

cue

京都大学電気関係教室技術情報誌

NO.3

JUNE 1999

[第3号]

..... 巻頭言

中国電力 井上幸夫

大学の研究・動向
電力発生伝送工学分野・イオン工学実験施設

産業界の技術動向

シリーズ：研究内容紹介

平成10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。

巻頭言

20世紀文明の栄光と影

中国電力(株)副社長 井上 幸夫



20世紀は残り1年半となったが、歴史上世紀末になると「この世の終わり」といった終末観が現れ大抵はずれる。

20世紀末の現在、人類は科学技術の進歩や経済成長等によって、人口を加速度的に増加させながら生活水準も大幅に向上させた。

しかし、一方では、人類は進化し知的水準が向上したはずなのに、悲惨な国家・民族間の紛争や戦争を依然として続けている。

また経済成長は資源・エネルギーや環境問題などの制約から限界に近づいてきた。

そこで、20世紀文明と21世紀への課題について少し考えてみたい。

20世紀は一言で言えば、「科学技術の時代」であった。

相対性理論、量子力学や生命科学等の理論が発見され、また半導体、コンピュータ、情報通信技術、クローン技術等の開発など新しい発見・発明が相次ぎ、20世紀型工業社会が出現した。その結果経済は急成長し、人類は繁栄し豊かな文明社会を構築した。

このような豊かな文明社会の実現は、今世紀初めに予想されていただろうか。

一例をあげると、1901年の正月、報知新聞は「20世紀の予言」として23項目の「物質上の進歩についての想像」を取り上げた。

要約すると、20世紀中に実現するものとして

①無線電信および電話 ②遠距離の写真伝送（および天然色写真） ③野獣の滅亡 ④支那、日本およびアフリカの発達 ⑤7日間世界一周 ⑥空中軍艦、空中砲台 ⑦蚊および蚤の滅亡 ⑧暑寒調製の新機器 ⑨植物の人工栽培 ⑩電声器 ⑪写真電話 ⑫買物便法（通信販売） ⑬電気燃料 ⑭高速鉄道 ⑮市街鉄道（地下鉄） ⑯鉄道の連絡 ⑰天気予知・管理 ⑱人の身体成長（6尺以上の身体） ⑲医術の進歩（内蔵移植） ⑳自動車の世 ㉑人と獣との会話自由 ㉒幼稚園の廃止（高学歴化） ㉓電気の輸送

をあげた。

この予言は一部を除き見事に的中し、実際には予想を上回る結果となった。

しかし20世紀に発達した知識は、特定の側面に細分化し技術に偏重した専門知識が中心で、物事の全体を総合的にとらえるものでなかった。

また、歴史、文学、哲学、芸術等の人間性教育がなおざりにされた。

その結果、緊急を要するコンピュータ2000年問題や、地球温暖化、環境汚染、未知ウイルスの侵入等人類の存亡にかかわる中長期的問題も発生し、解決を迫られている。

また、日本では家庭崩壊、学級崩壊や市場混乱など国の基盤にかかわる問題への早急な対応も必要になっている。

人類はこれらの諸問題を解決し、人類の繁栄と豊かな文明を永続するため、大量生産、大量消費、大量廃棄の20世紀型工業文明を見直し、環境調和型文明へ急いで変革しなければならない。

大学の研究・動向

電力輸送にかかわる諸課題の基礎的研究

電気工学専攻電力工学講座電力発生伝送工学分野

教授 宅間 董

takuma@kuee.kyoto-u.ac.jp

講師 垣本 直人

kakimoto@kuee.kyoto-u.ac.jp

講師 濱田 昌司

shamada@kuee.kyoto-u.ac.jp

助手 山本 修

o-yamamo@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

現代の我々の生活は電気エネルギーに支えられ、電気文明とも言うべき時代を画しているが、それを可能にしているのは高度に発達した電力輸送技術である。エネルギー消費の伸びが鈍化しつつあるとはいえ、電力化率の上昇にも支えられて、来世紀も電力消費が伸び続けるのは間違いない。

このように電力分野は社会生活を支える基盤として高度に発達したシステムが形成されているが、なお新しい課題の発生や新技術の導入が活発に行われている。たとえば、交流1000kVのUHV (ultra high voltage) 送電計画、紀伊連系の直流高電圧送電、500kV CV (架橋ポリエチレン) ケーブルの東京都心導入、パワーエレクトロニクス機器の適用を挙げることができる。

同時に、電力系統、電力機器について、これまでの高信頼度という必要条件に加えて、経済性の向上と環境対策の二面が非常に重要になった。高い信頼性を維持しつつ、徹底的な小型化と効率向上を目指すことが要請され、さらに環境面から新しい課題や対策が必要になってきている。これらに対応するには、より正確な設計を可能にするような「定量的な解析方法の開発」、「放電・絶縁、電力系統の諸現象の基礎的解明」、さらに環境対策のための「新しいアイデアの提案」が必要である。電力分野、特に輸送技術に関して当研究室の進めている研究内容は色々あるが、以下にそのいくつかを紹介する。

2. 電磁界計算法の開発・応用

計算機による数値的な電磁界計算法は機器の設計や現象の解析に革新的な進歩をもたらし、すでに多方面に応用されている。電界については、簡単な電極(導体)だけからなる配置(単一誘電体場)ではほとんど問題なく計算できるレベルに達した。しかし、複雑な形状・配置や特殊な計算条件の場合には、まだ正確に計算できる段階に至っておらず、計算法の改良や新しい手法の開発課題が多々存在している⁽¹⁾。

数値的な計算法は、計算したい領域全体を細かく分割する領域分割法と領域の境界を分割する境界分割法とに大別されるが、境界分割法には、電荷重畳法、表面電荷法(表面磁荷法)、境界要素法と呼ぶ方法がある。現在進めている研究の一つは、誘電体(絶縁物)が2種類以上ある複合誘電体の境界分割法による計算法である。たとえば、複合誘電体場は誘電率の差が大きい場合に通常の電荷重畳法や表面電荷法(法)で計算すると大きな誤差を生じる。これに対して、高誘電率の誘電体境界の

電荷だけで内部の電界を与える方法（法）⁽²⁾、さらに模擬電界を付加する方法（法）を開発し、精度が画期的に向上することを示した。

人体や動物のようになめらかな表面の媒質がある場合の電界計算には、表面を曲面で模擬するのが望ましい。そこで、曲面三角形で三次元の境界面を分割する表面電荷法や境界要素法の開発と応用を進めている。図はそのような模擬（分割状態）の例である。研究目的の一つは、複合誘電体場の計算精度を向上させるための形状模擬方法の開発（4枚協調9自由度3次形状関数の提案など）である⁽³⁾。

数値計算法の応用面では、電界磁界による誘導電流の計算のほか、固体絶縁物表面の帯電電荷分布の測定法の解析⁽⁴⁾、を進めている。

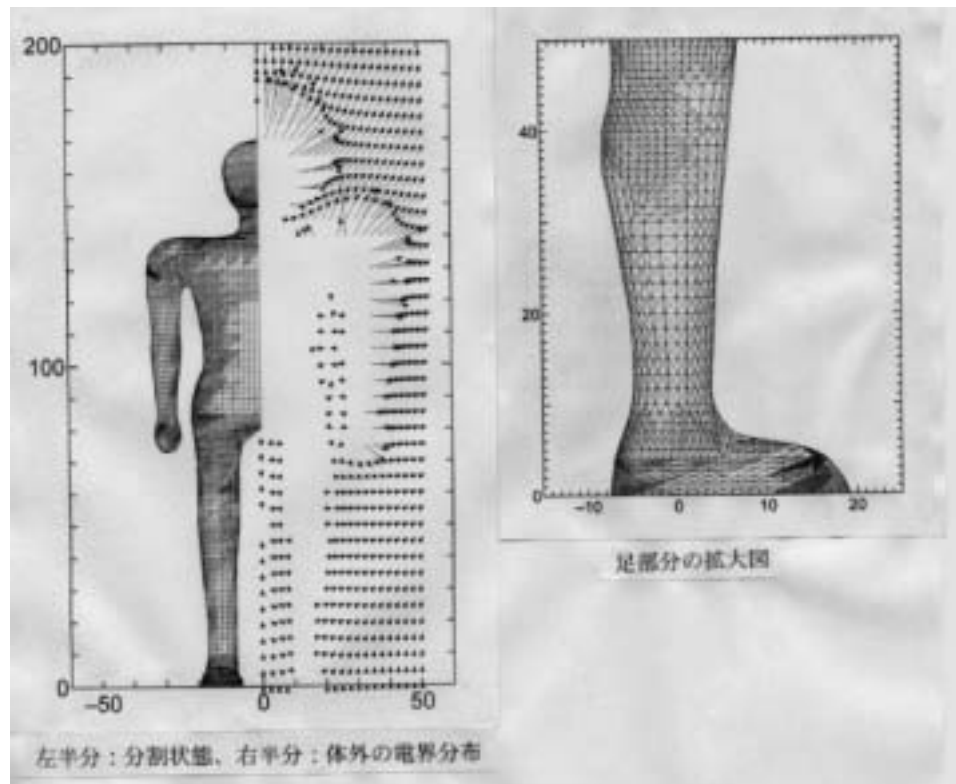


図1 曲面要素による人体の模擬（一様電界下、単位cm）

3. 放電現象の実験とシミュレーション

電力機器の高電圧絶縁には、大気のほか、高気圧ガス（六フッ化硫黄：SF₆）真空など種々の方式が用いられている。当研究室では真空、電氣的負性ガス、高気圧ガスを対象として、その放電特性の実験とシミュレーションで調べている。

(a) 真空

真空絶縁の最大の弱点は、高電圧部分を支える固体絶縁物（スペーサと呼ばれる）の沿面放電である。特に、二次電子放出によってスペーサ表面に帯電する電荷が絶縁性能を低下させる。この帯電状態をオンラインで計測するとともに、帯電の進行をモンテカルロ法でシミュレーション計算している⁽⁵⁾。これらについてはcue第2号で紹介しているのでここでは省略する。

(b) 高気圧ガス

フィルムやシート状の固体絶縁物表面の沿面放電は古くから実験されているが、これは放電がきわめて伸び易く、実用的にも重要なためである。SF₆ガスや混合ガスを対象に、矩形波電圧、

VFTO（変電所で発生する急峻振動波電圧）に対する沿面放電特性を調べている。シミュレーションでは、沿面放電路の電荷密度が一定、あるいは誘電率の高い放電路（リーダ放電）の電界（電位傾度）を考慮して進展の伸びを求める計算法を開発し、沿面放電特性の予測方法への応用を進めている。図はSF₆中の沿面放電が7.1cm伸展したときの電位分布状況である⁽⁶⁾。

