

cue

京都大学電気関係教室技術情報誌

NO.13

JUNE 2004

[第13号]

.....
巻頭言

ATR 畚野 信義

.....
大学の研究・動向

電子物性工学講座・電子材料物性工学分野

エネルギー物理学講座・電磁エネルギー学分野

.....
産業界の技術動向

(株) 東芝、セミコンダクタ社 宮本 順一

研究室紹介

平成15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

産・学・官連携とは何か

ATR（国際電気通信基礎技術研究所）代表取締役社長 畚 野 信 義



最近、産・学・官連携がまた姦しい。しかし、これが今までうまくいったタメシがない。一回目は1980年代半ば、中曽根「民活」の一環として騒がれた。当時元気があった民間の活力を利用しようというものであった。当時金が無かった官は、ただ旗を振るだけで（タマに誘い水程度で）、金も人も産をアテにして「オンブにダッコ」の有様であった。当時官には今より権威があったので、産はイヤイヤお付き合いをした。金はイヤイヤ出してもそれなりに使えるが、イヤイヤ出した人の質は言わずもがな。これでは連携（共同）作業など成功するはずが無かった。「ミンカツ」とは「民間を喝

挙げると読む」と言われたものである。学は日和見のコンサルタントか評論家にしか過ぎなかった。

今回の騒ぎは、経済を始め八方塞がりの我が国の状況から何とか抜け出（ワープ）したいという政治が、その希望の星として科学技術立国を選び、音頭を取ったお祭り騒ぎから始まった。科学技術が今後の国の命運を左右する、或いは科学技術なくしては国の衰退は必至という認識は正しい。そして昔と様変わりして、官には金がある。産はキャッチアップの時代が終わり、技術導入型開発は許されなくなり、全て自前で解決する金も力も無い。学は非公務員型の法人となり、自己責任で生き残らねばならない荒海に投げ出された。正に連携の必要な環境は整っている。危機感に駆られて産・学・官とも殺到したが、成功経験も無く、何からどうしたらよいか分からずにウロウロしているのが現状と見受けられる。特に、スポンサーが異なる（産・学・官）研究開発機関が集まって、それぞれの自己紹介から始まって、自慢話や練言を述べあったり、何とか何かで協力出来ないかとチグハグな認識や思惑のまま、実らない相談をしたりしていることが多い。

産・学・官連携とは何か。先ず官は官がやるべき支援（金を出し、制度を整える）をやる、学は優秀な人材を供給する、産は産業化に責任を持つ、という外側の枠組みの役割をキチンと果たす。その上で、その枠組みの中で、スポンサーの異なる（産・学・官）R & D機関がソレゾレの役割分担を明確にして共同作業をすることである。この段階では、連携や協力ではなく、共同作業である。共同作業を成功させる鉄則は、①参加者全員にメリットがあること、②最終ターゲットを明確にすること、③それに向かって役割・分担と責任を明確にした契約の下に行うこと、である。

今までの産・学連携はどうだったのか。キツイ言い方を取てすれば、産は学に対して「何かイイネタはありませんか」と言いつつ、実は学生を貰うための顔ツナギ料として、研究費の名目でお小遣いを出す。学は貰った金に何の責任も感じず、セイゼイ役にも立たないレポートマガイを渡してカッコウをつける。産は学生を貰って満足する。

これからの産・学連携はどうあるべきか。産側からは「こういうことをやりたい。そのためにこういうものが欲しい。こういうものがあればこうして欲しい。」という要求を明確にする。従来それが出来なかったのは勉強不足でしかない。また以前の学側は「俺のところはコレコレをやっている。この中から好きな（やりたい）ものを選べ。相談に乗ってやる。」というような無責任な他人事が普通であった。「この成果をこのようにしたい。」という目標と意欲が具体的に示せるようであれば見込みが無い。ここから双方の擦り合わせが始まって、話が合えば、①—③の三大原則に従って進めることで、初めて連携の成果の可能性が見えて来る。本当に成果を挙げるところまで辿り付くにはマダマダそこから遠い道程がある。しかし、お祭り騒ぎの中でも、無関心マジョリティが支配する学が本当に変わるには、「良い」成功例を創ることが必要である。

大学の研究・動向

分子ナノエレクトロニクス研究の現状

電子工学専攻 電子物性工学講座 電子材料物性工学分野

教授 松 重 和 美

matusige@kuee.kyoto-u.ac.jp

助教授 山 田 啓 文

h-yamada@kuee.kyoto-u.ac.jp

講師 石 田 謙 司

(ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー兼)

kishida@kuee.kyoto-u.ac.jp

助手 堀 内 俊 寿

thoriuti@kuee.kyoto-u.ac.jp

助手 小 林 圭

(国際融合創造センター)

keicoba@iic.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

半導体デバイスや磁気記録媒体などの高集積化は、現在のロードマップに従えば、15～20年後にはその物理的・加工限界に到達することが予想され、これら状況を打破するための新規な技術開発・材料探索が精力的に進められている。こうした中、有機分子材料は有機電界発光素子（EL: Electroluminescence）を始めとする能動デバイスの実用化を機に、次世代光・電子材料の有力な1候補として注目を集めている。有機材料は、(1) 軽量性、(2) フレキシビリティ（柔軟性・湾曲性）、(3) スピンコート法、印刷法など安価・簡便な作製プロセスの利用が可能、(4) 所望の物性をもつ材料の選択性の幅広さ、(5) 単一分子デバイスへの展開可能性、などの点で無機材料に比べて優れた特徴をもつ（図1参照）。

われわれの研究室では、こうした分子系材料を用いて、ナノレベルで構造・配向・コンフォメーションを秩序制御した有機薄膜、有機（無機）積層構造・自己組織膜・エピタキシャル成長薄膜の作製とその電子物性・光機能に関する研究、さらには次世代ナノスケール素子の創成および単一分子による電子素子の構築を最終的な目標とする「分子ナノエレクトロニクス」に関する基礎・応用研究を行っている。また、これらの研究を推進するにあたっては、単一分子への直接入出力アクセスを可能にする走査プローブ顕微鏡（SPM：Scanning Probe Microscopy）テクノロジー、分子機能の発現に必要不可欠なナノスケールでの分子の操作、組織化、配向制御技術に加え、超薄分子膜の凝集構造解析を可能とする新規エネルギー分散型X線分析法など、

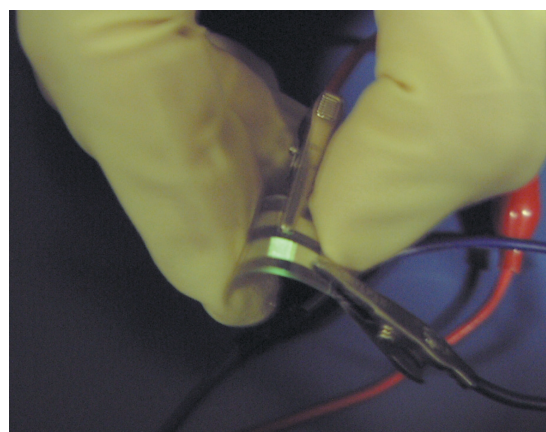


図1. フレキシブル基板上に作製した有機EL素子

先進研究の基盤となる独創的な評価装置の開発・作製を行なっている。これら独自の先端分析・計測手法を駆使して、新規ナノ材料開発の点から広範な分子ナノテクノロジー研究を推進している。

2. 有機低分子強誘電体薄膜の構造制御とその電気的特性

ポリフッ化ビニリデン (PVDF: Poly (vinylidene fluoride)) 系高分子 (ポリマー) は分子鎖に直交する大きな電気双極子モーメントをもち、代表的有機強誘電体である。外部電場の方向に応じてその分子双極子すなわち分子鎖は 180° 回転する (分極反転)。この分子材料の強誘電性はポリマー薄膜内の結晶部分に由来するのだが、高分子薄膜には元来、結晶部とアモルファス部が混在しているため、その強誘電性のメカニズムの解明を困難にしており、残留分極量の向上は容易でない。そこでわれわれは、図2に示すように、PVDFの低分子量体であり、新規に合成されたフッ化ビニリデンオリゴマー分子 (VDFオリゴマー、 $\text{CF}_3(\text{CH}_2\text{CF}_2)_n\text{I}$) に着目した。オリゴマーは分子長が一定の短い分子であり、薄膜形成過程で結晶化しやすい性質を持つ。従って、薄膜の結晶性の改善に伴う強誘電性の向上が期待できる。

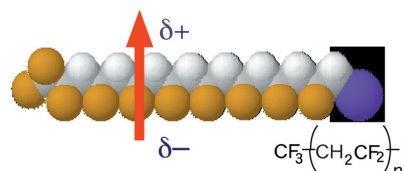


図2. VDFオリゴマー分子構造 (n=8)

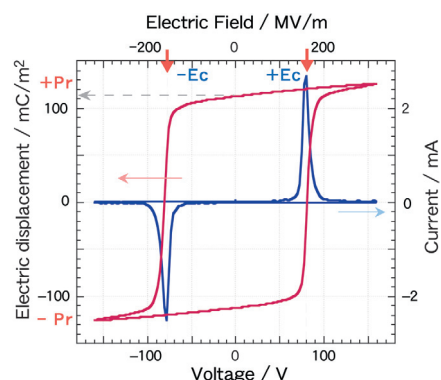


図3. VDFオリゴマー膜のD-Eヒステリシス曲線

VDFオリゴマー17量体 (n=17) の、D-Eヒステリシス測定結果を図3に示す。測定に用いた試料は、Pt薄膜を堆積させた熱酸化膜付きシリコン基板上に、基板温度 -160°C 、膜厚500nmの条件で、VDFオリゴマー蒸着膜を形成したものである。なお、測定前に、Al上部電極をVDFオリゴマー薄膜表面に、真空蒸着法により作製した。図3に示すように矩形上のD-Eヒステリシスカーブが観測され、VDFオリゴマーの強誘電性が確認された。また、残留分極量が約 $130\text{mC}/\text{m}^2$ に達し、有機強誘電体の中でも最高の値を示した。この結果は、VDFオリゴマー薄膜がほとんど結晶部のみから構成されることを示唆しており、低分子量体の特徴を活かした機能性薄膜の作製に成功したと言える。今後は、大きな残留分極量や分極反転機能を利用した、強誘電ランダムアクセスメモリ (FeRAM: Ferroelectric Random Access Memory) 等の分子薄膜デバイス、並びに下記に紹介する分子スケール記録デバイス等への応用が期待される。

3. 分子スケール記録デバイスの開発

分子スケール記録デバイスには様々な方式があるが、現状では、分子スケールの対象領域に直接アクセスする手段として、走査型プローブ顕微鏡 (SPM: Scanning Probe Microscopy) が最も有効で

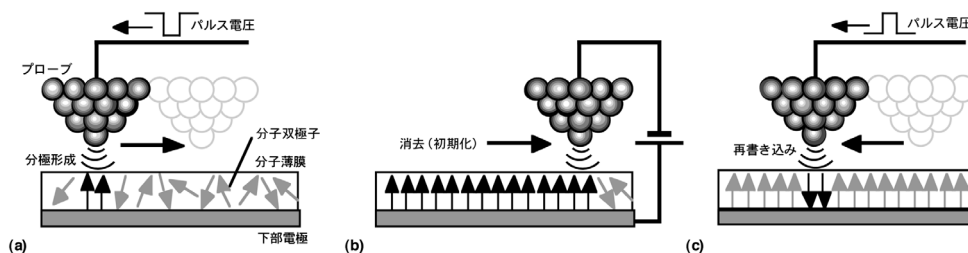


図4. プローブによる (a) 局所分極領域形成、(b) 消去、(c) 再書き込み過程の模式図

あるとみなされている。SPMの原子・分子分解能を応用する超高密度記録方法はプローブ記録法 (Probe Storage) と呼ばれており、MEMS (Microelectrical Mechanical Systems) 技術との組み合わせにより、飛躍的な進展が期待されている。

ここで、プローブ技術をベースにした記録デバイスの一例を示す。先に紹介した強誘電性高分子・低分子薄膜の分極制御を例にとって説明すると、基板上に形成された単分子の双極子の配向は最初ランダムであり、プローブ電場によって局所的に分極領域が形成される (図4 (a))。探針から一様な電場を加えることにより、分極の向きを外部電場方向にそろえることができる (図4 (b))。この状態で所定の場所に探針を持っていき十分に高い逆極性の電場を加えると、探針直下の領域の分子分極は反転し、この領域に情報が書き込まれたことになる (図4 (c))。この過程は何度も繰り返すことができるので、自由に情報の「消去」・「再書き込み」ができることになる。

一方、こうして作られた局所分極領域の分極の向きは、AFM探針に微小振動電圧を加え、その力学的な逆圧電振動応答の位相を検出することで非破壊的な読み出しが可能となる。また分極領域の局所的な表面電位の極性を検出することによっても、分極の向きを測定することが可能である。現在のところ、図5に示すように、10nm程度の情報を再現性よく書き込み、読み出しができるまでになっている。

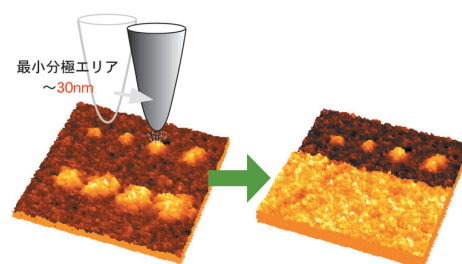


図5. 走査プローブを用いた強誘電体高分子薄膜への分極記録例

4. 単一分子計測評価技術の確立 (ナノプローブテクノロジー)

単一／少数分子系における機能・物性を微視的スケールで評価し、さらに制御するためには、所望の位置にある分子を直接観察し、その分子物性を高空間分解能で計測することは必要不可欠である。こうした点から近年進展の著しい非接触原子間力顕微鏡 (NC-AFM) による分子分解能観察には大きな期待が寄せられている。われわれのグループでは、これまでの研究で進めてきた AFM 制御装置技術の高度化、分子試料作製技術の確立および分子観察条件の確立によって、C₆₀分子／Si (111)-7×7 表面、アルカンチオール自己組織化単分子膜 (SAM膜)／Au (111) 表面、VDFオリゴマー／KCl (100) 表面、ポリジアセチレン結晶 (poly-PTS, bc-へき開面)、銅フタロシアニン／MoS₂ (0001) 表面などにおける安定な分子分解能観察に成功している。これらの試料の中でも、アルカンチオールSAMは、高い構造秩序性をもち、自己組織系のモデルとして構造・物性の解明が重要視されている。また、終端官能基を変えることができ、分子種・官能基識別の実験のモデル試料となる。こうした理由から、NC-AFMによる分子観察技術確立に果たす役割は大きいと考えられ、特にアルカンチオールSAMの観察を積極的に進めている。図6に、Au (111) 面上にc (4×2) 構造に自己組織的に配向したアルカンチオール分子の分子分解能NC-AFM像を示す。

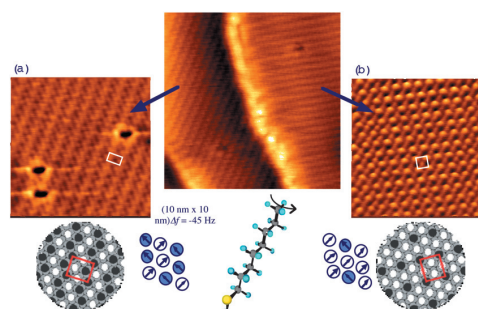


図6. C₁₀SAM膜 c (4×2) 構造のNC-AFM像 (5nm×5nm, Δf=-95Hz) (a) zigzagドメイン、(b) rectangularドメイン。各々の像の下に分子の配向モデルを示す (矢印は分子のC-C面を表す)。

5. ナノ構造電極を用いた有機半導体薄膜の電界効果トランジスタ(FET)特性

従来、有機材料は絶縁素材として多用されてきたことから、有機分子に多量の電流を流すことは困難であると考えられてきた。しかし現在、本格的な商品化が進んでいる有機EL素子では数100 mA/cm²の電流密度で素子を駆動しており、適切な電極材料の選択によってキャリアを効率的に注入し、かつ有機層の薄膜化によりキャリアの走行距離を短くすることで、無機半導体と比べても遜色ない多量のキャリアを流すことが可能となっている。また、ELデバイスの素子寿命も実用化レベルである1万時間を越えていることから、有機分子は壊れやすく、電子材料として利用し難いとする考え方を改め、(目的を持って分子設計された)有機分子の堅牢さと電子材料としての可能性を再認識する必要がある。もちろん、現段階では無機半導体にはデバイス性能では及ばないものの、今後特色ある材料特性を反映した応用分野の開拓が進むと思われる。

実際、有機材料をワイドギャップ半導体と見なし、有機ELのデバイス駆動回路やIDタグなどへの応用を想定した有機電界効果トランジスタ (OFET: Organic Field Effect Transistor) に関する研究開発が行われている。図7にボトムコンタクト型と呼ばれるOFETの概略図を示す。

有機半導体のキャリア移動度は年々増加しており、ペンタセンなど一部の分子材料ではアモルファスシリコンの電子移動度 (1cm²/V・s) と同じレベルに達している。しかし、求められているデバイス微細化、高速駆動のためには、チャンネル長 (ギャップ) を狭くし、キャリアの走行距離を短くすることが重要になる。加えて、チャンネル長を短くすることは、分子系薄膜でしばしば問題とされる結晶粒界を減少させ、キャリア移動度の上昇につながることも期待できる。われわれは、ナノスケールのチャンネル長をもつ集積化電極を用いて有機半導体のFET特性を調べ、有機半導体分子の構造制御とデバイス特性、分子/金属界面でのキャリア注入メカニズムと高効率化、最適デバイス構造、などに注目した基礎研究を行いつつ、デバイス応用に向けた可能性を探っている。

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受ける。われわれは π 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てい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製くし型電極、先鋭電極をソース、ドレイン電極とした (図8参照)。この電極基板上に、蒸着速度: 0.3～0.5nm/min、基板温度: 50℃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、 π 電子軌道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9に示す。P3T膜はP型半導体特性を示すと共に、くし型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、チャネ

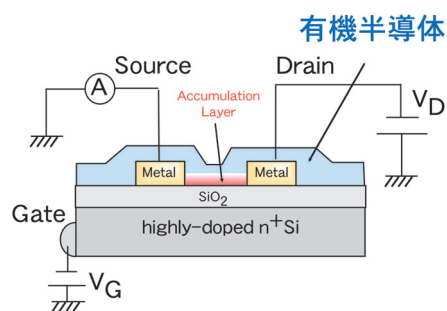


図7. ボトムコンタクト型有機FET測定系

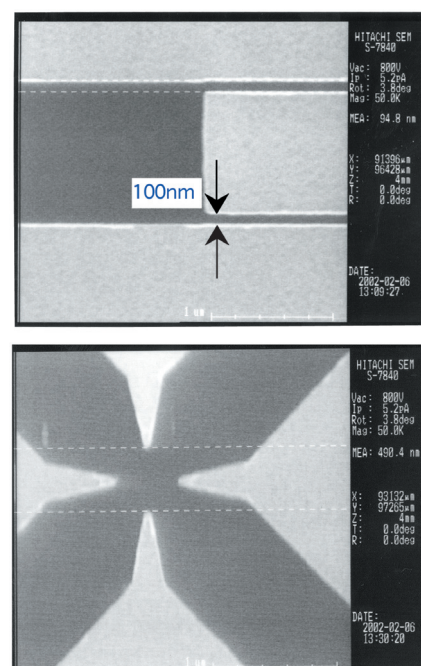


図8. くし型電極、先鋭電極の概略図

ル長1ミクロン以下では短チャネル効果により $I_d - V_d$ 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、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だと思われる。

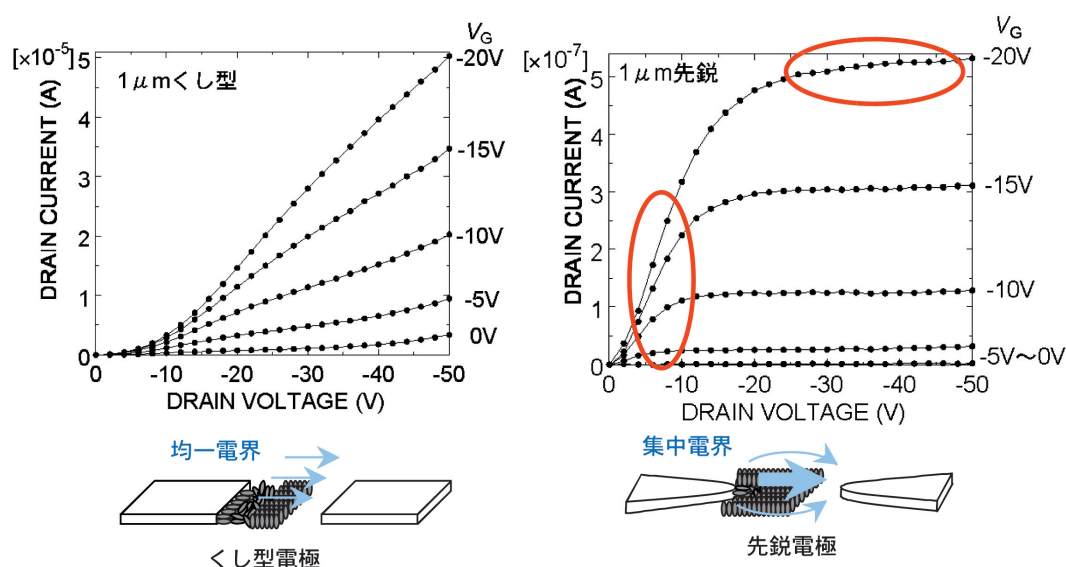


図9. くし型電極と先鋭電極における有機FET特性

6. おわりに

分子エレクトロニクスの研究の歴史には、分子と言う固体半導体とは全く異なる材料に対しての過大な期待とこれに対する大きな反動の繰り返しによって、栄枯盛衰の波が過去何度もあった。しかしながら、現在、冒頭にも述べたように有機EL素子の実用化や有機FET研究の急速な発展によって、十分な技術的環境、学問的基盤ができあがりつつあり、この分野は着実な進展を見せている。一方で、個としての分子を直接的に取り扱おうとする、SPMなどのナノプローブ技術の近年の急速な発展により、単一／少数分子系へのキャリア注入、伝導機構に対する理解は着実に深まっている。今後、シリコン微細加工技術に代表されるトップダウン技術と、これと相補的な役割を担うボトムアップ技術の接点となる分子ナノテクノロジーが進展する中で、分子スケールエレクトロニクスの新たな展開に期待したい。

