いです。

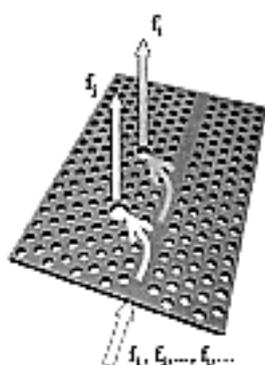


図1．デバイス構造

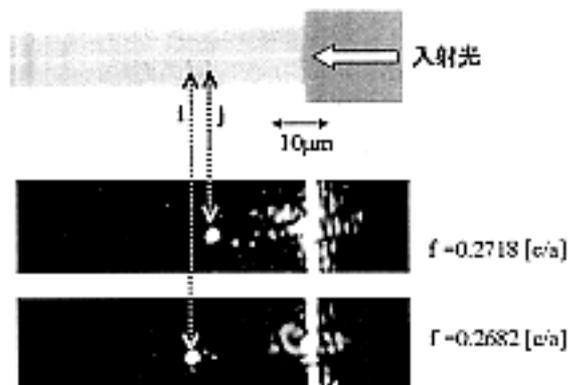


図2．点欠陥による光子の捕獲と自由空間への放出実験結果

量子工学講座 量子電磁工学分野（北野研究室） 「超短パルスレーザーによる光/マイクロ波シンセサイザ」

光の周波数は、電氣的に扱うことができるマイクロ波周波数に比べておよそ1万倍も高く、周波数カウンタで直接計測することはできない。そのため従来は、マイクロ波から、遠赤外レーザー、赤外レーザー、近赤外レーザーと、数倍ずつ遜倍して測定していた。その装置は大掛かりなもので、教室2部屋くらいの大きさになる。しかも連続運転は不可能で、特定の周波数しか測定できないものであった。

ところが3年程前、超短パルスレーザーを用いて従来の方法と遜色ない精度で光周波数を測定できることをドイツの研究者が実証し、この事情が根本的に覆された。超短パルスレーザーはモードロックレーザーと呼ばれる種類のもので、正確に一定の時間間隔で光パルス列を発するという特徴をもつ。これを周波数領域にフーリエ変換した姿は、正確に一定の周波数間隔だけ離れた多数のレーザー光の集合となっている。その形状からこれは光コム（comb = 櫛）をよばれ、これを光周波数の物差しとして使うことによって、光周波数の2点間の差周波数を測定することができる。

ここで光コムが低周波数端の2倍の周波数まで高周波側に広がっているとす。音と同じように、2倍の周波数差を1オクターブとよぶ。1オクターブ光コムの低周波数端の2倍の周波数を発生させると（これはある種の結晶にレーザー光を通すと容易に得られる。）、発生した周波数2倍の光コムは、元の光コムの高周波端と重なる。詳細は省略するが、このように光コムにおいて自分自身を参照すると、光コム全体の周波数軸上での位置（中心周波数）がわかり、その位置を変動しないように固定することができる。さらに光コムの周波数間隔も変動しないように制御すると、光コム1本1本の周波数が決まる。そうすると、2点間の周波数差を測定できるばかりではなく、周波数値が決まった10万本ものレーザー光が1オクターブにわたって同時に得られることになる。レーザー光の周波数を測定するときは、そのうち1本の光コムとの周波数差をビート周波数として測定すればよい。1オクターブ光コムは、やや高出力のモードロックレーザーの光パルスをもつフォトニック結晶構造を径方向に作りこんだ特殊な光ファイバーを通すことによって容易に実現できるようになった。その結果、この周波数測定法は急速に発展している。

本研究室では小型化・高信頼性化と極限性能の両面を追及する。前者では、半導体レーザーをモードロックさせ、ワンボックスの光周波数計や光シンセサイザの実現を目指す。GPSの時間信号を基準として利用すると12桁の精度が保証された基準マイクロ波を容易に手に入れることができる。今までの光技術では、光はもっぱら波長で区別して利用されてきた。分光器などによる波長の測定は簡単だが、長さの精度が低いため、測定精度は原理的に10桁ほどで制限される。1オクターブ光コムが小型の装置で実現できれば周波数が高い精度で測定できるようになり、光通信をはじめとして新しい応用が開けてくる。

また、後者ではレーザーの周波数を測定するのではなく、安定なレーザーの方に光コムを安定化し、レーザーの安定度に等しい安定度をもつマイクロ波を、光コムの周波数間隔、つまり、パルスの繰り返し周波数から得ることを目標としている。光の周波数がマイクロ波より一万倍高いことがここではいい方向に働き、レーザー光の周波数の安定度はマイクロ波よりも高く、原理的には18桁も得られると試算されている。このような安定なレーザー光を、真空中に閉じ込めた唯一のイオンを利用して実現する研究も行っている。

参考文献）杉山「フェムト秒レーザーによる光とマイクロ波を結ぶ新しい周波数チェーン」
日本物理学会誌（執筆中）



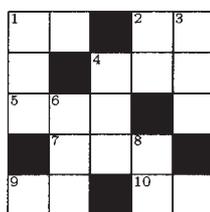
開発中のモードロックレーザーシステム

知能メディア講座 言語メディア分野 「日本語クロスワードパズルを解く」

我々人間は、パズルやクイズを解くことに知的な楽しみを見いだします。クロスワードパズルは、「ことば」に関するパズルの中で最も良く知られたものの一つで、カギ (clue) と呼ばれるヒントから単語を推測し、グリッド (grid) と呼ばれる格子のマス目の空欄 (白マス) を埋めつくすパズルです。おそらくほとんどの人は、一度はクロスワードパズルを解いたことがあるでしょう。しかし、クロスワードパズルを解くということがどのようなプロセスであり、そのためには、どれくらいの知識や常識が必要であるか考えたことがある人はほとんどいないでしょう。計算機にクロスワードパズルを解かせようとする試みは、「ことば」に関する人間の能力に対して、パズルという側面から光を当てる試みに他なりません。

クロスワードパズルを解くという問題は、おおよそ、(1)テキストとして与えられるカギから答 (単語) の候補を推測する問題と、(2)推測した候補を使ってグリッドを埋める問題、に分割することができます。このうち、我々が特に興味があるのは前者の問題で、これは、いわゆる常識テストに相当します。この常識テストには、定義から単語を推測する問題 (「四つの季節 (2)」 「四季」) や、具体例から概念を推測する問題 (「アサリ、サザエ、ハマグリ」 「貝」) あるいは、典型的な状況から単語を連想する問題 (「雨の日にさす (2)」 「傘」) 雑学的知識を問う問題 (「煎餅が好きな動物」 「鹿」) などが含まれます。さらに、下図のクロスワードにはありませんが、ことば遊びやとんち問題 (「いわないけど不味くない動物 (2)」 「馬」) なども含まれることがあります。

このような常識テストを、計算機はどれくらい解くことができるでしょうか。本研究では、自然言語処理技術と自然言語処理のための各種資源 (辞書やコーパス) を用いて、日本語クロスワードパズルを自動的に解くことを試みました。作成したシステムでは、カギから答を推測するプロセスを「連想」として捉えます。この連想を、8種類のタイプ (同義、反義、説明 - 対象、一部 - 全体、コロケーション、強い連想、弱い連想、推論) に整理し、各種の資源に対して、これらの連想を行なうプログラムを多数実装しました。カギから答の候補を求める処理では、まず、カギを言語的に解析し、次にそのカギに強く結び付いた連想タイプを求めます。たとえば、「無料のこと (2)」は「Xのこと」というパターンのカギであり、このパターンは「同義」という連想タイプと強い関係があるため、このカギは最終的に、「無料」の同義語のうち2文字のものを探せ」というコマンドとして解釈されます。こうして同義語を探すプログラムが起動され、「ただ」や「口八」などの候補が得られることとなります。実験では、作成したシステムは、約21%のカギに対して正解を1位として出力し、約56%のカギに対して正解を上位30位以内に出力しました。これらの候補を使ってグリッドを埋める探索問題を解くことにより、クロスワードの最終的な答が求まります。下図は、本システムが完全に解くことができたクロスワードの一つです。



ヨコのカギ

- 1 四つの季節 (2)
- 2 雨の日にさす (2)
- 4 赤と白とロゼがある (3)
- 5 病気を治す人 (3)
- 7 スギナの子 (3)
- 9 崖から落ちる川 (2)
- 10 Rがつく月に食べる (2)

タテのカギ

- 1 パーティの進行役 (3)
- 2 アサリ、サザエ、ハマグリ (2)
- 3 脂が乗った夏の魚 (3)
- 4 外国語を日本語に訳すこと (3)
- 6 漆塗りの器 (3)
- 8 煎餅が好きな動物 (2)

大西憲司作。許可を得て掲載。©大西憲司。(http://club.pep.ne.jp/~necochichi/pc2/cw/cros504.htm)

参考文献

- [1] 佐藤理史.日本語クロスワードパズルを解く. 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.4, 2002-NL-147-11, pp69-76, 2002.

通信システム工学講座 伝送メディア分野（森広研究室） 「インパルス雑音環境下における最適受信機に関する研究」

一般家庭において、パソコンやインターネットに接続可能な家電機器などの情報通信機器が普及しつつあります。これらの情報通信機器が互いの情報を交換し、インターネット上のリソースに効率的にアクセスするためには、家庭内のネットワークであるホームネットワークの構築が必要となります。我々の研究室では、ホームネットワークを構築するための通信媒体として、家庭内にはりめぐらされた電力線を利用することを考えています。電力線を利用したホームネットワークでは、新しく配線することが不要である、電力と情報の両方を同時に一本のケーブルで伝送できるなど、他の伝送媒体に見られない利点を有します。テレビ映像を伝送することを視野に入れた電力線ホームネットワークの構成図を図1に示します。

電力線を利用したホームネットワークは非常に利便性がありますが、家電機器内部のスイッチングレギュレーターなどにより発生する、突発的かつ高レベルの

インパルス雑音が情報信号に重畳する可能性が高まります。図2は典型的なインパルス雑音の一例を示しています。インパルス性の雑音に加わる伝送路上の雑音は、その統計的性質がガウス雑音の場合と異なります。一方、情報通信機器は、ガウス雑音に関して最適設計がされています。そのため、電力線ネットワークのようなインパルス雑音環境下では、情報通信機器の通信品質が大幅に劣化する可能性があります。

我々の研究室では、インパルス雑音環境下における受信機の最適設計について研究しています。様々な変調方式に対して、インパルス雑音の統計的性質を考慮に入れた受信機モデルを提案しています。提案受信機は、インパルス雑音に加わる伝送路において、ガウス雑音に最適化された従来の受信機と比較して大幅な性能向上が図れることを計算機シミュレーションにより明らかにしています。

今後は、インパルス雑音環境下に関して最適設計された受信機が、実際の電力線ホームネットワークに対して有効であることを実験により検証していきたいと考えています。

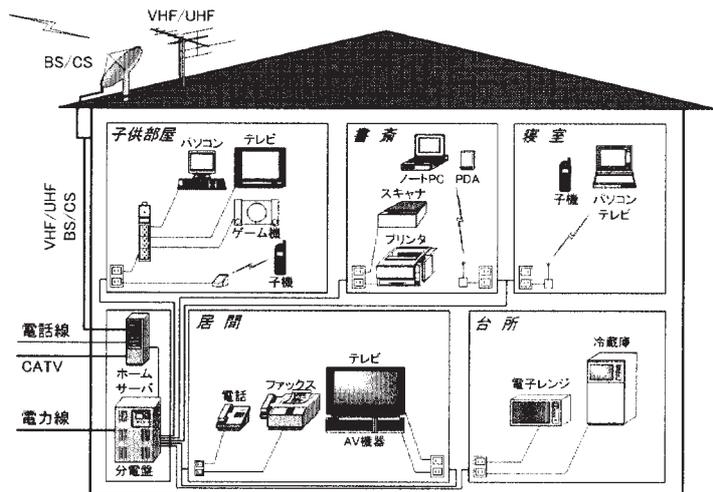


図1．電力線ホームネットワーク

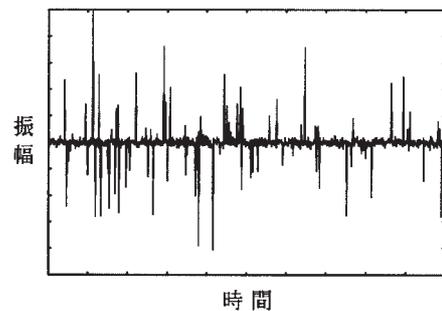


図2．典型的なインパルス雑音

通信システム工学講座 知的通信網分野（高橋研究室） 「光ルーティングネットワークの研究」

インターネットのトラフィックの急増を背景にした、波長多重伝送技術の進歩にはめざましいものがある。2点間の大容量情報伝送のみでなく、波長をルーティングにも用いるようになりつつある。現在は、ルータ間にオンデマンドで波長パスを設定するG-MPLSシステムの研究開発が行われており、将来は波長毎にパケット単位でルーティングを行う光ルータへと発展することが期待されている。

光ルータは光の高速性・大容量性・波長によるルーティングといった特徴をノード技術としてもフルに活用しようとするものである。しかしながら、実用的な意味で有効な光メモリが未開発であり、パケットの衝突を回避するためのパケットバッファリングが光ルータ実現上の重要な課題となっている。そこで本分野では、課題解決のアプローチのひとつとして、電気ルータで構成されるエッジルータを共通バッファとして用いる光ルータの研究を進めている。この方式ではパケット衝突の有無によって、ノード内のパケット経路が異なるため、パケットの順序逆転が発生し得る。この順序逆転を防止するための各種バッファ制御アルゴリズムを検討し、その性能を評価した。その結果、全回線容量の1/10程度の容量をもつ電気ルータを用いれば、高能率な回線を収容する大容量のルータが実現できることを明らかにした。このことから、光論理デバイスが開発されれば、光メモリが無くとも、光技術によるパケット・バイ・パケット・ルーティングの実現が可能であると考えている。

また、光ルータネットワークでは電気ルータネットワークと比べネットワークに装備されるパケットバッファ容量が異なるため、パケットの廃棄特性が大幅に異なる。後者が2状態的であるのに対し、前者は廃棄率が連続的に変化する。TCPに実装されているフロー制御アルゴリズムは、パケット廃棄の有無によって端末が自律分散的にウィンドウサイズを制御するアルゴリズムであり、電気ルータネットワークの廃棄特性を前提としたものである。そこで、廃棄特性が異なるネットワークが縦続接続された環境において、ふくそう状況に応じてフロー制御パラメータを適応的に制御するアルゴリズムの研究を行っている。