また、ガス空間の放電ではレーザの集光で生じた空間電荷が高気圧窒素中で放電誘導を生じる実験を行い、空間電荷移動のシミュレーションを行っている。

4 . SF₆代替ガスの検討

現在SF₆は高電圧変電所のほとんどの機器の絶縁（ガス絶縁機器と呼ばれる）に使用され、SF₆の無い電力系統は考えられないほどである。ところが近年、SF₆は地球温暖化効果の著しく高いことが問題になり、平成9年12月の地球温暖化防止京都会議（COP3）において削減対象のガスに含まれることになった。その結果、SF₆に代わってガス絶縁に使用する代替ガスが世界中で探索されている⁽⁷⁾。単独ではSF₆に匹敵しうるガスが無いために、混合ガスで使用量を減らすことが考えられているが、現在もっぱら検討されているのはSF₆と窒素の混合である。

これに対し、パーフルオロシクロブタン（c-C₄F₈）を用いる混合ガスの利用を提案し、検討を進めている。c-C₄F₈は、SF₆と同じく無毒無害で、オゾン層を破壊する作用が無く、絶縁耐力もSF₆に匹敵する。温暖化効果はSF₆のGWP（地球温暖化係数）が23900（評価年100年）であるのに対し、8900と約40%である。また、沸点が-6（SF₆は約-64）であるので、混合ガスから液化回収するのが容易である。現在、c-C₄F₈の電気的特性や回収率について検討を開始している⁽⁸⁾。

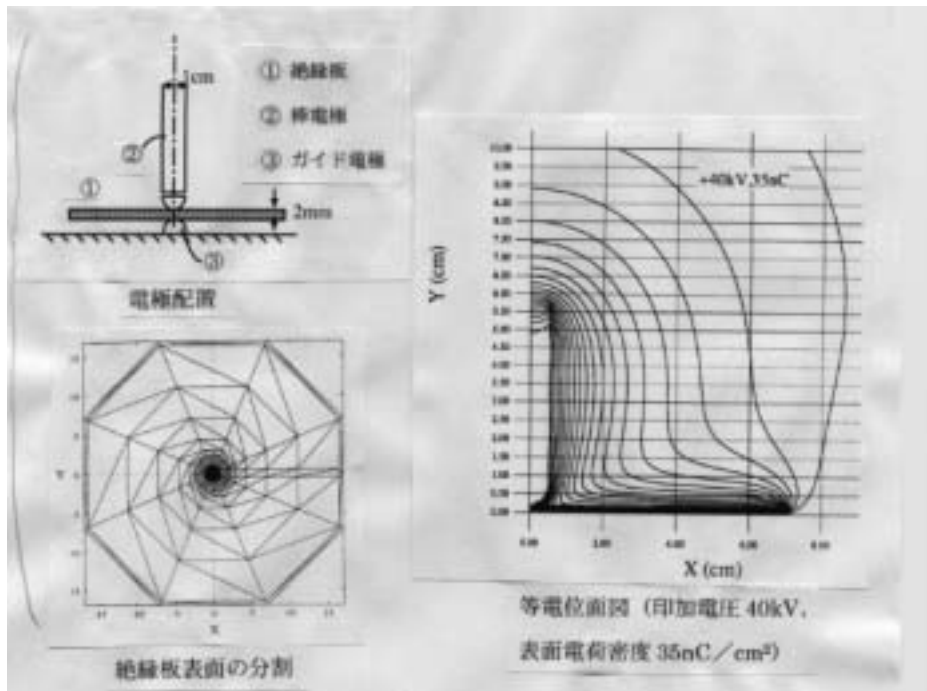


図2

5 . 電力系統の不安定現象の解析

電力系統を対象とする電力系統工学もすでに長い研究の蓄積があるが、系統の巨大化、複合化、パワーエレクトロニクス機器（パワエレ機器）の導入などによって新しい課題を生じている。現在検討している主な課題は、パワエレ機器の導入にかかわる問題と内部共振現象である。

代表的なパワエレ機器には、静止形無効電力補償装置（SVC）、サイリスタ制御直列コンデンサ（TCSC）がある。どちらもリアクトルの通過電流をサイリスタで制御する同じ素子構成であるが、SVCは母線と並列に接続して電圧制御に用いられるのに対し、TCSCは送電線と直列で潮流制御に用いられる。

SVCの導入によって電力系統の輸送能力が大巾に向上することを定量的に示すとともに、SVCによる新しい高調波不安定現象の可能性を明らかにした。後者については、サイリスタ制御リアクトル（TCR）の周波数特性を表わす理論式を導き、これを用いて高調波不安定現象はTCRのコンダクタンスが負になるためであることを明らかにした⁽⁹⁾。図はこの現象の解析例である。また、コンダクタンスが負になるのはサイリスタの点弧角が重畳電圧によって変動するためであること、基本波のみで点弧することで不安定現象を抑制できることを示した。

一方、長距離くし形系統における内部共振と呼ぶ現象を検討している。内部共振は電力系統の動揺モード間の相互作用によって周期の長いモードが発散する現象である。この現象の発生条件について理論的に検討するとともに、大型シミュレータを用いて内部共振が実際の電力系統の安定性に重要な役割を果たしていることを示した⁽¹⁰⁾。

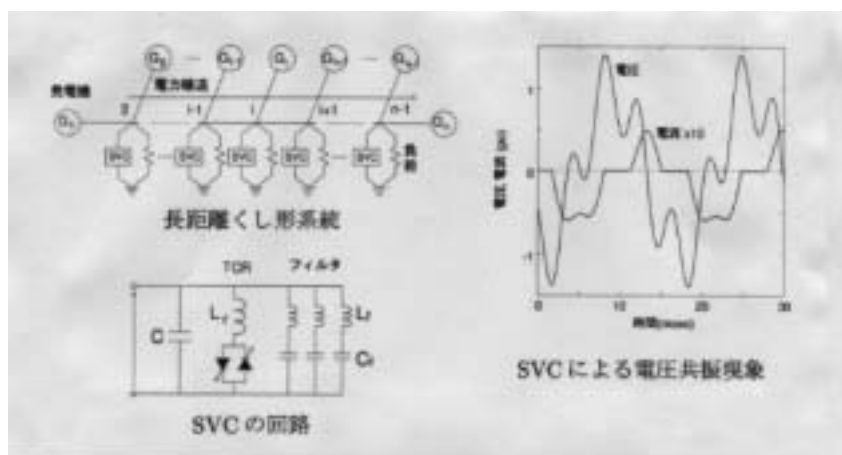


図3

- [1] T. Takuma, T. Kawamoto : Recent developments in electric field calculation, IEEE Trans. on Magnetics, Vol.33, No.2, pp.1155-1160 (平成9年3月)
- [2] 紺矢、宅間、垣本、河本：周辺電荷を用いる電荷重畳法に関する検討、電気学会論文誌A、第117巻 第9号 977-982頁 (平成9年9月)
- [3] 濱田、宅間：4枚協調9自由度3次形状関数を用いた表面電荷法による電界計算、MAGDA Conf. 講演論文集、PS4-6、pp.210-213 (平成11年4月)
- [4] T. Takuma, M. Yashima and T. Kawamoto : Principle of surface charge measurement for thick insulating specimens, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.5, No.4, pp.497-504 (平成10年8月)
- [5] 山本、田辺、宅間、I.D. Chalmers : 真空中絶縁スペーサの帯電分布と帯電メカニズムの検討、電気学会論文誌A、第119巻 第2号 171-176頁 (平成11年2月)
- [6] 宅間、山本、藤野、安井：SF₆ガス中沿面放電のシミュレーション、電気学会論文誌A、第117巻 第9号 983-992頁 (平成9年9月)
- [7] 宅間：ガス絶縁と地球温暖化問題、電気学会誌、第119巻 第4号 232-235頁 (平成11年4月)

- [8] 宅間、山本、濱田：c-C₄F₈を用いるガス絶縁方式、電気学会論文誌B、第119巻 第4号 526-527頁（平成11年4月）
- [9] 垣本、中村、永井：サイリスタ制御リアクトルの周波数特性に対する理論式、電気学会論文誌B、第118巻 第11号 1321-1328頁（平成10年11月）
- [10] 垣本、富山：長距離くし形系統における内部共振の検証、電気学会論文誌B、第119巻 第4号 516-523頁（平成11年4月）

イオンビームと材料プロセス

工学研究科附属イオン工学実験施設
施設長 教授 山 田 公
i-yamada@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

我々を取り巻く電子、機械、情報などの産業はめざましい発展を遂げ、とどまるところを知らない。研究者達は、山積する難題を解決し、新しい技術を生み、新しい産業を創出してきた。これらの傾向はますます加速されるに違いない。特に、家電情報機器、産業情報通信制御機器を構成する種々のマイクロデバイスには、超高速で大量の情報処理能力が求められている。産業機器などに必要な微細機構部品やパワーデバイスは、小型で信頼性の高いことが要求されている。このようなデバイスや部品の研究開発や製造に、今までの材料や加工技術は役に立たなくなってきた。最先端と呼ばれている技術でさえ、原理的な限界に達しつつある。伝統的手法から脱却した、全く新しい材料プロセス技術、生産技術の確立が緊急の課題になっている。

超LSIを構成するMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) の製作には、イオンビーム技術が用いられている。21世紀には1GBits以上のデバイスが計画されている。これらのデバイスには20-30ナノメートル以下の極浅ジャンクションを形成する技術が求められている。パソコンなどのハードディスクには、数十から数百GBitsの大容量が要求されている。このためには数ナノメートル精度で、結晶に損傷を与えない高速加工技術が必要である。ナノメートルオーダーの非常に薄い極薄膜を用いるデバイスでは、結晶性の良い高品質の薄膜製作技術の出現が期待されている。

今社会が求めている技術革新をサポートするインフラテクノロジーの整備には、新製造技術の確立が緊急の課題になっている。我々の研究室では、イオンビームを駆使して、このような要求にかなうプロセス技術の研究を行っている。

2. イオンビーム技術の新しい展開

原子や分子をイオン化して適当なエネルギーで固体に照射すると、固体中に埋め込んだり、表面の原子を取り除いたり、堆積させることが出来る。このようなプロセスは、それぞれイオン注入、スパッタ、およびデポジションと呼ばれ、産業界の広い分野で応用されている。用いられる装置は、利用分野によって、形、機能、大きさなどが異なり、多種多様である。なかでも、原子を固体の中に注入するイオン注入装置は、精密精巧を極め、その頂点に達している。イオン注入は、現在、半導体デバイスの製作に重要な役割を演じている。イオン注入技術無くしては、超LSIの製造は出来ない。半導体以外の分野では金属やセラミックなどの表面改質に用いられている。スパッタは表面の不純物の除去やパターンエッチングに利用されている。デポジションは湿式メッキや真空蒸着法では出来ない高機能の薄膜形成に活用されている。イオンビームが産業界に威力を発揮し始めてから、まだ30年足らずである。しかしながら、我々の社会が要求する高度の先進デバイスの開発や加工には、このような伝統的なイオンビーム技術ではもはや対処出来なくなってきた。