先進ヘリカル磁場配位のヘリオトロンJ装置による 高温プラズマ閉じ込め研究

エネルギー科学研究科 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

教授 近 藤 克 己

kondo@energy.kyoto-u.ac.jp

助教授 中 村 祐 司

nakamura@energy.kyoto-u.ac.jp

助手 別 生 榮

besshou@energy.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

21世紀におけるエネルギー源の一つの選択肢として核融合研究は約半世紀の歴史を持つ。現在では核燃焼プラズマの研究装置として国際熱核融合実験炉（ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor）の建設準備が進められている。将来的には経済的に成り立つシステムとしての核融合発電所が建設されるべきであるがそのためにはまだ解決すべき課題が残されている。特に磁場によってプラズマを閉じ込めるときどのような磁場配位がよいのかは今なお精力的に研究が進められている分野である。核融合炉を見据えた磁場配位ではプラズマ圧力と磁場圧力の比である β 値を高くできるかという点が最も大きなポイントとなる。このような観点から β 値を大きくできる磁場配位の一つとしてヘリカルヘリオトロン配位を選んでヘリオトロンJ装置を完成させ研究を進めている。

ヘリオトロンJ装置では磁気シアーは小さいが、プラズマ全体で磁気井戸を作ることにより安定化をはかる。捕捉粒子をgrad Bの小さい直線部に局在させることにより閉じ込めを改善する。また閉じ込め領域周辺部の磁場構造は磁気島をつくることが可能である。これらの特徴を活かした大きな研究課題として次の三項目を掲げている。

- (1) バンピー磁場制御による無衝突領域の輸送低減
- (2) 周辺部まで広がる磁気井戸のMHD平衡・安定性への効果
- (3) ヘリカルダイバータおよび磁気島ダイバータの基礎研究

これらの研究を近藤研究室、佐野研究室、水内研究室の三つの研究室が一体となって進めている。

2. ヘリオトロンJ装置の磁場構造

ヘリオトロンJ装置は、 $L = 1$ 、 $M=4$ の連続巻きヘリカルコイル（HFC）と起磁力の異なる2種類

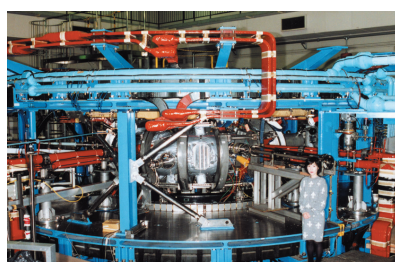


図1. ヘリオトロンJ装置

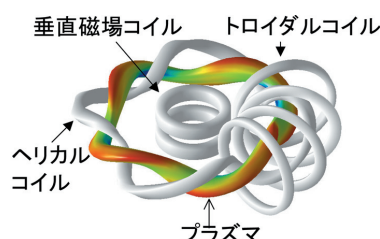


図2. ヘリオトロンJ模式図

表1

主半径	1.2 m
小半径	0.1 ~ 0.2 m
プラズマ体積	0.24 ~ 0.95 m ³
最大磁場強度	1.5 T
回転変換	0.3 ~ 0.8
磁気井戸	1.5 %

のトロイダルコイル (TFC-A、TFC-B)、三組の垂直磁場コイル (MVFC、AVFC、IVFC) によって高温プラズマを閉じ込める装置である。主な装置パラメータを表1にまとめる。図1に装置の写真を、図2にはプラズマとそれを閉じ込める磁場コ

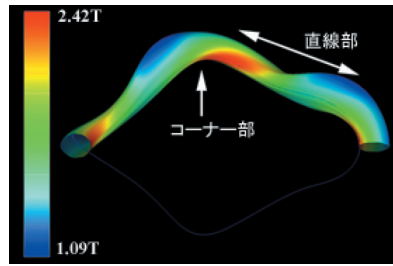


図3. 磁気面上の磁場強度分布

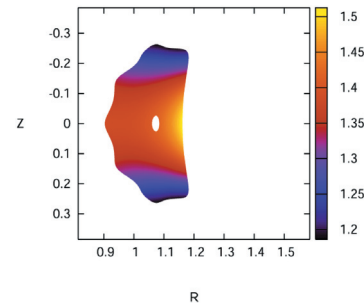


図4. ポロイダル断面上的の磁場強度分布

イルを模式的に示す。図3では、 ρ (規格化されたプラズマ半径) = 0.9における2ピッチ分の磁気面の磁場強度を色によって識別できるようにしている。この図からトーラスが直線部とコーナー部から構成されていることがわかる。磁場の最も強い場所は、コーナー部の内側でヘリカルコイルに最も近い位置で、最も弱い場所は直線部の斜め上と下でヘリカルコイルから最も離れた場所である。

図4では直線部における磁場強度分布を示している。ここでは径方向で磁場強度が大きく変化することがなく $\text{grad } B$ が小さくなっていることがよくわかる。

3. ヘリオトロンJ磁場配位における平衡、安定性解析

ヘリオトロンJ装置の磁場構造は、軸対称性がなく3次元の構造を考慮した解析が必要でありこれまでの数値解析コードを適用することが困難であった。そこで新たに実際に即した解析ができるコードを開発し、ヘリオトロンJで想定され

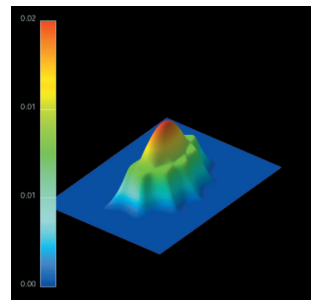


図5. 平衡解析結果の一例

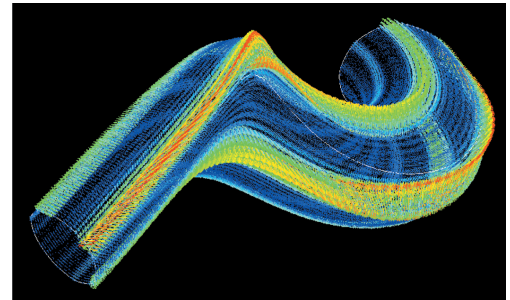


図6. バルーン不安定性解析結果の一例

るプラズマの平衡磁場分布と安定性を調べている。

図5は、このようにして求められた平衡磁場分布の一例である。ここではプラズマの圧力分布の変化によってどのような平衡磁場が得られるかを解析している。また安定性に関しては、バルーン不安定性に注目して研究を進めている。その結果の一例を図6に示す。赤色の部分で不安定性が局在して強く発生しているところである。このように従来軸対称性を仮定して解析が進められていた領域を超えて3次元非軸対称系の物理を明らかにするツールが開発されプラズマの安定性解析に大きく貢献することができるようになった。

4. ヘリオトロンJ実験結果

ヘリオトロンJ装置におけるプラズマ生成と加熱は、電子サイクロトロン加熱 (ECH: Electron Cyclotron Heating) によって行っている。現在周波数53.2GHzのジャイロトロンが3本と70GHzのジャイロトロンが1本用意されている。前者の最大入射パワーは400kW、最大パルス幅50msで2ヶ所からTE₀₂モードで入射されている。他方70GHzシステムでは、最大入射パワー400kW、最大パルス幅200msでTEM₀₀モードで入射されている。可動ミラーによりトロイダル、ポロイダル方向にそれぞれ $\pm 15^\circ$ 、 $\pm 23^\circ$ 可変になっており集光位置ではビーム半径22mmである。また偏波板により偏波モードの制御が可能である。したがって高いパワー密度で吸収分布の制御が可能となっている。

生成されたプラズマの電子密度の測定は、140GHzのマイクロ波干渉計を用いた。電子温度は、 $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $125\mu\text{m}$ のBe薄膜のうちの二つの薄膜を透過した制動輻射、再結合輻射からなる軟X線の強度比で評価している。この他に反磁性ループ、ロゴスキーコイル、可視及び真空紫外分光、可動プローブ、ダイバータプローブアレー、ボロメータ、高速カメラなどでプラズマエネルギー、プラズマ電流、不純物、巨視的な運動などを測定している。

先進的な閉じ込め装置であるヘリオトロンJでは、広いパラメータ領域での閉じ込め特性を明らかにすることが重要である。特に低衝突領域ではバンピー成分の効果が大きいので低密度高温のプラズマを生成することが必要である。このために低密度高電子温度と高電子密度のプラズマ生成・加熱を目標とした。当初53.2GHzのジャイロトロン3本によるプラズマ生成と加熱が行われた。磁気軸上での最大磁場強度が1.5Tであることから第2高調波によるプラズマ生成・加熱が主であるが、磁場強度を大きく変化した結果0.8~1.45Tの非常に広い磁場強度でプラズマ生成・加熱を行うことができた。第2高調波による最適な加熱ができていている場合の直線部における磁場強度は0.95Tである。高磁場領域でも有効なプラズマ加熱が観測されている。

70GHz ECHシステムを導入することにより放電時間が長くなり十分低い密度で高温のプラズマを維持することが可能となった。図7は標準配位で磁場強度は1.27T、平均電子密度 $1.5 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ で電子温度1keVの放電の一例である。このような放電を多数集め0.5msごとに電子温度、密度を求めそれらがどのような範囲にあるかを表示したものが図8である。この図には同時に電子温度分布を放物型、電子密度分布は平坦として規格化された平均半径0.5で $\nu^* (= \nu \pi R_0 / (\nu_{th} l))$ がそれぞれ1、0.1、0.01となるときの中心電子温度と平均電子密度の値を点線で示している。平均電子密度が $5 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 以下では電子温度が400eV以上で、 $\nu^* < 0.1$ 、電子密度 $2 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 以下では600eV以上で $\nu^* < 0.01$ と十分に衝突周波数の低い領域のプラズマが生成されていることが明らかになった。

他方プラズマエネルギーは電子密度の上昇にともなって増加する。53.2GHz、70GHzに対するOモードの遮断密度は、 $3.5 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ 、 $6.1 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ 、また第2高調波Xモードに対する低密度遮断密度は、 $1.8 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ 、 $3.0 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ であるのでこれらの密度領域でのプラズマエネルギーの挙動を考える。プラズマエネルギーの測定は、直線部に巻かれた反磁性ループで行った。図9は実験で得られた閉じ込め時間とISS95スケール則で予測される閉じ込め時間との関係である。ここでISS95スケール則とは、これまでにヘリオトロンE装置など世界各国のヘリカル系装置で得られた閉じ込め時間をプラズマの大半径、小半径、磁場強度、回転変換角、加熱入力などのパラメータ依存性を整理した実験式である。ヘリオトロンJ実験では最大10msの値

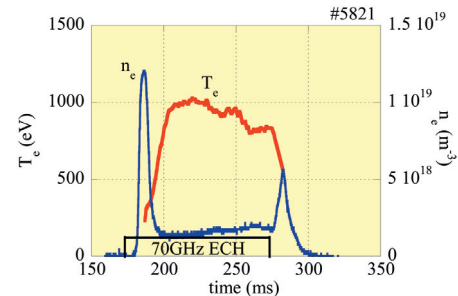


図7. 電子温度 (T_e)、密度 (n_e) の時間変化

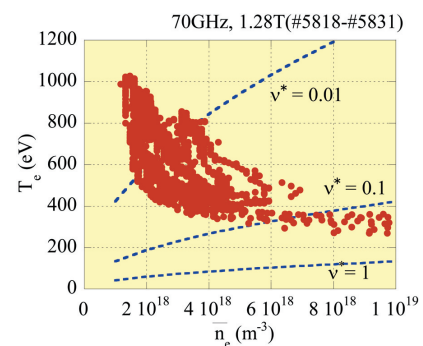


図8. 電子温度、密度領域

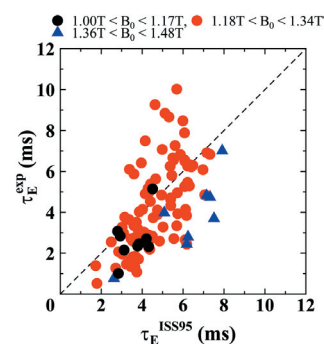


図9. ISS95スケール則で予測される閉じ込め時間と実験値との比較

が得られておりISS95スケーリング則で予測される値を倍ほど超える値を達成していることがわかった。

現在加速電圧30 k Vの中性粒子ビーム入射（NBI：Neutral Beam Injection）とイオンサイクロトロン周波数領域（ICRF: Ion Cyclotron Range of Frequency）の波動加熱を始めたところでイオンの効果的な加熱と高エネルギーイオンの生成、閉じ込めの解析を進めている。図10はICRFパワーを断続的に印加したとき、ICRFパルス中に高エネルギーイオンが生成されることを荷電交換中性粒子エネルギー分析器で確かめたデータを示す。このように今後は高エネルギーイオンの生成と閉じ込め過程の研究をさらに進めていくことにしている。

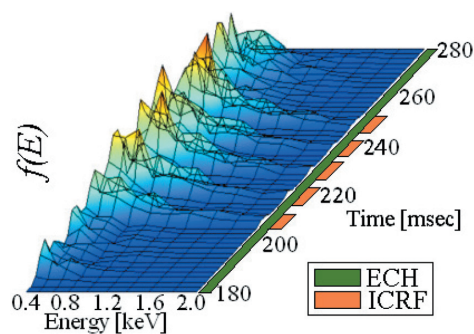


図10. ICRF印加時における高エネルギーイオンの生成

5. 今後の課題

ヘリオトロンJ装置は、これまでの平面磁気軸の磁場配位と異なり、MHD安定性と良好な粒子閉じ込めを兼ね備えた先進的な磁場構造の装置である。この種の概念は世界的に見ても次世代のヘリカル系装置の中心的な位置を占めるものとして研究が始められているところである。特に日本ではこのヘリオトロンJ装置が唯一であり、国外のEU（スペイン）のTJ-II装置、USAのHSX装置、オーストラリアのH-1NF装置などと連携をして国際的な研究拠点形成に努めている。

核融合発電の実現に向けてはITERの建設が準備されつつあるが、核融合によるエネルギー源が社会的に受容されるためにはその経済性において十分採算がとれるものにしなければならない。そのためにも β 値の向上と定常性が確保できる可能性を持った先進磁場配位を探索する研究が大学において先駆的に進められることが重要であると考えている。特に3次元非軸対称系のプラズマはその複雑さゆえにこれまで十分な精度で解析が進まなかったが物理的にも興味深い対象であるのでこれからの進展に期待したいと考えている。

新設研究室紹介

電気エネルギー工学講座 生体機能工学分野（小林研究室）

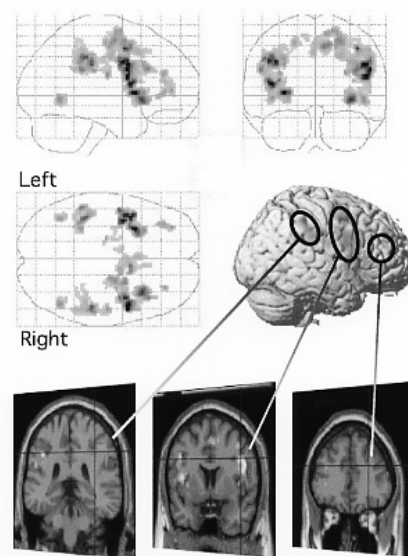
「非侵襲高次脳機能計測とイメージング」

本研究室は、生体の有する優れた機能を探り、その知見を応用する工学研究を行う。生体機能と言っても、その研究対象は遺伝子から巨大システムである動物に至るまで非常に幅広い。本研究室では、人間の脳神経系に重点を置き、その機能を非侵襲的に計測・解析・イメージングし、脳が実現している高度な機能の仕組みを探ると共に、その工学的応用に関して、感覚・運動機能、記憶、認知、意識などを対象として研究を行う。また、医学部との連携により、医療や福祉に工学という側面から貢献する研究を目指し、生体医工学や病気や事故で視覚や聴覚といった感覚機能に障害をもった人のための感覚機能代行といった分野の研究等を遂行する予定である。ここでは、本研究室の研究テーマのうち、微弱磁気計測技術と核磁気共鳴計測技術に基づく脳機能計測研究を紹介する。

脳の働きを理解するには、神経科学、物理、化学、情報科学、認知科学等の広汎な知識に加え、計測技術、画像技術、信号処理技術といった工学的な手法の理解と開発が必要とされる。中でも人間の脳機能研究では、脳を傷つけずに調べる非侵襲的な計測手法が不可欠である。この様な非侵襲的脳機能計測法には、計測原理の異なる幾つかの手法があるが、ここでは脳磁界計測法と機能的磁気共鳴画像法に関して概説する。なお、詳しくは解説 [1] を参照されたい。

脳磁界計測法 脳神経の活動、具体的には大脳皮質にある錐体細胞の樹状突起に電流が流れることに伴って地磁気に比べ約一億分の一と極めて微弱な磁界が発生する。1960年代にジョセフソン接合を含む超伝導リング内での量子干渉効果を利用した超高感度な磁界検出器であるSQUID（Superconducting Quantum Interference Device）が発明された事によって初めてその計測が可能となった。このSQUIDを用いた磁界計測技術は、1980年代に入り生体から発生する微弱な磁界の計測に応用されはじめ、近年、医療にも用いられている。SQUIDを用いて計測される脳磁界は脳磁図（MEG: magnetoencephalogram）と呼ばれ、現在では全頭に配置した数百のセンサから同時計測を行えるシステムが普及するに至っている。計測された頭皮近傍の磁界分布から、逆問題解析により脳内の神経活動部位を高精度で推定する事ができる。

機能的磁気共鳴画像法 脳の神経活動に伴い細動脈の弛緩が起き、その活動部位の血管中の血流量の増加によって血液中の脱酸素化ヘモグロビン濃度が減少することになり、水素の原子核であるプロトンの横緩和時間が長くなり、磁気共鳴信号の強度が増す。この信号はBOLD（blood oxygenation level dependent）信号と呼ばれ、BOLD信号を画像化することにより脳機能を計測する技術が機能的磁気共鳴画像法（fMRI: functional magnetic resonance imaging）である。fMRIにはBOLD以外に、局所血流量変化そのものをイメージングする方法など、他の試みもあるが、現時点ではfMRIのほとんどがBOLD信号に基づくものである。fMRIによる高次脳機能研究の一例として、視覚的意識 [2] を解明する鍵となる多安定知覚現象に関わる脳活動部位を計測・イメージングした結果 [3] を図に示す。



参考文献

- [1] 古谷、小林、荒木、“計測制御技術の生体医療応用”、計測と制御、Vol.43, No.3, pp.214-219 (2004)
- [2] 小林、“視覚から意識の謎に迫る”、脳と精神の医学、Vol.13, No.4, pp.403-410 (2002)
- [3] 小林 他、“脳機能画像に基づく視覚的気づきの脳内プロセスに関する検討”、Med. Imag. Tech., Vol.21, No.4, pp.277-280 (2003)

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

電気エネルギー工学講座 生体機能工学分野 (小林研) ※

電気エネルギー工学講座 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

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)

電子工学専攻

集積機能工学講座 (鈴木研)

電子物理工学講座 極微真空電子工学分野 (石川研)

電子物理工学講座 プラズマ物性工学分野 (橋研)

電子物性工学講座 半導体物性工学分野

電子物性工学講座 電子材料物性工学分野 (松重研) ☆

量子機能工学講座 光材料物性工学分野

量子機能工学講座 光子電子工学分野 (野田研)

量子機能工学講座 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 情報回路方式分野 (中村行研)

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 エネルギー情報学分野 (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 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 (水内研)

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)

生存圏研究所

生存圏診断統御研究系 大気圏精測診断分野 (津田研)

生存圏診断統御研究系 レーダー大気圏科学分野 (深尾研)

生存圏開発創成研究系 生存科学計算機実験分野 (大村研)

生存圏開発創成研究系 生存圏電波応用分野 (橋本研)

生存圏開発創成研究系 宇宙圏電波科学分野 (松本研)

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 §§

高等教育研究開発推進センター

情報メディア教育開発部門 (小山田研) §§§

学術情報メディアセンター

ネットワーク研究部門

ネットワーク情報システム研究分野 (中村裕研)

注 § 工学研究科電子物性工学専攻光材料物性工学分野
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

§ § § 工学研究科電気工学専攻荒木研と一体運営

複合システム論講座（荒木研究室） 「スケジューリング問題に対する厳密解法の研究」

本研究室では、複合システム論という立場から、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。今回は、システム最適化のテーマの一つである、スケジューリング問題に対する厳密解法の研究について説明したいと思います。

スケジューリング問題とは、工場などの生産工程において生産スケジュールを策定する問題を指します。具体的には、1台または複数台の機械を用いて複数の仕事を処理する際の作業スケジュールを、与えられた評価基準を最小化あるいは最大化するよう決定する問題です。スケジューリング問題は1960年代から研究されており、機械・仕事・評価基準という3つの属性により細かく分類されています。たとえば、「 $P|pmtn|\sum w_j C_j$ 」は、性能が同じ複数台の機械を同時・並列に用いることができる（ P ）、仕事は分割して処理してもよい（ $pmtn$ ）、各仕事の完了時刻の重み和を最小化する（ $\sum w_j C_j$ ）、を表します。

スケジューリング問題は、基本的には組み合わせ最適化問題として扱うことができますが、そのほとんどがNP困難であり、効率的な解法が知られていません。このため、従来は近似解法に関する研究が主として行われてきました。しかし、近年の計算機性能の急速な向上により、厳密解法による求解が現実味を帯びてきました。また、

スケジューリング問題の解析という観点からも、厳密に最適な解は重要な意味を持っています。そこで、本研究室では、スケジューリング問題のうち、等価並列機械型・一様並列機械型納期遅れ和最小化問題（ $P||\sum T_j, Q||\sum T_j$ ）や、1機械納期ずれ和最小化問題（ $1||\sum(\alpha E_j + \beta T_j)$ ）などに対して厳密解法を構成する研究を行ってきました。ここで、「納期遅れ和」とは、各

仕事が納期からどれだけ遅れて完了したのかを足し合わせたもので、納期に間に合った場合は、0となります。一方、「納期ずれ和」とは、納期からのずれ、すなわち、納期からどれだけ遅れたか、また、どれだけ早く完了したかを足し合わせたものです。これは、納期からの遅れによる損失と、納期より早く完了することにより発生する在庫コストの両方を考慮した評価基準です。本研究室では、これらの問題に対し、分枝限定法における分枝方法や下界値計算法を工夫することにより、従来の解法よりも効率のよい厳密解法を提案しています。