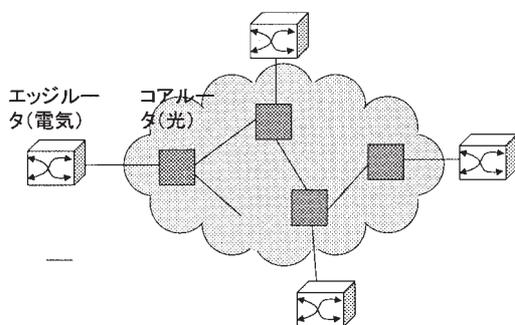


図1 光ルータネットワークの構成

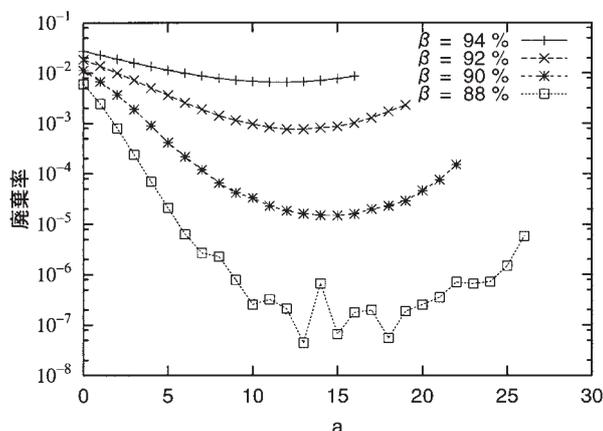


図2 バッファ制御アルゴリズムの評価例

集積システム工学講座 情報回路方式分野（中村研究室） 「JPEG2000スケーラブル画像符号化の組込み向け実装法」

近年、情報端末の多様化、ネットワークへの接続形態の多様化が急速に進んでおり、さまざまな通信速度がネットワーク上に混在する状態となっている。このような多様化した伝送形態に適した符号化手法としてスケーラブル符号化がある。これはひとつのストリームにより接続形態やアプリケーションに応じたレート/品質の情報を提供できるように符号化することである。我々は動画像のスケーラブル符号化に関してその利用形態、伝送路、端末への実装までを統括的に考慮し、次世代動画像配信システムの研究を行っている。本稿ではスケーラブル符号化を実現する静止画像圧縮方式であるJPEG2000 [1] で許可されている任意のプログレッシブ順序のビットストリームを生成可能な組込み機器向けJPEG2000符号器の設計について紹介する。

図1にJPEG2000における符号化の流れを示す。入力画像はタイルと呼ばれる矩形ブロックごとにDWT (Discrete Wavelet Transform; 離散ウェーブレット変換) が行われ、低周波成分と高周波成分に分解される。ここで低周波成分については再帰的に分解される。次にDWT係数は量子化され、さらに符号化ブロックと呼ばれる単位に分けられる。そして、符号化ブロック内のDWT係数から同じ桁のビットを集めることによりビットプレーンが形成され、上位ビットプレーンから順に係数モデリングが行われる。係数モデリングにおいて各ビットプレーンは3種類のパスによって順に走査され、その結果であるコンテキストと2値シンボルが算術符号器に送られ符号化される。符号化ブロック毎の算術符号器の出力はSN比向上への寄与の大きさに応じてレイヤと呼ばれる単位に分割される。SN比向上への寄与が大きいビットほど上位レイヤに属する。そして、周波数成分・位置・色成分・レイヤが同一であるストリームにより、パケットが構成される。このパケットを上の4要素に応じて並び替えることによってJPEG2000コードストリームが生成される。

JPEG2000で許可されている任意のプログレッション順序のストリームを生成するために必要な機能として(1)レイヤ分割(2)パス境界計算(3)タイルパート構成が挙げられる。レイヤ分割はSN比プログレッションの実現のために必要である。パス境界計算はレイヤ分割を行うために必要である。これは、レイヤ分割の位置が算術符号化されたパスのバイト境界に限定されており、またその境界が図2に示すように明確ではないからである。タイルパート構成はタイルの枠組を越えたプログレッション順序実現のために必要である。

これらの処理機能のそれぞれを効率的に実装する手法を我々は新しく開発した [2]。(1)レイヤ分割については、上位ビットプレーンから順にビットプレーンとレイヤを1対1に割り当て、さらにSN比向上への寄与の大きい低周波成分を優先的に上位レイヤに割り当てる手法を提案している。(2)パス境界計算については、算術符号器がパスの最後のビットを符号化した時、それまでに出力した出力バイト列中の最後のバイトのインデックスに4を加えた値でパスの終端インデックスを示す手法を提案している。(3)タイルパート構成については、タイルパートの数が増えるとヘッダ情報が大きくなり非効率的であるので、タイルパート数をスケーラブル符号化に必要な最小限に抑える手法を採っている。

算術符号器およびパス境界計算機構をハードウェア記述言語Verilog-HDLで記述し、0.15μmのライブラリを用いて合成したところ、そのハードウェア規模はNANDゲート換算でそれぞれ5435ゲート、1037ゲートとなった。他の処理はソフトウェアで記述を行った。また図3に提案レイヤ分割法を用いたときのビットレートとPSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)の関係を示す。これによりビットレートが大きくなるに従って画質が向上することが確認できる。



図1: JPEG2000符号化の流れ

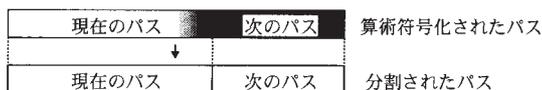


図2: パス境界

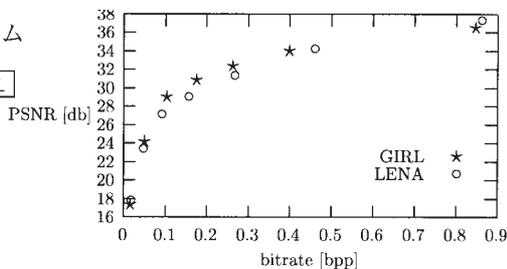


図3: レイヤ分割結果

参考文献

- [1] ISO/IEC 15444-1:2000, "JPEG2000 image coding system-Part 1: Core coding system," Dec. 2000.
- [2] H. Tsutsui, T. Masuzaki, M. Oyamatsu, T. Izumi, T. Onoye, and Y. Nakamura, "JPEG2000 Fully Scalable Image Encoder by Configurable Processor," in *Proc. 7th EUROMEDIA*, pp.168-172, Apr. 2002.

集積システム工学講座 超高速信号処理分野（佐藤研究室） 「再帰的非直交分解を用いた地下探査レーダ画像の雑音除去」

レーダを用いた地下探査において、対象物体の識別は最も困難な課題の一つである。特に、媒質の低域通過特性のため、探査深度を上げると共に利用可能な周波数帯域が低くなり、分解能が低下することが大きな制約となる。当研究室では、これまで離散モデルフィッティング法により、物体形状をなるべく少数のパラメータで表現し、推定の安定性と分解能の両立を図ってきた。しかし、この手法は比較的高精度なモデルの初期値を必要とするため、原画像のSN比が良好でないと適用が困難である。そのため、地下探査レーダ画像に特化した2次元放物型ウェーブレットを用いた雑音除去法の開発を試みている。ただし、雑音除去は一般に所望信号成分の劣化を伴うため、次の形状推定に悪影響を及ぼすことが問題となる。従って、単に雑音を除去して画質を改善するのではなく、原画像に含まれる信号の特徴抽出を行うことが重要である。ここでは、その観点に適した非直交ウェーブレットを用いた再帰的分解法による目標の特徴抽出について紹介する。

地表面を直線的に走査する地下探査レーダ画像は、均質媒質中の点状物体の場合に双曲線となる。従って、一般の場合についても双曲線形状を基本とした画像分解を行えば少数の成分で所望信号の特徴を表現することが可能と考えられ、効率的な雑音除去が行える。しかし、地下探査レーダ画像に適した双曲線状もしくはこれの近似としての放物線状ウェーブレットについては、双直交条件を満たすものを見いだすことが困難である。

これに対して、非直交な基底（辞書波形）を用いて再帰的に画像を分解する手法が提案されている。ここで辞書波形として最初に放物線形状を用い、次に双曲線形状、さらに減衰のある媒質中の波形と、段階的に分解を進め、効率的に埋設物の位置、媒質定数などを推定する手法を開発した。目標位置の決定にはFFTを利用した高速畳み込みを用いて辞書とのマッチングを高速化している。図1はSN比-6dBの雑音中に埋もれた擬似データ画像、図2はこの方法により、辞書中に含まれる2つの放物線状画像を雑音中から抽出した例である。

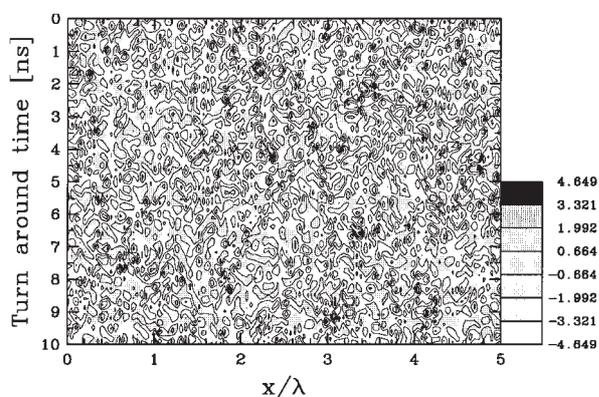


図1：ランダム雑音を加えた入力画像の例
(S/N=-6dB)

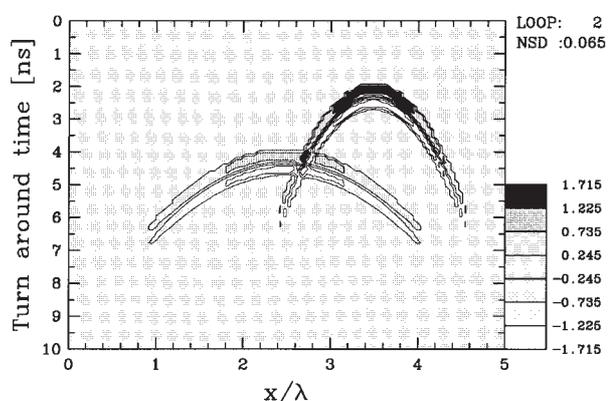


図2：2回の再帰的非直交分解により抽出された信号

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）

「LHD定常プラズマにおけるH α スペクトルプロファイルの微細測定」

磁場閉じ込めプラズマにおいて、周辺及び、ダイバータ領域での水素原子の挙動を明らかにすることは、将来の核融合炉において燃料制御の最適化を行ううえで重要な課題の1つである。周辺及び、ダイバータ領域での水素原子の速度分布は、リサイクリング過程により決定される。従って、詳細なH α 線のスペクトルプロファイルを測定することで、速度分布を得ることができ、リサイクリング過程を解明することが可能となる。本研究では、文部科学省核融合科学研究所が所有する世界最大級のヘリカル型磁場閉じ込め装置であるLHD（Large Helical Device）において、分光学的手法を用いて水素原子の挙動を明らかにすることを目的としている。

H α 線のスペクトルプロファイルの詳細な測定を行うために、高分解能を有する可視エッセル分光器とCCD検出器からなる計測システム的设计、製作を行った。また、製作されたシステムの較正を行うために、永久磁石（ $B=1.13\text{T}$ ）を用いたホローカソード放電による絶対波長較正装置を製作した。動作ガスに水素と重水素を使用し、そのバルマー- α 線のZeeman分岐を利用して、非常に狭い波長領域（ $656.0 \sim 656.3\text{nm}$ ）に6本の既知の線スペクトルを得ることができた。図1に絶対波長較正装置の全体図を示す。中央の真空容器内でホローカソード放電を行い、上下から磁場をかけている。図2は、図1の波長較正装置により測定されたH α 線のスペクトルプロファイルを示す。偏向した π および σ 成分は偏光板を用いてそれぞれ測定した。さらに、D α 線のスペクトルプロファイルを同様に測定し、 0.0025 nm/pixel の逆線分散を得た。

図3は、高分解能分光器システムでLHDにおいて測定した、H α 線のスペクトルプロファイルの1例である。プラズマは電子サイクロトロン共鳴加熱で生成され、その後中性粒子ビーム入射により加熱、維持された。測定されたスペクトルプロファイルは2つのガウシアンプロファイルでフィッティングできた。これは、水素原子の速度成分が大きく2つに分けられることを意味している。Narrow成分とBroad成分の中心波長（ 656.28nm ）からのずれに対するエネルギーは、それぞれ 0.11eV 、 1.59eV であり、ともに青方偏移である。特に、Broad成分は、真空容器壁面、ダイバータ板で反射した粒子を示しており、この成分は、磁場強度 $B=2.27\text{T}$ 、磁気軸 $R_{ax}=3.6\text{m}$ の配位において、真空容器内側により多く局在することが分かった。今後は、周辺部の電子温度、密度に対する依存性、数値計算との比較等を行い、より詳細に調べていく予定である。



図1．エッセル可視分光器用絶対波長較正装置

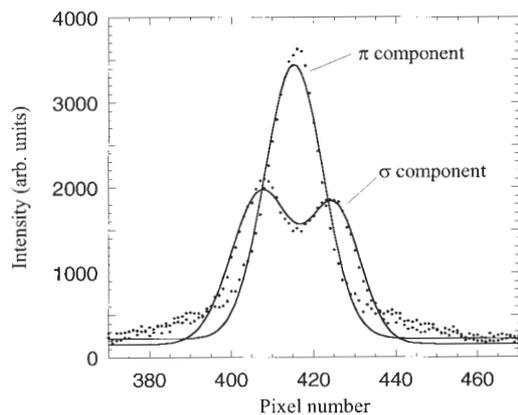


図2．絶対波長較正装置で測定されたH α 線スペクトルプロファイル

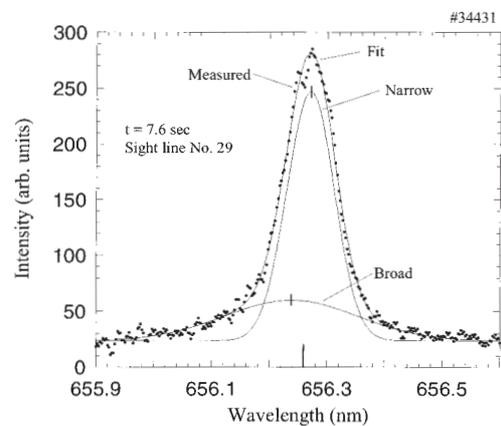


図3．LHDで測定されたH α 線スペクトルプロファイル

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野（野澤研）

「RSA暗号化回路の小面積回路構成と小容量メモリ化アルゴリズム」

1. はじめに

近年、IT革命によりネット上などデジタル世界での取引が増え、重要な情報を送信する機会が非常に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⁽¹⁾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ので、この二つの点についてそれぞれ考察した。具体的には、暗号方式としてRSA暗号を用い、RSA暗号化最小論理回路構成と少メモリRSA暗号化アルゴリズムを提案する。