数百から数千個の原子の塊(クラスター)のイオンを高速で、固体の表面に衝突させると、イオンと固体との相互作用が全く変わる。我々の研究室では、このようなイオンビームの照射によって生ずる新しい相互作用の解明や、これを用いたプロセス技術の研究を行っている。従来プロセスが限界に達している技術分野を、クラスターイオンビームがどのように打破出来るか、-- それらの難問を解

決しつつある。

3. クラスタイオンビームプロセス

数百から数千個の原子や分子の集合体からなるクラスタイオンビームは、ガスをノズルから真空中に噴出させ、断熱膨張によって作る。形成したクラスタイオンビームに電子を当ててイオン化し、適当なエネルギーに加速してプロセスに用いる。クラスタイオンビームプロセスでは、クラスタイオンの種類やエネルギー、クラスタサイズ（一つのクラスタを構成する原子の数）を変えて注入、スパッター、堆積などを行う（図1）。クラスタイオンの場合には、固体の表面の一点に数千個の原子を当てる事が出来る。この様な超高密度の照射は、単原子イオンでは、いくら焦点を定めても出来ない。今までのイオンビームの世界と、どのように原理的な違いがあるのか、どのような新技術が生まれるのかを紹介する。

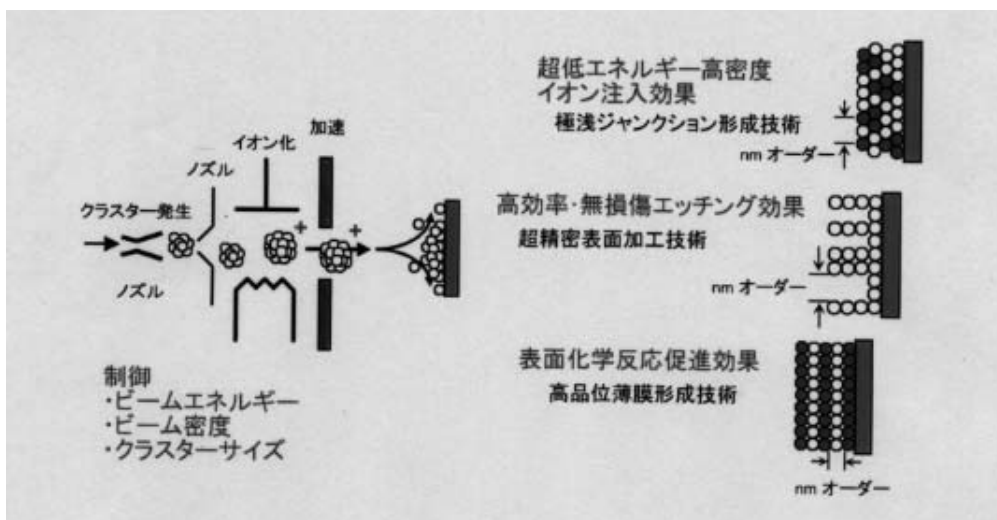


図1 クラスタイオンビームプロセス。注入、加工、薄膜形成プロセス。

3 - 1 . クラスタイオンと固体表面相互作用

クラスタイオンが固体に衝突する様子を計算機でシミュレーションする。超LSIのp-MOSFETは、B原子をSiにイオン注入して作る。B原子が10個集まったクラスタイオンをSiに注入する場合と、B原子1個を注入する従来の場合とを比較する。図2にそれらの結果を示す。B1個の単原子イオン注入した場合、B原子はSi基板の表面からSi原子の欠陥を数珠のように作って奥深く侵入する。原子10個のクラスタイオンの場合には、B原子は基板の表面にとどまり、注入原子の周りには密度の高いSi原子の欠陥を作る。さらに詳しく調べると、B原子イオンを10分の1のエネルギーで注入した場合と同じ深さに注入されている。これがクラスタイオンの低エネルギー効果である。また、単原子イオンの場合に比べ欠陥形成にも大きな違いが見られる。これも又、浅いジャンクション形成と結晶回復、ドーピング効率に大きく影響している。

スパッター現象をシミュレーションすると、単原子イオンの場合の2桁から3桁高いスパッタ率を示す。さらに驚くべきは、従来の単原子や分子イオンの場合には、イオンを照射すると、固体の表面はだんだん荒れて、凹凸が激しくなるのに対して、クラスタイオンの場合には、それと反対に、荒い表面が平坦になる。このことは、イオンと固体の相互作用が従来の場合と全く違うことを示している。単原子イオンを注入した場合は、固体原子との間の相互作用が主として2体衝突に基

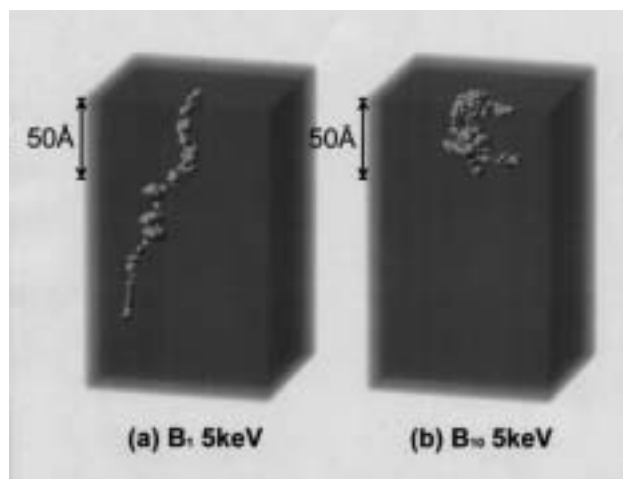


図2 硼素10個のクラスターイオンと単原子の硼素イオンをシリコン基板に5 keVで注入した場合の分子動力学法によるシミュレーション。赤い粒子は硼素原子、黄色い粒子は注入によって変位したシリコン原子。

づくものであるのに対し、クラスターイオンの場合は、単原子イオン照射を重ね合わせただけでは得られない非線形効果が現れる。

数百個数千個の大きなクラスターイオンを固体表面に照射すると、固体表面に特異な環境が出来る。たとえば、 Ar_{141} クラスターイオンを10keVで照射すると、照射後400fsの後クラスターイオンが衝突した付近の温度は、 10^5 Kにも上昇し、圧力は1 MBarにも達する。宇宙の創成時より高い温度に上昇させることも可能になる。宇宙が出来たときに似た、超高温度と、超高圧力状態をつくり、新材料を合成することもあながち夢では無いかもしれない。

3 - 2 . クラスターイオンビームによる新しい材料プロセス

次世代の超LSIにはシリコン基板の表面にホウ素やリン原子を注入して表面の数十ナノメートルの限られた極浅い範囲にp型やn型の領域を作らなければならない。ここで、クラスターイオンの超低エネルギー、超高密度照射効果が威力を発揮する。10個のB原子からなるデカボランを注入して作ったS/Dのエクステンション部のジャンクション深さは7 nmである。p-MOSFETの、実行ゲート長は37nm、閾値電圧は0.15Vで、ドライブ電流の $0.7\text{mA}/\mu\text{m}$ が得られた。最大利得は459mS/mmである。このデバイスは現在世界最小で最高の性能を示している。クラスターイオンを半導体のイオン注入に初めて応用し、成功した例である。試作したデバイスの走査型電子顕微鏡写真像を図3に示す。

クラスターイオン特有のラテラルスパッタ効果は、高効率のエッチングと従来のイオンビームでは得られない超平坦面形成を可能にする。スパッタ率は、実験からも通常のイオンビームの数から数百倍の値を示している(図4)。この場合、実行照射エネルギーは数eVから数十eVの低エネルギーとなり、基板のダメージは極めて少ない。Si、Ti、Cu、Zr、Ag、W、Auなどの場合、20keVのサイズ3000のArクラスターイオン(等価照射エネルギーは $20\text{keV}/3000$ で約7 eV)のスパッタ率は、 $10\text{-}100\text{atoms/ion}$ である。表面平坦化は種々の金属材料のほか、合金、さらに単結晶、多結晶半導体でも可能である。たとえば、マイクロ波CVDで製作したダイヤモンド薄膜の表面を、クラスターサイズ3000のArクラスターイオンを20keVで $1 \times 10^{17}\text{ions/cm}^2$ 照射すると、平均荒さは40nmから8 nmになる(図5)。炭化珪素、高温超伝導薄膜や高硬度炭素系材料でも同様である。X線リソ

グラフィ用のCVDダイヤモンドの平坦化加工、シンクロトン軌道放射光 (SOR) 用ミラーの研磨、超伝導量子干渉デバイス (SQUID) 製作のための高温超伝導薄膜表面の平坦化、プラスチックレンズ用微小非球面金型の平坦化などの応用研究が進められている。

酸素などのガスクラスタライオンビームをSiなどの基板表面に照射すると、室温で効率の高い酸化作用が見られる。ガスクラスタライオンの低エネルギー照射効果と、高密度輸送効果を利用して、クラスタライオン照射と蒸着を併用するクラスタライオンアシスト蒸着によって高品位薄膜の製作が可能である。現在、この方法でディスプレイデバイスに用いられた透明導電膜 (ITO) の低基板温度での製作を進め、従来実用規模で達成できなかった 10^{-5} Ω・cm台の低い抵抗値を持つ薄膜を再現性よく作っている。さらに、超高硬度膜、高信頼性光学多層薄膜形成のためのプロセス技術の研究も進んでいる。