今後は、さらに多くの種類のスケジューリング問題に対して厳密解法を構成し、厳密解法のライブラリを作成していく予定です。

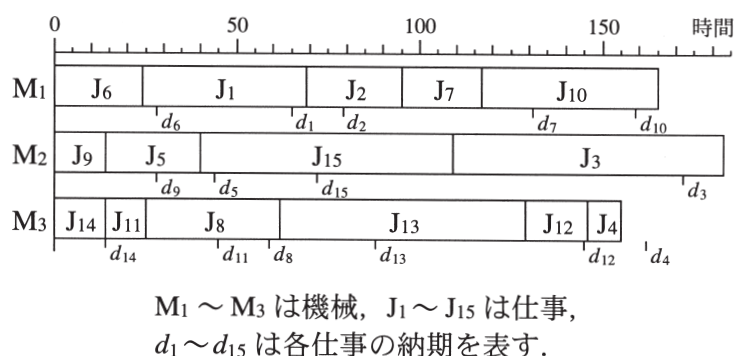


図1. $P||\sum T_j$ に対する最適スケジュールの仕事（3機械15仕事）

電磁工学講座 超伝導工学分野

「高温超伝導 (HTS) MRI マグネット電流補償用磁束ポンプ」

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、磁束ポンプについて紹介する。

磁束ポンプとは、閉回路の中に、磁束を出し入れする機構である。閉回路を流れる電流は、総磁束に比例するので、閉回路電流を増減することができる。特に、閉回路が超伝導状態であると、永久電流モードになって、利用状態では、電流は減衰しない。現実の回路では、接続部があり、ある時定数で減衰する¹。金属系超伝導線を用いて製作されたマグネットでは、この減衰量は問題とされないが、酸化物高温超伝導 (HTS) 線では、減衰量が大きいとされている。そこで、HTS線を用いて製作されるマグネットの永久電流減衰の補償に磁束ポンプへの適用を検討している。

回転機と組合せた移動磁界型磁束ポンプは、既に全超伝導発電機の励磁機として適用され、発電試験に成功している [1]。NMRマグネットは静止しているので、リニア形電機子を採用し、直流バイアスを与えて、図1に示すように空隙中のNbフォイル上に単極磁束による常電導領域を形成し、負荷コイルと組合せた閉回路に移動させる。直流バイアス電流値、三相交流電流値、周波数で組み込む磁束量を制御する。図2に試作したリニア形磁束ポンプ部と0.54Hの負荷コイルの外観写真を示す [2]。負荷コイルは6つのコイルをトロイダル形状に配置して、磁束ポンプ部への漏れ磁束が小さくなるようにしてある。負荷コイルとの接続は、Nb-Ti線を用い、Nbフォイルへの印加磁束密度の大きさをNbの臨界磁界よりも大きく、かつNb-Tiの臨海磁界よりも小さく選ぶことで、磁束ポンプとして働く。図3に直流バイアス10A、三相交流電流5A、周波数6 Hzから9 Hzの電流波形を示す。電流増加率は、0.1A/min (@6Hz)、0.13A/min (@7Hz)、0.14A/min (@8Hz)、0.16A/min (@9Hz)、0.38A/min (@10Hz)、0.5A/min (@15Hz)、0.72A/min (@20Hz)、0.27A/min (@40Hz)、0.17A/min (@60Hz) であった。負荷コイルが10Hのインダクタンス値を持っていると、5mA/minの電流分解能となる。コアの幅40mmを5 mmにすれば、10 μ A/sとなる。

今後、コイル磁束検出値をフィードバックして電流制御を行って、超伝導マグネットの永久電流を補償する試験を行うとともに、酸化物高温超伝導体で磁束ポンプを構成することを目指している。

さらに、電流制御分解能の向上、効率の測定と高効率化を通して、実用化をはかる。今後も精力的に研究開発に取り組んでいく予定である。

参考文献

- [1] 築地浩, 星野勉, 他: 電気学会論文誌 D, Vol. 116-D, No. 11, pp. 1126- 1131 (1996.11)
- [2] Y. Chung, I. Muta, T. Hoshino, T. Nakamura: MT18, No. 5C-a03, pp. 174 (2003.10.24)
- [3] Y. Chung, et.al.:平成16 年度電気学会全国大会, Vol. 5, No. 5-038, pp. 44- 45 (2004.3.18)

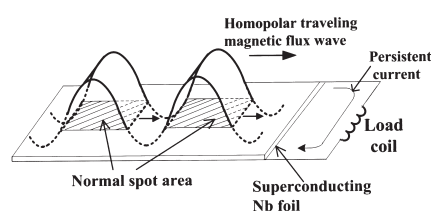


図1. 磁束ポンプ原理と移動磁界

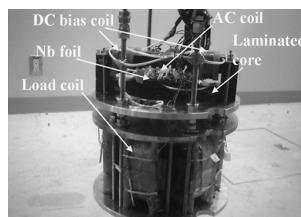


図2. 磁束ポンプと負荷コイル

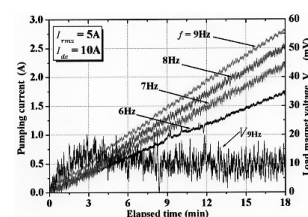


図3. 負荷電流波形

¹ 920MHzのNMRマグネットでは0.3Hz/hのドリフトが観測されている

電気システム論講座 自動制御工学分野（萩原研究室）

「2自由度最適サーボ系の設計法を用いた空気圧シリンダの位置決め制御」

空気圧シリンダを含めた空気圧系は、油圧式などと比べて保守管理が容易で安価であることから、生産設備用のシステムとして広く利用されています。しかし、空気の圧縮性に起因する剛性の低さのために、空気圧系は摩擦や負荷変動・外乱の影響を受けやすいという問題点を有しており、この問題点を克服して精密な位置決めを達成すべく様々な制御理論の適用が試みられています。本研究室では、目標値追従特性と外乱抑制特性を独立に調整できるという利点を持つ2自由度最適サーボ系の設計法に関する理論的研究を従来より進めており、この設計法を空気圧シリンダの位置決め制御に適用して実験によりその有効性を検証しています。

図1に空気圧サーボ実験装置の基本構成を示します。コンプレッサで圧縮された空気はいったんエアタンクに貯蔵され、その後エアフィルタで塵や水分が取り除かれ、エアコントロールユニットで一定圧力に保たれます。この圧縮空気をシリンダに送り込むことによって、テーブルを動かします。シリンダに流入する空気の量および向きは、サーボバルブに与えられる入力電圧により決まります。テーブルの位置をセンサで検出してサンプリング周期1msごとにに取り込み、制御用計算機に実装された制御則にしたがってバルブへの入力電圧を決定することで位置決め制御が可能となります。この制御則の部分を2自由度最適サーボ系の設計法に基づいて構成し、位置決め制御実験を行ないました。結果を図2に示します。横軸は時間[s]、縦軸は位置[count]を表わし、1countが約15 μm に相当します。図2では目標値を2000countとしています。

図2の破線で示した応答は、単純な比例制御により位置決め制御を行なった場合のものです。制御対象が積分性を有しているため定常偏差なく目標値に追従していますが、立ち上がり部分では空気の圧縮性および摩擦の影響と思われる応答のがたつきが見られます。2自由度最適サーボ系の設計では、まず最初に目標値追従特性のある2次形式の評価規範のもとで最適となるように設計し、さらに空気の圧縮性および摩擦の影響を制御対象に混入するステップ状の外乱としてとらえ、この外乱抑制を最適とするように制御則を設計しました。図2の実線で示すように、2自由度最適サーボ系の設計法に基づいて設計を行なうことで速応性を落すことなく滑らかな応答が得られています。この結果は、目標値追従特性と外乱抑制特性を独立に調整できるという利点を持つ2自由度最適サーボ系の設計法の有効性を示唆しているものと考えられます。

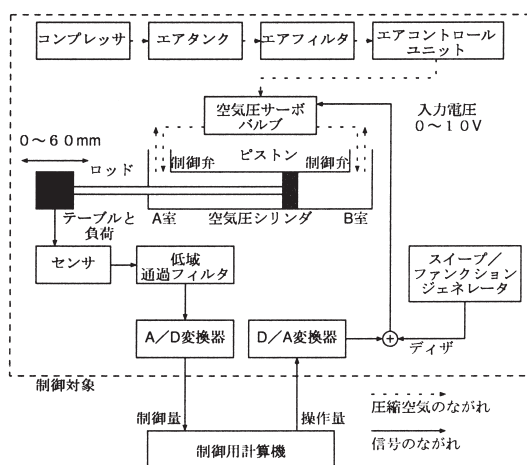


図1. 空気圧サーボ実験装置の基本構成

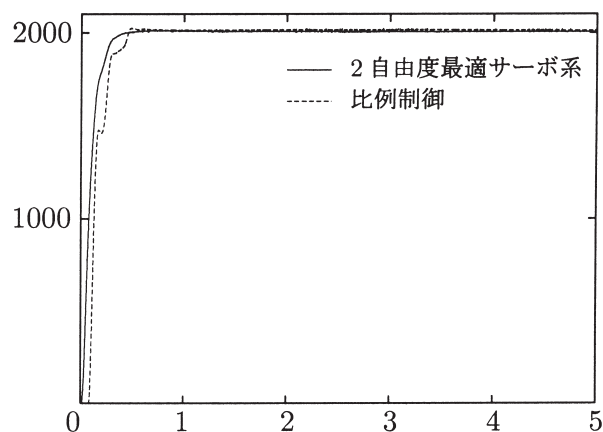
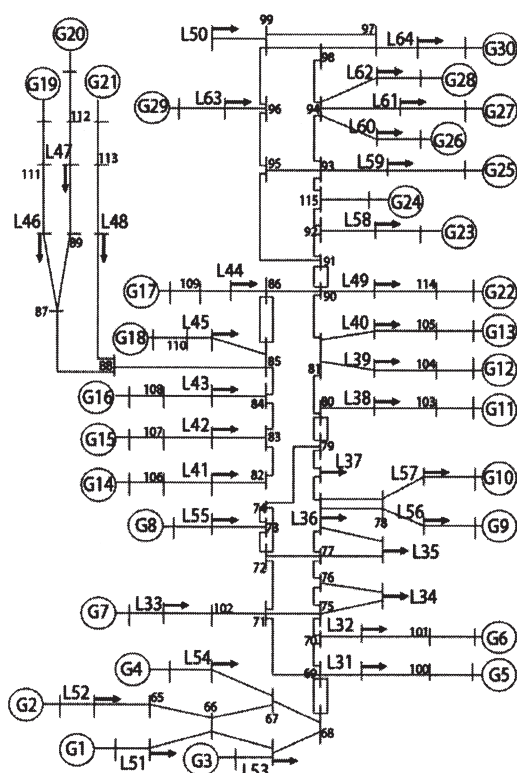


図2. 空気圧シリンダの位置決め制御

電気システム論講座 電力システム分野（大澤研究室） 「電力自由化市場における電圧アンシリャーサービスの評価法の検討」

電気料金の低減、競争原理導入による効率化を目的として電力市場の規制緩和、自由化が進められています。アンシリャーサービス（Ancillary Service, 以下AS）とは、電力システムの信頼性、安定性を確保するための系統運用・制御のことで、周波数制御、電圧制御、供給予備力確保などが含まれます。本来の目的である電力の供給からみて補助的な位置づけということからアンシリャーサービス（補助的サービス）と呼ばれますが、それなくしては電力供給ができないというきわめて重要不可欠なものです。従来、これらのサービスは電力会社によって電力供給と一体化して一元的に行われてきましたが、電力自由化による新規参入事業者が今後とも増加すると予想されるので、それらにかかるコストを公平に分担するためにASを定量的に評価することが求められています。ASの評価には、ASを供給するのに要するコストの評価と、供給されたASの価値（効果）の評価の二面性があります。例えば、周波数制御は全系的な（グローバル）制御ですので、電力システムのどこで制御しても価値に余り差は生じませんが、無効電力制御による電圧制御などは制御位置によって効果は大きく異なってきます。従来の電力会社においては、コストを考慮して最も効率的になるように計画・運用されてきたので、価値とコストが同時に考慮されていることになり、両者を分離する必要はありませんでした。電力自由化市場においては、新規事業者がASに寄与する可能性もあり、またさらには、ASが市場で取り引きされることも考えられるので、価値を評価することが必要となってきました。本研究は、発電機や調相設備の無効電力制御の電圧面から見た価値の評価法の確立を目指すものです。

具体的には、無効電力の変化に対する電圧の変化のモード解析（固有値解析）によって静的電圧安定性の指標（例えば、ヤコビアン行列の行列式の値すなわち全ての固有値の積）を定義し、電圧安定性への貢献度によって電圧ASの価値を評価することを試みています。電圧安定性指標-無効電力感度（V-Q感度）に基づく評価指標や、支配的なモードに影響を及ぼす度合い（寄与率）に基づく評価指標などを考案して、それらの妥当性の検証を行っています。



電子物理工学講座 プラズマ物性工学分野（橋研究室） 「マイクロプラズマによる新規プロセスおよび新規デバイスの創生」

“マイクロプラズマ”とは、ミリメートル以下の微小なプラズマを総称しており、プラズマディスプレイ内のマイクロプラズマが最も馴染みが深く、既に実用化されています。しかし、マイクロプラズマの応用範囲はさらに大きく広がっていると考えられ、当研究室ではプラズマディスプレイパネルのマイクロプラズマの研究に加えて、マイクロプラズマを用いたプロセス用大気圧動作プラズマ源の開発およびマイクロプラズマの機能を積極的に用いた新規デバイス創生を目指した研究を行っており、合わせてマイクロプラズマのパラメータ領域にて生じる特有な物理機構を把握することを目指しています。

プラズマの生成条件としてよく知られた経験則に、パッシェンの法則があります。これは、あるプラズマの大きさ（電極間距離）に対して最適な動作圧力が決まる、というものです。現在、半導体等の産業界ではプロセス装置の簡素化・低コスト化の観点で大気圧動作化への要望が高まっておりますが、これまで用いられてきた低気圧動作のプラズマ源は大気圧動作には全く不向きです。それに対して、マイクロプラズマはその大きさが小さいため大気圧下でも安定した生成・維持が可能であるため、当研究室ではマイクロプラズマを集積化することで大面積処理が可能な大気圧プラズマ源を「同軸型誘電体バリアマイクロ放電」として新たに提案しました。これは、誘電体で被覆されたメッシュ状の電極を2枚重ねることで、メッシュの孔内に同軸構造の誘電体バリアマイクロ放電を生成するものです。図1に、ヘリウムガスを用いたときの各圧力における放電開始電圧条件ならびに集積構造の発光パターンを示します。大気圧条件に至るまでどの圧力帯においても、均一な発光パターンを実現できました。現在、このプラズマ源を大気雰囲気にて動作させ、各種プロセスへの応用を視野に入れた研究を行っています。

また、当研究室では、マイクロプラズマによる新規デバイスの創生についても取り組んでおります。プラズマは、これまでの産業界においては、各種照明器具の中で、あるいは半導体産業にてプロセス装置の中で広く使われてきましたが、そこではプラズマの性質として主に非平衡性（電子が他の粒子に比べて約2桁温度が高いこと）が利用されてきました。しかしながら、プラズマはこの他にも多くの特質（導電性、誘電性等）を備えており、それらが積極的に利用された例は多くありません。当研究室では、マイクロプラズマが包含する様々な特質を利用することで、“プラズマデバイス”を構成しこれまでの固体デバイスが実現できなかった新規デバイスを創生するべく研究を行っています。図2に、その原理検証実験として、プラズマをチャネルとしたトランジスタ類似動作を示します。動作圧力を調整することで、2電極（A, K）間の放電電流を第3の電極（C）の電位で連続的に制御し、かつ第3電極（C）は高インピーダンス状態を保って電流はほとんど流れていません。このように、プラズマの導電性を利用したスイッチング素子や、プラズマの誘電性を利用した電磁波の制御素子の実現可能と考えています。

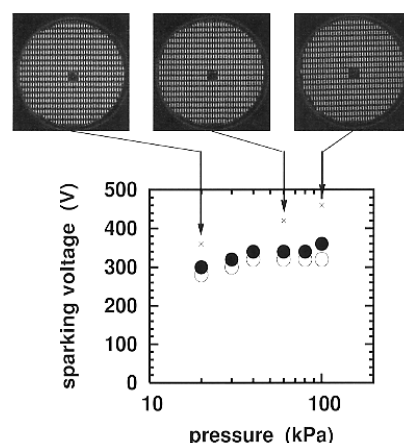


図1. 同軸型誘電体バリアマイクロ放電の放電開始条件と集積構造の可視光発光パターン。

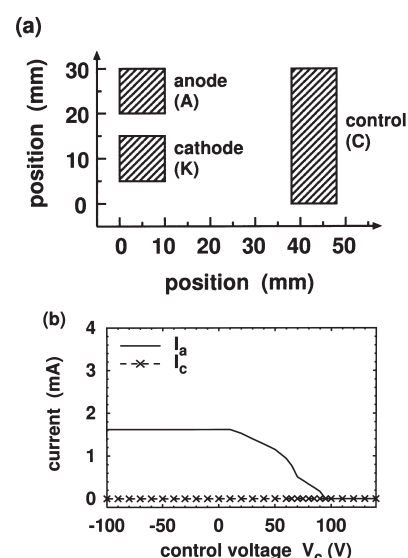


図2. プラズマをチャネルとしたトランジスタ類似動作の観測。(a) 原理検証構造と(b) 電流の第3電極電位依存性。

量子機能工学講座 光量子電子工学分野（野田研究室） 「フォトニック結晶レーザに関する研究」

近年、光を自在に操ることができる新しい光材料としてフォトニック結晶が注目されている。フォトニック結晶とは、内部に周期的な屈折率分布を形成した光ナノ材料であり、固体結晶において原子の周期ポテンシャルによって電子に対してバンド構造が形成されるのと同様に、光に対してフォトニックバンド構造が形成されるという特長をもつ。当研究室では、このフォトニック結晶による究極の光制御の実現と、そのデバイス応用を目指して研究を行っているが、その中の一つが2次元フォトニック結晶レーザ [1, 2] である。

図1はデバイスの模式図であり、活性層をもつウエハAと、表面にフォトニック結晶を形成したウエハBを融着することで、活性層近傍に2次元フォトニック結晶を形成している。図1左下は2次元フォトニック結晶における光の回折を模式的に示したものである。結晶中を伝搬する光は、図に示すように 180° の方向だけでなく、 $\pm 90^\circ$ の方向にもブラッグ回折を受ける。つまり図1右下に示すように4つの方向が互いに結合し2次元的な共振器が形成されることになる。これは従来の1次元周期構造ではあり得ない2次元周期構造特有の現象であり、これによって面内の電磁界分布が完全に規定されることになる。このため、発振領域を大面積化しても、周期構造で規定された単一のモードで発振することになり、従来の概念を越えたレーザの実現が可能となる。またこの構造においては、ブラッグ回折によって図1右下に示すように垂直方向に光を取り出すことも可能であり、面発光レーザとして動作することも特長の一つである。

図2は試作したデバイスのレーザ発振をデバイス上側から観察した近視野像と、各点での発光スペクトルを顕微分光測定装置で評価した結果である。直径約 $150\mu\text{m}$ と大面積で発振しているにもかかわらず、全ての測定点において同一波長で発振しており、大面積コヒーレント発振していることが分かる。また、これを反映してレーザ光の拡がり角は約 1.1° と、従来の半導体レーザに比べて1桁狭い値が得られている。さらに最近、デバイス構造を工夫することで図3に示すように室温連続発振にも成功した [3]。今後も、さらなる高性能化・高機能化を目指して研究を行っていく。

参考文献

- [1] M. Imada, S. Noda, A. Chutinan, T. Tokuda, M. Murata, and G. Sasaki, *Appl. Phys. Lett.*, **75**, pp.316-318 (1999).
- [2] S. Noda, M. Yokoyama, M. Imada, A. Chutinan, M. Mochizuki, *Science*, **293**, pp.1123-1125 (2001).
- [3] D. Ohnishi, T. Okano, M. Imada, and S. Noda, *Optics Express*, **12**, pp.1562-1568 (2003).

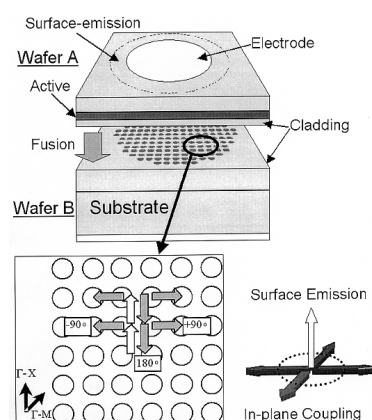


図1. デバイスおよび2次元周期構造における光の回折現象の模式図

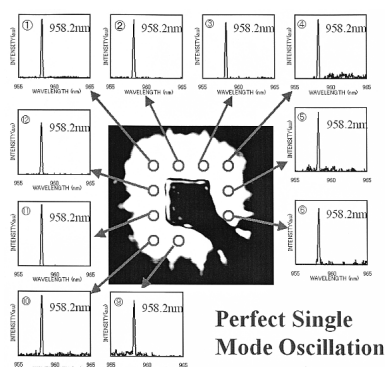


図2. デバイスの近視野像および各領域の発振スペクトル。

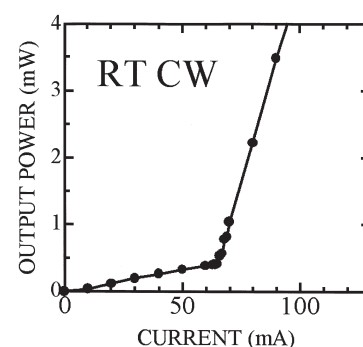


図3. デバイスのI-L特性。

量子機能工学講座 量子電磁工学分野（北野研究室）

「偏光依存性 2 光子吸収による光子対の生成に関する研究」

光子対とは、同時に放出された光子の組のことを指し、光の量子性が明確に現れる興味深い状態である。特に光子対がもつ量子的な非局所相関によって様々な特異な現象が生じる。最近ではその応用も数多く提案されており、量子テレポーテーションや量子情報などの分野で活用されている。

また、光子が同時に放出されることで、その 2 つの光子がエネルギーが 2 倍で波長が半分の 1 つの光子 (biphoton と呼ばれる) のように振る舞うことが知られている。それにより、通常の干渉 (正確には 1 次の干渉) 実験で得られる干渉縞の半分の間隔の干渉縞が 2 光子干渉という特殊な干渉実験で得られる。その応用として、高分解能の加工 (量子リソグラフィ) が提案されており、同じ波長の光でも現在のリソグラフィの倍の分解能での加工が可能になる。

レーザ光からの光子対の生成には、非線形結晶を用いるのが一般的である。非線形結晶にレーザ光を入射すると、レーザ光を形成する光子が非線形効果によって 2 つに分裂し、光子対が得られる。ただし、エネルギー保存則により光子対の周波数は半分になり、波長は倍になる。

我々は、偏光選択性をもつ 2 光子吸収過程を応用する方法を考案した [1]。図 1 を用いてその原理を説明する。偏光選択性をもつ 2 光子吸収体は、右円偏光の光子 1 つと、左円偏光の光子 1 つを吸収する。この状態を直線偏光の基底で表現すると、2 光子が水平偏光である状態と 2 光子が垂直偏光である状態の重ね合わせ状態になっている (図 1 中の吸収可能状態)。水平偏光の 2 光子状態 (図 1 の初期状態) をこの 2 光子吸収体と相互作用させると、吸収可能状態に直交した成分だけが残る (図中の終状態)。この状態も 2 光子が水平偏光である状態と 2 光子が垂直偏光である状態の重ね合わせ状態である (吸収可能状態とは重ね合わせの符号が異なる)。すると、元々は存在しなかった垂直偏光の 2 光子状態が偏光選択性 2 光子吸収による状態の射影を通して生成される。初期状態を 2 光子状態という特殊な状態で説明したが、初期状態をコヒーレント状態にとることも可能で、上の議論と同様に元々の偏光方向とは直交した偏光をもつ光子の組、つまり光子対を取り出すことができる。その様子を図 2 に示す。

これまでの研究では、偏光選択性二光子吸収体と相互作用する光に関するマスター方程式をたてて、それを摂動的に解くことで、このような現象が起こることを理論的に導いた。今後は、実験的にこの現象を実証することを目標とする。

我々の方法において生成される光子対の周波数 (あるいは波長) は用意すべきレーザ光と同じである。これは、従来のパラメトリック過程で生成する方法と大きく異なる点である。この方法で生成された光子で 2 光子干渉実験を行うことで用意したレーザ光の波長の半分の幅の干渉縞を得ることができると予想している。

参考文献

- [1] T. Nakanishi, K. Sugiyama, M. Kitano, "Generation of photon pairs using polarization-dependent two-photon absorption", Physical Review A, Vol. 67 (2003) 043809.