2. 回路構成とアルゴリズム

第一に、RSA暗号化最小論理回路構成について述べる。この回路での情報の変換は、おおまかに分けて二つの段階を経て変換される。第一段階では、平文と暗号文とを対応づけそれにより平文から暗号文への暗号化論理情報を求める。次に、その暗号化論理情報にアドレス付けをし、FeRAM ARRAYに格納する。第二段階で、FeRAMに書き込まれた暗号化論理情報を読み出し、平文を暗号化する。このように一度暗号化論理情報を求めることにより、平文を暗号化する際、この暗号化論理情報を用いRSA暗号式を用いることなく暗号化することが可能となる。計算部以外の周辺回路のトランジスタ数を一定とし、計算部のANDゲート数と全トランジスタ数の関係について考察した結果を図1に示す。今回考察した回路構成では、計算部のANDゲートが1個の場合が最小であることが分かった。また、この回路構成をハードウェア記述言語で記述しFPGAで4bitsでの全ての暗号化鍵・平文の動作確認をした。

第二に、少メモリRSA暗号化アルゴリズムについて述べる。FeRAMの不揮発性・低消費電力・高速データ書き換えという特徴を用い、必要メモリ量を削減する。このアルゴリズムを用いるとビット長が56ビット時の情報を暗号化するのに必要なFeRAMはおよそ11Kbである。これにより、ビット長が大きくなってもメモリ量が爆発的に大きくなることなくなくなった。ビット長と必要最小メモリ量の理論的關係を図2に示す。

[参考文献](1) 香山信三、野澤博、ゲインセル結合型FRAMを用いたFPGA基本回路のシミュレーション(61回応用物理学会予講集、2000、9)

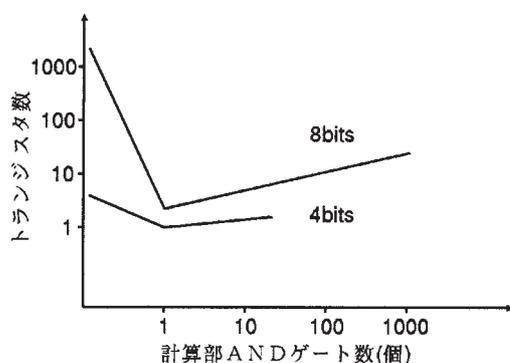


図1 トランジスタ数 - 計算部ANDゲート数関係

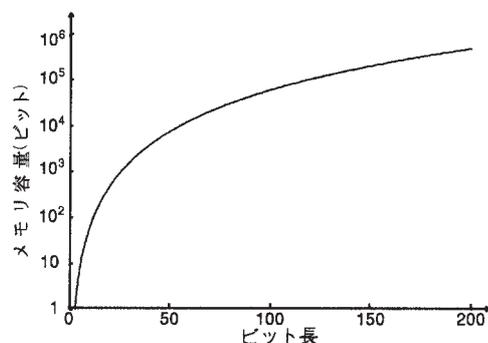


図2 ビット長 - メモリ容量関係

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）
「慣性静電閉じ込め核融合の研究」

慣性静電閉じ込め核融合（Inertial Electrostatic Confinement fusion: IEC）とはイオンを球形状中心に加速収束させ核融合反応を起こさせるもので、ビーム・ビーム衝突核融合の一種です（図1、2）。すなわち、球形状の陽極（真空容器を兼ねる）およびメッシュ状陰極の間でグロー放電を起こさせると生じたイオンは陰極に向かって加速されメッシュ状陰極を通過し球中心に収束します。イオンビームを球形状中心に収束させると電子はイオンの作るポテンシャルにより同じく球中心に集中してイオンの空間電荷を一部中和し、中心部のイオン密度を上昇させると考えられています。

IEC装置は将来の核融合炉としての用途以外にも、小型であるという利点から高速中性子・陽子源として地雷探査、石油探索、ガン治療など広い応用が考えられます。IEC中性子源は従来の超ウラン元素（例えば²⁵²Cf）中性子源と比べて、1）エネルギースペクトルが単色、2）崩壊による強度減衰がない、3）強度を自由に制御できる、4）パルス幅を任意に変えられる、といった点で優れています。

本研究室では、IEC動作原理の解明と核融合反応率の向上を目指して実験と理論の両面から研究を行っています。

理論研究においては、原子衝突過程を考慮した粒子シミュレーションコードを作成し、これを用いた解析で以下のような核融合反応メカニズムに関わる重要な成果を得ました。

- (1) イオンビーム電流がある敷居値を越えるとポテンシャルの山の内側に電子の存在に起因するポテンシャル井戸が生じ、二重井戸構造が生成される。
- (2) 二重井戸構造が形成される条件下では中性子発生数は電流の2乗以上の依存性を示す。

実験においてはこれまでに直径約35cmの装置で定常的に 1.1×10^{17} n/secのD-D中性子発生を実証しました。また、分光計測方法（レーザー誘起蛍光法）により陰極中心付近の局所電界強度分布の直接的な測定に世界で初めて成功、上述の二重井戸構造の存在を証明し（図3黒丸）、30年にわたる二重井戸の存在に関する議論に終止符を打ちました。また、ドップラーシフト分光法によりIECプラズマ中のイオンとの荷電交換反応によって生成される高速中性原子のエネルギー分布を明らかにしました（図4）。

今後は、これらの測定法を駆使して陰極中心付近のポテンシャル分布やイオンのエネルギー分布と中性子発生量との相関を明らかにし、IEC動作原理の完全な解明と核融合反応率の大幅な向上を目指します。

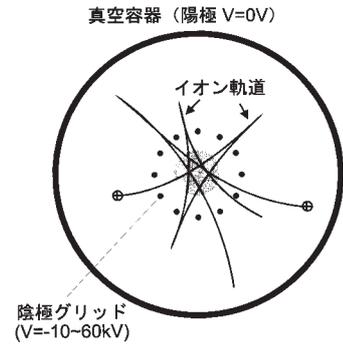


図1 IEC装置の概略図



図2 陰極付近の放電の様子

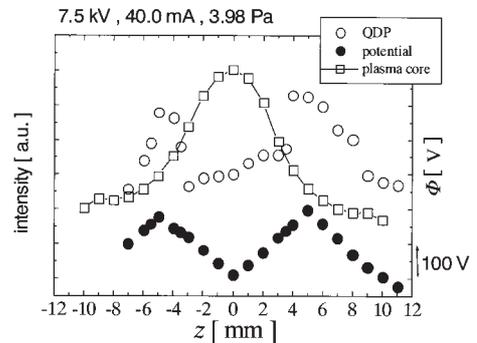


図3 二重井戸電位分布（黒丸）、プラズマコアからの自発発光強度分布（白四角）とレーザー誘起蛍光強度分布（白丸）

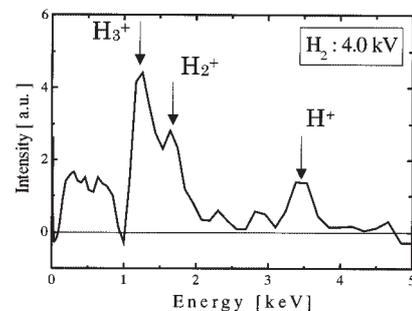


図4 中性水素原子のエネルギー分布。3つのイオン種に起因する3つのピークが見られる。

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） 「ヘリオトロン」装置における周辺プラズマの輸送」

トーラス型磁場閉じ込め装置で高温プラズマを長時間安定に維持・制御するためには、高温プラズマ閉じ込め領域の周辺（スクレイプオフ層（SOL））に存在する「周辺プラズマ」を、如何に旨く制御できるかが鍵となります。私たちの研究グループでは、先進的高温プラズマ閉じ込め磁場として提案しているヘリカル軸ヘリオトロン磁場配位における周辺プラズマ制御技術の開発を目指し、「ヘリオトロン」装置を用いた実験的研究を行っています。「ヘリオトロン」装置は周辺領域の磁場構造を大きく変えることが可能で、この研究を通じて、ヘリカル軸ヘリオトロン磁場に最適な周辺磁場構造並びに周辺プラズマ制御法開発への道が開けるものと期待しています。本稿では、周辺プラズマにおける粒子の輸送を実験的に調べることを目的として昨年度から開始した、トレーサ・ガス入射実験を紹介します。

この実験は、周辺プラズマ中にトレーサ粒子を注入し、その粒子の発するスペクトル線を分光器やカメラ等で捉えることによりトレーサ粒子の挙動を監視することによってプラズマの粒子輸送課程に関する情報を得ようとするものです。入射されたトレーサ粒子は、最初、電荷を持たないので磁力線に関係なく閉じ込め領域へと拡散して行きますが、その一部は周辺プラズマにより電離され、磁力線方向へ流れて行くと考えられます。入射粒子数に対するプラズマ閉じ込め領域内トレーサ粒子数の関係は、周辺プラズマによる外来不純物の「遮蔽効果」と関係します。また、電離されたイオンの流れはSOL領域のバルク・プラズマの流れと関連付けられ、周辺プラズマの粒子・熱輸送に関する重要な情報が得られるものと期待されます。

今回の実験では、水素プラズマに対して、ヘリウム（He）をトレーサとして用いました。図1は標準配位におけるHe入射放電のHeI（He入射位置と同一ポロイダル断面）、HeII（入射位置から約45°、180°トロイダル方向に離れた断面）および線電子密度（ $n_e l$ ）の時間発展（実線、w/He）を、He入射を行っていないもの（点線、w/o He）とあわせて示しています。He⁺からの発光がトロイダル方向に離れた位置で観測されており、イオン化したHeが磁力線に沿ってトロイダル方向へ拡散していることが示唆されます。プラズマ閉じ込め領域内に侵入したHe量は $n_e l$ が低くなるほど多くなる傾向が示されました。 $n_e l$ の低い放電ではSOLプラズマ密度も低く、SOL中でのイオン化割合が減少し、遮蔽効果が弱まるものと考えられます。また、HeIIフィルターを装着したカメラの映像（図2）は、He⁺が磁力線方向へ流れていることを明確に示しています。しかしながら、観測領域の狭さの問題も有り、磁力線に沿った流れが非等方であるか否かは今のところ明らかではなく、今後の研究で明らかにしていきたいと考えています。

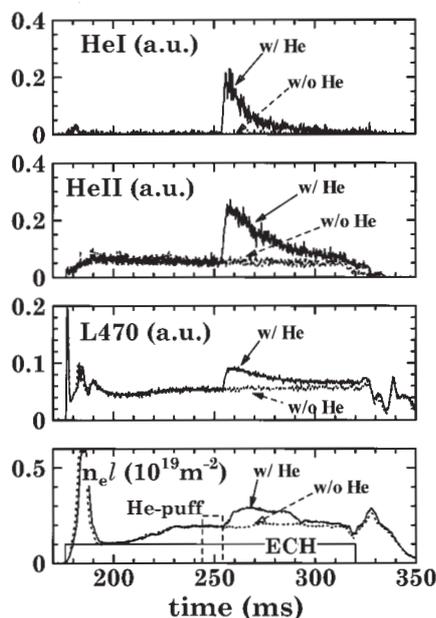


図1．ヘリウム放射強度（HeI、HeII、L470（HeII））および線電子密度（ $n_e l$ ）の時間発展例

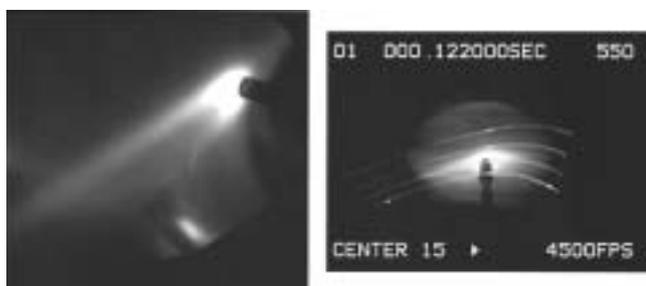


図2．周辺領域プラズマ流を調べるHe入射実験時のHe⁺からの発光（HeII 468.6nm）。
左図：トーラスの接線方向から見た場合。
右図：プラズマをトーラスの外側から中心に向かって見た場合（白線は磁力線の向きを示す）。

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）
「スペクトル拡散したパイロット信号を用いた到来方向測定システム」

当研究室は、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。本稿では携帯電話でも用いられているスペクトル拡散変調方式をマイクロ波無線伝送技術に応用にした研究を紹介する。マイクロ波を用い無線で電力を送るので、送電側と受電側が電線でつながっていない。宇宙空間で太陽光発電し、地上へエネルギーを伝送する宇宙太陽発電所（SPS）を始めさまざまな応用が可能である。

マイクロ波送電システムでは送電目標（受電側）から送信するパイロット信号を受信し、そのアンテナ間の位相情報を利用して、マイクロ波ビームの方向を瞬時にその目標へ向けるレトロディレクティブ方式というビーム制御法が採用されている。これまで研究されてきた方式ではパイロット信号は連続波（CW）を用いていたため、同一周波数での複数のパイロット信号や妨害波が存在すると干渉のために正しい送電目標位置が特定できないという欠点があった。そこでパイロット信号をスペクトラム拡散（SS）符号化することで妨害波に影響されない新しいシステムを開発している。受信した信号を逆拡散して元の信号に戻した上で、位相差を求める。複数のパイロット信号が来た場合にもCDMAの原理により、的確に処理が可能である。送電側が低軌道衛星で受電局が複数ある場合に、パイロット信号が同時に受信されることはあり得ることである。