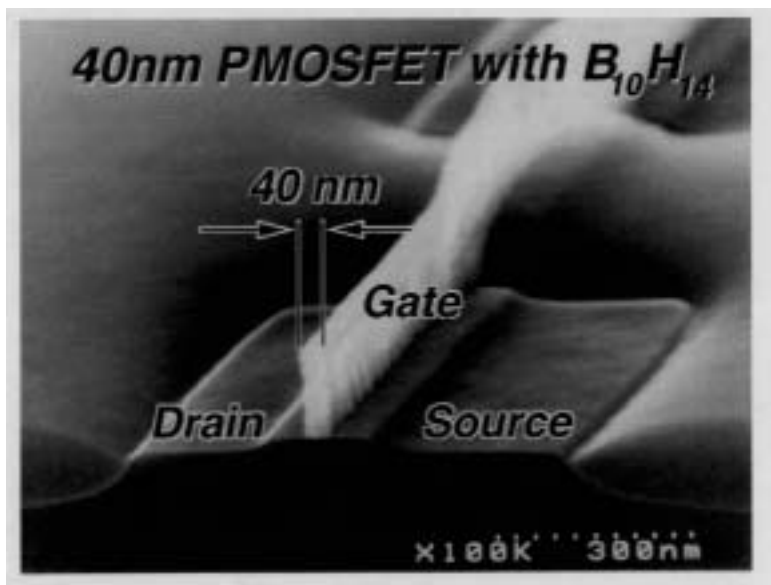


図3 クラスタライオン (デカボラン) 注入で作成した40nmゲートを持つp-MOSFETの走査型電子顕微鏡写真。

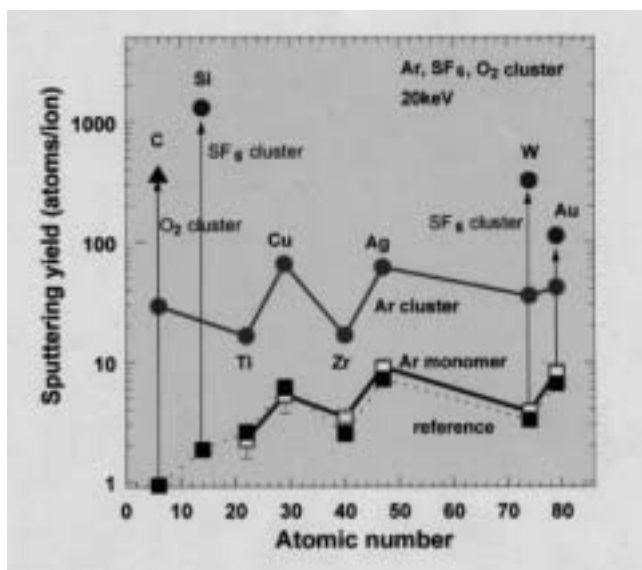


図4 クラスタライオンによるスパッタ率 (1イオンあたり放出される原子数)。monomerは同じ装置で単原子アルゴンイオンを用いて行った実験値、referenceは文献に記された値。

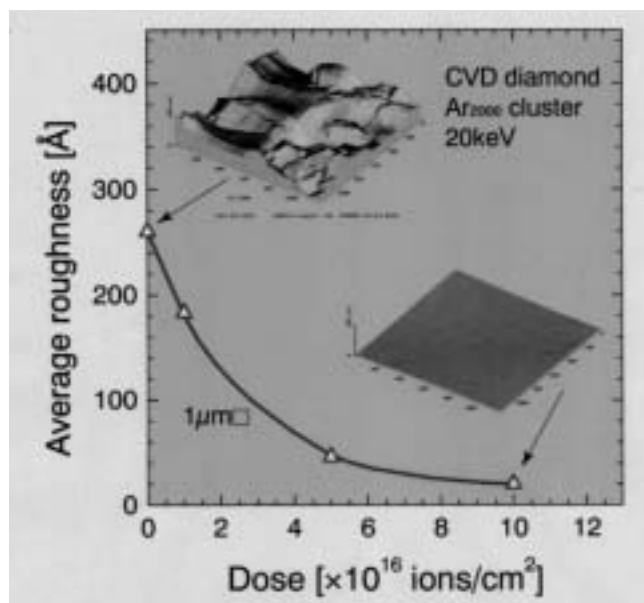


図5 CVD法で製作したダイヤモンド薄膜にアルゴンクラスターイオンを照射して表面が平坦になる様子。横軸はクラスターイオンの照射量、縦軸は平坦度。原子間力顕微鏡写真はArイオン照射前と照射後の表面形状（面積 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ ）。

4. あとがき

単原子イオンを含まない強力なクラスターイオンビームの生成、クラスターイオン特有の超低エネルギー・超高密度照射効果などの発見が、クラスターイオンビームプロセスの展開につながった。ここに述べた研究開発は、クラスター生成の可能性を探る研究を始めてから、10余年が経過した。ようやく実用化の研究が科学技術振興事業団や通産省でスタートした。京大で始めた本技術は米国でも商務省と米国標準局の援助で先端科学プロジェクトとしてスタートした。今後、クラスターイオンビームプロセスの科学と技術の展開に向けた研究が、他大学や研究所さらに民間企業で活発に行われ、プロセス技術として貢献できることを期待している。

産業界の技術動向**東海道新幹線と700系の開発について**

東海旅客鉄道（株）新幹線鉄道事業本部車両部長

石 津 一 正

RXY00767@nifty.ne.jp

1. はじめに

1999年3月から東京～博多間に東海道・山陽新幹線に投入された電車としては5世代目のモデルとなる700系電車が走り始めた。これは東海道新幹線を運営する当社（JR東海）と山陽新幹線を運営するJR西日本が初めて共同開発したもので、静かな車内や乗り心地の良さ、広い車内空間などが皆様に歓迎されている。

700系を駆動するのは誘導電動機であるが、制御装置に新しく開発された大容量IGBTが使用されている。また制御装置の中核にはマイクロコンピュータやICなどが数多く使用されており、車両のなかに占める電気・電子機器のウエイトはかつてないほど大きくなってきている。

以下、700系の紹介とともに、今後の鉄道技術のあり方について私見を交えて述べてみたい。



図1 新「のぞみ」号用700系新幹線電車

2. 東海道新幹線と300系「のぞみ」の誕生まで

1964年の東海道新幹線の開業は、鉄道の歴史の中で欠かすことのできない出来事である。それは世界で初めて200km/h以上の運転を始めたことも特筆すべきことながら、どちらかといえば当時衰退する運命にあると考えられていた鉄道が航空機や自動車とともに現代の交通機関たりうることを改めて証明した点にある。

東海道新幹線は日本経済の高度成長と重なったこともあり、開業以来利用者は増え続け、増発や増結を行なった。また、山陽新幹線への延長（1972年岡山、1975年博多）東北・上越新幹線、さらには長野新幹線の開業など、新幹線の路線は大きく拡大した。東海道新幹線の速度は開業以来210km/hに据え置かれていたが、1986年に220km/hにアップされた。

国鉄の分割・民営化（1987年）の後、東海道新幹線の運営を当社が承継した後の1992年、速度をさ

らに50km/hアップし270km/hで走行する300系「のぞみ」号が誕生した。東海道新幹線は最小曲線半径2500mで建設されており、この曲線で乗り心地を悪化させないで走れる速度は250km/h程度である。このため、あまり高い速度としても時間短縮効果が小さく、次の環境問題を考慮して最高速度は270km/hに設定された。

日本の国土は狭く、鉄道線路沿線にも多くの住宅があり、また地盤も欧州などと比べると脆弱である。このため沿線の騒音や地盤振動は大きな問題になる。300系は速度が50km/h高くなっても既存車の騒音レベル以下に抑えるべく技術開発が進められた。高速時に最も卓越してくるのが先頭部やパンタグラフ部などから発生する空力音である。特徴ある先頭形状やパンタグラフ周りを覆う大きなカバーはこれら空力騒音を低減するために開発されたものである。また地盤振動は車輪一軸当たりの重量（これを「軸重」という）の大きさに依存することから、速度向上に見合う軸重の大幅縮減、すなわち車両の軽量化に力が注がれた。この軽量化を進める上で大きく寄与したのが、「アルミ車体」「ボルスタレス台車」「VVVF制御と回生ブレーキ」の採用である。

「のぞみ」号が1992年に運転開始すると利用者は逐次増加し、東京～新大阪間2往復でスタートしたものが翌年には博多までの1時間毎運転となり、1999年4月現在で1日上り下り合計70本の「のぞみ」号が設定されている。



図2 初代「のぞみ」号用300系新幹線電車

3. 700系の開発

3.1 700系の開発コンセプト

300系の成功を契機として、JR東日本はSTAR21、JR西日本はWIN350という試験電車を作りそれぞれ更なる技術開発に取り組み始めた。

また当社でも技術開発は間断なく続けていく必要があるとの認識から、300系の営業開始から間もない1995年に300Xという新しい試験電車を作り、環境騒音や地盤振動、乗り心地、集電装置などをテーマに走行試験や技術開発を進めてきた（この車両は1996年7月に443km/hという国内における最高試験速度を記録している）。またJR西日本はWIN350の成果を基に500系を開発し、山陽新幹線で日本で初めての300km/h運転を実現させた（1997年）。

こうした当社の300X技術開発やJR西日本のWIN350や500系の開発で得られた成果をあわせれば、300系よりさらに性能が良く効率的な車両を作ることができるはずである。東海道新幹線と山陽新幹線は直通運転しているので車両は共通に運用できることが望ましいし、何よりも共同開発により開



図3 443km/hという国内最高速度記録を持つ300X試験電車

発コストが節約できる。こうして誕生したのが700系である。700系は1997年秋に量産先行車1編成が完成し、1年半にわたる各種性能試験や42万kmの長期耐久試験を終え、今年3月から営業運転に入った。

先に述べたように軽量化のため「アルミ車体」「ボルスタレス台車」「VVVF制御による回生ブレーキ」を採用したのが300系であった。700系の開発コンセプトはこれらに「乗り心地、静粛性、車内アコモデーションなど居住性と快適性を向上する」「トンネル微気圧波や車外騒音など環境問題に配慮する」「自動検査機能の導入などによる保守省力化をはかる」「300系と共通運用するため各号車毎の定員を等しくする」等の新たなコンセプトが追加された。東海道区間での速度向上は難しいので最高速度は270km/hとし、山陽区間では可能な限りの速度向上をはかることとした（最終的には285km/hとなった）。さらに、新製価格は300系並に抑えることが設計方針とされたのである。

3.2 300系と700系

300系以前の新幹線の車体が鋼製であったのを300系ではアルミ製とした。700系ではさらに考えをすすめ、骨組みを省略できるパネル方式を採用した。即ち中空式の大型押し出し型材（パネル）を長手方向に連続溶接して組み立てている。新幹線の車体はトンネル突入時などの圧力変化に伴う不快感（耳がツンとするので「耳ツン」と呼んでいる）を防止するため気密構造である。700系の構造は圧力に強く気密もとりやすい。また、部品点数が少なく溶接のロボット化が容易でコスト低減効果も大きい。

台車は300系と基本的に同じ構造としたが、700系では走行安定性と乗り心地の改善のため円錐ころ軸受けを採用した。

300系開発当時、PWMインバータによる誘導電動機駆動は直流方式の国内の地下鉄・私鉄等ですでに使用されていたが、新幹線は交流電気方式を採用しているので300系の制御装置はインバータの前段にPWMコンバータを備えている（コンバータとインバータを合わせて「主変換装置」と呼ぶ）。またそれまでの新幹線がブレーキ時のエネルギーを熱として放散する発電ブレーキであったのに対し、300系では電力回生ブレーキを採用し抵抗器等が不要になった。これらの制御は300系ではGTOサイリスタを使ったため変調周波数は最大420Hzとしたが、700系では変調周波数を高く（1500Hz）できる新開発の大容量IGBTを制御素子として採用、さらに3レベル制御を併用したので、従来耳ざわりであった主変圧器や主電動機からの磁歪音が殆ど聞こえなくなり、静粛な室内を