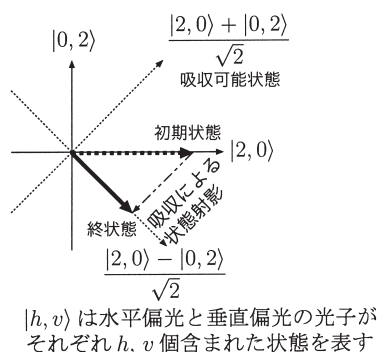


図 1. 吸収による状態変化

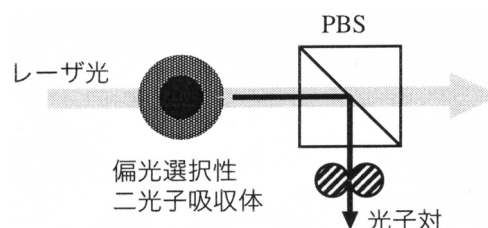


図 2. 偏光選択性二光子吸収による光子対の発生

知能メディア講座 言語メディア分野

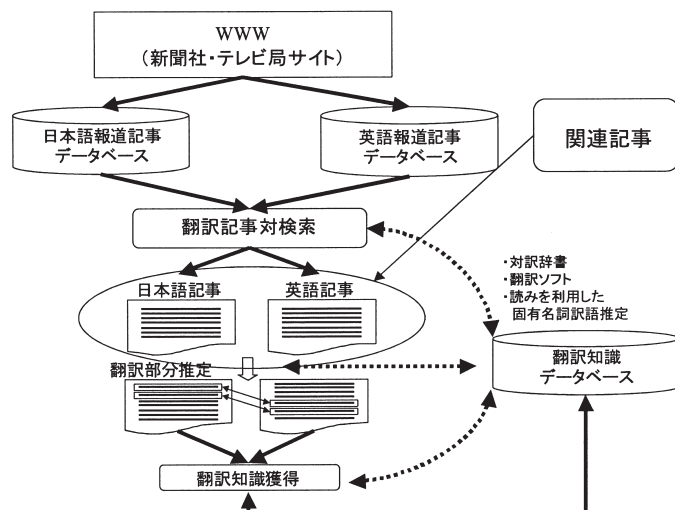
「ウェブ上の多言語文書からの翻訳知識の自動獲」

新聞記事やウェブ上の文書をはじめとして、実世界の言語テキストにおいては、日々刻々と新しい内容が話題となり、新出の人名・地名・組織名などが数多く現れます。従来の自動翻訳ソフトにおいてこれらの新出語に対応するためには、あらかじめ用意された翻訳辞書に対して、人間の手で新出語を登録しなければなりません。それに対して、本研究では、日本語や英語などの多言語で書かれた最新の新聞記事をウェブから自動収集し、その結果から、新出の人名・地名・組織名などの翻訳知識を自動獲得する技術について研究を行なっています。

本研究の翻訳知識自動獲得の技術の根幹は、大きく、(1) 内容が近い新聞記事を、日本語および英語の両言語で収集する技術、(2) 訳語対応のような翻訳知識の候補を生成し、その妥当性を統計的に推定する技術、の二つから成り立っています。

(1) の技術においては、左下の図に示すように、ウェブ上の新聞社やテレビ局のサイトなどから、日付の近い日本語記事および英語記事を集めてきます。日付の近い記事を集めることにより、同じ内容を報道する記事が得られる可能性が高くなります。このようにして集めてきた記事集合に対して、さらに、内容の対応する記事組の絞り込みを行ないます。ここでは、従来よりよく用いられている言語横断情報検索の技術を利用します。具体的には、市販の自動翻訳ソフトなどを利用して英語記事を和訳し、この和訳記事と類似した日本語記事を自動的に選定することにより、内容の対応する英日記事組とします。

このようにして選定された英日記事組の中には、実際にかなり近い内容を報道している英語記事と日本語記事が一定数含まれています。一方、それらの記事の内容が最新の話題であれば、従来の自動翻訳ソフトでは訳出が困難な英語新出語および日本語新出語がその中に含まれる場合が多くあります。そこで、次の(2)の技術においては、従来の自動翻訳ソフトでは訳出が困難な英語新出語および日本語新出語について、それらの間の訳語対応の可能性を統計的に推定します。ここでは、統計的検定等で用いられる統計的相関推定尺度を利用します。例えば、過去数年間の新聞記事から、右下の表に示すような用語の英日訳語対応を推定することができます。



英日訳語対
Japanese Consulate General 日本総領事館
Financial Services Agency 金融庁
Economic and Fiscal Policy Council 経済財政諮問会議
abduction issue 拉致問題
Resolution and Collection Corporation 整理回収機構
Anti-terrorism Law テロ対策特別措置法
Policy Research Council Chairman 政調会長

参考文献

- [1] Takehito Utsuro, Takashi Horiuchi, Takeshi Hamamoto, Kohei Hino, and Takeaki Nakayama. Effect of cross-language IR in bilingual lexicon acquisition from comparable corpora. In *Proceedings of the 10th European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, pp. 355-362, 2003.

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誤り訂正符号の最適化に関する研究」

ホームネットワークを実現する方法の一つに屋内の電力線を利用した通信がある。屋内の電力線に接続されている家電機器の多くはスイッチング回路やインバータなどにより突発的なインパルス性の雑音を発生する。このため、電力線上に観測される雑音はしばしばガウス雑音とは統計的性質が異なり、ガウス雑音を想定して設計されたデジタル通信機器の性能は大幅な劣化が生じる。そこで、電力線通信の受信機は電力線上に現れるインパルス性雑音の統計的性質を考慮に入れて設計する必要がある。本研究室では、W-CDMAやcdma2000において利用されているターボ符号のインパルス雑音環境下における最適設計を行い、計算機シミュレーションによりその特性を評価した。計算機シミュレーションでは、研究室内で観測された電力線上の雑音のうち最も劣悪なインパルス性雑音環境を用いた。

ターボ符号の最適設計の結果、図1に示すフィルタが導かれた。図1の横軸は受信機のマッチドフィルタ出力、縦軸はその信頼度を表す。図1のフィルタでは、ある一定値より大きいマッチドフィルタ出力はインパルス雑音が含まれている可能性が高いとして低い信頼度を割り当てている。このフィルタの出力をターボ復号器の入力値とすることによってインパルス雑音の影響を大幅に除去可能である。

図2にターボ符号のビット当たりの信号対雑音比に対するビット誤り率を示す。実線はインパルス雑音なしの場合、破線はインパルス雑音ありの場合のビット誤り率特性を示し、インパルス雑音環境下では同じビット誤り率を達成するのにより多くの信号電力が必要となることが分かる。一点鎖線は図1のフィルタを用いた場合におけるインパルス雑音環境下のビット誤り率関係を表す。図1のフィルタを用いない場合に比較して同じビット誤り率を達成するのに必要な信号電力は低く、インパルス雑音の影響を大幅に除去できていることが分かる。

参考文献

- [1] D. Umehara et. al, "Turbo decoding over impulsive noise channel," Proceedings of ISPLC2004, pp. 51-56, 2004.

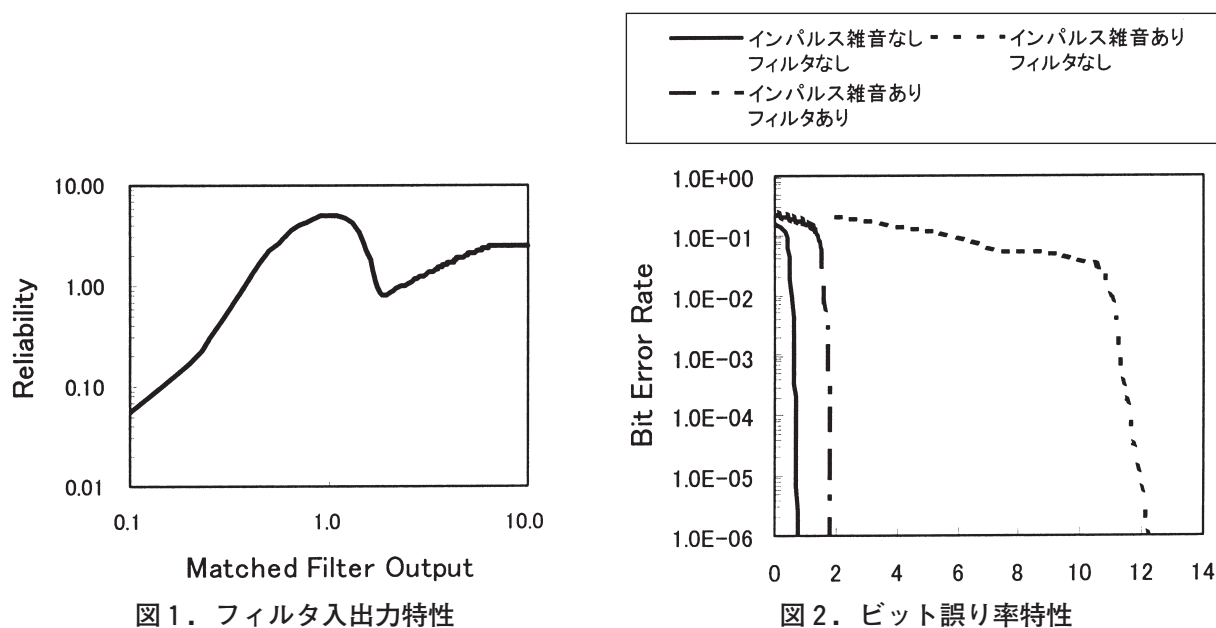


図1. フィルタ入出力特性

図2. ビット誤り率特性

通信システム工学講座 知的通信網分野（高橋研究室）

「Peer-to-Peerネットワークにおける効率的な検索ピア選択法」

インターネットにおける通信の一つのモデルとして近年P2P（Peer-to-Peer）ネットワークが注目を集めている。P2Pネットワークとは、共通のアプリケーションをインストールしたピアと呼ばれるコンピュータでインターネット上に構成された仮想的なネットワークである。いわゆるクライアント/サーバモデルとは異なり、各ピアは情報を要求するクライアントと情報を提供するサーバのいずれの役割も果たすことができる。これはサーバの役割をサービスを享受するユーザ側に分散して委ねることを意味し、これにより大規模なサーバ群を用意・維持することなく高い耐障害性を持つ大規模なサービスを提供することが可能となる。

P2Pアプリケーションとしては、2000年3月に公開されたGnutellaを初として、その後もさまざまな諸団体において開発、公開が継続され、現在では共通のプロトコルを基盤とするさまざまな派生アプリケーションソフトが誕生している。GnutellaをベースとするこれらP2Pアプリケーションは、その高い耐障害性およびネットワーク構築の容易さ等から注目を集めているが、その一方で、ルーティングの際に実ネットワーク上でのピアの位置を無視してメッセージがフラッディングされることから、少数のピアを経由した時点で実ネットワーク上において発生するメッセージ数が指数関数的に増え、非効率にネットワークを使用してしまうという問題がある。

本研究ではそれら派生アプリケーションの共通の基盤となっているプロトコルであるGnutella Protocol version 0.4をベースに、ネットワーク負荷を減らすことが可能な探索ピア選択法を提案している。提案手法ではRTT（Round Trip Time）をメトリックとしてP2Pネットワークに参加している各ピアをある程度の精度で仮想の座標空間にマッピングできることを利用する。各ピア間の距離関係（「距離」とはメトリックとしてRTTを用いたネットワーク上における距離を意味する。）が再現された仮想空間上において、あるピアがメッセージを中継する際には、そのメッセージの転送方向が常に大きく変わらないように転送先のピアを選択する。すなわち、メッセージがネットワーク内で転送されて来た仮想空間上での方向を知ることによって通信経路の冗長性を低下させ、ネットワークへの負荷を低減させる。図1、2に従来法および提案法を用いて検索ピア選択を平面上に模擬した場合における検索メッセージの軌跡を示す。これらの図を比較すればわかるように、提案法は、従来法に比して無駄にメッセージがネットワーク内を転送されることなく、メッセージの伝搬長が1桁程度削減できる。

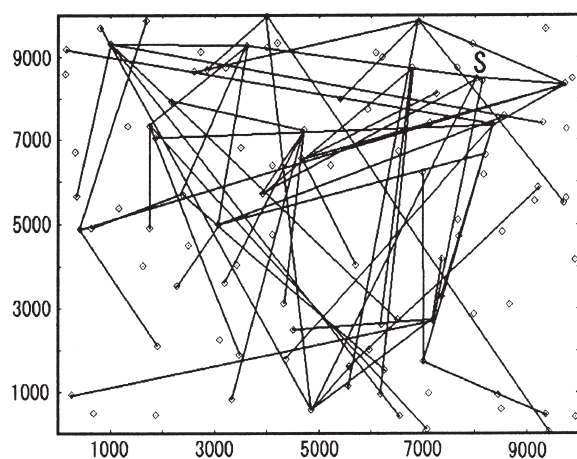


図1. 従来方式での検索ピア選択法

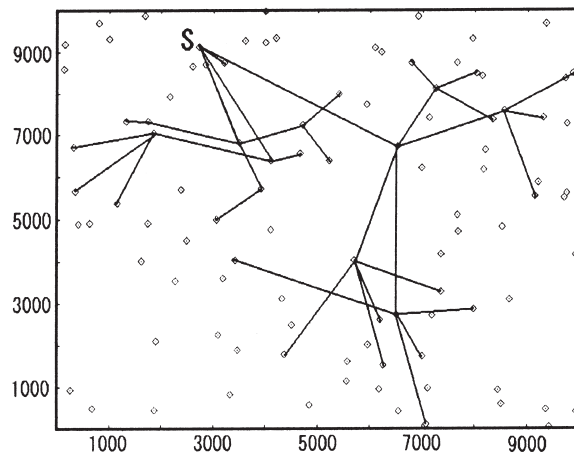


図2. 提案方式での検索ピア選択法

集積システム工学講座 情報回路方式分野（中村行宏研究室） 「三次元音響処理システムの方式検討および実装」

中村研究室では、情報回路（VLSI）の構成方式ならびに方式設計技術に関する諸々の研究開発を進めている。本稿ではその中で音響処理システムについて紹介する。

近年、音楽分野やエンターテインメント分野などでより臨場感のある音響効果システムが求められ、5.1チャンネル方式などのマルチチャンネル方式によるシステムが実用化されつつある。

しかし、リスニングルームの広さや周囲への騒音の配慮、あるいは携帯機器への応用などを考慮した場合、マルチチャンネル方式での立体音響効果の実現が不可能な聴取環境が多く存在する。そこで、通常の2チャンネル・ステレオ方式での実現が可能な三次元音響効果システムについて、大阪大学情報科学研究科情報システム工学専攻尾上研究室および(株)アーニス・サウンド・テクノロジーズと共同で研究を行っている。

2チャンネルステレオによる三次元音響効果を実現するため、本研究においては、人間が音の方向や距離といった空間的な情報を知覚する際に利用される手がかりに着目した。この手がかりには、音源から発した音が両耳に達する際の到達時間差や音量差、外耳の複雑な構造による方向選択性や、周囲の物体による反射・回折などが含まれる。これらの手がかりは音源から左右の外耳までの音声の伝達特性に起因し、単一の線形な伝達関数（頭部伝達関数）として記述が可能である。頭部伝達関数の特性をデジタルフィルタにより再現することにより、図1のように、三次元的な情報を持たないモノラル音声に三次元的な音響効果を付加することができる。

しかし、頭部伝達関数の特性は非常に複雑であり、その忠実な再現をリアルタイムで行うシステムにおいては、多くの演算量およびメモリ量が要求される。そこで、本研究においては人間の聴覚特性を考慮し、頭部伝達関数のうち聴覚上重要な特徴を抽出して再現することで、演算量およびメモリ量を削減している。この処理方式に基づいて、音声の立体的移動のリアルタイム処理や5.1ch音源から立体的2chステレオへの変換を可能とするシステム（図2）の設計・開発を行った。同時に、頭部伝達関数の特徴抽出を利用し、仮想音源の移動や効果の個人向けカスタマイズといった課題に取り組んでいる。

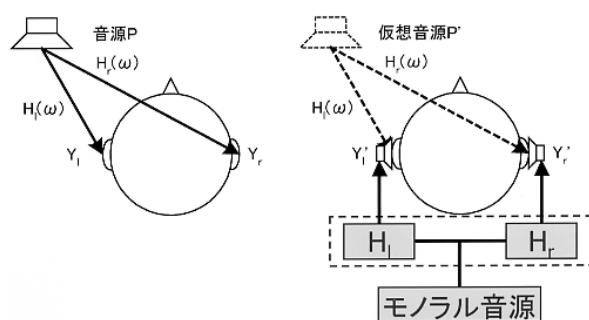


図1．三次元音響効果

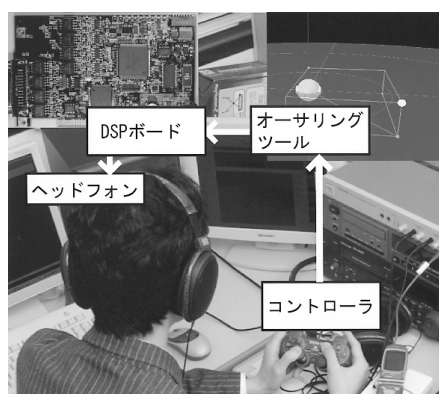


図2．三次元音響処理システム

参考文献

- K. Tsujino, A. Shigiya, W. Kobayashi, T. Izumi, T. Onoye and Y. Nakamura: "An implementation of moving 3-D sound synthesis system based on floating point DSP," in Proc. of International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT2003), WA4-8, Dec. 2003.
- 辻野孝輔, 鳴谷篤人, 小林互, 泉知論, 尾上孝雄, 中村行宏: "三次元音像定位処理における定位点間の音声補間法" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-4-40, Sep. 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） 「パルスレーダのための境界散乱変換による高速立体形状推定法」

近い将来、災害現場等での救助用ロボットの活躍が期待されている。カメラ等の光学手法が使用不可能な状況下で機能するパルスレーダをロボットの立体状況測定に使用することは有利である。単一の無指向性アンテナを走査しながらパルスの送受信を複数回行い、得られるデータから目標の立体形状を推定する問題は設定不適切逆問題の一種として知られている。この問題を解くための様々なアルゴリズムが既に提案されている。従来法として知られているマイグレーション法や離散モデルフィッティング法は、物体の種類に依存せず形状推定が可能であるという利点を有する一方で莫大な計算時間の問題を有する。当研究室では明瞭な輪郭を持つ均一な物体を対象としたノンパラメトリックな目標形状推定アルゴリズムの開発を進めている。

単一の無指向性アンテナを平面走査し、直線偏波の超広帯域モノサイクルパルスを送受信する。受信された信号はA/D変換され、メモリ内に保存される。受信信号へは送信波形により生成した整合フィルタ処理の後、本稿で提案する信号処理を適用する。xyz座標系内の $z=0$ 上でアンテナを走査し、アンテナ位置 $(x, y, z) = (X, Y, 0)$ で受信された信号を $s(X, Y, Z)$ と定義する。ここで $Z=ft/2$ とする。但し、 t は受信時刻、 f は中心周波数である。 x, y, z, X, Y のいずれも中心波数で正規化する。目標境界上を動く点 (x, y, z) と $s(X, Y, Z)$ の等位相面上を動く点 (X, Y, Z) の間には次式の可逆な変換関係が成り立つことを明らかにした [1]。

$$\begin{cases} X = x + z\partial z / \partial x \\ Y = y + z\partial z / \partial y \\ Z = z\sqrt{1 + (\partial z / \partial x)^2 + (\partial z / \partial y)^2} \end{cases} \quad \begin{cases} x = X - Z\partial Z / \partial X \\ y = Y - Z\partial Z / \partial Y \\ z = Z\sqrt{1 - (\partial Z / \partial X)^2 - (\partial Z / \partial Y)^2} \end{cases}$$

左の変換を境界散乱変換、右の変換を逆境界散乱変換と呼ぶ。また、 (X, Y, Z) の動く等位相面を疑似波面と呼ぶ。この逆変換が存在する意義は大きく、疑似波面が抽出されれば逆問題が上式の単純な変換に帰着される。提案手法では最初に $s(X, Y, Z)$ から疑似波面を抽出し、逆境界散乱変換を適用する。

次に、図1に示される完全導体目標に対し、提案手法の適用結果を示す。パルス送信間隔は0.25波長毎とし、 51×51 箇所でのパルス送受信を仮定する。疑似受信信号を数値計算により作成し、提案手法を適用する。推定目標形状を図2に示す。直接散乱波が受信される範囲において形状が推定されることが確認される。計算時間はXeon2.8GHzプロセッサを用いて約0.1秒と高速である。

パルスレーダのためのノンパラメトリックな立体形状推定手法を紹介した。提案手法は可逆な変換関係である境界散乱変換を利用した推定法である。この手法は従来法と異なり、目標の形状に対する条件が必要である一方、高速かつ安定した立体形状推定が可能である。

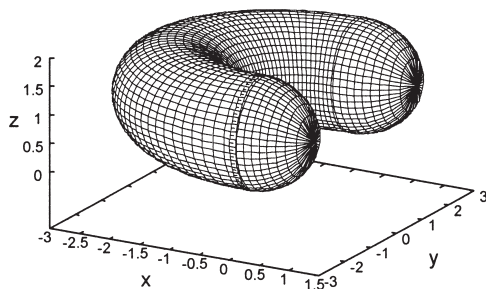


図1. 適用例に用いる真の目標形状

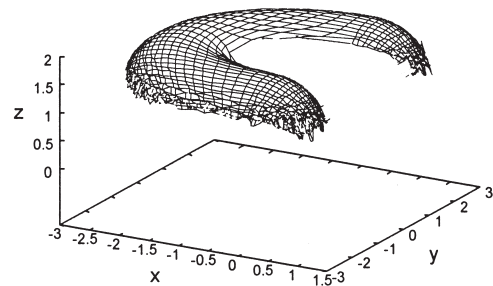


図2. 提案法により推定される目標形状

参考文献

- [1] T. Sakamoto and T. Sato, IEICE Trans. on Commun. Vol.E87-B, No.5, May, 2004.