実験例を示す。図1のように移動する送信器（#1）と40度方向の固定送信器（#2）と2ヶ所から、共に904MHzのSSパイロット信号を送信して電波暗室で実験を行った。1波長離れた2つのアンテナで受信した。それぞれの信号は周波数を10.7MHzに変換した後にそれぞれの拡散符号で逆拡散され、位相差を比較する。伝播距離は約2mで、図2の上図に位相差の測定値と理論値の誤差を、下図に到来角に対する誤差を示した。複数の信号を区別して到来方向が到来角で2度以内の誤差で得られた。このようにSS方式の有用性が確かめられた。現在は、測定精度の向上や送受信アンテナを同一の場所に置くことによる汎用化、送電下での安定な動作を得る方法の開発を行っている。

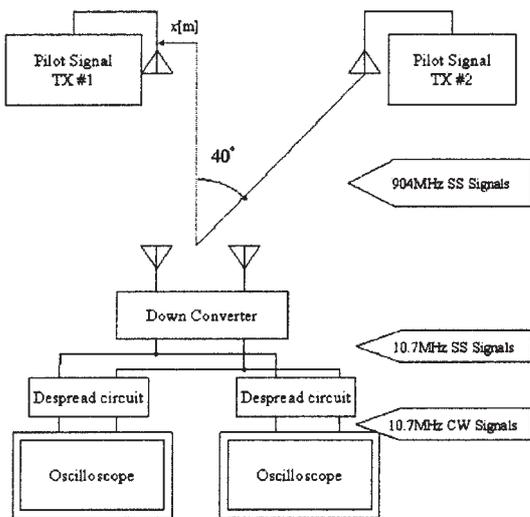


図1 SSパイロット信号による実験配置

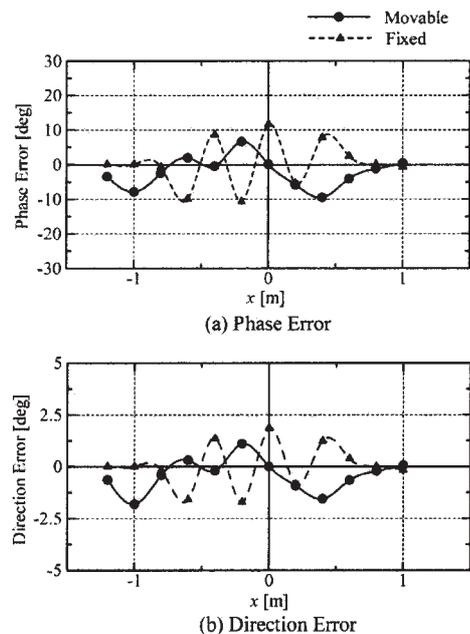


図2 SS拡散信号による実験結果

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）

「レーダー / 超高精度観測気球を用いた大気乱流・波動の研究：MUTSIキャンペーン観測」

京都大学宙空電波科学研究センター（RASC）はレーダー・リモートセンシング技術を開発し利用することで大気研究分野における世界的な先駆的研究機関として国際的に認知されている。特に、当センターが開発したVHF帯レーダーであるMUレーダー（Middle and Upper atmosphere radar：写真1）は、大気の様々な層構造を解明するための類稀な観測機として内外の研究者によって広く利用されている。このレーダーシステムは天候や時間に関わらず、数分・数百メートルという高い時間・高度分解能で大気の様々なパラメータを測定することが可能である。

MUレーダーはエコーのドップラーシフトを検出することで風速場を三次元で捕らえることができる。他、大気乱流、山岳波や重力波、安定成層や圏界面、そして前線面の通過などの情報も得ることができる。これらの現象は、微量物質や汚染物質の拡散、局所的な気象現象などに影響するため、これらの現象に関する研究は大気中における質量、エネルギーや運動量の輸送を理解する上で極めて重要である。レーダーエコーの原因である乱流による後方散乱の基礎的なメカニズムはよく知られていて、レーダーは半波長スケール（MUレーダーでは約3メートル）の屈折率変化に対して感度がある。

しかしながら、実際の大気中のこの散乱の性質は極めて複雑であり、まだ十分な説明がなされていない。そのことから後方散乱に対する更なる研究が必要とされており、例えば波動によって生成された乱流の発生・発展と消滅、安定大気中における層傾斜、より巨視的なスケールの動きとそれらとの関連などを特に理解する必要がある。

数メートル以下という超高空間分解能をもつ気球搭載センサーによる乱流の直接観測はこの研究のために甚だ有効ではあるが、技術的には困難を伴う。すなわち、乱流が引き起こす温度変化は極めて小さいため、例えば気球そのものが温度場を簡単に攪乱してしまうことがありうるからである。フランス国立宇宙センター（CNRS）に所属する大気科学研究所（Service d'Aeronomie）が開発した超高精度観測気球（写真2）は、およそ乱流の最小スケールである10センチメートルという高度分解能をもち、3 mKという高精度で気温の高度変化を測定することが可能である。この超高精度気球をMUレーダー近傍から飛翔させ、ドップラー観測や空間領域・周波数領域干渉計観測などの複数の観測をMUレーダーで同時に行うことが提案されてきた。

これを受けて1998年日仏共同で「MUTSI（MU radar, Temperature Sheets and Interferometry）」と呼ばれるプロジェクトがスタートした。2000年5月8～26日の期間にはMUレーダーとこの気球の観測結果を比較する目的のキャンペーン観測が実施され、京都府京田辺市から10機の気球が飛翔された。ここで得られたデータは、現在、RASCに滞在中のフランスのHubert Luce博士らを中心に解析中である。初期解析結果によると、シア不安定から引き起こされる乱流のすべての混合過程が存在することが明らかになった。この過程は温度層と呼ばれる安定薄層の根源となる主機構の一つであり得るし、レーダーの鉛直照射ビームからも検出されている。



写真1：MUレーダー外観



写真2：超高精度観測気球

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (KU-VBL)

「若手研究者助成・共同研究助成」～独創的アイデアをもつ若手研究者育成を目指して～

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL) は、多くの研究科、学部、研究所などから、先進電子材料に興味をもつ研究者が集まって研究を展開することを目的とした組織です。特に、大学院学生などの若い研究者がユニークな発想をもって参加し、ベンチャービジネスの萌芽となるような研究成果が生まれることを期待しています。そこで、京大VBLでは、1996年度より独創的なアイデアを持つ、学生・大学院生・ポストドクや学内、学外、企業等と連携して共同研究を行う若手研究者を対象として、研究援助を行っております。助成対象は本VBLのメイン研究テーマである「先進電子材料の開発」に加えて、「ベンチャービジネスを興す上での経済や法律面からの調査研究」など多岐にわたっています。助成者の採択は応募者の研究計画、プレゼンテーションを通して、独創性・計画性・やる気などを評価して決定します。助成期間終了後には、研究報告書の提出と成果報告会に加え、自分の研究内容と特許の関連、特許・VBに対する意見などを記した「特許レポート」の提出を義務づけています。また、当該年度における優秀な成果を挙げた研究課題にはKU-VBL賞を授与すると共に、採択研究者全員に本施設に常設している特許相談室の積極的な利用を呼びかけ、新規かつ独創的アイデアの特許化を支援しています。KU-VBLでは、本助成金制度を通して、研究のオリジナリティーの重要性や客観的な位置づけ、特許・産業界との関わりなど広視野で自分の研究を再認識し、研究者としての自覚が育まれることを期待しています。以下に、過去採択された研究リストを記します。

(VBLの活動内容詳細は、<http://www.vbl.kyoto-u.ac.jp/>にて紹介しています。)

【VBL若手研究助成・共同研究助成の採択課題例】

花粉特異的転写調節エレメント
を利用した人工的雄性不稔植物
の開発

「病院運営支援システム」開発
のためのニーズ実態研究とデータ
最適化技術の応用

微小肺腫瘍追尾システムの開発
(磁気誘導内視鏡手術システムの
開発)

フラーレンの新規分離精製法の
開発とその超伝導性の検討

導電性金属硼化物基板上的への
GaNヘテロエピタキシャル成長とデバイスへの
応用

ウエハ融着法による空気/半導体回折格子内蔵型
高機能半導体レーザの研究

PCIバス・インターフェース回路のIP (Intellectual
Property) 化

R&D型ベンチャーにおけるコラボレーション基
盤の確立とイノベーションの組織化課題

現在の大学における研究に求められているもの
とは

平成13年度 VBL若手研究助成および共同研究助成の募集

- 1. 研究助成の趣旨**
京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー(VBL)では、1996年度より独創的なアイデアを持つ、学生・ポストドクや学内外と連携して共同研究を行う若手研究者を対象として、研究援助を行っております。一昨年度より京大VBLの先端研究プロジェクトである「先進電子材料開発」に加えて、「ベンチャービジネスに関する調査研究や支援活動」も対象分野に加えてありますので、文系の学生・大学院生も奮ってご応募頂きますようご案内申し上げます。
- 2. 助成対象の研究者**
研究助成は、下記3つの項目に該当する者(個人・グループ)を対象とします。
(a) 本学学生・大学院生 (約10万円～50万円/年を限度)
(b) 本学ポストドク研究者 (約50万円/年を限度)
(c) 学外、企業等と連携研究を行う専攻助成者 (約100万円/年を限度)
(注) 学外との共同研究の場合も含め、予算執行は全て学内研究者が行います。
- 3. 助成期間と対象となる研究分野**
2002年3月末までとします。2002年3月に最終報告として報告書(A4縦2～4枚)および特許レポート(A4縦2枚以内)の提出と、2002年中に開かれる成果報告会にて発表を行っていただきます。(発表の場は別途決定します)。
対象となる研究分野は以下の通りです。(a),(b)に対しては下記(i),(ii),(iii)が、(c)に対しては下記(i)が助成対象となります。
(i) 京大VBLの場となる「先進電子材料開発」に関する研究分野
(ii) 特許取得およびベンチャーへの事業化を目的とする研究
(iii) ベンチャー・ビジネスに関する調査研究や支援活動
*注: 助成対象は平成13年度(2002年度)に限り、VBLにて開催する「13年度」の学内外の研究者に限り、併せて採択可能な場合があります。
- 4. 応募締切**
2002年7月13日(金)18時までに、2002年度(平成13年度)の募集要項に基づいて特別申請を受理いたします。詳しくは、VBL事務局までご連絡下さい。
- 5. 応募要領**
A4用紙1～2枚程度以下の点にて記入して下さい。
1. 応募者名、所属および身分、指導教員名(a)の助成対象者のみ)、連絡先、電話番号、e-mailアドレス
2. 題目
3. 目的 (具体的に)
4. 意義 (特許取得の可能性に関する項目を含む)
5. 希望助成金額とその使用内訳
6. 計画 (具体的に、特に助成金の使途を明確に。)
7. 準備状況
8. 国内および国外における当該研究などの現状
9. 共同研究の必要性 (c)の助成対象者のみ)
6. 提出および問い合わせ先
〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー2F 研究員室
石田 謙司 (E-mail: kishida@vbl.kyoto-u.ac.jp)
※お手上に用意した専用ボックスに提出して下さい。
7. 審査および採用通知
まず、簡単な一次書類審査を行います。一次書類の合格者には下記要領で最終審査を行い助成対象者を決定します。(一次書類審査の結果、および最終審査時期)は、E-mail等で7月19日までに本人に知らせます。
(審査審査予定)
日時 7月27日(金) 9:30～ 場所 KU-VBLセミナー室(2F)
審査方式 OHPにより1A6分程度の発表を行っていただき、その後、3分程度の質疑応答を行います。
一次 最終審査とともに発表の新しい資料や助成金の必要性などを整理して行います。
結果が決まりたい申請者に採否を報告します。なお、助成金は消費消滅品からの運用ですので、備品購入、旅費などには使用できません。
詳細は、石田(kishida@kuee.kyoto-u.ac.jp)までご連絡下さい。

H13VBL若手研究助成の募集ポスター



審査会場でのプレゼンテーションの様子

平成13年度修士論文テーマ紹介

平成13年度修士論文一覧

工学研究科 電気工学専攻

岡崎 俊 範（荒木教授） 「発電機燃料費の動特性を考慮した経済負荷配分法 需要予測の利用方法と補正方法の改善」

本論文では、発電機動特性を考慮した経済負荷配分法に関して、需要予測モデルの精密化、最適化で用いる需要予測区間の長期化、需要実績にもとづく需要予測の補正方法の改善等を研究した。

古河 雅 輝（荒木教授） 「2自由度PD制御系の調整法の研究」

本論文は、周波数領域での評価関数を使った2自由度PD制御系の最適調整法を研究し、得られた結果を、使い易い表および公式の形にまとめたものである。

養内 智 博（荒木教授） 「行き先階登録方式エレベータの群管理手法に関する基礎的研究」

本論文では、乗客がエレベータに乗る前にホールで行き先階を指定する行き先階登録方式エレベータの運行の効率化について研究した。具体的には、エレベータが2台の場合について、将来の乗客分布を考慮した乗客の割り当て方法を提案している。

中川 晋一朗（荒木教授） 「白内障手術時における前房内圧制御 臨床応用を目的とした制御手法の検討」

本論文では、白内障の治療法として一般的なPEA術において生じるサージ現象（前房内圧の急激な低下）を、オンラインで得られる前房内圧の計測値を用いて能動的に制御するシステムを開発した。

桐越 祐（島崎教授） 「分散メモリ型並列計算機を用いたFDTD法による高周波電磁界解析に関する研究」

FDTD法を用いたアンテナ解析の高速化の研究を行った。分散メモリ型の並列計算環境として、PCクラスタ、専用並列計算機への実装を行い、解析領域を分割し計算を行うことで高速・大容量計算を実現した。領域の分割法の最適化により並列化効率を改善した。

下出 大 輔（島崎教授） 「ヒステロンモデルを用いた強磁性体のヒステリシス特性の表現に関する研究」

ヒステロンモデルとしてストップモデルとプライザッハモデルを用い、フェライト及び電磁鋼板の磁気ヒステリシス特性のモデリングを行った。実測値との比較により、ヒステリシスモデルの表現能力を検討し、また、ストップモデルの同定法の改善を行った。