実現することができた。

3.3 700系の特徴

700系の主な仕様を表1に示す。

700系の開発コンセプト「快適性向上」のうち、乗り心地改善策として、車体と車体をオイルダンパで連結し相互に振動を抑制する「車体間ダンパ」と、車体と台車を結ぶオイルダンパの減衰定数を制御して軌道からの振動を伝わりにくくする「セミアクティブ制御」を採用した。

車内騒音の低減としては、先に述べたようにIGBTを制御素子として採用し磁歪音の発生を抑えたこと、車体に制振材を詰めた中空形材を採用したこと、全ての電動車に床をゴムで弾性支持する浮き床構造を採用したこと等があげられる。

また冷房能力を1割程度大きくし、空調吹き出し位置を天井から荷棚の高さまで下げダクト損失を低減した(空調機は床下にある)。空調ダクトが無くなったため天井は300系より4～6cm高くなり、ひろびろとした車内空間が得られた。この他照度の向上、腰掛背もたれを高くする等車内環境のきめ細かい改良にも配慮した。

表1. 700系の主な仕様

項目	700系	300系
全体編成	16両(12M4T)	16両(10M6T)
電気方式	AC25kV	同左
最高速度	270km/h (山陽285km/h)	270km/h (山陽270km/h)
定員 グリーン席	200名	同左
普通席	1123名	同左
車体構造	アルミ中空押し出し形材	アルミ押し出し形材
長さ(中間)	25,000mm	同左
(先頭)	27,350mm	26,050mm
幅	3,380mm	同左
高さ	3,650mm	同左
床高さ	1,300mm	1,325mm
空調容量 冷房	58,000kcal/h	53,000kcal/h
暖房	34,000kcal/h	同左
集電装置	シングルアーム式	下枠交叉式
力行制御	コンバータインバータ方式によるVVVF制御	同左
ブレーキ方式	回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ	同左
主変圧器	外鉄形(4,160kVA)	同左(2,900kVA)
主変換装置	PWM式(IGBT) 3レベル式 ベクトル制御	PWM式(GTO) 2レベル式 -
主電動機	三相誘導電動機 (275kW)	同左 (300kW)
振動制御	セミ・アクティブ制御	-
台車構造	ボルスタレス式	同左
軸距	2,500mm	同左
車輪直径	860mm	同左
歯数比	2.96	同左
動力伝達方式	WNギアカップリング式	同左

「環境問題に対する配慮」としては微気圧波と騒音の低減がある。微気圧波とは列車のトンネル突入時に発生する圧縮空気がトンネル出口で膨張する時に出る破裂音のことで、対策としては車両の先頭形状を長くして尖らせたり、トンネル入り口にスリットの開いたフードを設ける。700系は山陽新幹線での最高速度を285km/hに向上するため、先頭形状の長さを300系の6.0mに対して9.2mと長くした。先頭形状は「エアロストリーム」と呼ぶもので、微気圧波対策と空力騒音低減を考慮したものである。

騒音低減としては先頭形状の改良の他、シンプルな構造のシングルアームパンタグラフと碍子カバーの採用、また車両間をわたる高圧ケーブルヘッドをジョイント・ケーブル化するなど車体外部の凹凸を極力小さくした。

さらに「保守省力化」としては、保守点検を容易な機器構造及び電子機器の自動検査システムを採用し、定期検査要員の縮減をはかった。

3.4 コストの低減

新製価格を300系並とすることを目標にコスト抑制設計を行なった。コスト抑制に最も効果があったのは、先述したパネル方式車体構造の採用と動力ユニットの削減である。

新幹線車両は架線から電力を採り入れ変圧器、主変換装置により誘導電動機を駆動する。これらの一連の動力システム単位を動力の「ユニット」と呼んでいる。このユニット数を300系の5から700系では4に減らした。1ユニット4両の内電動車は3両である（3両のMotorcarと1両のTrailerなので「3M1T」と呼ぶ）。1編成は16両なので12M4Tとなる。編成での出力は300系が12,000kWに対し700系は285km/h運転のため13,200kWと1割方大きくなっている。



図4 700系に使用されている大容量（2500V-1800A）IGBT

4. 鉄道の技術分野と技術者

電気が鉄道の動力として用いられたのは、1879年にベルリンの博覧会で小型の電気機関車が運転されたのが始まりとされる。その後電気鉄道は今日のように発達を見た。地上の変電設備や車両の動力装置をはじめ、信号、通信等動力以外の分野にも応用範囲がひろがり現在に至っている。特に近年ではVVVF制御などのパワーエレクトロニクス技術やCTCにおける列車制御システム、ダイヤ作成システムや防災システム等のコンピュータ応用技術の発展が著しい。

高速鉄道の分野では、東海道新幹線開業当初の200km/h前後の速度が今日では300km/h程度まで高

くなり、車両の軽量化技術や環境問題の対処に新しい分野の技術が採り入れられるようになった。その最たるものは空気力学等の航空機技術である。空気抵抗は東海道新幹線開発時にも研究され、航空機に似たあの独特の先頭形状が採用されたが、今日では床下形状や屋根上のパンタグラフやパンタグラフカバーの形状にまで研究が及んでいる。またトンネル内の微気圧波や列車のすれ違い現象などはこれまでの航空工学の分野になかった新しい問題である。鉄道車両の技術者は蒸気機関車の時代にはほとんどが機械工学出身であったが、今日では電気工学はもとより電子工学やコンピュータ技術、最近では航空工学出身者までもが加わっている状況である。ちなみに700系は300系に対し15%空気抵抗が低減されている。

国鉄の研究部門であった鉄道技術研究所は、国鉄分割・民営化後は財団法人鉄道総合技術研究所（略称「鉄道総研」）となっている。当社にとって鉄道総研との連携は欠かせないが、鉄道技術のすそ野の広がりに対処するため鉄道総研以外の機関などへの研究委託も実施してきた。鉄道技術に関する国際会議に参加してみると、日本からは鉄道事業者、メーカーが殆どであるが、欧州等では大学からの発表も多い。私見であるが鉄道事業者の情報公開が少ないことと大学等での研究が産業界と距離があることの双方に原因があるように思われる。今後は大学等の公的な研究機関との結びつきをさらに強めていく必要があると考えている。

鉄道には常に最先端の技術が必要とされているわけではなく、むしろ安全で信頼性の高いシステムが望ましい。経営面からは製造コストや保守コストを下げること、省力化等を考慮することが重要である。また軌道や電気設備など境界技術との調和も重要で、鉄道の車両技術者としての要件は、特定の分野に造詣が深いことと同時にこうした幅広い分野にも興味と理解があり、かつマネジメントのセンスを持っている人、といったら欲張りすぎだろうか。

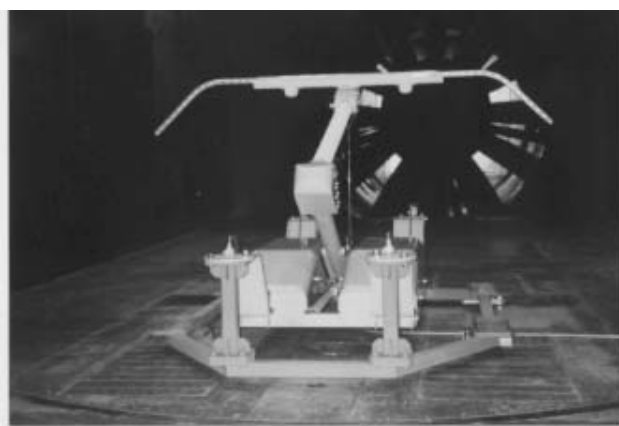


図5 風洞試験中のシングルアーム式パンタグラフ

5. 海外の高速鉄道の動向

東海道新幹線の成功に刺激を受け、1960年代後半頃から欧州でもフランス、ドイツ、イタリア等で鉄道高速化への取り組みが始まる。フランスは新幹線に遅れること17年目の1981年秋にTGV南東線（260km/h、翌年270km/hにアップ）を、1989年にはTGV大西洋線（300km/h）を開業させた。またイタリアでは1988年に、ドイツでは1991年にいずれも最高速度250km/hでの営業運転が始まった。この他スペイン、ベルギー等でも250km/h以上での高速運転が行われている。

また、近年の東アジアの経済発展に伴い、韓国、中国、台湾でも高速鉄道の建設の計画が進められている。韓国ではフランスTGVの技術が導入されることが決まっているが、中国、台湾では欧州また

は日本のいずれの方式を採用するのか検討の段階にあり、当社も微力ながら両国への技術協力に加わっている。これらの比較検討の対象とされているのは、欧州方式がフランス、ドイツで採用されてきた機関車が客車列車を牽引する方式であり、対する日本の新幹線は電動車を多数連結する電車方式である。これらの方式の優劣を詳細に述べるのは別の機会にゆずるとして、鉄道の高速化においてとりわけ厳しくなる粘着とブレーキの問題について簡単にふれておきたい。

粘着とは車輪からレールに振動力を伝える摩擦のことで、この場合の力と重量の比を粘着係数という。この係数が高いことが車両にとって望ましい訳だが、残念ながら速度にほぼ反比例する傾向があり、降雨時などでは極端に低下する。機関車は駆動軸数が少ないため軸重を大き目にし様々な工夫で粘着性能低下を補っている。しかし空気抵抗は速度の2乗に比例して増加するため、高速では動軸の少ない機関車方式は空転が起き易くなる。

またブレーキでは、機関車列車の客車はディスクなどの機械ブレーキにたよるしかない。停止時に吸収することになる運動エネルギーは速度の2乗に比例するため、車両は対応できるブレーキ容量が必要である。多くの軸でVVVF制御による電力回生ブレーキが使える電車方式の場合、高速化にも対処しやすい。停車駅が多い路線の場合には、機械ブレーキの保守コストの差にも着目する必要がある。

このように、高速鉄道においては電車方式が本質的な優位にあることは明白である。ドイツが3世代目の高速車両として開発したICE 3は、それまでの機関車方式をやめて電車方式を採用したのは注目すべき出来事といえよう。



図6 電車方式を採用したドイツの高速車両ICE 3

6. あとがき

鉄道は航空機や自動車と比較して二酸化炭素排出量が少ない交通機関であり、またエネルギー源も化石燃料以外へと多様化しやすい。特に地球環境問題を考える時このことは重要で、人口密度が高いアジアの交通機関として最も適していると考えられる。欧州方式か日本方式かという問題はさておき、これらアジア隣国で高速鉄道が建設され成功することは、われわれ日本人はもとより地球環境問題にとっても大変望ましいことであると考えますが、いかがであろうか。