システム情報論講座 画像情報システム分野（英保研究室） 「頭部MRAデータ 3次元表示のための血管領域抽出」

日本人の死亡原因の中で、脳卒中は癌、心疾患に次いで大きな割合を占める。脳血行障害は自覚症状に乏しいため事前予知が難しく、発症した場合はごく短い時間内に、患部状況を正確に把握し、適切な処置を行わなければならない。このような切迫した状況において、医師の診断・治療を的確にサポートする診断支援システムの果たす役割は極めて大きい。

脳血管の情報はCTA（CT Angiography）やMRA（MR angiography）像として得られる（図1）。これら断層像上において、血管は点または細切れの線としてしか映らないため、血管の観察には、投影像や3次元像（図2）のような、多数枚の断層像を1枚に集約した画像が必要になる。3次元像は投影像に比べて血管のリアルな描写が可能であり、また、血管同士の前後関係も明確に表示できるという特長を持つが、その作成には、血管領域をあらかじめ抽出しておく必要がある。特にMRAデータは血管の輝度が広い範囲にわたるため、しきい値処理などの単純な手法で血管領域を抽出することは難しい。

本研究では、脳血管が枝分かれ構造を持つことに着目し、枝単位の再帰的領域拡張により血管領域を抽出する手法を考案した [1]。本手法では抽出条件を動的に変更することが可能になるため、各枝の属性に応じて適切に定めた抽出条件を用いることで、より高精度な抽出結果を得ることができる。なお領域拡張法を血管に適用した場合、拡張途中の途切れがしばしば問題となるが、本手法では、各枝先端において周囲血管の探索処理を付加することで、これに対処している。

3次元抽出領域の評価は、通常、抽出領域の3次元像の観察によって行われる。しかしこの評価法は評価者の知識や主観に依存し、客観的な評価が望めない。そこで血管領域を手作業により正確に抽出しておき、このリファレンス領域に対する差分量をもとに、提案手法の抽出過剰量と抽出不足量を評価する。ただし断層像上では血管の識別自体が困難なため、手作業による血管抽出は血管識別の容易なMIP（Maximum Intensity Projection）上で行い、差分量の計算も投影像間において行うように変更を加えた。

5セットのMRAデータを用いて本手法の評価を行ったところ、すべてのデータについて本手法の従来手法に対する改善効果が確認できた（図3）。

参考文献

- [1] 関口博之、杉本直三、英保茂、花川隆、浦山慎一：枝単位リージョン Growingによる頭部MRAからの血管抽出、信学論, Vol.J87-D-II, No.1, pp.126-133, 2004

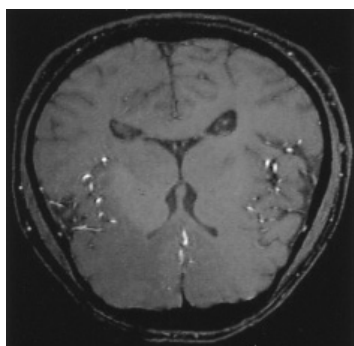


図1. 頭部MRAデータ
（中央部の断層像）

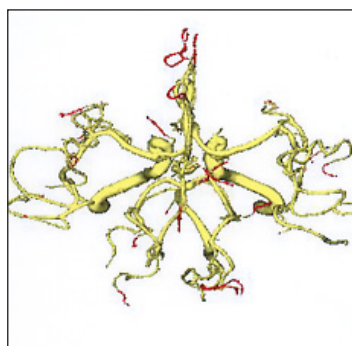


図2. 脳血管3次元像
赤は途切れ先の血管

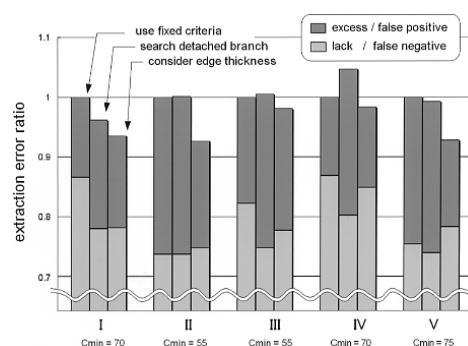


図3. MRA 5例に対する抽出誤差の改善
左：従来法、中・右：提案手法

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野（野澤研究室） 「多重記憶可能な1T/1C型FeRAMとその機能メモリへの応用」

1. はじめに

ユビキタスコンピューティング社会に向けた、低消費電力・低環境負荷と高機能性を兼ね備えたIT電子機器、電子システムの構築を目指してハード（強誘電体メモリ（FeRAM）など新機能材料物性）とソフト（不揮発性多値メモリにおける低消費電力をめざした符号化アルゴリズム、回路設計、環境評価）の両面から研究を展開している。これらの成果として、多値記憶可能なFeRAMメモリとその応用 [1] について紹介する。

2. 多重記憶可能な1T/1C型FeRAM

FeRAMは、不揮発性メモリの中でも特に低消費電力などの点で非常に優れたメモリである。しかし、集積度やコストなど解決すべき課題も依然としてある。われわれは、Fig.1に示したように電源電圧 $V_{DD} < V_c$ （坑電圧）に制御して実現できる強誘電体ヒステシス・マイナーループを利用したマルチビット、マルチレベルなどの多値技術によって、課題を解決できる可能性を検討してきた。そして、新しいタイプのメモリとして、多重記憶可能な1T/1C型FeRAMを提案し、それを用いた機能メモリを設計し、その評価を行っている。

このメモリは、以下の特徴がある。

- (1) 従来の1T/1C型FeRAMと同じセル構成で、既存プロセス技術を用いることができる。
- (2) 同じセルを従来の2値メモリや多値メモリに用途に応じて使い分けできる。
- (3) 1つのセルで4値記憶が可能であるので、記憶容量が従来の2倍になる。
- (4) データの書き込み／読み出しはビット直列で、読み出しは通常のセンスアンプを用い、特別な回路が不要である。

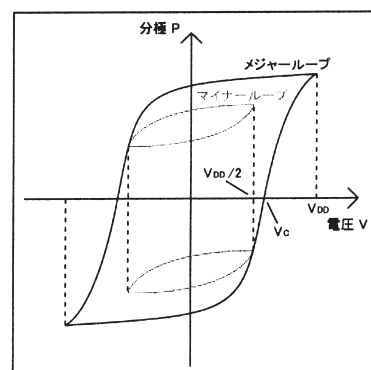


Fig. 1 強誘電体の分極ヒステシスループの多状態図

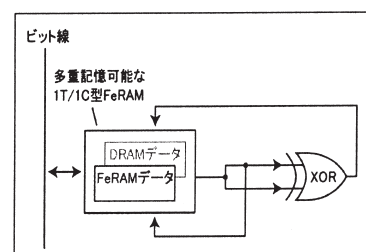


Fig. 2 機能メモリの構成

3. 機能メモリへの応用

多重記憶可能な1T/1C型FeRAMの応用として、メモリに演算回路を付加し、補助メモリとプロセッサ間の通信量を減らしボトルネックの解消を目指す機能メモリを紹介する。提案した機能メモリ回路はメモリ部と制御部で構成され、メモリブロックはFig.2で示すように（メモリ＋演算回路）で、2次元アレイ状に配置する。外部からのメモリへのアクセスはビット線を通じて行い、内部演算時には全メモリブロックで並列処理する。制御部では、入出力のためのアドレスや、演算回路の制御信号を生成する。Fig.2のXOR回路は2つのデータの差分を取ることができるので、例えば画像処理などに有用であると考えられる。

参考文献

- [1] H. Kato and H. Nozawa: "Proposal for 1T/1C ferroelectric random access memory with multiple storage and application to functional memory", Japan Journal of Applied Physics, 42, 9B, 5998-6002(2003).

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中性子・陽子源の研究」

慣性静電閉じ込め核融合（Inertial Electrostatic Confinement Fusion: IECF）とはイオンを球形状中心に加速・集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、球形の真空容器（陽極）とメッシュ状球殻陰極と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集束し衝突して核融合反応を生起します。その際、電子はイオンの作るポテンシャル（仮想陽極）により同じく球中心に加速されイオンの空間電荷を一部中和し、中心部の凸状電位分布の中心を凹ませより多くのイオンが核融合に関与できるように作用すると考えられます。

このIECF装置は、コンパクトで制御性に優れた理想的な中性子・陽子源として、非破壊検査や癌検査、人道的地雷探知など様々な分野での応用が期待されています。

本研究室では、既に直径35cmの装置で 1.1×10^7 n/secのD-D中性子の定常発生を実証しました。また、分光計測方法（レーザ誘起蛍光法）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成功し、イオンの形成する仮想陽極の内側に仮想陰極が形成された電位二重井戸構造の存在を証明して、三十年に渡った論争に終止符を打ちました。

現在、科学技術振興機構事業で、このIECF中性子源による高性能地雷探査技術の研究・開発（図3）を、国内7機関と共同で進めています。そのために必須の超小型（直径20cm）で、アフガニスタンの過酷な環境に耐え、かつ高中性子束のIECF中性子源の開発に取り組んでいます。

既に研究グループで 2×10^8 n/sの中性子発生率をグロー放電のみで達成しましたが、より高エネルギーイオンの割合を増加させて核融合反応率をさらに一桁高めるため、図4のようなマグネトロン方式イオン供給機構をグロー放電と併用する新方式を提案して実験を行っています。図の配位での実験では、期待通り、この方式が高エネルギー成分の増加に有効であることを実証しました。今後は、引き続き、粒子シミュレーションも用いてマグネトロン方式イオン供給機構の高性能化を図り、さらに、これを複数台用いた実験も計画しています。

また、地雷探査応用において必須のパルス運転も、このマグネトロン方式イオン供給機構をトリガとして、主放電のパルス幅を良好に制御できることが判明しました。実際の運転では10A程度のパルス動作を予定しており、 $\sim 10^9$ n/sec程度の中性子生成率の実現を目標にしています。

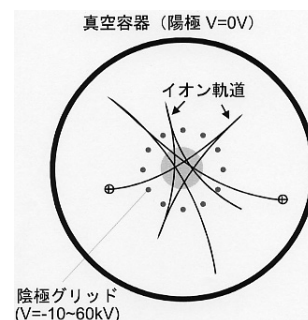


図1 IECF装置の概略図

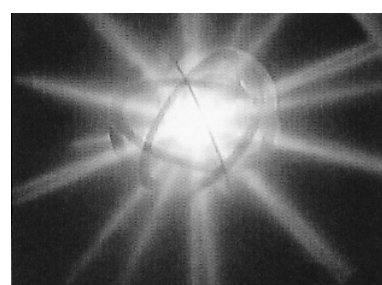


図2 陰極付近の放電の様子

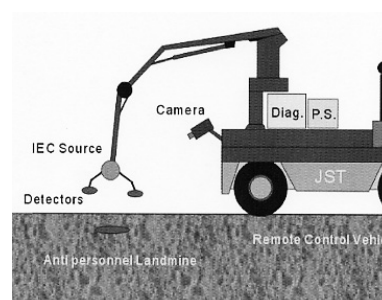


図3 IECF中性子源を用いた対人地雷探知：後方散乱中性子と捕獲ガンマ線を検出して地雷の場所と種類を同定します。

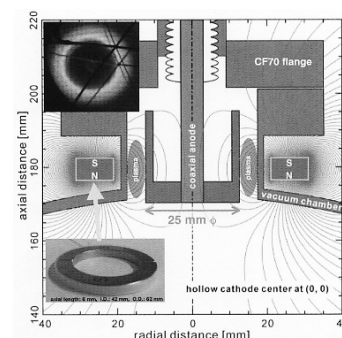


図4 マグネトロン放電機構：磁場分布と放電の様子(左上写真)

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野（水内研究室） 「高パワーミリ波伝送システムコンポーネントの開発」

核融合炉において、核融合反応によって臨界条件や自己点火条件を達成するためには、アルファ粒子加熱による自己維持加熱に到達するまでに、何らかの形で外部からエネルギーをプラズマへ与える必要があります。プラズマ加熱法の主なものは、プラズマ中を流れる電流に伴うジュール加熱、高エネルギー粒子を入射する中性粒子ビーム入射加熱、プラズマ中に波動を励起し、その波動エネルギーによって加熱する波動加熱があります。電子サイクロトロン加熱（ECH、3-300GHz）は波動加熱のひとつで、1) 電子を選択的に加熱する、2) プラズマへのパワー吸収分布を局在化できる、3) アンテナとプラズマの接触により生じる不純物流入の問題を回避することができる、等の長所を有し、多くのプラズマ実験装置において利用されています。水内研究室では、現在、70GHzジャイロトロンを用いたプラズマ閉じ込め装置のための高パワーミリ波伝送系・入射システムの開発を行っています。プラズマ装置内への入力パワーは水負荷を用いたパワー測定をもとに、準光学マッチングユニットやバリアウインドウでのパワー損失を参考にしながら推測することができますが、時間発展を追うことはできない欠点があります。プラズマ実験では、パワーを変化させたり偏波器による偏波面制御を行うことがあり、実時間でミリ波出力をモニターすることが望まれていました。そこで、プラズマ実験でのパワーを実時間で把握することを目的とし、HE₁₁mode伝送系におけるパワーモニターの開発を行いました。

図1は実際に製作したパワーモニターの写真です。マイターバンドに取り付けられる反射板にカットオフ条件を満たす結合孔列を開け、これらの孔から漏れ出るパワーを反射板裏側に設置した副導波管を通して検出します。反射板裏側に組み込む副導波管の電界方向によって伝送パワーの偏波が弁別されるので、結合列を2列にし、E面とH面の進行波・反射波を同時に測定できるようにしました。アーキング防止のため導波管内は真空排気（ $\sim 10^{-2}$ Pa）されているため、副導波管も真空排気できなければならず、そのため、結合孔を開けた板にもう一枚アルミ板を重ね、その間にOリングとマイラシート等を挿入することで真空排気に対応できるようにしました。高パワー（300kW）でのパワーモニターの性能評価を行ったところ、理論から予測される強度に実験値がよく一致しており、パワーモニターとして機能していることがわかりました。図2はヘリオトロンJのECHプラズマに適用した際の時間発展例です。従来のポートからの漏れミリ波測定に比べ、伝送パワーを精度よく評価することが可能となりました。ECHは国際熱核融合実験炉ITERにおいても主要な加熱・電流駆動法として予定されており、1 MWの高パワーを定常に安定して伝送できるシステムコンポーネントの開発を進めて行く予定です。

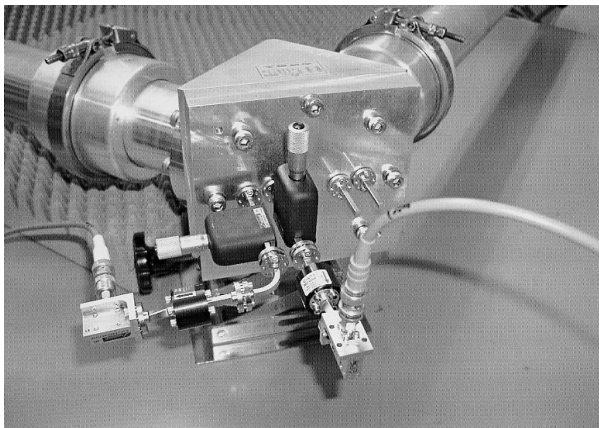


図1. マイターバンドに取り付けたパワーモニター外観

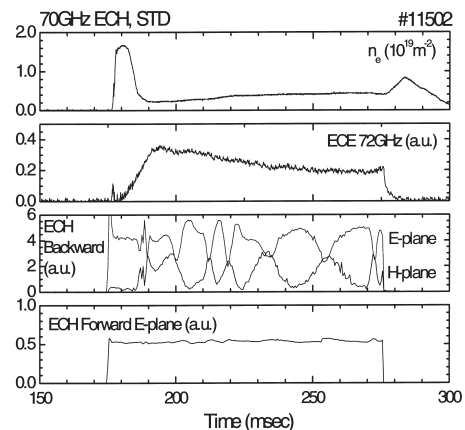


図2. ヘリオトロンJ ECHプラズマ実験におけるパワーモニターによる入射波と反射波の時間発展

生存圏診断統御研究系 レーダー大気圏科学分野（深尾研究室） 「レーダーリモートセンシングで赤道大気の謎に挑む」

『エル・ニーニョ』や『ラ・ニーニャ』という言葉が時折マスコミを賑わす。何れも赤道域に発達する大規模な積雲対流活動の異常現象である。その影響が中高緯度にまで及び異常気象や気候変動がもたらされる、という論調で語られることが多い。実は積雲対流活動の影響は地球規模に伝播するだけでなく高度数百kmの高層大気にも及んでいる。ご存知のように赤道域は地球上で太陽放射が最も強く積雲対流活動が最も活発となる。これにより各種の大気擾乱（大気振動や波動）が盛んに励起される。加えて、それらの上層への伝搬は赤道域で特に容易である。大気擾乱は伝搬途上の大気圏に半年や20数ヶ月（準2年）といった非季節的な周期振動を、さらに高層の電離圏に特有の電離擾乱を引き起こす（図1）。また赤道熱帯域は対流に伴って対流圏起源の大気成分が成層圏に流入する地球上の唯一の場所でもある。つまり赤道大気は対流や大気擾乱を通じて地表付近から高度数百kmに至る全ての高度域が上下に強く結び付いている。『赤道大気上下結合』と呼ぶこの現象は、海水温が最高で、活発な積雲対流を支えることができるインドネシア赤道域で特に顕著とされている。

しかしながら従来の観測には限界があり多くの物理過程が未解明のまま取り残されてきた。特にインドネシア域は観測の機会が少なかった。生存圏研究所（前宙空電波科学研究センター）では早くからこの地域の重要性に注目し、過去20年間にわたって様々な活動を推進してきた。その一つの集大成として平成13年3月、先端的な50MHz帯大型大気レーダー『赤道大気レーダー（Equatorial Atmosphere Radar: EAR）』をインドネシア共和国スマトラ島の赤道直下に設置し観測を開始した。これにあわせて文部科学省科学研究費補助金特定領域研究『赤道大気上下結合』（領域代表者：深尾昌一郎；平成13～18年度）を組織し活発な研究活動を継続している。これには国内の諸大学の研究者が多数参画している他、海外からインド・オーストラリア・台湾・米国・ペルー・ブラジルなどの研究者も協力している。本年3月中旬から2ヶ月間にわたって、EARサイトに図2に示す各種の観測装置を投入し、かつてない大規模な総合国際観測キャンペーンを成功裏に実施した。諸外国の観測もそれぞれ予定通り実施され、現在観測データの解析が鋭意進められている。

近年の地表や衛星からの環境計測の目覚ましい発展を見ると、地球大気のリモートセンシングは先端的な電子情報技術と研究者の創意工夫が縦横無尽に活かされている分野であることがわかる。我々もこれまで培ってきた大気レーダー技術を駆使して、地球大気変動の根源域と目される赤道域大気圏で新しい統一的な観測研究法を確立し、関連研究分野の飛躍に資したいと期している。

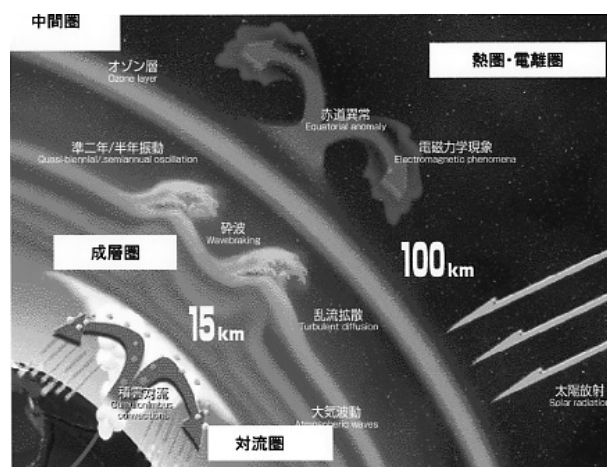


図1. 赤道大気上下結合概念図

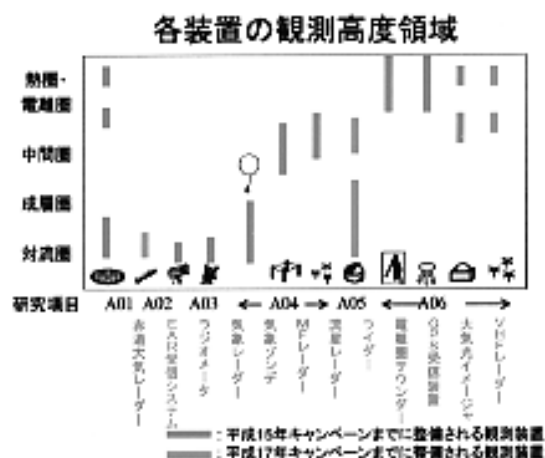


図2. 観測装置と観測高度域

生存圏開発創成研究系 生存圏電波応用分野（橋本研究室） 「位相振幅制御マグネトロンの開発」

当研究室では、同研究所の松本研究室、大村研究室をはじめとする生存圏研究所内の工学、情報学、理学、農学、薬学といった幅広い研究者と協力し、広く生存圏科学に関して研究を行っている。生存圏科学とは「太陽エネルギー依存型持続的社会の基盤構築を目指す分野横断的な学際総合科学」であり、当研究室ではマイクロ波応用工学を中心とした電波工学、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半導体技術を応用した新しい電子管技術について紹介する。