佃 岳 洋（島崎教授） 「最小二乗有限要素法の渦電流解析への応用に関する研究」

最小二乗有限要素法を渦電流問題に適用した。重みの適正化を行うことにより、ガラーキン有限要素法と比較して、高精度の解が得られることを示した。また、誤差評価法を渦電流問題に適用することにより解析領域の効率的な分割ができることを示した。

藤尾 彰 尚（牟田教授） 「固体窒素含浸高温超伝導マグネット開発のための基礎研究」

高温超伝導テープ線材と高温超伝導コイルを用いて冷凍機冷却方式の補助冷却材としての固体窒素が熱的安定性に及ぼす影響を調査し、高温超伝導マグネット開発に必要なデータを蓄積した。固体窒素は冷凍機冷却方式の高温超伝導マグネットの熱的安定性を向上させる可能性を持っている。

堂下 武 幸（牟田教授） 「EMTDCを用いた超電導発電機における諸故障下の過渡特性検討」

超電導発電機が一機無限大母線系統において定常運転を行っている時に故障が発生したとして、様々な条件下で解析を行い、過渡応答について考察した。シミュレータとしてEMTDCを使用した。モデル

化した超電導限流器を含む系統についても解析を行った。

奥出 健一（牟田教授） 「固体窒素による高温超伝導テープ材の熱的安定性に関する研究」

窒素を不用意に固化させると、固体窒素の収縮により線材との熱接触が悪くなる。その改善法として、窒素の凝固点直上からゆっくりと降温して固化させ、均質かつ緊密な結晶を作製する。窒素固化後において外部から適度に加圧を行なう方法を見出し、超伝導テープの安定化に資することを示した。

Massanori Nishikawa（牟田教授） 「現提案限流器の問題点検討と新方式限流器に関する基礎研究」

抵抗型および整流器型超電導限流器の問題点を解析・実験によって指摘した。整流型限流器で通過電流が急増する場合の改善策である直流可飽和リアクトル型限流器の動作解析、試作小型器による動作確認を行った。更に、設計指針を示し、100V/10A級の基礎設計を行った。

伊東 裕一（牟田教授） 「SN転移スイッチング素子の消弧法と消弧エネルギーの低減に関する研究」

SN転移スイッチング素子の消弧法の検討を行うとともに、SN転移スイッチング素子の応用を考えた時に問題となる、ゲートトリガエネルギーによる損失の低減について検討を行ない、SN転移スイッチング素子を作成し超電導全波整流器への応用に向け、ヒータエネルギー向上を実現した。

大塚 学（宅間教授） 「SF₆代替絶縁ガスの不平等電界における特性」

地球温暖化効果が大きいSF₆ガスに替わる絶縁ガスとして、c - C₄F₈を含む混合ガスの特性を調べた。金属汚損を針平板電極で模擬し、交流コロナ特性および雷インパルス破壊特性を明らかにした。後者についてはSF₆の場合と同様のリーダ放電モデルを適用して破壊電圧が計算できることも示した。

中村 知数（宅間教授） 「多体誘電体系の静電気力に関する研究」

誘電体多体微粒子系における静電場・静電気力の解析を境界要素法により実行し、球体・回転楕円体群が一様電界印加軸方向に接触連鎖配置した状況での数珠球形成力を求めた。数珠が電界軸に対して傾斜配置された場合や、体積導電率を考慮した交流電界下の応答も定量的に明らかにした。

永田 悟（宅間教授） 「真空中スペーサの帯電分布と発光特性に関する研究」

真空沿面放電の機構を解明するため、円柱型模擬スペーサを対象に4重プローブによるリアルタイム帯電電荷測定を行い、逆計算によって表面電荷分布を解析した。また、スペーサの表面粗さを変えると帯電量が変化することを利用し、放電経路を任意の位置に制御する方法を開発した。

馬場 量大（宅間教授） 「周波数低下時におけるコンバインドサイクル発電機の応答」

高温域で作動するガスタービンと低温域で作動する蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電は高い熱効率を達成でき、わが国では約20,000MWが導入されている。本論文では系統周波数が低下したときのコンバインドサイクル発電機の応答を数値シミュレーションにより検討した。

木田 聡（引原教授） 「クランプモード直列共振コンバータにおける負荷変動時の動作モード遷移に関する研究」

複数の動作モードを持つクランプモード直列共振コンバータを対象に、負荷変動時における回路動作の検討した。負荷変動時に生じる固有の現象を把握し、現象のモデル化に向けた基礎的検討を行い、コンバータ回路の適用範囲拡大に向けた指針を与えることができた。

薄 良彦（引原教授） 「Analytical Studies on Dynamic Behavior and Stability Estimation in Electric Power System with DC Transmission (直流送電を含む電力系統の動的挙動と安定性評価に関する解析的研究)」

本論文では直流送電を含む電力系統の動的挙動と安定性評価に関して、動揺方程式および微分代数方程式に基づいた解析的研究を進めた。本研究により、動的挙動に関する新たな知見を得ると共に、メルニコフの方法に基づく安定領域評価法の提案に至った。

池戸 宏嘉（奥村教授） 「双方向性をもつ論理ゲートによる可逆演算回路の設計と試作」

トランスファークロスのもつ双方向性を利用し、双方向性をもったExORおよびAND論理回路を実現した。また、それらの論理回路を用いて可逆な加算回路および乗算回路の設計、試作を行った。さらに、HSPICEを用いて可逆回路の動作検証を行った。

田中 龍一朗 (奥村教授) 「分布電源のある伝送線路と集中定数素子の混在する回路網の解析法」

集積回路技術の向上に伴う回路の高密度化・信号の高速化は著しい。そこで、外部からの入射電磁界の影響による分布電源・伝送線路特性の周波数依存性・配置上の制約等による不均一性・非線形をも考慮した分布集中定数系混在回路網の汎用的な解析法を示した。

奥村 昌平 (奥村教授) 「戸田格子を用いた対称三相回路における非線形振動の解析」

非線形インダクタを含む対称三相回路において、結線上を巡回するパルス状振動が発生する。本研究では、インダクタの励磁特性を指数関数で近似できることを示し、パルス状振動が戸田格子における周期振動であるcnoidal波として捉えられることを、ホモトピー法を用いて明らかにした。

小西 正樹 (奥村教授) 「漸近的方法を用いた非線形三相回路における分数調波振動の解析」

送電システムでは変圧器の励磁特性の非線形性により分数調波振動が発生する。本研究では、非線形インダクタ、線形キャパシタを含む三相直列共振回路に発生する1/2、1/3分数調波振動の性質を、漸近的方法及び区間解析法を用いることで明らかにした。

澤田 正志 (萩原教授) 「サンプル値制御系の周波数応答に基づく連続時間制御装置の離散化」

連続時間制御装置を離散時間制御装置に置き換える(離散化する)ときの離散時間制御装置の設計法について考察する。各角周波数において元の連続時間制御系と制御装置離散化後のサンプル値制御系との周波数応答の差を小さくする種々の方法を提案し、有効性について検討している。

野崎 尚広 (萩原教授) 「LMIによる分散安定化制御装置の一設計法」

サブシステムが離れている制御対象を安定化制御する際に、制御対象全体を直接制御するのは困難である。そのためサブシステムごとに制御する分散制御の研究がされている。本研究では、LMI(線形行列不等式)を用いた数値最適化手法に基づく制御系設計を応用し、分散安定化制御装置を設計する方法を提案する。

工学研究科 電子物性工学専攻

穴川 賢吉 (鈴木教授) 「固有ジョセフソン接合を用いた $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ の磁場中トンネル分光によるギャップ構造に関する研究」

銅酸化物高温超伝導体の結晶構造に見られる超伝導層 絶縁体層 超伝導層からなる固有ジョセフソン接合を用い、Bi系高温超伝導体の磁場中におけるトンネル分光測定を行った。その結果、超伝導ギャップと超伝導転移温度以上で見られる擬ギャップの磁場依存性が異なることがわかった。

橋本 潤 (鈴木教授) 「高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ の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」

Bi系高温超伝導体の固有ジョセフソン接合におけるマイクロ波応答を磁場中で測定し、電流 電圧特性に現れる特異なゼロ電流交差ステップについて詳細に調べた。その結果、ステップ数が接合数の半数であること、ステップ間隔がマイクロ波の振幅にほぼ比例することなどから、その機構について論じた。

濱口 敦 (鈴木教授) 「off-axisスパッタ法による $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 超伝導薄膜のエピタキシャル成長と層間トンネル特性の研究」

La系高温超伝導体のエピタキシャル薄膜作製のため、ターゲットからの組成ずれを回避しやすいoff-axis型のスパッタ装置を用いて、良質薄膜作製のための条件の最適化を行った。得られた薄膜上に微小

なメサ構造を作製し、薄膜面（超伝導層）に垂直な方向の電流 - 電圧特性の測定に成功した。

Mohamed Lmouchter（鈴木教授） 「Epitaxial Growth and Magnetoresistive Properties of La-Sr-Mn-O Colossal Magnetoresistive Manganite Thin Films（マンガン酸化物系巨大磁気抵抗薄膜のエピタキシャル成長とその電氣的磁氣的特性に関する研究）」

磁気メモリなどの応用に有望な巨大磁気抵抗を示すマンガン酸化物のエピタキシャル薄膜をスパッタ法を用いて作製した。ターゲットの組成、酸素分圧などを最適化することにより、ほぼ100%のスピントランスポート率を示す強磁性薄膜が得られ、バルク試料に匹敵する磁気抵抗が見られた。

紀 和 伸 政（石川教授） 「金サマリウムエミッタの電界電子放出特性の組成制御による改善に関する研究」

微小電子源の陰極材料として金サマリウム合金薄膜を作製し、組成と仕事関数の関係、組成と電子放出特性の関係について調べた。金組成と仕事関数の間は直線的な関係ではなく、いくつかの組成領域で電子放出特性が良好になることが明らかとなった。

本 野 正 徳（石川教授） 「単電子素子への応用を目指した負イオン注入法によるシリコン酸化膜中の超微粒子形成」

シリコン基板上的シリコン酸化薄膜に銀負イオン注入を行い、注入量や熱処理温度と超微粒子の粒径や分布などの超微粒子状態の関係を調べた。比較的低注入量においては直径数nm以下の微細な粒子が得られ、常温でのクーロンブロッケード現象の観測の可能性を得た。

熊 田 健一郎（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ダイヤモンド基板上への炭素薄膜作製」

種々の表面処理を施したダイヤモンド基板に温度制御を行い、極低エネルギー炭素負イオンビーム蒸着膜を形成し、表面粗さ、炭素原子間結合状態および光透過測定を測定した。得られたダイヤモンドライクカーボン薄膜の物性と蒸着時の基板や基板温度の影響を明らかにした。

高 野 信 彦（橘教授） 「磁気ダイバータを用いたタンデムミラーにおけるフルートモード安定化とプラズマ特性の向上に関する研究」

核融合実現に向けたHIEIタンデムミラーによる通常の軸対称磁場配位における主要な不安定性であるフルートモードの抑制のために磁気ダイバータを設け、その動作点であるヌル付近において電子の挙動を測定し、それによる安定化の原理を確かめた。

田 中 憲 房（橘教授） 「真空紫外レーザー吸収分光法による誘導結合プラズマ中の炭素及び酸素原子密度測定」

誘導結合プラズマ中の酸素及び炭素原子ラジカルの絶対密度測定をレーザー吸収分光法で行った。光源として2光子共鳴4波混合によって得られる真空紫外域の波長可変レーザー光を用い、スペクトル形状、背景光の影響を考慮に入れた信頼性の高い密度算出を行った。

溝 上 要（橘教授） 「吸収かつ発光分光法およびシミュレーションによるAC型PDPセル内の放電現象の解析」

PDPセルの断面方向からの分光測定が可能な特別なパネルを用いて、レーザー吸収分光法による紫外線放射粒子密度測定ならびにCCDカメラを用いた近赤外線発光観測を行った。併せて2次元計算機シミュレーションを行い、セル内におけるマイクロ放電現象を多角的に解析した。

和 田 卓 久（橘教授） 「プラズマCVDフルオロカーボン膜の有機EL素子パッシベーションへの応用」

有機ELディスプレイの新しいパッシベーション膜としてフルオロカーボン膜の適用を提案し、プラズマCVDによる成膜を行った。その結果、柔軟性、撥水性、段差被覆性に優れた膜を得ることができ

たことから、本研究により有機ELの作製工程を完全ドライプロセスにできる。

飯田 倫之(松波教授) 「リモートプラズマ酸化によるMOSFETゲート絶縁膜の形成とチャネル移動度の向上」

MOSFETゲート酸化膜をプラズマ酸化法により形成した。Kr/O₂流量比、酸化温度の最適化を図ったところ絶縁破壊電界が8-10MV/cmに向上した。固定電荷も約一桁低減し、弱反転領域の平均界面準位密度は10¹¹cm⁻²/eVが得られた。反転型MOSFETを試作し、実効チャネル移動度350cm²/Vsを得た。

藤平 景子(松波教授) 「縦型ホットウォールCVDによるSiCの高速成長と高耐圧pinダイオード」

既存の材料を用いたデバイスの性能を大きく上回るSiCパワーデバイスの実用化に向けて、SiCの高速結晶成長に取り組んだ結果、従来の速度に比べて約10倍高い成長速度を実現し、その品質、純度も従来に比べて優れた成長層が形成できた。形成した成長層を用いて、数kV級の高耐圧デバイスも実現した。

三浦 広平(松波教授) 「分子線エピタキシー法による六方晶SiC基板上への高品質GaNの結晶成長」

六方晶SiC基板上へのGaNのMBE成長において、成長に先立ち、基板表面の平坦性、超構造を制御することにより、優れたX線回折特性を持つGaNの成長が可能となることを見出した。らせん転位密度の低減および表面平坦性の大幅な改善も期待できる。

三浦 峰生(松波教授) 「SiC超接合構造を用いた低損失パワーデバイスの特性解析と作製」

従来のSiパワーデバイスの理論限界を突破すべく、半導体材料とデバイス構造の両面に改善を施されたSiC超接合デバイスの実現を目指した。シミュレーションによるデバイス設計から結晶成長、ダイオードの作製を行い、従来構造を上回る性能を確認した。