参考文献

1. 「700系新幹線量産車」上林・糸山、鉄道ファン、1999年5月号
2. 「新幹線・高速化の現状と展望」木俣、石津、電気評論、1996年10月号
3. 「欧州の高速車両の動向」石津、平成10年電気学会産業応用部門全国大会、1998年
4. 「TGV列車ファミリー／共通の特徴と仕様」Daniel Brun、電気学会誌、1997年5月号

シリーズ：研究内容紹介

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。

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 (宅間研)

電力工学講座 電力変換制御工学分野

電気システム論講座 電気回路網学分野 (奥村研)

電気システム論講座 自動制御工学分野

電気システム論講座 電力システム分野 (上田研)

電子物性工学専攻

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 (藤田研)

量子工学講座 光子電子工学分野

量子工学講座 量子電磁工学分野

イオン工学実験施設

高機能材料工学講座 (山田研)

情報学研究科

知能情報学専攻

知能メディア講座 言語メディア分野

知能メディア講座 画像メディア分野 (松山研)

通信情報システム専攻

通信システム工学講座 デジタル通信分野 (吉田研)

通信システム工学講座 伝送メディア分野 (森広研)

集積システム工学講座 大規模集積回路分野 (田丸研)

集積システム工学講座 情報回路方式分野 (中村研)

集積システム工学講座 超高速信号処理分野 (佐藤研)

システム科学専攻

システム情報論講座 画像情報システム分野 (英保研)

エネルギー科学研究科

エネルギー社会・環境科学専攻

エネルギー社会環境学講座 エネルギー情報学分野 (吉川榮研)

エネルギー基礎科学専攻

エネルギー物理学講座 電磁エネルギー学分野 (近藤研)

エネルギー応用科学専攻

応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野 (塩津研)

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野 (野澤研)

エネルギー理工学研究所

エネルギー生成研究部門 原子エネルギー研究分野 (井上研)

エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野 (吉川潔研)

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野 (大引研)

エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野 (佐野研)

超高層電波研究センター

超高層電波工学部門 (松本研)

レーダー大気物理学部門 (深尾研)

数理電波科学部門 (橋本研)

超高層物理学部門 (津田研)

京都大学ベンチャー・・ビジネス・ラボラトリ - (KU-VBL)

研究室研究テーマ紹介

複合システム論講座（荒木研究室） PID 制御系の新しい展開

前号で御紹介したように、本研究室は昨年7月、スタッフの移動に伴い新たなスコープの下で出発したところです。その目標は「複合システム論を発展させつつ、医療への応用を軸に貢献していこう」というところにあります。医療応用の例については前号でリストアップしましたので、ここではその基礎となっている工学的技術の中で、PID調節計・モデル予測制御・状態予測制御といったプロセス制御関連の技術の研究について説明します。

PID調節計は工業用の記録計をその源泉とするもので、プロセス制御の分野では現在でも広く用いられています。P（比例）・I（積分）・D（微分）の3動作を備えた汎用型のものとしては、1939年に発売されたTaylor Instrument社のpre-act動作付Fulscope、およびFoxboro Instrument社のhyper-reset動作付のStabilogが最初とされております。これらはいずれも空気式の記録計から発展したもので、オン・オフ動作、小範囲の比例動作、比例+積分動作を経て完成されたものです。以来、ハードウェア的には飛躍的な改良がありました。制御則という面では1970年ごろまで同じ形がつづいておりました。

1970年頃にデジタル計装が普及するに伴い、PID要素による直列補償の不都合を何とか解決しようという試みが現れ、微分先行型やI-PDといった構造が提唱されました。本研究室のスタッフもこの問題に注目して、1980年代半に2自由度PID調節計を提唱しました。これは微分先行型、I-PDを特殊な場合として包含する装置で、いわばアドバンス型PIDの集大成といったものです。

さて、このPID調節計が現在、どの程度使われているかといえますと、プロセス産業（すなわち鉄鋼、化学、セメント、薬品、紙、などの工場）においては、制御ループの90%がPIDもしくはアドバンス型PIDで動いています [1989年の日本電気計測器工業会の調査による]。このようにPID調節計はプロセス産業で非常に重要な位置を占めているのですが、残念ながら大学でこれを継続的に研究しているところはほとんどありません。本研究室では2自由度PID調節計について、最適調製法、適応動作の導入、アンチリセットウィンドアップ方式、クロスリミット制御などの研究を続けています。

上記のように、プロセス制御の大部分のループがPIDで動いているわけですが、これだけですべての要求に答えられるというわけではありません。PIDは1変数制御装置としてみたとき、簡便さ・歴史・必要機能の充足などを総合して非常に優れた制御装置と言えます。しかし、むだ時間や振動要素を含むシステムのフィードバック制御、多変数制御、さらにシステム全体の（コスト、エネルギー、環境汚染などの面での）最適化、特に状態量制約があるような非線形システムの最適化といった問題はさらに高度な制御方式や最適化手法が要求されます。本研究室では、プロセス制御の分野で有力な手法として注目されているモデル予測制御、およびむだ時間への対策として重要な状態予測制御について、ロバスト設計法、アンチリセットウィンドアップ方式などの研究を行い、医療への応用に役立てています。

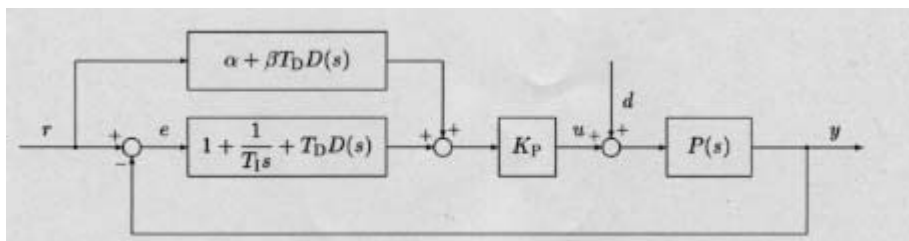


図1：2自由度PID制御系

電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研究室） 磁束ポンプを用いた全超電動発電機

牟田研究室は、1995年10月に発足した研究室です。21世紀のキーテクノロジー「超伝導技術¹」の電力機器への応用研究を行っています。回転機と静止器の2つのグループでゼミをし、国際的な協力体制の元で超伝導発電機、超伝導変圧器、超伝導送電ケーブル、超伝導スイッチ、超伝導マグネット、酸化物超伝導体の研究を行っています。その中で、全超伝導発電機の研究を紹介します。

国家プロジェクトとして界磁巻線を超伝導化した70MW発電機の開発が今年度終了しますが、電機子巻線も超伝導化すれば研究中の超伝導変圧器、超伝導送電ケーブル等とあわせて超伝導電力系統が構築でき、高効率・高密度化が図れ、CO₂削減にも寄与します。また、発電機の励磁機も磁束ポンプを用いて超伝導化すれば、磁束一定のため電圧変動率は小さくなり、安定度が向上するとともに、電流リードを細くできるのでより小型化が図れます。こうした点から全超伝導発電機の研究を行っています。

図1に示すように、20kVA級の全超伝導発電機を自作し、これに磁束ポンプと呼ぶ所謂超伝導励磁機を適用した超伝導界磁巻線のブラシレス励磁系を確立し、その発電に世界で初めて成功しました。1988年のことです。これは世界的にも例を見ない新タイプの全超伝導機であり、特性解析・実験的研究を継続しています。磁束ポンプの動作原理を図2で説明します。超伝導状態にあるNbストリップに磁石を近づけて下部臨界磁界以上の磁界を印加すると、その部分 ($W \times h$) だけ常伝導状態になります。常伝導領域の周囲は超伝導状態ですから常伝導領域の周囲に遮蔽電流が流れます。磁石を矢印の方向に負荷コイルとNbストリップで囲まれた空間まで移動させると、遮蔽電流は負荷コイルを流れることとなります。外側の配線は印加磁界では下部臨界磁界を越えないNbTiで構成してありますので、磁石が配線を通り過ぎても磁束は補足されたままになります。この原理を巧みに利用したのが磁束ポンプ励磁機です。

これまで、磁束ポンプを用いて界磁巻線を励磁できること、電機子巻線まで超伝導化した全超伝導発電機で電気出力を得られることを実証し、磁束ポンプの励磁特性解析まで行ってきました。現在、次期国家プロジェクトに合わせた励磁系の設計を行うと共に、励磁機に採用した磁束ポンプは、延世大学との研究協力に展開し、韓国電気研究所の界磁超伝導発電機の開発研究をサポートするために、研究員を受入れるとともに30kVA超伝導発電機の設計、特性評価を行い、次のステップに進んでいます。



図1：20kVA級の全超伝導発電機の概観

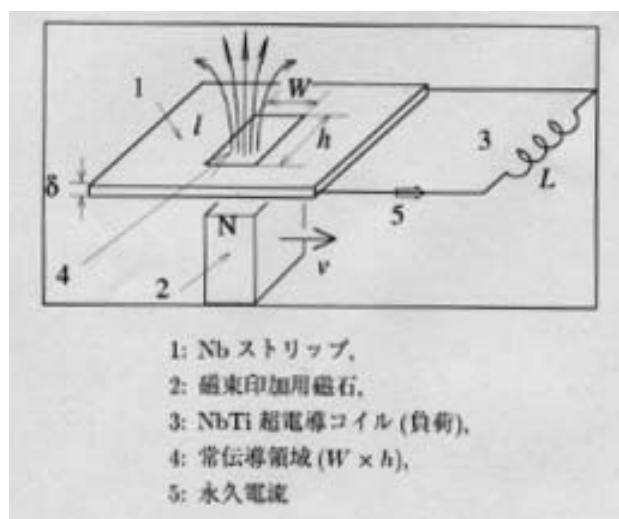


図2：磁束ポンプの原理

¹ 超伝導と超伝導を使い分けていますが、現象や物理を言うときには「超伝導」、導電体や複合化材料や電気的特性を議論するシステムを指す時には「超電導」をもちいました。

電気システム論講座 自動制御工学分野 デジタル制御理論の新展開

現在では、多くの制御応用分野で、計算機を用いた制御、いわゆるデジタル制御が主流となっている。いうまでもなく、それは、計算機の能力の飛躍的な向上と廉価なプロセッサの出現に支えられたものであるが、これにより、複雑な制御則を高い信頼度で実現し、また制御則を状況に応じて柔軟に切り替える、といったことが、容易かつ安価に実現可能となった。このことは、制御性能の向上に大きく寄与したが、一方では、デジタル制御は、従来のアナログ制御（連続時間制御）の場合とは本質的に異なる面を有している。たとえば、よく知られたサンプリング定理とも密接な関係にあるエイリアシングの問題や、サンプリング時刻間で応答が振動的となることがあるというリップルの問題などが、デジタル制御特有の問題として挙げられる。ますます高度の制御性能の達成を期待される中、これらの問題に対して理論面で解決すべきことがらも少なくない。ここでは、そのような立場から当研究室で行っている研究の一端を紹介する。