マグネトロンというマイクロ波管は安価で高出力、高効率という非常にいい特性を持っているが、発振管であるためにマイクロ波位相の制御ができず、温度特性により周波数/出力の長時間安定が悪いと思われており、その用途はほとんどが加熱用である。しかし、マイクロ波出力100万kW以上という宇宙太陽発電所SPSではマグネトロンの利点は非常に魅力的であり、当研究室ではこれまで注入同期法とPLLフィードバックを組み合わせた制御を用いた位相制御マグネトロンPCM（Phase Controlled Magnetron）を開発してきた。PLLフィードバックはマグネトロンをVCOと見立てれば半導体発振器の技術であり、Adlerによって定式化されている注入同期法も半導体発振器アレーで用いられている。さらにマグネトロンの電磁界で周波数と振幅を制御している点を利用し、世界初の位相振幅制御マグネトロンPACM（Phase and Amplitude Controlled Magnetron）の開発に成功した。図1にブロックダイアグラムを示す。PACMの周波数、位相及び振幅安定度はそれぞれ 10^{-6} 以下、 1° 以下、1%以内であり、通信やレーダー、マイクロ波送電に用いることも可能な安定度を実現した。また、この周波数/位相安定度で出力可変も100%以上を実現し（図2）、マグネトロンの可能性を広げた結果であった。

もともと位相制御マグネトロンは1960年代にW. C. Brownにより提唱されていた手法を我々が改良したものであり、現在アメリカやフランスで研究が再び行われている。しかし、他の研究グループはまだ安定度の議論まで進める段階ではなく、複数の位相制御マグネトロンを同期してフェイズドアレイとして構築することもできていない。我々の研究は数年先んじており、さらに今後パルス化や変調化も視野に入れて研究を行っていく。

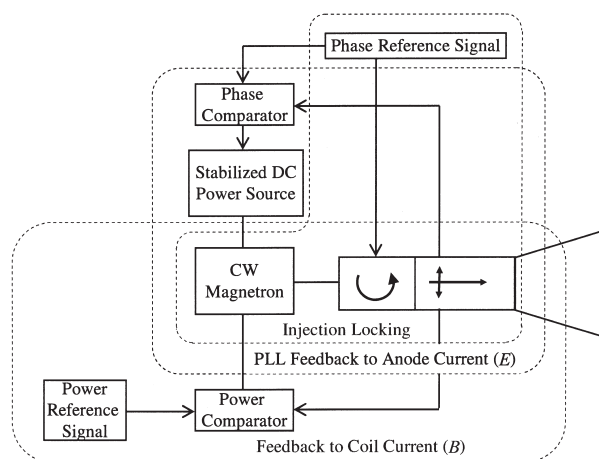


図1. 位相振幅制御マグネトロンのブロックダイアグラム

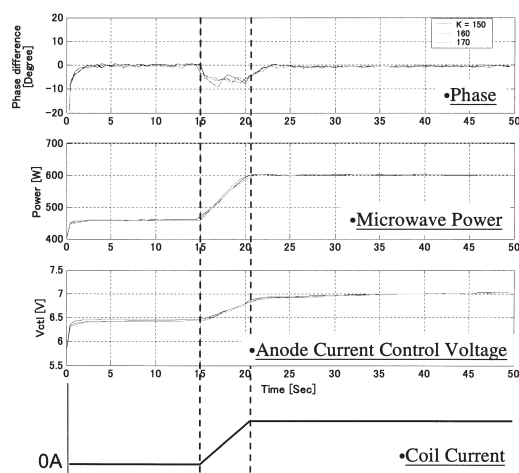


図2. コイル電流を外部制御により変化させてマイクロ波出力を変化させたときの位相振幅制御マグネトロンの位相及び周波数安定性

平成15年度修士論文テーマ紹介

工学研究科 電気工学専攻

生 田 直 史（荒木教授）「人的資源を考慮した一様並列機械型納期遅れ和最小化問題の研究」

機械を操作する人員を陽に考慮する一様並列機械型納期遅れ和最小化問題に対し、厳密解法として、混合整数計画問題としての定式化に基づく解法、分枝限定法による解法を、近似解法として、ヒューリスティックルール、遺伝的アルゴリズムによる解法を提案した。

北 直 樹（荒木教授）「行き先階登録方式エレベータにおける行き先階登録方法および乗車指示方法の研究」

1 台の行き先階登録方式エレベータにおいて、行き先階登録方法や乗客への乗車タイミングの指示方法が運行効率に与える影響を検討した。具体的には、どの登録方法・指示方法を用いれば動的な最適化により運行効率を改善できるかを、計算機実験により検討した。

橋 本 正（荒木教授）「2 次形式評価関数に基づいたスライディングモード制御系の設計法」

状態と等価入力に重みをつけた 2 次形式評価関数に基づくスライディング平面の設計法を提案した。さらに、スライディングモード時の目標値追従特性と非マッチング外乱に対する抑制特性を最適にする、スライディングモードサーボ系の 2 自由度設計法を提案した。

渡 辺 恵 兆（荒木教授）「全静脈麻酔における鎮静度と筋弛緩度の 2 変数制御の試み」

日帰り手術で患者の鎮静度と筋弛緩度を適切に維持することは、患者の負担軽減という点から重要である。本研究では、麻酔薬と筋弛緩薬の相互作用を考慮に入れたモデルを作成し、鎮静度と筋弛緩度を同時に制御する状態予測制御法を用いた制御システムを開発した。

大 槻 喜 則（島崎教授）「モルタル有限要素法とその回転機磁界解析への応用に関する研究」

領域境界での格子不整合を許容する領域分割法であるモルタル有限要素法に関して、帰着する連立一次方程式の解法を検討し、効果的な前処理手法を提案した。また、スライディングメッシュを用いた回転機磁界解析への応用を行った。

寺 田 靖（島崎教授）「ストップモデルとプレイモデルを用いた電磁鋼板の磁気ヒステリシス特性の表現」

電磁鋼板の直流ヒステリシス特性のストップモデルによる表現は、プレイモデルと比較して低精度となった。そこで、ストップモデルの拡張と同定法の改良により、表現精度を改善した。また、ストップモデルを用いた渦電流解析により交流磁気特性の表現を行った。

藤 田 健 一（牟田教授）「可変リアクトル整流型超伝導限流器に用いる Bi2223 バルクシリンドラの基礎特性評価」

本研究では、Bi-2223 バルク円筒体を可変リアクトルに適用した整流型高温超伝導限流器の基礎特性について、外部電気回路を考慮した電磁界解析で理論的に検討した。また、100V 級小型モデルを試作し、解析結果を実験的に検証した。

神 崎 治 行 (牟田教授)「高温超伝導ケーブルの有限要素解析コード開発と特性評価」

本研究では、66kV級高温超伝導ケーブルを対象とした有限要素解析コード開発を行った。まず、通電層解析に際して高温超伝導複合テープ材構造が計算の収束性に与える影響を明確にし、また遮蔽層についてはスパイラル 導体構造を考慮した解析を可能にした。

東 川 甲 平 (牟田教授)「高温超伝導コイルの定量的評価法と高機能化に関する基礎研究」

本研究では、有限要素法を利用した高温超伝導ダブルパンケーキコイルの定量的評価コード開発を行った。また、同コイルの高機能化として、固体窒素-液体ネオンブレンド冷媒の提案と実験的検証、およびMgB₂磁気式永久電流スイッチの提案を行った。

青 木 康二郎 (濱田講師)「高速多重極境界要素法を用いた微粒子含有誘電体の巨視的誘電率に関する研究」

誘電率傾斜材料などの機能性材料として注目される微粒子含有誘電体系に対して、充填率・誘電率比・粒子形状・配向方向・格子構造・空間密度分布などをパラメータとして変化させ、巨視的誘電率・局所的電界上昇率などを高速多重極境界要素法により定量解析した。

高 田 到 (引原教授)「機械系と電気系のアナロジーに基づく受動的歩行の等価回路」

本論文は電気系と機械系のアナロジーに関して複数の視点で検討を加えている。これより、アナロジーの成立において、エネルギー、電力、受動性という概念の具体的な記述の重要性を示し、例題における検討で、これらのアナロジーにおいても物理量の対応関係が必ずしも明確ではないこと等を明らかにした。

豊 島 亮 (引原教授)「Studies Related to Anomalous Switching Phenomenon in TCR-SVC (TCR方式SVCにおける異常スイッチング現象に関する研究)」

本論文では、電力系統の電圧補償装置として広く用いられているTCR-SVC に生じる異常スイッチング現象に関する研究結果を示している。特に、そのような異常現象と回路定数値との関連性や点弧角操作法との関連性について、シミュレーションや実験、理論的考察を基に検討を行っている。

古 川 芳 之 (引原教授)「吸引形磁気浮上搬送装置における制御系設計とその搬送特性に関する研究」

本研究では浮上、推進を行なう電磁石および浮上対象物である強磁性体からなる吸引形磁気浮上搬送装置を実現することを目的とする。そのために、浮上対象物の浮上および搬送を達成させるために電磁石の印加電圧を制御する方法を検討する。同時に、搬送に伴う浮上対象物の挙動を検討する。また、浮上対象物の搬送後に生じる振動を減衰させる方法を検討する。

山 末 耕 平 (引原教授)「On Global Behavior of Solutions in Time Delayed Feedback Controlled Duffing Systems (時間遅れフィードバック制御されたDuffing系における解の大域的挙動について)」

カオス制御の一手法である時間遅れフィードバック制御法を適用した系は微分差分方程式で記述される無限次元系となる。本論文は制御された系の相空間である関数空間の大域構造ならびにそれに関わる制御則の特性を明らかにする。制御法を適用したDuffing系における大域構造を検討し、極めて複雑な引力圏構造やカオス的な過渡挙動が生じ得ることを示す。

林 昌 志（奥村教授）「多重尺度法によるスティフな回路系の解析法に関する研究」

回路における寄生素子などを考慮した場合、その回路方程式はスティフな微分方程式となる。本研究では、スティフな回路系に対して多重尺度法を用いた解析法を適用し、その近似解の特徴と有効性を示した。また、数値的な多重尺度法の解の特徴と有効性を示した。

照 屋 尚 之（奥村教授）「電磁界理論を用いた伝送線路の誘導現象に関する基礎的研究」

これまで伝送線路の解析においては、電流が流れる導体自身に生じる補償電流は小さいとして無視されてきた。本研究では電磁界理論を用いて誘導現象を解析することにより導体に生じる補償電流を求め、実際には無視することができないことを明らかにした。

濱 田 雅 樹（奥村教授）「グレイコードによる任意精度演算を用いた非線形回路方程式の求解アルゴリズムに関する研究」

グレイコードによる任意精度演算を、非線形回路方程式の全解探索法であるKMJアルゴリズムに対して応用した。本研究では、グレイコードを用いた区間表現を提案し、グレイコードの特性を利用して、KMJアルゴリズムの計算を効率よく行う方法を示した。

成 瀬 智 崇（奥村教授）「複素状態変数によるホモトピーを用いた周期振動の探索」

非線形回路システムの解析において、パラメータ空間における分数調波振動等の発生領域の特定は難しい問題となっている。本研究では、回路の微分方程式において状態方程式の状態変数を複素化することにより、効率的に周期振動を探索する方法を提案した。

桑 原 丈（萩原教授）「正実性・最小位相性を考慮したモデル低次元化手法」

本論文では、正実性・最小位相性を有する大規模システムの低次元化に際し、これらの特性を保存するように考慮しつつ、LMI最適化に基づき、加法的誤差システムの H^∞ ノルムを小さく抑える手法を提案する。また、その有効性を数値例に基づき検証する。

谷 村 佳 則（萩原教授）「インパルス変調公式に基づく離散時間系の周波数応答表現を用いたMD同定法」

本論文では、インパルス変調公式に基づいて、連続時間系を異なるサンプリング周期で離散化した系の周波数応答の間に成立する関係式を導出する。さらに、導出した関係式を利用して、従来のMD同定法の問題点を克服した新たなMD同定法を提案する。

鶴 口 祐 規（萩原教授）「2次正則化行列式に基づくサンプル値系のナイキスト安定判別法とロバスト内部安定性解析」

本論文では、連続時間の制御対象を離散時間補償器で制御するサンプル値系のHilbert-Schmidt作用素に関する2次正則化行列式に基づくナイキスト安定判別法を導く。さらに制御対象に不確かさを含む場合のロバスト内部安定性解析を行うための基礎定理を導く。

中 居 賢 男（大澤教授）「STATCOMおよびSSSCの周波数特性に関する研究」

パワーエレクトロニクスを応用した自励式無効電力補償装置（STATCOM）と自励式直列コンデンサ（SSSC）についてインピーダンスの周波数特性を調べ、電圧制御や軸ねじれ共振に及ぼす影響を検討した。

工学研究科 電子物性工学専攻（電子工学専攻）

井 上 敬 介（鈴木教授）「スパッタ法を用いた $\text{FeSr}_2\text{YCu}_2\text{O}_{7+\delta}$ 薄膜の構造制御と基礎的性質に関する研究」

強磁性と超伝導現象が同時に実現すると予測される標記物質のエピタキシャル薄膜成長を高周波マグネトロンスパッタ法で検討した。酸化雰囲気中の合成と還元雰囲気中の熱処理の2段階が必要だった、FeとCuの周期的秩序状態を、790-800℃の基板温度における1段階の薄膜成長で達成した。強磁性と超伝導の同時観察には至らなかった。

勝 井 宏 允（鈴木教授）「高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ における微小素子構造を用いた異方的電流輸送特性に関する研究」

結晶構造がトンネル型ジョセフソン接合となるBi系高温超伝導体の結晶を微小素子化し、3次元超伝導回路を作製するための基本構造を微細加工により形成した。これをもとに微小構造を利用した異方的輸送特性の測定法を考案し、適用可能性を確認した。また、異方的輸送特性のサイズ効果を明らかにした。

玉 祖 秀 人（鈴木教授）「off-axisスパッタ法による高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ エピタキシャル薄膜の作製と層間伝導特性に関する研究」

off-axisスパッタ法を用いたLa系高温超伝導体の薄膜成長で、a軸ドメインの見られないc軸エピタキシャル薄膜を達成した。これを用いて薄膜表面に微小メサを形成し、薄膜の層間伝導特性を明らかにした。エピタキシャル薄膜には基板との間の格子不整合応力が残留し、それが転移温度と超伝導電流の分布の原因となっていることを明らかにした。

山 田 義 春（鈴木教授）「元素置換による不足ドーピング $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の固有トンネル分光に関する研究」

キャリアドーピング量により著しく変化する高温超伝導体の基本的性質を、特に、発現機構と密接に関係する不足ドーピング領域で明らかにするため、SrをLaあるいはYで置換してキャリアドーピング量を減じた単結晶を育成した。これを用いて微小メサ構造を形成し、トンネル分光を行い、高温超伝導の超伝導状態が本質的に非一様である証拠を見出した。

宇田川 善 行（石川教授）「パターン化負イオン注入処理によるポリスチレン薄膜上での人為的神経回路網形成に関する研究」

ポリスチレン薄膜上に炭素負イオンをパターン注入した基材上で神経細胞を培養して、人為的な神経回路網を形成した。薄膜下の電極から外部パルスを印加すると神経突起はパルス印加電極方向に優先して伸展し、突起伸展制御の可能性を得た。

松 本 卓 也（石川教授）「負イオン注入法を用いたシリコン熱酸化薄膜中における貴金属ナノ粒子の単層形成」

金属ナノ粒子をシリコン熱酸化薄膜中に単層で形成する方法を開発した。1 keVの低エネルギー金負イオン注入により酸化膜表層に、また、10keVの銀負イオン注入と700℃の熱処理により酸化膜底部に、それぞれ単層で金属ナノ粒子を形成した。

石 津 勝 之 (石川教授)「真空ナノデバイス評価のための電子放出特性その場解析装置の開発」

電界放出型真空ナノデバイスの電流変化の要因を探るため、電界放出電流電圧特性をFowler-Nordheimプロットに変換し、さらにその切片と傾きを表示する回路及び真空装置を作製した。これらを用いてシリコンやカーボンナノチューブ等からの電子放出特性を評価した。

芝 原 豪 (石川教授)「炭化・窒化タンタル薄膜配向制御のためのイオンビームアシスト蒸着装置の開発」

冷陰極材料としての窒化及び炭化タンタル薄膜の作製をする際に結晶の配向性を制御する目的で、異なる角度でイオンを試料に入射することのできるイオンビームアシスト蒸着装置を開発した。装置の基礎特性を評価し、窒化・炭化タンタル薄膜を形成して、その物性を評価した。

新 谷 庸 一 (橘教授)「補助パルスによるAC型PDP維持放電の高効率化とその放電特性解析」

AC型PDP維持放電中において補助パルスを維持電極以外の第3電極（アドレス電極、補助電極）に印加した場合について、レーザ吸収分光法による紫外線放射粒子密度測定ならびにXe近赤外線発光観測を行った。その結果、Xe励起原子生成効率の向上、放電形態の制御のための指針を得た。

染 川 貴 亮 (橘教授)「大気圧誘電体バリア放電におけるグロー様形態の機構解析」

大気圧誘電体バリア放電において、印加電圧波形が放電形態に及ぼす影響を調べた。放電開始電圧、電流電圧特性、発光分光の測定により得られた実験データに基づいて、均一なグロー様放電と不均一なフィラメント放電の発生メカニズムについて考察した。

西 村 拓 朗 (橘教授)「その場赤外吸収分光法によるペロブスカイト型酸化物薄膜のMOCVDの反応解析」

次世代メモリー材料として注目されるペロブスカイト型酸化物 (Ba, Sr) TiO₃、(La, Sr) MnO₃のMOCVDプロセスにおいて、その場赤外吸収分光法を駆使して気相反応を解析した。気相反応の解析結果と得られた薄膜の物性の評価結果との相関を調べ、プロセス最適化の指針を得た。

横 溝 誉 (橘教授)「真空紫外レーザ吸収分光法による誘導結合型プラズマ中の水素原子絶対密度測定」

誘導結合型プラズマ中の水素原子の絶対密度測定をレーザ吸収分光法により行った。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光を用い、スペクトル形状や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。

海 藤 淳 司 (木本助教授)「新しいチャネル構造、AlNゲート絶縁膜導入によるSiC MISFETの高性能化」

新しいチャネル構造、AlNゲート絶縁膜を導入することによりSiC MISFETの高性能化を試みた。作製したデバイスは新しいチャネル構造を用いたもので、実効移動度が41cm²/Vsの世界有数の値を得ることに成功した。また、AlNゲート絶縁膜を導入したSiC MISFETの世界初のトランジスタ動作に成功した。

神 谷 慎 一 (木本助教授)「分子線エピタキシー法を用いた六方晶SiC基板上GaN成長における成長モード制御の効果」

本研究では、MBE法を用いたSiC基板上のGaNの成長において、GaN成長層の転位密度の低減のために、AlN緩衝層とGaN成長層の間に窒素リッチ中間層の挿入を行った。その結果、中間層の挿入による表面モフォロジーの悪化はみられず、中間層を挿入していない試料と比較して、転位が低減していることが確認できた。

神 崎 庸 輔 (木本助教授)「N₂O高温酸化およびプラズマ酸化ゲート絶縁膜を用いた反転型4H-SiC MOSFET」

本研究では4H-SiC MOSFETの高チャネル移動度化を目指し、N₂Oガスによる高温酸化を行った。それにより、従来の酸化方法と比べて1/2に界面準位密度を低減することができ、4H-SiC (11 $\bar{2}$ 0) MOSFETにおいて71cm²/Vsという高いチャネル移動度を達成した。

旦 野 克 典 (木本助教授)「SiC厚膜のエピタキシャル成長と高耐圧バイポーラデバイスの基礎研究」

本研究では、ホットウォールCVDを用いて、4H-SiC (0001) 面および(000 $\bar{1}$)面に高速結晶成長を行った。深い準位密度の十分小さな成長層では、最高水準の少数キャリア寿命2.2 μ sが得られた。この成長層を用い、本研究では耐圧5kV、オン抵抗17m Ω cm²の高耐圧・低損失ダイオードを実現した。

宮 戸 祐 治 (松重教授)「カーボンナノチューブの配向制御とその走査型プローブ顕微鏡による電子物性評価」

本研究では、誘電泳動法により少数の単層カーボンナノチューブを電極間に架橋するとともに、走査型プローブ顕微鏡、特にケルビン原子間力顕微鏡により架橋したナノチューブの表面電位を観察することでナノチューブの電気伝導機構の考察を行った。

望 月 和 之 (松重教授)「強誘電性有機低分子薄膜の誘電緩和挙動および分極反転特性に関する研究」

本研究では、インピーダンス測定を通して、強誘電性有機材料であるフッ化ビニリデンオリゴマーの誘電緩和挙動を測定した。その異方性や分極反転処理による影響から、分子鎖に垂直方向の分子運動が大きく、分極処理により単一緩和に近付くことが判明した。

川 口 剛 (松重教授)「ケルビンプローブ原子間力顕微鏡を用いた高配向性有機超薄膜／金属界面の電子物性評価」

本研究では、 π 電子共役系分子であるチオフェンのオリゴマーをケルビンプローブ原子間力顕微鏡を用いて表面電位測定を行った。分子の配向を制御することで、基板に対する分子の配向の違いにより生じる界面電気二重層の違いの観察に成功した。

中 原 雅 之 (松重教授)「圧電薄膜カンチレバーを用いたツインプローブ原子間力顕微鏡の開発」

本研究では、ナノ構造試料の多端子電気特性評価や、試料の特定の場所への力学的・電氣的刺激に対する応答の空間分布測定を可能にする、ツインプローブ原子間力顕微鏡を開発した。FIB加工を施すことにより、2つのプローブ先端を10nm以下の距離に接近させることに成功した。

安孫子 正 義（藤田茂夫教授・川上助教授）「InGaN単一量子井戸構造における光記憶効果および発光明減現象に関する研究」

緑色発光InGaN単一量子井戸構造においてサブ秒から秒の時間範囲で、発光強度がランダムに強弱する現象を観測した。GaN/InGaN界面付近のトラップ準位におけるキャリアの捕獲・熱放出によって内部電界が変化し、InGaN局在準位の発光波長と遷移確率を変調しているというモデルを提案した。