梅田 圭一(松重教授) 「ケルビンプローブ顕微鏡法を用いた有機単分子膜/金属界面の電子物性評価」

本研究では、メチル置換オリゴチオフェン5量体(DM5T)の単分子膜/金属界面の局所電子物性をケルビンプローブ顕微鏡法(KFM)を用いて評価した。これにより界面電荷移動層の電子密度が求まり、また光照射下で界面電子移動が確認された。

大地 宏明(松重教授) 「全反射X線散乱法及びSPM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、全反射面内X線回折法、全反射表面伝播波法、および静電気力顕微鏡を用いて、二酸化チタンの光触媒発現機構に関する評価を行った。紫外線照射下における極表面の格子歪みや表面電位の経時変化を観測し、発現機構が生じるメカニズムを示した。

松田 健司(松重教授) 「カーボンナノチューブの電界配向制御およびナノスケール電子物性に関する研究」

本研究では、誘電泳動法を用いてシングルウォールカーボンナノチューブ(SWCNT)の電界配向制御を行い、高効率にSWCNTを対向する2つの電極に接続することに成功した。また、得られた試料を用いてSWCNTの半導体特性が確認された。

吉岡 宏和(松重教授) 「有機電界効果トランジスタの導電機構に関する研究」

本研究では、有機半導体を活性層として用いた電界効果トランジスタの電気特性と、薄膜構造およびデバイス構造の相関の解明を目的とした。実験結果から、有機FETにおける移動度を大きく左右するデバイスパラメータに関する知見が得られた。

井上 謙一(藤田茂夫教授) 「光熱変換分光法を用いたGaN系半導体における非輻射過程の評価」

発熱による半導体などの物質の屈折率変化を信号として検出する過渡回折法および過渡レンズ法をGaN系のエピタキシャル成長層に適用して、非輻射再結合過程を評価することにより、GaN成長結晶の

欠陥評価と物性評価が可能であることを示した。

梶 田 大 介 (藤田茂夫教授) 「MBE法を用いたサファイア基板上ZnOの2段階成長による高品質化に関する研究」

MBE法(分子線エピタキシャル法)によりサファイア基板上のZnO単結晶薄膜の高品質化を目的として、低温バッファ層成長と高温成長を組み合わせた2段階成長法をZnO薄膜成長に適用し、成長パラメータと成長層形態を詳細に調べ、高品質化成長の指針を得た。

下 上 晃一郎 (藤田茂夫教授) 「GaAs基板上のAlAs/GaN構造における界面の形成機構と六方晶GaNの高品質化に関する研究」

立方晶系GaAsを基板とするGaNの有機金属気相成長において、基板上に先ずAlAs中間層を成長させ、その中間層上にGaNを成長させることで高品質の六方晶GaNが成長することを明らかにするとともに、そのAlAs/GaN界面形成機構を、微視的構造評価から考察しモデルを提案した。

前 島 圭 剛 (藤田茂夫教授) 「MOVPEによるサファイア基板上ZnOの成長モードとその制御」

サファイア基板上のZnOのMOVPE成長(有機金属気相成長)において、ZnO成長層の成長形態の基板温度、原料流量比(VI/II)、圧力、基板面方位などの成長パラメータ依存性について研究し、平坦化、針状・柱状化成長などの成長モードの制御が可能であることを示した。

小 川 新 平 (野田教授) 「3次元フォトニック結晶への発光体および欠陥導入とその光学特性に関する研究」

完全3次元フォトニック結晶に初めて、発光体および点欠陥の同時導入を試み、欠陥部分に発光が集中し、それ以外の部分では発光が抑制しうることを初めて実証した。

望 月 理 光 (野田教授) 「2次元フォトニック結晶スラブにおける線状および点状欠陥を用いた波長分波デバイスの理論研究」

フォトニック結晶に設けた線状欠陥光導波路を伝播する光が、導波路近傍に設けた点欠陥により捕獲され、自由空間に放出されるという新しい現象を用いた超小型波長分波デバイスの理論検討を行い、点欠陥での光子の状態の把握と、高効率分波機能の可能性を実証した。

中 西 俊 博 (北野教授) 「二準位系における量子Zeno効果及びanti-Zeno効果」

量子系の時間発展がデコヒーレンスにより抑制を受ける量子Zeno効果と加速を受けるanti-Zeno効果という現象がある。本研究では、二準位系間の遷移における両Zeno効果を理論的に説明し、光ポンピング系における両Zeno効果を実験的に確認した。

松 本 金 浩 (北野教授) 「半導体レーザを冷却光源とする小型Yb⁺イオントラップの開発」

レーザ冷却を利用し超高真空下の狭い空間に閉じ込めた唯1個のYb⁺は、新しい周波数標準の候補である。レーザ冷却用光源を、2台の半導体レーザの和周波混合で実現した。半導体レーザを外部共振器構造として線幅を狭窄化し、また、2波長同時に共鳴する光共振器を利用して変換効率を高めた。

イオン工学実験施設

津 村 一 道 (高岡助教授) 「液体多原子イオンビームの発生と表面照射効果の研究」

多種多様な構造を持った有機液体材料から多原子イオンを生成し、質量分離によって特定の構造を持つイオンのみを取り出せるイオンビーム発生装置を開発した。また、エタノールやデカンなどの有機化合物イオンの固体表面への照射効果について、イオンのエネルギー依存性や構造依存性を明らかにした。

情報学研究科 知能情報学専攻

荒 牧 英 治 (松山教授) 「構文情報に基づく日英対訳文中の対応関係推定」

日英対訳文中に存在する部分的な対訳関係を自動的に推定する方法を提案した。構文解析結果を整理して基本句と呼ばれる単位を導入し、対訳辞書を利用した方法を用いることにより、高い精度で多くの対応関係を推定する。

鍛 治 伸 裕 (松山教授) 「国語辞典とコーパスを用いた用言の言い換え規則の学習」

国語辞典から得られる見出し語とその定義文の情報と、コーパスから学習された格フレームの情報を統合して、用言を言い換える規則（言い換え元の用言の格フレームと言い換え先の用言の格フレームの対応関係）を自動学習する方法を提案した。

織 学 (松山教授) 「日本語テキストの合成演算」

テキストの加算に相当する演算として、関連する2つのテキストを1つのテキストにまとめる「テキスト合成」という新しい演算を提案し、日本語テキストに対してこの演算を実現するプロトタイプシステムを作成した。

木 村 充 宏 (松山教授) 「動的環境下における人物頭部と顔の向きを検出」

日常生活環境では、照明の変化や風に揺れる木々など様々な環境変動が生じる。こうした動的環境下においても安定して人物頭部および顔の向きを検出するための方法として、頭部のモデル（楕円輪郭形状および目・口等の特徴）を用いた方法を考案し、実験によってその有効性を確認した。

長 友 涉 (松山教授) 「装着型能動視覚センサを用いた人物の位置および運動の推定」

ウェアラブルビジョンという新たな視覚情報処理システムの実現を目指して、2台の装着型能動カメラをそれぞれ独立に注視点制御し、それによって得られる点对応および直線対応を利用することによって、3次元世界における装着者の回転運動および並進運動を逐次的に推定する手法を提案した。

西 出 義 章 (松山教授) 「マルチカメラネットワークシステムの設計に関する研究」

多数のカメラとコンピュータ群の間を繋ぎ、動的にその結合パターンを制御して多様な多視点映像を撮影することができるマルチカメラネットワークシステムという概念を提案し、IEEE1394を基盤ネットワークとしたネットワークプロトコルの設計およびパケット中継装置の設計を行い、複数のカメラからのビデオ映像をうまく同期伝送することができることを示した。

延 原 章 平 (松山教授) 「弾性メッシュモデルを用いた高精度3次元形状復元」

異なった多数の視点から撮影された画像群から物体の3次元形状を高精度に復元する手法として、弾性メッシュモデル（3次元の網目形状を物体表面にフィットするように動的に変形させる計算モデル）に基づいたアルゴリズムを考案し、複雑な人物の3次元形状が高精度に復元できることを実験によって示した。

古 谷 貴 之 (松山教授) 「移動ロボットの身体を利用した環境知覚に関する研究」

計算機で移動ロボットを動作させる時、実際の動きと意図した動きの間にズレが生じる。このズレは、環境がロボットに影響を与えた結果であると考えられる。本研究では、ロボットの行動と環境との力学的相互作用を摩擦としてモデル化し、観測したロボットの行動から床面の摩擦係数を求める方法を考案した。

范 盈 盈 (松山教授) 「高精度全方位パノラマ画像の自動生成に関する研究」

視点固定型パン・チルトカメラを用いた高解像度全方位パノラマ画像を撮影する際に生じる問題として、(1)対象シーン中に分布する明暗部（日向や陰）に不変な高精度撮影(2)対象シーン中の移動・運動対象の除去(3)撮影中の照明変化に対する不変性の実現を取り上げ、多重シャッタースピード画像解析に基づいた解決法を提案し、実験によってその有効性を示した。

情報学研究科 通信情報システム専攻

菊池 慎吾 (吉田教授) 「トレリス符号化時間空間伝送による周波数利用効率向上と誤り率改善に関する研究」

同一周波数の複数信号を複数のアンテナから同時送信し、受信側で複数アンテナと高度な信号処理を用いて各信号を分離受信することにより、通信品質の改善や周波数利用効率の向上を図るシステムが注目されている。本論文では、信号分離能力を高めるためのトレリス符号化変調について検討し、提案した符号化により誤り率が改善できることを示した。

田代 信介 (吉田教授) 「計算機シミュレーションによるITS車車間通信の無線伝送特性に関する研究」

道路交通の安全性等を大いに高めると期待されるITS車車間通信においては、各車両の自律分散的通信制御が必要となる。車車間通信において非常に重要となる、自律分散的な同期の微調整を瞬時に行うアルゴリズムと、対向車線を含む一般的な道路環境におけるマルチユーザ受信機の適用効果について検討を行い、その有効性を示した。

保坂 幸治 (吉田教授) 「逐次復号方式と系列推定方式の結合による無線通信システムの大容量化」

時間空間伝送では、複数の送信アンテナからそれぞれ独立な情報を同一周波数を用いて伝送する。本研究では時間空間伝送で動作する信号処理として、ViterbiアルゴリズムとMIMO DFEの結合方式を提案し、低い演算量でフロア誤りが効果的に低減されることを示す。

矢野 一人 (吉田教授) 「アダプティブアレーとCDMA干渉キャンセラ結合受信機の特長改善法に関する研究」

本論文では、DS-CDMA方式における高品質・多ユーザ通信を実現するための干渉抑圧技術として考案された、アダプティブアレーとレプリカ減算型干渉キャンセラとを結合した受信機の特長改善を目的として、RAKE受信法、アンテナウエイト生成法、干渉波の伝搬路推定法、そして演算量削減法に関して提案を行い、その有効性を示す。

姜 惠娟 (吉田教授) 「無線アドホックネットワークにおける適応型ルーティングプロトコルの研究」

本研究では、できるだけオーバーヘッドを押さえ、迅速に安定なルートを探検し通信を成功させることを目的として、片方向リンクの存在を考慮し、かつノードの速度情報および位置情報を利用して適応的に安定ルートを構築するルーティングプロトコルを提案する。

邱 恒 (吉田教授) 「Autonomous Decentralized Channel Selection Algorithm for Inter-vehicle Communications」(車車間通信における自律分散的なチャネル選択アルゴリズム)

ITS車車間通信に複数キャリアを用いたTDMAを適用する場合のキャリア周波数・スロット選択アルゴリズムを提案した。計算機シミュレーションにより合流と対向車線を含めた道路モデル上でのアルゴリズムの評価を行った。各車両がこのアルゴリズムに従い、キャリア周波数・スロットの選択を行うことにより、受信失敗確率が小さく抑えられることを確認した。

朝倉 茂 (森広教授) 「A Study on Distributed Location Estimation Method Based on SOM Algorithm for Ad-Hoc Networks」(自己組織化マップを用いたアドホックネットワークにおける分散型位置推定法に関する研究)

アドホックネットワーク内のルーティングの効率化のために、各端末が自身の位置を推定する手法について考案している。自己組織化マップを用いた分散型位置推定法を提案し、GPSなどの測位技術を用いずに精度の高い各端末の位置の推定が可能であることを示している。

小林 俊 仁(森広教授) 「オンラインコミュニケーションにおけるユーザの活性度評価アルゴリズム」

本研究では、ネットワーク上のリアルタイムコミュニケーションにおいて各ユーザの活性度を客観的かつ効率的に評価できるアルゴリズム Activity Rating を提唱している。さらに、計算機シミュレーションにより、提案アルゴリズムの妥当性を示している。

阪本 卓 也(森広教授) 「静止衛星を用いた同期CDMAシステムにおける同期手法に関する研究」

静止衛星を用いたギガオーダーチップレートのCDMA通信システムの実現可能性を同期精度の点から検討している。2種類の新たな同期手法を提案し、提案手法により日本国内において1Gchip/secを達成する同期維持が可能であることを明らかにしている。

松尾 英 範(森広教授) 「インパルス雑音環境下におけるOFDM復調方式の研究」

インパルス雑音環境下においては、従来のデジタル通信システムの復調器では、受信データの信頼性が大幅に劣化する可能性がある。本研究では、新たなOFDM復調器を提案し、提案OFDM復調器がインパルス雑音環境にロバストであることを明らかにしている。

筒井 弘(中村教授) 「JPEG2000符号器の高速化設計」

次世代静止画像符号化標準JPEG2000における符号器の高速化設計を行なう。ソフトウェア実装による所要サイクル数等の分析に基づき、(1)効果的なモジュールの専用ハードウェア化、(2)プロセッサに専用命令を追加することによるソフトウェア処理の高速化、などの方式比較・検討を行う。

杉本 成 範(中村教授) 「動的再構成の効率化を目指した可変論理デバイスのアーキテクチャ検討」

プログラブル論理デバイスの発展型である動作中の構成情報書き換え(動的再構成)が可能なデバイスを対象とし、動的再構成の効率化を目指す。本稿では試作デバイスPCA-Chip2の構成時間について評価し、配線資源と論理資源の改良アーキテクチャを提案する。

近村 啓 史(中村教授) 「IEEE1394バスブリッジシステムの設計」

高性能シリアルバス規格であるIEEE1394について、その機能、規模を拡充するバスブリッジシステムのアーキテクチャを検討し、設計を行なう。また従来の規格に基づいて設計されたIEEE1394デバイスへの対応を考慮したバスブリッジシステムの提案を行なう。