デジタル制御において制御装置として用いられる計算機は、制御ループから見れば、サンプリング周期ごとに間欠的に動作する離散時間系である。これに対して、制御対象である実システムは、入出力信号が時々刻々と変化する連続時間系である。このように、デジタル制御系は、連続時間系と離散時間系が混在した系であるという特徴があり、連続時間系（アナログ）の制御装置を用いた場合（すなわち連続時間制御系）ではそのような混在が発生しないという点で、全く対照的である。この混在のため、閉ループ系の性能を「完全な意味で」解析したり、また、そのような「完全な意味での性能」に着目してそれを良好にするような制御装置を設計することは、従来は容易ではなかった。ここで「完全」というのは、サンプル点間の応答（すなわち、計算機に取り込まれるサンプリング周期ごとの応答でなく、計算機からは見えないその間での応答：図1）をも厳密に考慮に入れるということであり、エイリアシングやリップルの影響を正しく考慮に入れるということでもある。この難点のため、従来は、近似的な取り扱いとして、以下の2つのいずれかの方法でデジタル制御装置が設計されていた（図2）。

- (i) 連続時間（アナログ）制御装置を設計した後、それを近似するようなデジタル制御装置を導く。
- (ii) 制御対象のサンプリング周期ごとの動作のみに着目することで、それを離散時間系として近似し、これに対してデジタル制御装置を設計する。

上記いずれの方法でもタイプの違うシステムの混在による厄介を設計時には避けて通れるが、上述の問題を「完全に」厳密に扱ったものといえないため、十分な制御性能をこれらの方法で達成するのは難しい。当研究室では、このような近似を一切行うことなくデジタル制御装置を直接設計するという、「混在」の問題を完全に解決した新しい方法（図2の「直接設計」）に基づいて、デジタル制御系の解析と設計に関する研究を行っている。具体的な手法としてはFR作用素やリフティングと呼ばれる概念を用いたものであるが、いずれもデジタル制御系を無限次元空間上の写像としてとらえることで関数解析における成果を援用したものと見える。

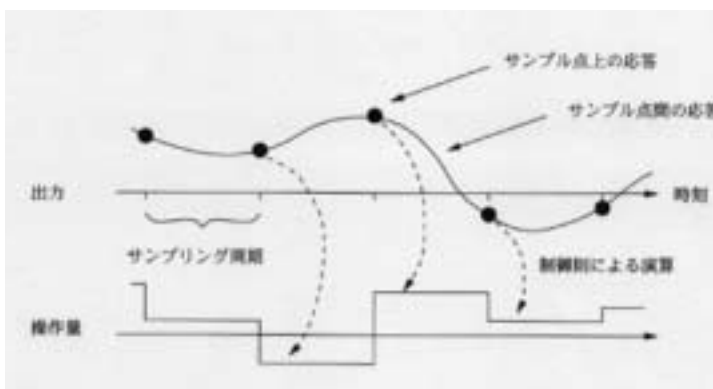


図1：サンプル点間応答

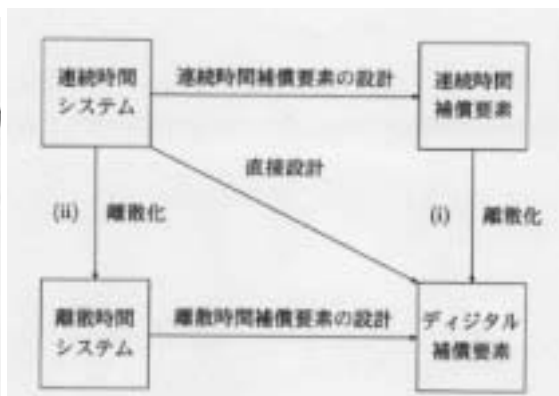


図2：デジタル制御装置の設計手順

電気システム論講座 電力システム分野（上田研究室） パワーエレクトロニクスのハイブリッドシステム理論に基づく理論構成 -- 職人的経験則を理論的枠組みへ --

1. はじめに パワーエレクトロニクス回路においてスイッチング動作はその基本動作であり、不連続に回路を切換えて状態空間を接合することにより、平均的に希望の出力状態を作り出すことを可能にしている。この様なシステムでは、異なる物理法則に基づく時間スケールの異なる現象が共存し、かつシステムとして必ずしもキルヒホッフの回路法則に従わない。このようなシステムをハイブリッドシステムと呼ぶ。

パワーエレクトロニクス回路の動作は、早い時間スケール（スイッチング期間）と遅い時間スケール（過渡および定常期間）など、複数の時間スケールの現象が同時に存在するダイナミカルシステムであり、この様な系は特異摂動系と呼ばれ、弛張振動などの解析に関連して古くから多くの研究がなされて来た。しかし、多次元のシステムの場合には、理論的研究も数値計算による研究もほとんどない。この様な状況がパワーエレクトロニクス技術の理論的完成を阻み、さらには数学的な基礎の脆弱な、経験則に頼った職人的技術としてしか見てこられなかった遠因と考えられる [1]。本研究はパワーエレクトロニクス技術を新たな理論的枠組みに乗せ、システムとして高い機能性を付与していくことを目的としている。

2. 特異摂動系とスイッチング 特異摂動系は、一般に

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, y) \\ \dot{y} = g(x, y) \end{cases}$$

等で記述できる。 x は早く変化する状態変数、 y はゆっくり変化する変数である。この様な系の $\epsilon \rightarrow 0$ の極限が理想的なスイッチを表す。その際スイッチ動作は写像と見ることが出来る。現実の回路は連続時間と離散時間の特性を合わせ持つハイブリッドダイナミカルシステムとなる [2]。スイッチ動作を持つパワーエレクトロニクスの回路動作はこの系で記述される力学系となる。

3. 実回路に見られる現象 簡単なスイッチング回路（DC-DCコンバータ回路：図1）で生じる不安定現象を図2に示す。この様な動作はスイッチの機能を記述しない限り理論的に得ることができない。現在、この系の実験結果の上述の特異摂動理論に基づく検討を行っている。この様な検討は、電力システムで使用される大容量パワーエレクトロニクス機器から小型の安定化電源技術にまで関連しており、特に電力システムのパワーエレクトロニクス機器（FACTS機器）の動作をこの枠組みで検討することは、連続系が主体の電力システムのパワーエレクトロニクス機器による制御を行う場合には避けて通れないものである。

参考文献 [1] 引原、システム/制御/情報、Vol.41, No.7, (1997) 240-245, [2] S. Johnson, Int. J. Bif. & Chaos, Vol.4, No.6 (1994) 1655-1665.

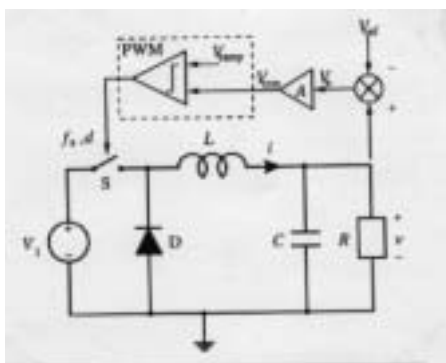


図1 DC-DCコンバータ回路

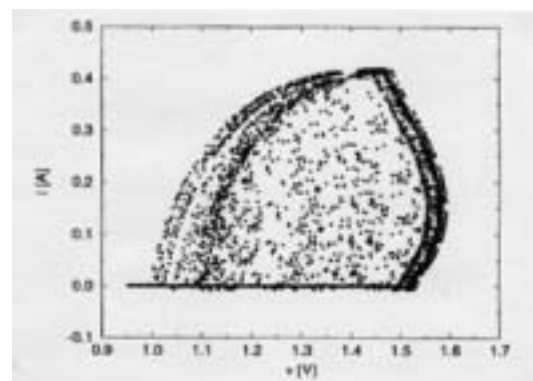


図2 出力不安定現象

電子物理学講座 プラズマ物性工学分野（橋研究室）

フルオロカーボンプラズマの分光診断と制御

-- SiO₂ / Si選択エッチング機構の解明と低環境負荷プロセスの開発 --

超LSIにおけるデバイスの微細化が進むにつれ、エッチングや薄膜形成（CVD）プロセスにおいて、よく制御され再現性が高いプラズマ生成技術がますます重要となってきた。我々の研究室では、プロセス用プラズマにおける気相および基板表面の状態を診断するための種々の分光計測法を開発するとともに、それらを駆使してプロセス中で生じている物理・化学過程を解析することにより、高精度なプロセス制御法を確立することを目標に研究を進めている。その代表例として、コンタクトホール形成に用いられているフルオロカーボンプラズマに関する研究が挙げられる。このプロセスでは、大きいアスペクト比（深さ / 開口径）形状での高い異方性と下地材料のSiに対する高い選択比が求められる。プロセスガスとしては、直鎖状のCF₄、C₂F₆、C₃F₈や環状のC₄F₈などの飽和フッ素化合物（per-fluoro compound, PFC）あるいは水素を含んだCHF₃などが用いられている。選択性のメカニズムは、エッチングとデポジションの材料依存性を微妙に制御することによって実現されている。つまり、Si上に選択的にフルオロカーボンポリマーが堆積するような条件では、Siのエッチングが阻止されSiO₂のみがエッチングされる。

選択性向上のためには、プラズマ中のイオンや中性ラジカルの組成と基板衝撃エネルギーを、被加工材料に応じて精密に制御することが重要であり、気相や表面でのその場（in situ）計測の必要性がますます高まってきている。我々は、従来のレーザー誘起蛍光法などに加えて、最近、真空紫外域でのレーザー吸収法（VUV-LAS）電子付着型質量分析法（EAMS）、赤外域での位相変調偏光解析法（FT-IR PMSE）という3つの新しい計測法を開発し、フルオロカーボンプラズマ中での高精度のラジカル計測や表面の化学結合状態の計測を可能にできた。中でもEAMSは、電子親和力を有する中性種に質量分析管の中で低速の電子を付着させて負イオンとして検出するという方法で、高分子量の中性種も分解せずに測定できる特徴をもつ。アイデアは単純ではあるが、逆転の発想で成功した例として各方面から注目されている。

しかし近年、Siウエハの大面积化や高アスペクト比形状への対応から、低圧力動作の高密度プラズマ源が用いられるようになるにつれ、エッチングの選択性と再現性の劣化という問題が再び顕在化してきた。また、地球環境問題の観点から、地球温暖化係数（GWP）の大きいPFCの使用が制限され、代替PFCガスの探索や、それを用いた新規プロセスの確立が急務となっている。我々はこれらの問題解決に対して、不飽和型でGWPが小さく大気中での寿命の短いC₃F₆やC₅F₈などのガスを用いて、プロセス中の反応過程の解析や排ガスのin situ分析の課題に取り組んでいる。図1に代表的なプロセスガスのGWP値と量子化学計算によるC₅F₈の分子構造を示す。図2には、EAMSで測定したC₅F₈プラズマ中の中性種の組成を示す。プラズマ中では原料ガスが分解したものだけでなく、反応によって会合した高分子量の中性種も多く生成していることがわかる。それらの選択的なデポジションをうまく制御することによって、Siのみならずフォトリソに対する選択性も向上できる見通しが立ってきている。