上 田 雅 也（藤田茂夫教授・川上助教授）「FIB加工技術を用いたMOCVD成長ZnOナノドットの配列制御に関する研究」

励起子効果の大きい半導体であるZnOを対象に、ナノドットの人為的な位置・サイズ制御を試みた。集束イオンビーム（FIB）によりSiO₂基板上に数nm深さのパタンを形成し、その上へZnOの有機金属気相成長を行うことによって、100nm周期で正方状に並んだZnOドットアレイを形成することに成功した。

田 中 洋 志（藤田茂夫教授・川上助教授）「ZnMgO系半導体擬似混晶とヘテロ構造に関する研究」

ZnO系ヘテロ接合デバイスの設計自由度を向上させるために、分子線エピタキシー法によってZnO/MgO超格子によるZnMgO擬似混晶薄膜成長に関する研究を行った。その結果、ZnO系半導体でウルツ鉱構造を維持する系として最大の4.65eVまでの任意のバンドギャップを持つ擬似混晶の作製技術を確認した。

深 堀 秀 則（藤田茂夫教授・川上助教授）「イオン注入法によって希土類添加した窒化物半導体の発光特性および吸収帯制御」

白色LEDの赤色蛍光体応用を考えて、窒化物半導体へのEu³⁺イオン注入を行った。Mgアクセプター添加GaNを用いることにより、バンドギャップ中の370～390nmに光吸収帯が形成され、そこからEu³⁺の励起準位へのエネルギー移動が生じ赤色発光（⁵D₀→⁷F₂, 620nm）することを明らかにした。

上 野 哲 也（野田教授）「フォトリック結晶有機ELデバイスに関する研究」

本研究では、フォトリック結晶を導入することにより有機ELデバイスの効率を向上させることを目的とした。発光層導波モードの媒質内波長とフォトリック結晶周期とを一致させることにより、発光面に垂直な方向への発光強度が増すことが確認された。

加 古 伸 一（野田教授）「3次元フォトリック結晶による発光制御一点欠陥共振器の詳細評価とキャリア寿命の基礎評価」

本研究では3次元フォトリック結晶に導入された半導体量子井戸の発光を評価した。極微小共振器の欠陥モードを初めて明確に観測し、また自由空間に比べてフォトリック結晶中においてキャリア寿命が長くなる現象を観測することに成功した。

國 師 渡（野田教授）「2次元フォトリック結晶波長合分波デバイスの動的特性の評価」

2次元フォトリック結晶を利用した光通信用波長合分波デバイスについて、超短パルス光による時間応答特性の評価をおこなった。また光照射にともなう熱光学効果を利用して合分波波長を外部から動的に制御することに成功した。

酒 井 恭 輔 (野田教授)「フォトリック結晶面発光レーザの高性能化に関する研究」

2次元フォトリック結晶を光共振器に用いた半導体レーザの電気および光学的な構造の最適化を検討し、 -20°C での連続発振に成功した。さらに発振前の自然発光スペクトルの放射角依存性を測定することで光学バンドの構造を実験的に測定し、発振バンド端の同定を行った。

谷 川 崇 (北野教授)「半導体レーザ光のパラメトリック下方変換によるエンタングルド光子対」

エンタングルメント光子対は、古典力学では説明のつかない量子的な相関をもつ光子の組のことである。本研究では、紫色半導体レーザを非線形光学結晶に入射し、自発的パラメトリック過程で光子対を生成した。発生した光子対の特性は単一光子検出器を2台用いることで評価した。

平 松 岳 洋 (北野教授)「アバランシェフォトダイオード光子検出器を用いた量子相関測定」

アバランシェフォトダイオードを用いた光子検出器の開発とそれを用いた光子対の偏光相関の測定を行った。光子検出器のクエンチ回路には汎用CMOS回路を用いた。作成した光子検出器の量子効率の測定も行った。光子対の測定では2台の光子検出器を用意し同時計測により偏光相関測定を行った。

松 下 宏 治 (北野教授)「セシウム原子2光子吸収遷移を用いた半導体レーザの周波数安定化」

半導体レーザの発振周波数をセシウム原子の2光子吸収遷移周波数に安定化するのが目的である。外部共振器半導体レーザの発振周波数をPound-Drever-Hall法によって光共振器の共振周波数に安定化し、さらにセシウムの2光子遷移に光共振器をロックすることで周波数安定化を行った。

簗 伸 彦 (北野教授)「周波数標準のための Yb^{+} イオントラップの開発」

本研究では、高精度な周波数標準の実現を目標とした Yb イオンのイオントラップの開発を行った。イオントラップにはRFトラップを採用した。そして、イオンを極低温にまで冷却するため、2台の半導体レーザから和周波混合によって紫外光を生成しレーザ冷却を行った。

附属イオン工学実験施設**尾 本 啓 介 (高岡教授)「酸素クラスターイオンビーム援用蒸着法による TiO_2 薄膜の作製と光触媒への応用」**

本研究では、生成した酸素クラスターイオンのサイズ分析や大電流化を行った。さらに、酸素クラスターイオンビーム援用蒸着法によって TiO_2 薄膜を形成し、その光触媒反応特性を明らかにし、本蒸着法が高活性な光触媒薄膜の低温形成に極めて有効であることを明らかにした。

山 本 智 晃 (高岡教授)「液体有機イオンビーム生成装置の開発と表面照射効果の研究」

本研究では、常温で蒸気圧の高い液体有機材料を用いて、電子衝撃型大電流液体イオン源装置の開発を行い、イオンビームの輸送・光学特性を明らかにした。一方、常温で蒸気圧の低い液体有機材料については、電界放出型の液体イオン源装置を開発し、液体有機イオンビームの基本的動作特性や表面照射効果を明らかにした。

情報学研究科 知能情報学専攻

麻 岡 正 洋（佐藤理史助教授）「語構成を利用した述語表現の言い換え」

助動詞や接辞・派生語尾等の付加的表現を伴った複雑な述語表現を言い換える枠組を提案した。この枠組では、核となる語（たとえば「明確」）とその代替表現（「はっきり」）の組から、その語を含む多様な表現群（「明確な」、「明確だ」、「明確になる」）の言い換えを生成することができる。

沢 辺 高 志（佐藤理史助教授）「汎用性を考慮した主観的評価抽出システムの作成」

ウェブの掲載版の文章から、製品に対する書き手の評価（主観的評価）を述べている文を抽出するシステムを作成した。良い・悪いという評価を表す表現と、事物の属性を表す様態表現を適切に分類することにより、複数の製品ドメインに適用可能な抽出システムを実現した。

田 中 宏 一（松山教授）「3次元姿勢計測を用いた人の動作特徴の記述」

視体積交差法を用いて多視点画像から人体の3次元形状データを計測し、得られた3次元データに多関節モデルを当てはめ、関節角や人体部位の位置・運動速度から単位時間当りに消費されるエネルギー量を計算する手法を提案し、人が何かに熱中・集中している度合いが推定できる可能性があることを明らかにした。

築 澤 宗太郎（松山教授）「装着型視覚センサを用いた手持ち3次元物体のデジタル化」

手に持った物体を色々な方向から見回している様子を装着型視覚センサによって撮影し、得られた多視点画像から物体の3次元形状を計測する手法を提案した。この手法では、視体積交差法とステレオ解析を組み合わせることによって、動的に物体を隠蔽する手の影響を排除し、物体の形状が安定に計測できる。

西 山 学（松山教授）「視体積交差法を用いた高解像度形状復元のためのカメラワーク最適化」

視体積交差法に基づいて人体の高解像度な3次元像を計測するための方法として、カメラ群がそれぞれ異なった人体部位をズームアップ撮影し、部位ごとに高解像度3次元像を計測するという方式を提案し、そのための最適なカメラワーク（各部位に対するカメラ群の割り当て法）を求めるアルゴリズムを考案した。

見 市 伸 裕（松山教授）「プロジェクタによる高忠実度画像表示のための相互反射補償」

ドーム型スクリーンのような凹面上にプロジェクタを用いて画像を表示する際に生じる相互反射の影響を補償し、元画像に忠実な表示画像を得るための方法として、元画像と表示画像の関係を表す線形な画像変換モデルを提案し、その逆変換の計算法として、物理モデルに基づいて線形変換行列を分割する手法を考案し、その効果をシミュレーション及び実験によって示した。

情報学研究科 通信情報システム専攻

小 池 俊 昭（吉田教授）「広帯域符号化MIMO伝送における適応時空系列等化器とダイバーシチ利用に関する研究」（平成15年8月に提出）

トレリス符号化空間多重伝送に用いる時空系列等化器において、ダイバーシチを利用した特性改善手法および演算量削減手法の研究を行った。系列等化器における空間インタリーブ・球内復号の有効性を明らかにし、低演算量で高い周波数利用効率が実現できることを確認した。

平 松 大 輔（吉田教授）「広帯域大容量無線通信に向けた時間領域および周波数領域の判定帰還型等化器に関する研究」

本研究では、時間領域の判定帰還型等化器と周波数領域の判定帰還型等化器に関して演算量と誤り率特性の比較を行っている。後者の方が演算量および誤り率特性において優れているが、伝搬路追従を行う場合には前者の方が低演算量で実現し得ることを示している。

向 井 務（吉田教授）「マルチホップ無線ネットワークにおける自律分散型アクセス制御法に関する研究」

本研究では、マルチホップ無線ネットワークにおいて、自律的な通信チャネル選択方式と指向性アンテナの適用方式についての提案を行い、提案方式は高負荷時において高い周波数利用効率特性を示すことを計算機シミュレーションにより確認した。

山 本 竜 馬（吉田教授）「マルチホップモバイルネットワークに適した位置情報に基づくルーティングアルゴリズムの検討」

本研究では、マルチホップネットワークにおいて、モビリティが高いほど高い宛先到達率を示すルーティングアルゴリズムを提案した。これはGPS等から取得可能な位置情報を相互に交換し、そのみに基づき中継端末を決定する手法である。また、位置情報の誤差を考慮した特性も評価した。

山 本 高 至（吉田教授）「マルチホップ接続を用いたCDMセルラシステムにおける適応経路選択法の研究」

本研究では、CDMA（Code Division Multiple Access）セルラシステムにおいて、無線マルチホップ接続の導入による干渉電力低減量の評価式を導出した。さらに、加入者容量増大を実現する経路選択法を提案し、この有効性を計算機シミュレーションにより確認した。

小 島 慎太郎（森広教授）「電力線通信におけるインパルス雑音モデリング」

屋内の電力線を利用した通信では、電力線に接続された家電機器などからインパルス性雑音が発生する。本研究では、電力線上に現れる雑音を観測し、観測された雑音に適したモデル化を行った。さらに、モデル化された雑音の精度を観測雑音と比較することによって評価した。

菅 野 公 伸（森広教授）「直交巡回シフトM系列を用いた同期CDMAシステム」

本研究では、移動無線データ通信の多重化方式として同期CDMAを適用することを検討している。同期CDMA用の符号系列として直交巡回シフトM系列を利用することを提案し、さらにユーザへの符号割り当てを工夫することによってスループットが改善できることを示した。

中 村 純 一（森広教授）「衛星通信を経由したTCPの高速化に関する研究」

静止通信衛星を利用した衛星回線は、有線回線と比較して伝送遅延時間が大きい、伝送特性の変動が大きいという特徴を持つ。本研究では、衛星回線の特徴に適したTCPを提案し、従来TCPに比較して提案TCPのスループットが向上することを明らかにしている。

牧 田 淳（森広教授）「無線アドホックネットワークにおける分散型位置推定法」

無線アドホックネットワークは中継機能を有する無線端末によりネットワーク構成される。本研究では、無線アドホックネットワーク上の無線端末に対して自律分散的な位置推定アルゴリズムを実装し、実験により各無線端末の位置推定の精度を評価した。

熊 谷 崇（高橋教授）「階層型Mobile IPv6における位置情報管理法」

階層型Mobile IPv6において、位置情報管理を行うMAPを、端末の移動特性を考慮して適切に選択する二種類の位置情報管理法を提案した。提案法により、位置登録処理の遅延抑制、複数のMAP間での負荷分散、制御トラフィック量の削減を実現することができる。

佐々木 純（高橋教授）「エッジルータを共通バッファとして用いる光パケットルータの研究」

電気で構成されるエッジルータを共通バッファとしても活用する光パケットルータのアーキテクチャおよびトラフィック制御方式を提案した。これらにより、パケットの順序逆転確率を低く抑えることや、フローの要求条件にあわせたクラス別制御を実現した。

多木良 孝（高橋教授）「TAMA: アプリケーション層におけるマルチツリー型動画配信法」

アプリケーション層において動画像配信を行う際、データを中継するホストの信頼性の低さから、通信網の分断が発生することがある。TAMAでは、この問題を解決するとともに、低遅延で配信可能なことを示した。

深 見 忠 義（高橋教授）「リンク使用率情報を利用したネットワーク品質管理法」

比較的容易に測定可能なリンク使用率情報とその統計情報のみを用いた二種類のネットワーク品質管理法を提案した。また、これらがネットワーク品質管理をより良い精度で行えることをシミュレーションおよび実測例により示した。

婁 毅（高橋教授）「Time-division DCF for a new 2-hop topology of Wireless LAN」（2ホップ無線LANにおける時分割DCF方式に関する研究）

従来のインフラモードIEEE802.11無線LAN環境では、送信電力制限や遮蔽物によって通信エリアが制約される。このような問題を解決する端末パケットリレー方式を用いた2ホップトポロジを提案した、時分割DCF方式を提案し、さらに有効性を検証した。

鳴 谷 篤 人（中村行宏教授）「浮動小数点DSPを用いた三次元音響処理システムの構築」

頭部伝達関数の特徴を利用した演算コストの低い三次元音響処理アルゴリズムが提案されており、その応用のためリアルタイム検証システムが必要とされている。そこで、浮動小数点DSPを用いた三次元音響処理システムを構築し、移動音や音場拡大等の処理を実装することによりその有効性を確認した。

上 官 清 水（中村行宏教授）「デジタルカメラ向け劣化画像復元法」

焦点ずれ復元と雑音削減のトレードオフを考慮した劣化画像の復元手法を提案した。Wavelet変換により画像の周波数分割を行い、高周波数領域で雑音削減処理を、低周波数領域でWienerフィルタを用いた焦点ズレを復元処理を行い、パラメタによりトレードオフの制御を行う。

辻 野 孝 輔（中村行宏教授）「三次元音響処理における移動音像の合成法」

頭部伝達関数の特性を利用した演算コストの低い音像定位アルゴリズムが提案されており、これに基づいた音像移動処理手法を提案した。提案手法は低演算コストでリアルタイム実装が可能であり、移動の際の係数補間や過渡処理により高音質を実現する。聴取実験によりその有効性を確認した。

林 宙 輝（中村行宏教授）「視覚特性に基づく Motion JPEG2000高画質符号化手法」

動画像符号化方式Motion JPEG2000では、画像内の位置に応じて割り当てる符号量を変化させることが可能である。そこで視覚の時空間周波数特性に従って画像内の視覚的に重要な領域を判別し、符号量割り当てを制御することで主観的画質を高める手法を提案した。

湯 浅 隆 史（中村行宏教授）「LUTアレイ型論理デバイスにおける回路規模削減のための変数順序ならびに項表現の同時決定手法」

LUTアレイ型論理デバイスでは、LUTの直列多段接続により生成された項の和により所望の論理を実現するが、その規模は入力変数順序に大きく依存する。項数削減のための変数順序決定および項生成手法を提案した。項表現を生成しながら変数順序の置換を行うことにより、項数の削減を実現した。

荒 本 雅 夫（小野寺教授）「ハードウェア有効利用のための資源共有型VLIWプロセッサ」

実行ユニットを複数のプロセッサ間で共有することにより、ハードウェアの有効利用を図る資源共有型VLIWプロセッサを提案した。資源の共有により、ハードウェア資源当たりの性能が向上する。リークにより発生する電力消費の削減にも効果的である。

山 口 隼 司（小野寺教授）「電源線ノイズを考慮した静的遅延解析」

LSI内の電源配線に発生するノイズ波形とそれが回路遅延に与える影響を、テスト回路の実測とシミュレーションにより評価した。次いで、時間的に変化するノイズの影響を、電源電圧と負荷容量の修正により等価的に表現し、静的遅延解析を行なう方法を示した。

宮 崎 崇 仁（小野寺教授）「クロック生成向け高周波PLL回路の最適設計手法」

デジタル回路のクロック生成に用いる高周波PLL回路について、製造プロセスの微細化や発振周波数の増大化が回路特性に及ぼす影響を定性的に予測した。また、試作実験とシミュレーションにより、評価の妥当性を検証した。更に、最適な設計手順を示した。

伊 藤 健 一（佐藤亨教授）「40Gbit/s 波長分割多重伝送システムにおける各種光変調方式の伝送特性」

シミュレーションによる変調方式の比較を、周波数利用効率と非線形効果耐力の観点から行った。まず、位相変調方式の評価に用いる誤り率の計算法を検討した後、高密度多重した場合、差動4相位相変調、デュオバイナリの伝送特性が良いことを示した。

岩 田 健 吾（佐藤亨教授）「人工雑音環境下における低ビットレート片方向通信方式」

光ファイバの効率的敷設方法として注目されている、水平ドリリング工法を用いる際に問題となっていた人工雑音の影響に対する通信方式として、OFDMを用いシンボルを非一様に配置するQPSKを利用した通信方式を提案し、その特性を評価した。

亀澤 裕之（佐藤亨教授）「光2乗検波特性において消光比と波形劣化を考慮したシステムパラメータ推定法」

光ファイバ通信システムにおいて、光2乗検波の場合の雑音と、消光比有限の受信信号の波形劣化を考慮したシステムパラメータ推定法を提案した。提案法を用いることにより、従来の推定法よりも正確に伝送性能を推定可能である。

福尾 憲司（佐藤亨教授）「マルチスタティック大気レーダによる風速推定精度の検討」

マルチスタティック構成によるEARの高性能化の為、シミュレーションで風速推定精度の検討を行い、対流圏の風を所望の精度で観測できることを示した。また観測データを用いたアレイ素子位置較正法を提案し、実データ解析から実現可能であることを示した。

情報学研究科 システム科学専攻

浅見 健則（英保教授）「肺線維症の診断支援を目的とした胸部CT像の濃度曲面解析」

肺線維症の診断支援を目的として、胸部X線CT像の解析を2次元CT像を濃度曲面として捉え、3次元曲率をガウス曲率 K と平均曲率 H の特徴量を用いて解析する手法を提案し、肺線維症の有無や病変の程度を示す定量的なパラメータを導出した。

位田 憲昭（英保教授）「インターベンション術におけるX線撮影系パラメータの実時間推定」

ステントグラフト術支援を目的として、術中のX線透視像撮像系のパラメータの変化量を推定する手法を考案した。提案手法を臨床データに適用した結果、撮影系パラメータのうち平行移動量については精度良く求まることを確認した。

花田 智紀（英保教授）「MRI画像からの拍動心臓領域の抽出」

輪郭抽出法の一つであるSnakes（動的輪郭モデル）を用い、左室内腔、左室心筋、右室の3領域を形状、相対関係を利用した抽出手法を開発した。対象領域によって輪郭モデルを使い分けることで、困難であった心尖部の抽出も可能となり、良好な結果を得ることができた。

類家 直哉（英保教授）「手指動作映像を用いた入力インタフェースの構築」

直感的で自然なコンピュータ操作を可能とするインタフェースシステムの構築を目的とし、複数の入力モードの使用、マルチモーダルな入力環境の使用の2つを柱とする、手指動作映像を用いた入力インタフェースシステムを提案し、実験システムでその有効性を確認した。

柴山 司（松田教授）「左心室の3次元形状と細胞配列モデルに基づく有限要素法による拍動シミュレーション」

ヒト胸部MR画像群に基づいた左心室形状と心壁における心筋細胞の方向を表す細胞配列モデル、細胞生理学モデルに基づいて左心室拍動モデルを構築し、有限要素法を用いて心拍動のシミュレーションを行った。細胞の配列が左心室の駆出率に影響を及ぼすことを確認した。

橋 田 伸 彦（松田教授）「外表写真を利用した連続切片標本からのヒト胎児 3 次元画像再構成システム」

連続切片標本から適切な 3 次元画像を効率的に再構築するシステムの実現を目的として、プレパラート上の連続切片を効率的に画像系列化するユーザインタフェースと、外表 写真を用いた切片画像からの自動三次元再構築手続きを備えるシステムを構築した。

番 匠 武 蔵（松田教授）「3 次元画像を比較観察可能なヒト胎児形態データベース検索表示システム」

ヒト胎児標本の形態情報を効率的に検索し表示することを目的として、標本データ群から書誌情報に基づく検索を行い、検索結果に対して書誌情報・外表写真・3 次元画像を表示する検索表示システムを構築した。この際、3 次元画像群の可視化条件を一括操作し、効率的な比較観察を可能とする機能を実現した。

増 田 徹（松田教授）「3 次元反力取得・表示システムを用いた実空間反力分布の網羅的 計測」

人間の力覚特性に対し十分な時間・空間分解能で実空間中の反力分布を 3 次元的に計測することを目的として、計測時の走査パラメタを制御することに基づいた位置・速度 6 次元特徴空間の網羅的計測手続きを提案し、先に開発した 3 次元反力取得・表示システムによる装置の実装を行った。

エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻

城 田 莉 菜（吉川榮和教授）「Eye-Sensing Displayを用いた脳機能障害のスクリーニング検査手法の開発とその実験的評価」

視覚系指標計測による脳機能スクリーニング検査システム（Eye-Sensing Display）を用いた検査項目と検査手法を設計し、健常若年者と健常高齢者の計34名を被検査者として評価した。その結果、検査項目と検査手法の妥当性、および加齢による視覚指標の変化を確認した。

冨 田 大 輔（吉川榮和教授）「感情的要因を考慮した省エネ行動支援モデルと省エネ行動支援システムの設計・構築とその評価」

人々の省エネに対する態度を変容させ省エネ行動の推進を支援する手法の創出を目指し、社会心理学の観点から新しい省エネ行動支援モデルを提案した。そして省エネ行動支援システムを構築し被験者実験により評価した。また費用対効果の点からもシステムの有効性を確認した。

服 部 貴 司（吉川榮和教授）「Eye-Sensing Displayを用いた脳機能障害のスクリーニング検査システムの構築と評価実験」

脳機能障害のスクリーニング検査に用いることを目指して視覚系指標計測ディスプレイ（Eye-Sensing Display）を開発した。そして精度評価実験や若齢者・高齢者を対象とした被験者実験を行い、従来に比べて空間精度・時間精度だけでなくシステムの操作性も大幅に向上できたことを確認した。