富田 明 彦(中村教授) 「変数順序に着目したプラスチックセルアーキテクチャへの回路埋め込み手法」

プログラブル論理デバイスの発展として提案されているプラスチックセルアーキテクチャへの回路埋め込み手法を提案する。試作デバイスPCA-Chip2では回路の埋め込み効率に変数順序に大きく依存するため、変数順序の最適化と置換を行なう。

李 星 日(中村教授) 「MP3デコーダのハードウェア/ソフトウェア協調検証環境の構築」

音声符号化標準MP3における復号器のハードウェア/ソフトウェア協調設計を行なう。併せて、C++言語によるソフトウェアモデルとPARTHENONシステムによるハードウェアシミュレーションを連携させた協調検証環境を構築する。

藤森 一 憲(小野寺教授) 「ライブラリのオンデマンド生成を実現するセルレイアウト生成システムの開発」

設計対象毎に最適なセルライブラリをオンデマンド生成し設計することで高性能なシステムLSIが実現できる。本研究では、駆動力可変レイアウト生成システムを改良し、最先端の微細プロセスにおいてもオンデマンドライブラリ生成が可能であることを実証した。

高橋 正 郎(小野寺教授) 「LSI内における容量性クロストークノイズ見積もり手法」

LSI製造プロセスの微細化にともない、配線間容量によるクロストークノイズが深刻な問題となっている。本論文ではクロストークノイズ、およびクロストークノイズの影響を受けた遅延時間を高精度で

つ高速に見積もる手法を提案し、実験的に精度を確認した。

中西 龍太(小野寺教授) 「ジャイロセンサを用いた動画像圧縮の研究」

動画を撮影するカメラの動きをジャイロセンサで得ることで、高効率動画像圧縮を実現した。動画圧縮に不可欠な動き探索において画質を維持したまま演算量を数十%削減した。また、カメラの動きを利用して背景と前景を分離し、従来手法を下まわる符号量での符号化を実現した。

井口 誠(小野寺教授) 「スパイラルインダクタの最適設計手法」

RF回路をCMOS LSI上で実現するために必要となるスパイラルインダクタの設計手法を提案した。試作やシミュレーションで得られる素子特性を応答曲面法を用いて多項式で表す事により、スパイラルインダクタの最適な構造が従来より短時間で得られる事を示した。

秋元 陽介(佐藤教授) 「あけぼの衛星のデータベースを用いたプラズマ波動スペクトルの自動分類法の研究」

科学衛星を用いて観測したプラズマ波動を自動的に分類する手法を開発した。電界強度の時間変化を周波数解析して代表的な波動現象の特徴量を数値化し、クラスタ分析を行うことにより、従来知られていた現象を識別すると共に、例外的現象の抽出が可能となった。

堀田 誠司(佐藤教授) 「超広帯域電磁波を用いた物体の位置推定アルゴリズム」

レーダーで用いられる超広帯域信号の到来時間および到来方向を高精度に推定する手法を開発した。辞書波形に基づく再帰的非直交分解により雑音中の信号を抽出し、方向と遅延時間の3次元空間内でHough変換を利用して複数の散乱源の同時決定に成功した。

丸岡 正典(佐藤教授) 「理想光フィルタを用いた2乗検波光受信機に対する波形劣化を考慮した受信特性推定法」

光通信システムにおいて従来用いられてきた受信特性推定法は、波形劣化を考慮に入れず、雑音をガウス近似したモデルから導出されている。本論文では、波形劣化を考慮した場合、現実に近いカイ2乗雑音とした場合の各々について受信特性推定法を提案している。

情報学研究科 システム科学専攻

岡崎 広志(英保教授) 「車載カメラ映像の車両領域の抽出」

一般道路走中の車載カメラ映像上の車両領域の連続抽出を行った。フレームごとの領域分割、フレーム間で領域対応付け、各領域の軌跡情報を用いた車両や背景といったオブジェクトごとの領域の再統合により、車両領域の判定を行うものである。

佐藤 吉秀(英保教授) 「4次元CTデータの短軸断面生成による左室の抽出」

4次元CTデータから心臓の左室領域の抽出を目的として、左室の形状が円筒形に近く短軸方向の断面には左室の形状特性が顕著に現れることを用いた処理を行った。左室の短軸断面を自動生成し、形状特性を利用して左室の同定及び内腔抽出を行った。

吉田 佳弘(英保教授) 「カラー画像上の顔領域の検出」

カラー画像から位置、サイズ及び個数が未知である顔領域を検出するため、顔モデルとのパターンマッチングによる顔候補領域の検出、顔候補領域における相関係数と顔特徴点抽出を用いた顔領域判別を行い、顔領域の検出精度の向上を図った。

石原 淳(松田教授) 「病院運営における原価計算を指標としたクリティカルパス導入の評価」

病院運営の効率化を目的として導入されるクリティカルパスの効果を経済的基準により定量的に評価するために、患者別の原価計算に基づく手法を提案し、実際の病院情報を用いた評価より手法の有効性を示した。

大八木 幸太郎（松田教授） 「複数コイルを用いた高速MRI法における参照データの情報低減の影響」
 複数コイルを用いた高速MRI撮影法であるSENSE法において、コイルの感度マップ作成に利用する参照データの情報低減が画質に与える影響を評価した。また、この結果から参照データを効率的に獲得する手法を提案し、有効性を確認した。

エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻

近 藤 寛 子（吉川榮和教授） 「原子力発電の定着と促進のための課題と方策に関する調査研究」
 本研究では原子力発電が抱える課題として、「原子力技術の継承」、「電力自由化」、「外部性評価」について取り上げ、主に社会調査により現状分析を行い問題点や課題を抽出し、それらを踏まえ、原子力発電がより社会に定着するための方策を考察する。

神 月 匡 規（吉川榮和教授） 「ネットワークコミュニケーションを用いた知識の共有と相互交流の場としてのWebサイトの設計・構築とその評価」

本研究ではインターネットを活用し、複雑化した社会の課題について「情報を提供・解説し、広く社会の中で交流出来る場」の提供を目的に、WWW上にキャラクターエージェントを用いた相互交流の場を構築し、被験者実験によりその評価を調べた。

社 領 一 将（吉川榮和教授） 「機器保守訓練環境のためのPCクラスタを用いた剛体挙動シミュレーションの並列処理」

仮想現実感技術を用いて機器保守訓練環境を構築する際、物理法則に従って仮想空間を忠実にシミュレーションするためには、膨大な計算をリアルタイムに実行する必要がある。そこで本研究では、剛体の衝突判定や挙動計算など負荷が高い処理を、PCクラスタを構成する複数のノードマシンに分散・並列処理させることで、リアルタイム性を失わない機器保守訓練環境の実現の可能性を検討した。

高 橋 と も（吉川榮和教授） 「近畿圏地方自治体における新エネルギー事業への取り組みに関する調査研究」

政府は、COP3の公約を達成することを目的として新エネルギーの導入を含む3種の措置を追加的に講じることを表明した。本研究では新エネルギーの導入主体として地方自治体を想定し、導入自治体数を増加させる方策を提案することを目的として本研究を行った。提案は、アンケート調査をもとに行った。

岡 田 芳 信（吉川榮和教授） 「Eye-Sensing HMDを用いた脳機能障害診断のための計測システムの構築と実験研究」

本研究では、脳機能障害のスクリーニング検査として、Eye-Sensing Head-Mounted Display (ES-HMD)を用いた視覚系指標計測による脳機能障害の診断の実用化を目指した。視覚系指標を利用した脳機能障害の検査手法の提案、基礎的な測定手法の考案、そして測定システムの開発を行った。

早 瀬 賢 一（吉川榮和教授） 「原発立地地域における原子力世論の形成要因に関する研究」

本研究ではまず、セルオートマトン法を応用した世論変容モデルを用いて巻町世論変容をシミュレーションし、次に、巻町住民への原発問題に関するアンケート調査結果を分析し、この分析結果をもとにシミュレーション方法改良への方向性を示した。

松 崎 剛 士（吉川榮和教授） 「レーザー光を用いた拡張現実感による作業支援環境の構築」

近年工業製品の生産現場では多品種少量生産、海外移転、作業員の流動化を初めとする変化がおこっている。本研究はこのような状況に鑑み、レーザー光を用いた拡張現実感により組み立て作業員に作業情報を提示し、作業の支援を行う環境を構築した。

エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻

塩崎 優（近藤教授） 「LHDにおけるTAEモードの線形安定性解析」

将来の核融合炉で問題となるTAE (Toroidicity induced shear Alfvén Eigenmode) のスペクトル構造を文部科学省核融合科学研究所にあるLHD装置でのプラズマについて調べた。特に値が1%のとき連続スペクトルにギャップが生じTAEが存在することが明らかになった。

富山 圭史（近藤教授） 「ヘリオトロン」における輻射損失の測定」

プラズマを磁場で閉じ込めるとき、輻射の形で逃げるエネルギー量を正確に測定することはエネルギーバランスを考える上で重要なことである。ヘリオトロン」装置ではプラズマ生成に大出力のマイクロ波を用いているため従来輻射とプラズマ生成に使われるマイクロ波電力との区別がつかなかった。この研究ではボロメータ前面にメッシュを張り70GHz、53.2GHzのマイクロ波を遮りプラズマからの輻射のみを測定できるようにした。この結果輻射強度はプラズマ密度に比例して増加し最大で入射電力の15%であることが判明した。

廣瀬 貴司（近藤教授） 「ヘリオトロン」における粒子軌道と新古典輸送」

ヘリオトロン」装置は立体磁気軸の閉じ込め装置であり、プラズマのMHD安定性と良好な粒子閉じ込めが両立する装置である。この研究では新しく開発したコードを用いてこれまで考慮されていなかった磁気面外の粒子軌道を追跡し真空容器の壁に衝突する位置を求めた。また衝突演算子を含めたコードによって拡散係数の評価を行った。

前野 正吾（近藤教授） 「ヘリオトロン」における不純物挙動に関する分光学的研究」

ヘリオトロン」装置において不純物の挙動を可視、真空紫外分光を通して解析した。特にこの研究ではプラズマの外からヘリウムガスを入射してプラズマ中への侵入量と周辺プラズマの電子密度依存性を明かにした。また炭素製リミターを最外殻磁気面に近づけることにより急速にプラズマ中の炭素の量が増加することを明らかにした。

村井 友和（近藤教授） 「ヘリカル系プラズマの三次元MHD安定性解析」

ヘリオトロン」装置のように非軸対称な装置において安定性を議論する場合、従来から用いられているコードでは十分に現実を反映していない。そこでこの研究では3次元の問題が精度よく扱えるコードを開発した。このコードの特徴は抵抗性不安定性など非理想モードの解析が可能であり、非線形計算もできるようになっている。

エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻

香山 信三（野澤教授） 「ゲインセル結合型FeRAM制御の新しいスイッチトランジスタを用いたRSA暗号システムのためのLSI設計」

暗号化複合化処理ハードウェアの作成のためメモリとして不揮発性であり、低消費電力でかつ高速プログラム特性を有するゲインセル結合型FeRAMを用い、RSA暗号方式について考察した。一般に情報のビット長が大きくなると回路面積が問題となるので、これを回避するためRSA暗号化最小論理回路構成法を考案しLSIの設計を行った。

関本 大郷（野澤教授） 「熱電界放出モデルを用いた強誘電体疲労特性に関する解析」

抵抗によるパルス波形の立ち上がり遅延や電圧印加時間などが及ぼす疲労特性への効果を熱電界放出による疲労特性モデルを用いて解析した。また、導電性酸化物電極による疲労特性改善についても本モデルを用いて説明できることが示唆された。

山口直人(野澤教授) 「スイッチ素子応用のためのMFMS-FET設計評価」

飽和ルーブ一定条件においてスイッチ素子応用の観点から分離型MFMS-FETを設計評価した。試作素子の I_{ds} - V_g 特性およびスイッチDC特性を測定し、絶縁性の高い高抗電圧強誘電体キャパシタを用いたゲート絶縁膜厚、不純物密度の最適化、および高誘電率絶縁膜の導入により良好なスイッチMFMS-FETを実現できることが分かった。

岡村崇弘(塩津教授) 「Basic Studies on Heat Transfer in Pressurized Helium: Forced Convection Heat Transfer Experiments and Numerical Analysis on Heat Transfer from a Horizontal Cylinder」(加圧超流動ヘリウム熱伝達特性の基礎的検討:強制対流熱伝達実験と水平円柱熱伝達の数値解析)

加圧超流動ヘリウム強制対流熱伝達の実験を流速0~2m/sの範囲で行い、流速によって熱伝達特性が大きく改善されることを明らかにし、その表示式を与えた。また、超流動ヘリウム中の水平円柱における熱伝達の数値解析コードを開発し、実験結果を良く記述することを確かめた。

小林芳宏(塩津教授) 「ICBエネルギー転送装置を用いた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」

二つの超電導マグネット間のエネルギー転送制御を行う装置を用いた新たな機能を持つパルス負荷用電源、超電導マグネット用電源を提案し、試作装置による実験とシミュレーションによってその特性を検証した。

佐藤肇幸(塩津教授) 「Forced Flow Boiling Critical Heat Flux in Water Flowing Upward: Influence of Tube Length」(水の上向流における強制対流沸騰限界熱流束:発熱体長さの影響)

核融合装置のダイバータ冷却を対象とした超高密度熱除去を実現するための基礎研究として、電流加熱した比較的短い(長さ5cm~15cm)ステンレスパイプ内に高速で冷水を流す場合の核沸騰限界熱流束を系圧力や流速を変えて求め、パイプ長さの影響を明らかにし、実験結果を記述する表示式を提示した。

竹田晋二(塩津教授) 「On-line Grasp of Operating Conditions of Distribution System by Use of Superconducting Magnetic Energy Storage」(超電導エネルギー貯蔵装置を用いた配電システムのオンライン状態把握)

分散電源の導入などますます複雑化している配電システムを対象に、その運転状態把握を、SMESを用いてオンラインで行なうことを提案し、電力システムシミュレータを用いた実験を行なって、その方法・有用性について検討を行った。

エネルギー理工学研究所

武田全史(大引教授) 「ヘリオトロン」プラズマにおける電子密度制御」

核融合プラズマの良好な閉じ込めに必要な密度制御法および粒子供給法の基礎研究を注入位置可変ガスパフを用いて行った。水素ガス、ヘリウムガスを用いて、高密度領域のプラズマ生成、粒子吸収率や実効粒子閉じ込め時間測定などの実験結果が得られた。