藤 野 秀 則（吉川榮和教授）「画像処理を用いた環境の変化にロバストな物体認識手法の開発と評価」

画像処理を用いた物体認識手法として、マーカを用いた物体認識手法および物体自身の特徴量を用いたマーカレスの物体認識手法の両手法を開発した。特に照明や撮影角度の変化に対してロバストに認識できることを目指し、新しいマーカのデザインおよび各種認識アルゴリズムを提案し評価した。

**松 井 康 治 (吉川榮和教授)「原子力プラントの系統隔離作業支援システムにおける拡張現実感用
トラッキング手法の開発」**

原子力プラントでの保守作業を拡張現実感を用いて支援する際に必要となるトラッキング技術を開発した。人工マーカ、自然特徴点、ジャイロ・加速度センサを組み合わせたハイブリッドトラッキングを採用したシステムを試作し、精度評価実験を通して今後の課題と展望をまとめた。

山 崎 雄一郎 (吉川榮和教授)「拡張現実感とRFIDを用いた系統隔離作業支援システム の試作と実験評価」

原子力プラントでの作業効率向上とエラー低減を目指して拡張現実感とRFIDを用いた作業支援システムの試作および各種作業員インタフェースの比較実験を行った。その結果、システムによりエラー低減が可能であり、インタフェースは片目参照型HMDが最適であることが分かった。

楊 明 (吉川榮和教授)「Application of Multilevel Flow Models for Alarm Analysis System of PWR plant」(マルチレベルフローモデルのPWRプラントの警報診断システムへの適用)

質量・エネルギー・情報の流れを定性的にモデル化するマルチレベルフローモデルを用いて、PWRプラントに異常が発生した際に計装情報から異常原因を特定する手法を提案した。さらに、シミュレーション実験の結果から、本手法が簡便かつ高速に異常原因を特定できることを確認した。

エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻

坪 井 伸太郎 (近藤教授)「ヘリオトロンJプラズマにおける真空紫外分光法による不純物の研究」

ヘリオトロンJプラズマで観測される不純物種を真空紫外分光で同定し、これら不純物がプラズマ中へ浸入する割合が周辺電子密度に依存することを明らかにした。

中 澤 真 吾 (近藤教授)「ヘリオトロンJにおける3次元メッシュモデルを用いた中性粒子輸送解析」

中性粒子のプラズマ中の挙動は装置の形状に大きく依存する。ここでは3次元で適用できるDEGASコードを開発し、中性粒子密度の空間分布を求めた。特にガス導入口近辺と離れた位置での違いがコアプラズマの密度のよってどのように変わるかを明らかにした。

**西 尾 茂 (近藤教授)「ヘリオトロンJにおけるボロメーターとAXUVフォトダイオードを用いた
輻射損失測定」**

プラズマからのエネルギー損失のうち輻射で失われる部分を正確に評価するため、粒子成分、加熱用のマイクロ波のエネルギーが除去できないボロメータと輻射のみを測定するAXUVフォトダイオードの信号を比較してAXUVフォトダイオードの優位性を示した。

エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻

小 森 洋 和 (塩津教授) 「Critical Heat Flux Correlations for Subcooled Water Flow Boiling in Short Vertical Tube」(短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束表示式)

核融合炉ダイバータでは、商用発電用原子炉の10倍以上の高密度除熱が必要である。本研究では、垂直円管内の水の強制対流限界熱流束を円管長さ L が直径 D に比してはるかに大きい場合について、実験条件を広範囲に変えて求め、入り口液温と流速が同じ場合の L/D 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。

樋 口 篤 (塩津教授) 「Stability Test of a Large-sized Superconductor Used for LHD Cooled by Superfluid Helium」(LHDに用いられた大型超電導体の超流動ヘリウム冷却における安定性試験)

核融合科学研究所のヘリカル型プラズマ実験装置に用いられている数十kA級の臨界電流を持つLHD導体を用いた試験コイルを製作し、常流動冷却と超流動冷却を対比して冷却安定性試験を行い、超流動冷却の有効性を定量的に明らかにした。

持 田 晃 弘 (塩津教授) 「Experimental Study on Application of Superconducting Fault Current Limiter to Electric Power System」(超電導限流器の系統導入に関する実験的考察)

動作開始電流値が調整可能な変圧器型超電導限流器2機を直列又は並列に接続して模擬電力系統に導入した実験により、限流器の動作特性について検証した。その結果、動作開始電流値の設定には事故位相と電流変化率を考慮する必要があることが示唆された。

加 藤 洋 明 (野澤教授) 「多重記憶可能な1 T/1C型FeRAMとその機能メモリへの応用」

多重記憶可能な1 T/1C型FeRAMを提案し、その信号量解析と動作シミュレーションから実現可能を確認した。また、高集積化と低コスト化が期待できることを示した。このメモリを用いた機能メモリを設計し、トランジスタ数対するメモリの集積度が向上する利点を明らかにした。

世良田 耕 平 (野澤教授) 「抵抗変化型不揮発性メモリの回路設計とシミュレーション」

最近、印加パルス極性によって抵抗値変化を起こし、メモリ動作させる抵抗変化型不揮発性メモリ(RRAM)が注目されている。この新しい素子を不揮発性メモリのロジック回路のスイッチに応用する各種回路を考案し、高集積、高性能、低電圧化などが可能なことを明らかにした。

稗 田 健 (前田助教授) 「抵抗変化型不揮発性メモリの動作メカニズムの研究」

抵抗変化型不揮発性メモリ(RRAM)の書き込み・消去動作に対応した $(\text{Pr}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{MnO}_3$ の基礎物性、伝導特性を調べた。用いた薄膜試料では抵抗変化には不可逆なOvshinsky効果と可逆な電子・正孔注入効果が影響していることを明らかにした。

守 時 直 樹 (野澤教授) 「楕円関数暗号のハードウェア設計及び性能検証」

楕円関数暗号演算でWindow幅を工夫した結果、事前計算を大幅に省略でき高速でメモリ容量の削減を可能にできた。小規模なFPGAを用いて、94000ゲートの回路規模によって160bitの楕円関数暗号が約11.5msで処理できることを示した。

エネルギー理工学研究所

高 橋 功 一（水内教授）「ヘリオトロンJにおける高速カメラを用いた周辺プラズマ揺動計測」

核融合プラズマでは揺動の制御が重要である。本研究では高速カメラを用いてヘリオトロンJプラズマの揺動の空間的振る舞いを調べた。その結果、低周波の周期振動や非周期的なバーストを伴った揺動が観測された。フーリエ解析などの手法を用いてこれらの揺動を解析し、揺動の特性を明らかにした。

深 川 陽 平（水内教授）「ヘリオトロンJプラズマにおける粒子バランス特性の評価」

系内への供給粒子数と、プラズマ中の粒子数、及びそれらの時間変化などを実測し、粒子バランス式からヘリオトロンJプラズマにおける実効的粒子閉じ込めの評価を試みた。その結果、ECH放電では、NB放電に比して実効的粒子閉じ込めが劣化していることを明らかにした。また、高閉じ込めモード遷移発現条件の解明を行った。

竹 本 崇（佐野教授）「ヘリオトロンJにおけるイオンサイクロトロン加熱を用いた高速イオン生成に関する研究」

プラズマの追加熱法として開発されてきたイオンサイクロトロン加熱法の中でヘリオトロンJ磁場中での高速イオン研究に主眼を置いた少数イオン加熱を行い、プラズマ負荷抵抗の評価を行うと共に8 keVまでの高速イオン生成を確認し、その閉じ込めについて調べた。

森 田 悠 哉（佐野教授）「ヘリオトロンJにおけるトムソン散乱計測法に関する研究」

プラズマの温度計測として時間・空間分解能に優れたトムソン散乱計測法をヘリオトロンJ装置に適用しヘリオトロンJでの中性粒子入射加熱プラズマの電子温度を評価するとともに、微弱信号の処理法を開発し散乱信号ノイズを低減することを可能にした。

井 本 雅 規（吉川潔教授）「マグネトロン励起源を用いたHe 21S励起原子線生成に関する研究」

シュタルク禁制遷移効果によるレーザ誘起蛍光法電界計測のためのヘリウム励起原子線の高効率生成を可能とするため、高速バルブを用いた超音速ヘリウム原子線と特性の運転条件依存性を評価し、またマグネトロン放電を用いることで低圧力下での励起用高密度プラズマの生成を可能とした。

高 松 輝 久（吉川潔教授）「地雷探査用慣性静電閉じ込め核融合中性子源の高性能化」

慣性静電閉じ込め核融合中性子源の地雷探査への応用のため、超小型装置を開発して性能を評価した。また、極めて小型で簡易な付加マグネトロン放電機構を設計・製作し、これをトリガとして用いることで主放電の良好なパルス運転制御が可能であることを示した。

富 澤 孝仁（山本助教授）「円筒形IECF中性子源の低ガス圧動作特性」

装置端部に中性粒子ビームエネルギー計測装置を設置し、動作ガス圧によるイオンエネルギー分布の変化の推定を行った。

平 井 隆 之（山本助教授）「プラズマイオン注入における電圧波形の影響の解析」

シミュレーションにより、印加電圧の立ち上がり・立ち下がり時間、継続時間がイオン注入に与える影響を調べ、その改善方法を検討した。

中空電波科学研究センター（生存圏研究所）

岩 井 聡（津田教授）「An estimation method of humidity profiles using a wind profiler radar with RASS」（ウィンドプロファイラレーダー・RASS観測による水蒸気プロファイル推定法に関する研究）

本研究ではMUレーダー・RASSならびにGPS等の機器を複合して開発された水蒸気推定技術をL帯下部対流圏レーダーおよび赤道大気レーダーRASSに適用した。その結果、MUレーダーでは観測できなかった高度0.2–2.2km、あるいは興味深い大気現象が起こる赤道域における水蒸気の高精度・高分解能観測に成功した。

福 島 徹 也（津田教授）「A study on variability of airglow structure with dual-site imaging observation」（2点イメージャ観測による大気発光層構造の変動の研究）

中間圏界面領域に存在する大気発光層の高度を1年以上の2点イメージャ観測により推定し、大気波動による変動の特徴を明らかにした。また、ナトリウムライダーを加えた観測から高度推定が大気不安定の影響により発光層構造の中心を示さない場合があることを発見した。

加 藤 紳一郎（松本教授）「位相振幅制御マグネトロンの開発研究」

宇宙太陽発電衛星（SPS）の実現に向けて、マイクロ波送電システムとして安価であり高出力、70%以上の高効率という利点を持つマグネトロンが期待されている。本研究ではマグネトロンのSPS応用へ向けてマグネトロンの位相と振幅が制御/安定化可能な位相振幅制御マグネトロンの開発を行なった。

芝 田 裕 紀（松本教授）「無線電力空間システムの研究」

無線電力空間とは、コードレス駆動、バッテリーレス充電を行うことができる空間である。本研究では、シミュレーションにより、電波防護指針を満たす送電可能電力を算出し、フィールド実験を行い、さらにビーム制御、自動方向追尾制御を用いた省電力化について考察を行った。

二 宮 啓 輔（松本教授）「Computer Experiment of Buneman Instability in Space Plasmas」（宇宙プラズマ中におけるBuneman不安定性の計算機実験）

地球磁気圏においては様々なプラズマの不安定性よりプラズマ波動が励起される。電子とイオンが相対速度を持つ場合にはBuneman不安定性が起きる。本研究ではこの不安定性により励起されるプラズマ波動の特性及びその形成機構を計算機実験を用いて詳細に調べた。

中 村 宣 之（橋本教授）「Computer Experiments on Dipole Antenna Characteristics in Space Plasmas」（宇宙プラズマ中におけるダイポールアンテナ特性に関する計算機実験）

波動観測において用いられるダイポールアンテナのプラズマ中での特性解析を三次元電磁粒子シミュレーションの手法を用いて行った。特に、静電波に対して、実効長、ピックアップファクター、インピーダンスを調べ、観測におけるダイポールアンテナ特性についての指標を示した。

**橋 本 俊 治（橋本教授）「Development of low noise particle code for space plasma simulations」
（宇宙プラズマシミュレーションのための低ノイズ粒子コードの開発）**

Delta-f法を用いたプラズマシミュレーションコードを開発し、その有用性を検討した。低ノイズという特徴を確認し、また従来のDelta-f法に改良を加えることによって、より多くの不安定性現象にDelta-f法を適用することを可能にした。

水 谷 浩 之（橋本教授）「低損失位相制御マグネトロンシステムの開発」

宇宙太陽発電所のマイクロ波発生器に用いるマグネトロンの周波数・位相制御に、電力損失等の面で欠点を持つサーキュレータを用いない注入同期法として、隣接するアンテナから漏れるマイクロ波を注入信号に用いるビーム方向制御システムを考案し研究を行った。

博 野 雅 文（深尾教授）「Investigations on the spatiotemporal structure of turbulence backscattering in the troposphere and lower stratosphere based on the MU radar observations」（MUレーダー観測に基づく対流圏・下部成層圏における大気乱流散乱の時間・空間構造に関する研究）

MUレーダーを用いて対流圏及び下部成層圏における大気乱流散乱特性の研究を行った。観測結果より、エコー強度の方位角方向の異方性は水平風の鉛直シアによる不安定現象によって生じることが示唆された。また、これらの現象が全高度域において頻繁に起きていることが分かった。

丸 本 雅 人（深尾教授）「SEEK-2観測キャンペーンにおける中緯度電離圏E領域イレギュラリティの空間構造に関する研究」

現在、電離圏において発生する沿磁力線イレギュラリティ（FAI）による電波の散乱等が問題視されている。本研究ではレーダーによるFAIの観測結果からその空間構造を明らかにし、エコー領域の移動と中性風との関係や電離圏における電波の屈折の影響に関して考察を行った。

Tri Handoko Seto（深尾教授）「赤道大気レーダーによるインドネシア・スマトラ島における季節内振動の観測」

インドネシア・スマトラ島での季節内振動と対流活動の関連を赤道大気レーダー・境界層レーダー及び再解析データを用いて調べた。2002年6月のケーススタディーにより、季節内変動に伴うスマトラ島での局地循環や降水の種類の変化が明らかとなった。

学生の声

「仕事と学業の両立」

情報学研究科 通信情報システム専攻 高橋研究室 博士後期課程1年 杉 山 敬 三

2003年10月より、㈱KDDI研究所から社会人ドクターとして博士後期課程に進むこととなりました。自分が大学生の頃を振り返るとドクターに進むとは夢にも思っていませんでしたが、当社はYRP（横須賀リサーチパーク）にもオフィスがあり、京都大学はYRPで講義を受講できる環境があることから、産学連携も兼ねて高橋研究室にお世話になることになりました。

私は国際電信電話㈱（現在のKDDI㈱）に入社と同時に研究所に配属となり、それ以来約16年間研究所に在籍しています。最初の10年程度は通信プロトコルやネットワーク管理の研究などに携わり、ここ数年は無線LANやITS（高度道路交通システム）など無線系の研究に取り組んでいます。企業の研究所であり、如何に会社に貢献できるかを念頭に置いて研究を進める必要がありますが、視野を広げ独善的な研究にならないためにも、学会活動や産学連携は重要です。

ただ、社会人ドクターに進むなら、時間的な余裕があった若い時の方が良かったかと思うこともあります。研究計画の策定や対外的な折衝、部下の指導等に追われながら、サイドワーク的にドクターの研究を進めています。学生の頃は今思えば有り余る時間がありましたが、時間の貴重さは忙しくならないとわからないものです。しかし、自分の性格からして、追い込まれないと進まない部分もあるので、今がその時なのかもしれません。

今回、遠隔講義による授業や研究室の学生との交流を通じて、久しぶりに学生気分を味わい、新たな意気込みで仕事に取り組むことができました。知的好奇心も刺激され、電子メールで流れてくる講演等の案内を見て、場所が近ければ是非参加させていただきたいと思うことも多々あります。今後も時間を大切にしながら、仕事と学業を両立させていきたいと考えています。

「社会人博士課程への進学について」

エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻 吉川研究室 博士後期課程2年 北 村 雅 司

’93年に工学研究科電気工学第Ⅱ専攻 吉川研究室（現在は、エネルギー社会・環境科学専攻）を卒業して三菱電機㈱に就職し、’03年4月からは社会人の博士課程の学生として再度お世話になっています。修士論文では、ヒューマンマシンインタフェースの人間との適合性評価への心理生理学手法の適用に関する基礎研究を行いました。それなりの成果もあり、研究がおもしろくなってきた時期でもあったため、M2の時には、就職か博士後期課程への進学か非常に悩みましたが、ヒューマンマシンインタフェースの分野では、研究開発の成果を実際の製品に適用するにはメーカーに就職したほうが良いと考えて就職を選択しました。

三菱電機では、幸いにも、原子力発電所の中央制御設備の開発に一貫してたずさわることが出来ました。三菱電機では国内PWRプラントの設計製作をしています。今後は計測制御設備を総合デジタル化して、中央制御盤も従来のようなハードウェアのスイッチによる操作ではなく計算機のディスプレイを用いた監視操作となります。人間が関与する中央制御設備においては、ハードウェア側だけでなく、人間側の信頼性も含めたトータルな信頼性向上をはかるための取り組みが重要で、そのための設計手法と評価方法の開発、新型中央制御盤の開発設計、および実機への適用を行ってきました。実設計における成果を適宜論文として発表してきましたが、修士課程以降一貫して進めることの出来たヒューマンマシンインタフェースの研究をまとめるべく社会人博士課程に進学しました。ただし、修士課程終了後にそのまま博士後期課程に進学するほうが、早く学位が取得できて専門分野の中で活躍できるという点では有利かもしれません。

現在は、会社での設計業務を行いながら、週末に論文の作成など多忙を極めていますが、研究室には他にも留学生のかたや企業の研究者のかたも来られており、切磋琢磨することにより今後の糧となればと思っています。

教室通信

大学と社会との関わりが重要性を増してきたことを受け、文部科学省の施策として国立大学に「ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL)」と「共同研究センター」が設置されるようになりました。前者は、「ベンチャー・ビジネスの萌芽ともなるべき独創的な研究開発の推進と、高度の専門的職業能力を持つ起業家精神に富んだ人材の養成を目的」¹⁾として平成7年度から設置が始まり、京都大学には初年度に設立されました。他方、後者は「国立大学における産学官連携の推進拠点」²⁾として昭和62年度から設置が始まりました。当初に設置された大学では、地域の特徴ある企業との連携を図ることを意図した「地域共同研究センター」といった名称が多く用いられていましたが、後に規模が大きい大学に設置が及んで連携の対象が広くなり、大阪大学「先端科学技術共同研究センター」(平成7年度)、東京大学「国際・産学共同研究センター」(平成8年度)、東京工業大学「フロンティア創造共同研究センター」(平成10年度)といった名称が付けられ、その規模も大きくなってきました。京都大学ではもともと産学官連携への意識が全学的に高かったとは言えず、またセンター建設地の余裕もなかったことが一因とも思えますが、この「共同研究センター」が設置されたのは平成13年度で、全国で約60番目でした。しかしその規模は、専任教員19名、客員教員7名(うち外国人客員3名)³⁾という全国で最大級のものとなりました。名称は「国際融合創造センター (International Innovation Center; IIC)」と称し、「共同」「研究」というキーワードではなく、「融合」「創造」という語を用いたことが、センターの意図を良く表していると言えます。

センターの組織は、大きく分けて共同研究のコーディネート・推進を主務とする「融合部門」と、革新的技術・次世代産業基盤の萌芽につながる独創的・学際的・融合的研究を主務とする「創造部門」から成り立っています。センター長にはVBL施設長も務められている松重和美教授(電子工学専攻)が着任されて、そのもとに急速な速度での離陸を開始し、包括的共同研究、社会連携、イベント企画・運営、大型研究プロジェクトの実施などで、先導的な活動を行っています。例えば、三菱化学(株)ほか5社と京都大学の複数の研究者との共同研究「包括的産学融合アライアンス」では、「次世代有機系電子デバイス・デバイスの開発」をテーマに、年間2億5000万円の共同研究費を得て研究を実施しています。特許や契約の扱い、研究の推進など、国際融合創造センター(とくに融合部門)の組織的な対応なくしては、このような大型の産学共同研究プロジェクトは実施できないと思われます。また、文部科学省「知的クラスター」⁴⁾プロジェクトに対しては、提案調査(feasibility study)の段階から国際融合創造センターが組織的に対応し、ナノテクノロジーを核とした「京都ナノテク事業創成クラスター」を提案して採択され、年間4億6500万円の事業費を得て実施しています。これら大型プロジェクトには電気系の多数の先生方のご参加をいただき、成功への大きなご貢献をいただいております。また、「知的クラスター」では基盤整備として大型の研究設備(集束イオンビーム装置、走査型電子顕微鏡、X線回折装置、発光分光装置、透過型電子顕微鏡など)を設置し、電気系における研究にも有効的に利用いただいております。

国際融合創造センターでは、創造部門先進電子材料分野(教授:藤田静雄)および融合部門ベンチャー分野(助教授:白藤立)が電子工学専攻の協力講座として学生の指導にあたっています。前者では、新規材料やナノ構造により量子機能を創成する研究・教育を行っています。また後者では、プラズマなどを利用する新規材料・構造形成プロセスに関する研究・教育を行っています。また、創造部門ナノプロブ工学分野には、電子物性工学専攻(当時)出身の小林圭助手が着任し、松重研究室との連携研究と電気電子工学科の学生実験を受け持っています。平成17年春には待望のセンター建物が桂キャンパスに完成する予定で⁵⁾、またVBLや知的財産本部をあわせた「国際イノベーション機構」の構想も進んでおり、新世代を迎えた京都大学にあわせた更なる進展を期したいとメンバー一同願っているところです。詳しくは国際融合創造センターのホームページwww.iic.kyoto-u.ac.jpをご参考願えれば幸いです(藤田静雄 記)。

1, 2) 文部科学省HPによる。

3) 平成14年度に拡充された後の数字。

4) <http://www.astem.or.jp/kyo-nano/>

5) <http://www.kogaku.kyoto-u.ac.jp/katsura/> (クラスターA)

編集後記

キャンパス移転から半年が経過し、ようやく桂における研究教育活動も落ち着いて来たと言いたいところではありますが、4月からの国立大学法人化による日常的業務の諸々の変更に戸惑うこともしばしばあり、こうした一連の変化に対する過渡応答の収束にはもう少し時間がかかりそうな気がします。今回の法人化では、大学は自主運営によって自らを常に活性化することを求められており、大学のもつ技術情報を社会に対して発信することは決定的に重要となったと思われます。「cue」の果たすべき役割がますます増大する中、今後とも皆様方の電気関係教室への一層のご支援の程、何卒よろしくお願い申し上げます。

(H.Y.記)

発 行 日：平成16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