津留寛樹(佐野教授) 「ヘリオトロン」におけるトムソン散乱計測法による電子温度、電子密度の測定に関する研究」

時間・空間分解能に優れた特性を持つトムソン散乱計測法をヘリオトロン」装置に適応し、電子サイクロトロン加熱によるプラズマの電子温度・電子密度を計測した。さらに運動論的プラズマエネルギーを算出し反磁性計測法での評価値との比較・検討を行った。

永 淵 昭 弘 (吉川潔教授) 「慣性静電閉じ込め核融合装置における高電圧印加に関する研究」

慣性静電閉じ込め核融合装置の高電圧・低ガス圧力動作を実現するため、陰極への電流導入端子支持機構を改良し、結果として従来の2倍のD-D核融合中性子発生率を達成した。また、印加電圧による中空陰極内電界分布の変化を分光的に計測し、動作機構解明に繋がる重要な知見を得た。

堀 井 知 弘 (吉川潔教授) 「熱陰極型高周波電子銃における高周波入射波形整形によるビーム高輝度化に関する研究」

熱陰極型高周波電子銃における戻り電子の陰極衝突によるビーム負荷の時間的変動の問題を大幅に軽減してビームの高輝度化を達成するために、入力高周波パルス波形の整形による負荷変動の補償が有効であることを数値的に示した。また、予備的実験によりその数値モデルを検証した。

台 野 貢 (山本靖助教授) 「円筒形慣性静電閉じ込め核融合中性子源の動作圧力低減等に関する研究」

円筒形慣性静電閉じ込め方式核融合の実験的研究を行った。ECRプラズマ源を導入して放電条件のコントロールを試み、同一条件(20kV、6mA)では、ガス圧が約30%減少し、中性子発生量は約5倍に増大することを示した。これにより、ガス圧の低減が性能改善に寄与することを実証された。

酒 井 拓 也 (山本靖助教授) 「粒子コードによる慣性静電閉じ込め核融合の放電特性に関する研究」

慣性静電閉じ込め方式核融合装置の動作原理を解明するために、モンテカルロ法による原子衝突過程を含んだ空間一次元速度三次元の粒子シミュレーションコードを作成し、放電機構を調べた。その結果、1Pa程度の圧力では、放電の維持に対して電子の寄与は少なく、陰極外部におけるイオン供給を担っているのは主として中性ビーム粒子であることが分かった。

宙空電波科学研究センター**岩 田 元 希 (松本教授) 「Study of Plasma Wave Generation in the vicinity of Earth's Bow Shock via Computer Experiments」(電磁粒子シミュレーションによる地球磁気圏バウショック周辺におけるプラズマ波動励起に関する研究)**

電磁粒子シミュレーションを用いて、地球磁気圏バウショック周辺においてGEOTAIL衛星により観測されたプラズマ波動の励起機構の解明を行った。その結果、静電孤立波、Xモード波、イオン音波、ホイッスラー波の励起機構を解明することができた。

藤 原 亮 介 (松本教授) 「科学衛星プラズマ波動波形観測の応用手法に関する研究」

近年の宇宙科学衛星によるプラズマ波動観測において、波形捕捉の重要性が認識されつつある。波形捕捉技術に関する研究を行い、先のロケット実験における波形観測の成功とその性能評価を確認し、またその発展としての応用観測技術に関して設計検討を行った。

福 田 光 紀 (松本教授) 「PLL技術及び磁場制御を用いた位相制御マグネトロンに関する研究」

SPS用マイクロ波送電器として期待されるマグネトロンにおいて、位相周波数比較器を用いたPLL制御で、その位相(周波数)を制御することに成功した。更に、マグネトロンの内部磁場を同時に制御して、その位相、出力の同時制御が可能であることを示した。

堤 恒 次 (橋本教授) 「マイクロ波電力伝送におけるスペクトル拡散パイロット信号を用いたビーム制御システムの開発」

実用的で安全なマイクロ波送電器を目指し、送電方向を決定するためのパイロット信号にスペクトル拡散変調を施したシステムを開発する。実際にハードウェアで実験を行い、送受共用アンテナを用いて送電を行いながら方向検出ができることを確認した。

山 本 敦 士 (橋本教授) 「宇宙プラズマ中における光電子放出下でのアンテナ特性に関する計算

機実験」

宇宙プラズマ環境観測に大きく影響を及ぼすアンテナからの光電子放出現象に着目し、電磁粒子シミュレーションを用いてそのアンテナ環境およびアンテナ特性への影響を調べた。高密度光電子局在が高周波領域でアンテナ電位、インピーダンスに影響を与えることを明らかにした。

沖田 英樹 (橋本教授) 「計算機実験によるマグネトロン内の電子電磁界間共鳴現象の解析」

電子レンジ用マイクロ波発生装置として普及著しいマグネトロンを対象として、その内部の電子及び電磁界の時間発展を差分法で基礎方程式を離散化して計算機上で解き進め、マイクロ波発振の発生要素である作用空間内での回転電子極の形成及び大強度での固有電磁界モードの発生を再現した。

植松 明久 (深尾教授) 「An Observational Study on Fogs at Kushiro with a Millimeter-Wave Doppler Radar」(ミリ波ドップラーレーダーによる釧路における霧の観測的研究)

ミリ波ドップラーレーダーを用いて1999年～2001年の夏季に釧路地方にて霧の観測を行い、4つの事例について解析を行った。強いエコーの塊が移動し、その速度は上空の風速と一致することが分かった。更に、霧の移流及び発生のメカニズムについて議論した。

石原 卓治 (深尾教授) 「赤道大気レーダー観測支援ソフトウェアの開発とシステム評価に関する研究」

インドネシア赤道域に建設された赤道大気レーダーに関する研究を行った。まず、GUI操作可能な観測支援ソフトウェアを開発し、電波星や月面反射などを利用してアンテナパターンや受信感度を検証した。ついで、GPSラジオゾンデとの風速比較により風速測定性能などのシステム評価を行った。

山田 仁志夫 (深尾教授) 「Study on the relationship between ionospheric E-region irregularities and neutral winds based on radar observations」(レーダー観測に基づく電離圏E領域イレギュラリティと中性風速の関連に関する研究)

下部熱圏プロファイラレーダーを使用して、新たに空間領域干渉計を構成し、電離圏E領域沿磁力線イレギュラリティと中性風速の24時間同時観測を2001年7月から開始した。また、観測されたデータに基づいて、それらの日変化、時間依存性を考察した。

青野 友和 (津田教授) 「Observation of short period gravity waves with OH airglow imaging in the equatorial Indonesia」(OH大気光イメージャによる赤道域インドネシアでの短周期重力波の観測)

熱帯での観測に適した大気光イメージャ装置を開発し、インドネシアにて高度90km付近の大気光に表れる大気重力波の長期観測を行った。その結果と人工衛星観測との比較から、重力波の伝播方向分布は、発生源と考えられる積雲の分布に支配されることを示した。

栗本 健治 (津田教授) 「MUレーダー・RASSを中心とした複合観測による水蒸気プロファイル推定法の研究」

信楽MUレーダーを用いたRASS (Radio Acoustic Sounding System) 観測により、高時間・高度分解能で水蒸気プロファイルを推定する手法を開発した。本手法を用いた観測結果は他の手段による観測と良く一致し、実際に水蒸気が連続推定出来ることが示された。

川那辺 直樹 (津田教授) 「オブジェクト指向言語 Ruby を用いた多次元データの解析及び可視化環境の開発」

大気科学におけるデータ解析と可視化の効率を高めるため、オブジェクト指向言語Ruby用のクラスライブラリーを開発した。当該分野におけるデータに内在する構造を活かした構成法を提案し、汎用性を保ちつつ従来よりプログラム量を大幅に削減出来ることを示した。

学生の声

「博士課程に進学して」

エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻 近藤研究室 博士後期課程3年 鈴木 康 浩

京都大学大学院に進学してもう5年目になる。振り返ってみるとあっという間の4年間であった。大学院に進学する理由は人それぞれであると思う。修士課程の場合は、正直、就職のために進学する人間が大半であると思う。特に、エネルギー科学研究科のような独立専攻の大学院であれば尚更である。私は、就職のために大学院に進学する人の気持ちはわからない。たかが、数万円差の初任給のために2年も時間を費やすのだから大したものだと思う。ところが博士課程への進学は修士課程への進学とは、また違った意味を持つ。博士課程への進学は、自分の研究課題に対して専門性を深めると共に、自分の可能性を狭めてしまう結果を生むかもしれないからだ。現実問題として、一般企業への就職といった観点からはマイナスになりかねない。

しかし、自分が興味を持つ研究課題に対して、静かに、そして深く探求したければ博士課程への進学は避けられないと思う。私の場合、所属する研究者のコミュニティが比較的小規模な為か、学生という立場ではなく1人の研究者として研究課題に評価が下される。一線の研究者の指摘や批判、またそれらを通しての議論は他では味わえないものである。

気が付けば最終学年であるが、残された一年を有意義に過ごしたいと考えている。

「社会人博士課程と産学連携」

電子物性工学専攻 野田研究室 博士後期課程1年 杉 立 厚 志

02年10月より三菱電機(株)から博士課程の学生として京都大学大学院工学研究科電子物性工学専攻 野田研究室に「フォトリソグラフィ」を研究テーマとしてお世話になっています。

光デバイスの開発に従事している日頃から、現在の製品とは異なる新しいコンセプトの将来デバイスの必要性を感じていました。実は1年前から「フォトリソグラフィ」研究を試みたものの、日々の開発業務に追われ文献調査等に留まり、はかばかしい成果は上がりませんでした。そこで、ちょうど担当業務の目処もつき、将来の研究・開発展開としてやはり既存の光デバイスの延長ではない「フォトリソグラフィ」を検討すべき、との判断から、この分野で世界最先端のアクティビティを誇る野田研究室に相談に伺いました。当社は博士号取得を奨励しており、また野田先生からは「成果を上げるためには集中して来ることが望ましい。」と説明を受け、フォトリソグラフィを次の研究・開発のテーマとして積極的に推進するため社会人博士課程の学生としてお世話になることになりました。

現代の技術は、広範な知識と様々な基礎および応用技術を複雑に組み合わせ、使いこなす事が求められ、そのため数年以上の実分野での開発経験は非常に貴重です。産学の連携、と言われていますが、企業研究員は市場のニーズの把握だけでなく幅広い技術分野の経験と各種応用技術の経験を積んでおり、大学にお世話になるだけでなく、大学の基礎研究者とうまく連携することでお互いの刺激となりより良い成果を生み出し得ると考えています。

現在、大学と会社で週を半分程度ずつ行き来していますが、野田研究室には助手、PDの方、他にも複数の企業研究員が来られており、野田先生を始め、それら研究員、学生諸氏のおかげで「2次元フォトリソグラフィ導波路レーザの室温発振」という成果も短期間で上げることが出来ました。この場を借りてお礼申し上げますと共に、今後更なる研究の進展を目指し、産学連携の良き事例に成れればと考えています。

教室通信

平成15年度の電気系2専攻（電気工学専攻と電子物性工学専攻）と附属イオン工学実験施設の桂移転に伴い、吉田キャンパスで学部教育、桂キャンパスで大学院教育が行われることになり、教官は両キャンパスの教育を掛け持ちしなければならなくなりました。これに伴って生じる最大の問題は吉田から桂に移動するのに1時間以上の時間をとられることです。桂キャンパスで研究指導やデスクッションを行い、研究室のスタッフ全員の意思疎通をはかるには、主として講義を担当する教授と学生実験を担当する比較的若い教官が、異なった曜日に吉田キャンパスに勤務することにより生じる不都合を解消しなければなりません。このため、研究室に所属する教官と大学院生・学部4回生一同に会する日を週少なくとも1日桂キャンパスに確保する必要があります。電気系2専攻では、次のような対策をとってこの不都合に対処しようとしています。

（1）学生実験の内容と時間割の変更

従来週1.5日の2、3、4回生が履修する学生実験および研修を、2、3回生に履修させ週1日に圧縮します。しかし、この圧縮によって学部の実験教育が疎かになってはいけませんので、学生実験の内容はかなり変更し相当密度の濃いものになっています。また、これにより2、3回生の計約260名が同じ日に学生実験室に集合するため、部屋の確保も重要なことになってきます。

（2）研究室配属に必要な単位数の変更

「学部教育は吉田キャンパスで行う」が原則ですが、4回生の卒業研究を吉田キャンパスで行うことは事実上不可能であり、桂キャンパスで実施します。このため、4回生で受講する科目が多いと、殆ど毎日学生は吉田キャンパスで受講した後、桂キャンパスに移動しなければなりません。講義の時間帯や移動時間の長さを考慮しますと、4回生が桂キャンパスに出向きにくいという不都合が生じます。これに対処するには、学部学生は4回生で受講する科目の数を減らし、できるかぎり1、2、3回生までの科目で卒業単位数に近い単位数を取得しておくことが望ましいことになります。このことから、4回生の研究室配属に必要な取得単位数は従来103単位でしたが、これを115単位に引き上げました。

以上は移転に伴って生ずる不都合を克服する時間割やカリキュラム上の工夫を検討した主な点ですが、先生方ができるだけ満足の行く時間割をつくる作業にも取り掛かっています。この他にも予期しない不都合が生じることもあると思われますが、そのときは電気系構成員全員で知恵を出し合って、一步一步それを乗り越えていかなければなりません。教官には桂キャンパスにおける大学院教育を充実させ高度な研究を遂行する使命があります。一方で、教官は吉田キャンパスにおける学部教育という義務を負います。これを両立させることが教官層のこれからの責務であります。（奥村浩士）

編集後記

「cue」第9号をお届けいたします。巻頭言や産業界の技術動向など興味深い記事をお寄せいただきましてありがとうございます。電気系教室の研究や教育活動をお知らせするとともに、実社会で活躍されている方々のご意見やご研究内容を参考にさせていただければ幸いです。今後ともご協力を賜りますようよろしくお願い申し上げます。（N. K.記）

発行日：平成14年6月

編集：電気電子広報委員会

石川 順三、吉田 進、引原 隆士、
木本 恒暢、尾上 孝雄、八坂 保能、
垣本 直人

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