Species	GWP (1000years)
CF ₄	6500
C ₂ F ₆	9200
SF ₆	23900
c-C ₄ F ₈	8700
C ₃ F ₈	<100
c-C ₅ F ₈	90

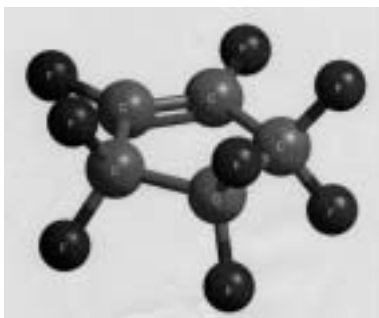


図1 代表的プロセスガスのGWP値とC₅F₈の分子構造

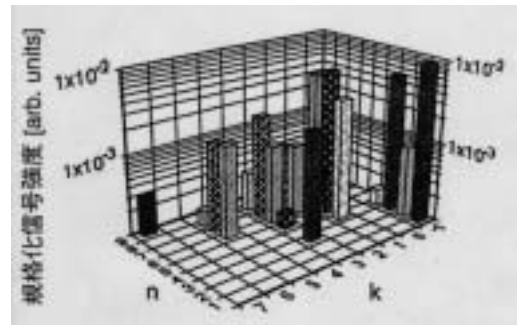


図2 C₅F₈プラズマ中で生成される中性種

機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研究室） 有機強誘電体薄膜を用いた分子メモリーに関する研究

1. 序

近年の電子回路の集積度は飛躍的な速さで向上しつつあり、その素子サイズの微細化に伴いナノメートルスケールの構造作製・制御が以前にも増して重要な課題となっている。こうした中、素子の機能単位サイズを分子スケールにまで微細化しうる「分子ナノエレクトロニクス」の実現に大きな関心が寄せられている。当研究室では、ナノスケール構造観察・制御や分子操作を行う上で不可欠となる走査プローブ顕微鏡（SPM：Scanning Probe Microscopy）テクノロジーによる独自のアプローチによって、有機電子材料の分子スケール電子物性を探るとともに、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、配向制御などの研究を行っている。本稿では、これらの研究の中でも有機強誘電体分子薄膜を用いた分子メモリーに関する研究について紹介する。

2. 研究内容

走査プローブ顕微鏡探針により強誘電体薄膜に十分高い電場を加えると、探針直下の局所的な領域が分極して微小な分極領域が形成される。われわれは、有機強誘電体分子を用いてこの微小分極領域形成による分子メモリーの実現をめざして、その微小分極領域のナノスケール電気特性を評価している^{1,2)}。実験には、膜厚10～100nmの強誘電性高分子 [P(VDF/TrFE)] の薄膜をスピコートによりグラファイトあるいはPt基板上に堆積して用いた。図1に示すように、この薄膜に6～10Vのパルス電圧を加えることによって直径30～100nmの微小分極領域を形成することが可能となる。形成された分極は同じ探針によりその圧電応答を検出することで高分解能で観察することができる。測定された分極領域のサイズは電圧パルスの大きさと時間に大きく依存することが分かり、分極核の発生・成長プロセスと密接に関連することが示された。また走査型マックスウェル顕微鏡（SMM）により、表面電位分布を調べたところ、分極領域には過剰な電荷が注入され、長時間保持されることが判明した。一方、より精密な分子配向制御を目指して、低分子量体の強誘電性分子を真空中で各種基板上に薄膜堆積し、その結晶性および配向特性を評価している。現在までの記録最小サイズは、まだ20nm程度であるが、装置の高分解能化、膜配向の制御、超薄膜化などの研究を今後一層進めにことにより、単一分子の分極制御をめざしたい。

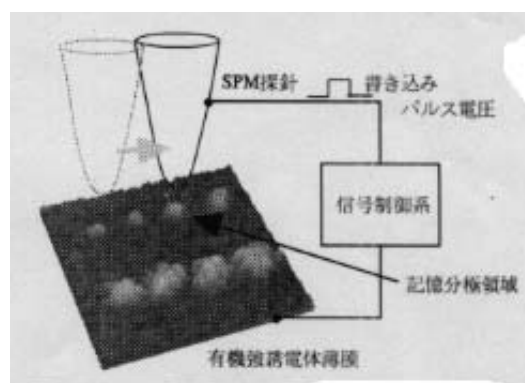


図1 有機強誘電体薄膜上へのナノスケール分極記録

3. おわりに

走査プローブ顕微鏡では表面の局所的領域のさまざまな物性を測定することが可能となることから、上記研究以外にも、ユニークな電子物性を示すフラレン分子（C60）などさまざまな分子の制御・操作技術の研究を行っている³⁾。SPMテクノロジーを進化させることで、かつての思考実験が現実の工学となりつつあり、われわれの研究がこうした未来素子開拓の一助になることを期待している。

参考文献

- 1) X.Q. Chen, H. Yamada, T. Horiuchi and K. Matsushige : Jpn. J. Appl. Phys. 37, pp.3834 (1998).
- 2) K. Matsushige, H. Yamada, T. Horiuchi and X.Q. Chen : Nanotechnology, 9, pp.208-211 (1998).
- 3) K. Kobayashi, H. Yamada, T. Horiuchi and K. Matsushige : Appl. Surf. Sci., 317, pp.8435-8438 (1998).

電子物性工学専攻 光量子電子工学分野 新しい光物質：3次元フォトニクス結晶の開発

本研究室では“次世代フォトニクス/デバイスの実現”という観点から様々な研究を進めている。ここでは、その1つとして、“3次元フォトニクス結晶の開発とそのデバイスへの応用”という目的から進めた研究を取り上げて紹介する。

フォトニクス結晶とは、その内部に設けた周期的な屈折率分布により、光の状態密度が零となる波長域（フォトニックバンドギャップ）をもつ新しい光物質であり、単一モード高効率発光ダイオード、零しきい値レーザ、光パルス圧縮材料、超小型2次元、3次元回路等の量子エレクトロニクス分野における様々な興味深い応用が期待されており、ここ数年大きな注目を集めている。我々はデバイス応用に重要な半導体を用いてこのフォトニクス結晶を実現するため、半導体と空気からなる回折格子を独自のマイクロマシーニング法を用いて3次的に積層し、バンドギャップ形成に不可欠な面心立方構造（ただし格子点是非対称構造をもつ）を形成することを提案し、その実現を目指して研究を進めてきた。図1には、本方法により得られた4～8層のストライプ（周期4μm）の積層構造をもつ赤外域3次元フォトニクス結晶の表面写真を示している。同図より、ストライプの位相シフトが正確になされ、狙った結晶構造が正確に実現出来ていることが分かる。図2には、4層および8層からなる結晶の透過スペクトル特性が示されている。同図より、赤外波長域において、4層の結晶で16dBの減衰が、8層の結晶になると30dBもの減衰が得られ、3次元結晶として十分なバンドギャップ効果が得られることが分かる。この30dBという値は反射率にして99.9%に相当し、光子の閉じ込めには十分な値と言うことが出来る。また8層結晶になるとバンドギャップがより明確に現れていることも興味深い。

バンドギャップ域を光通信波長域へと短波長化するため、さらに上述の結晶の格子定数を1/5～1/6に縮小することも行った。基本ストライプ周期が0.7μmのInPストライプからなる4層積層結晶を作製し、その透過スペクトルを測定した結果が図3に示されている。同図から1～1.5μmの光通信波長域で明確なバンドギャップが形成されていることが分かる。これは光通信域での完全なバンドギャップをもつフォトニクス結晶の初めての実現と言える。

上記の結果は、様々な極微小光3次元回路（例えば図4に示すようなもの）への展開が可能となることを示唆している。図4は、ナノアンペアしきい値の半導体レーザアレイ、急峻な曲がり導波路、超小型波長分波器、等々が100μm²という超微小面積に集積されたデバイスを示している。

以上の詳細は、(a)野田進、電子情報通信学会誌、vol.82, No.3, pp.232-241, 1999年3月号、解説記事、および(b)野田進、応用物理、vol.68, No.4, 1999年4月号、技術ノート、に記載されている。

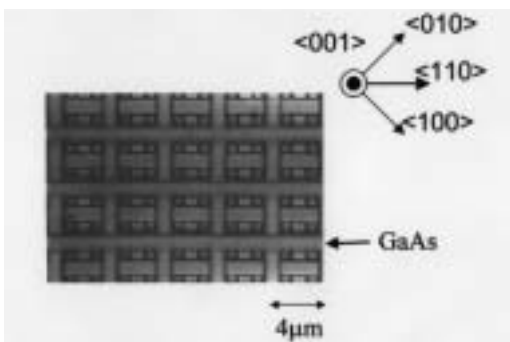


図1：4～8層のストライプ積層構造をもつ赤外域3次元フォトニクス結晶の表面写真

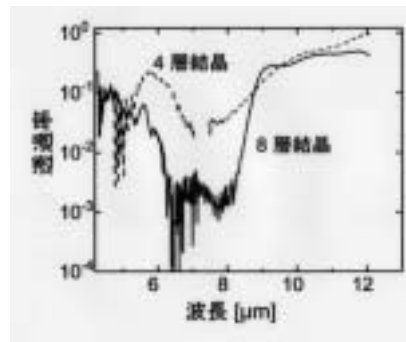


図2：赤外域フォトニクス結晶の透過スペクトル特性

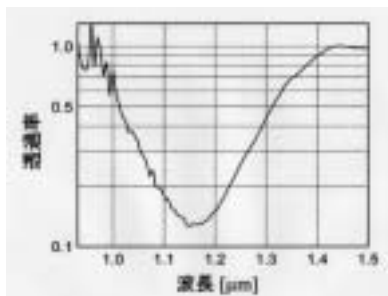


図3：近赤外域4層フォトニクス結晶の透過スペクトル特性

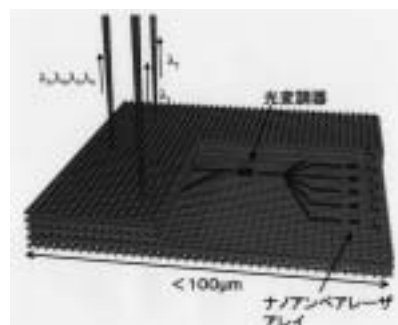


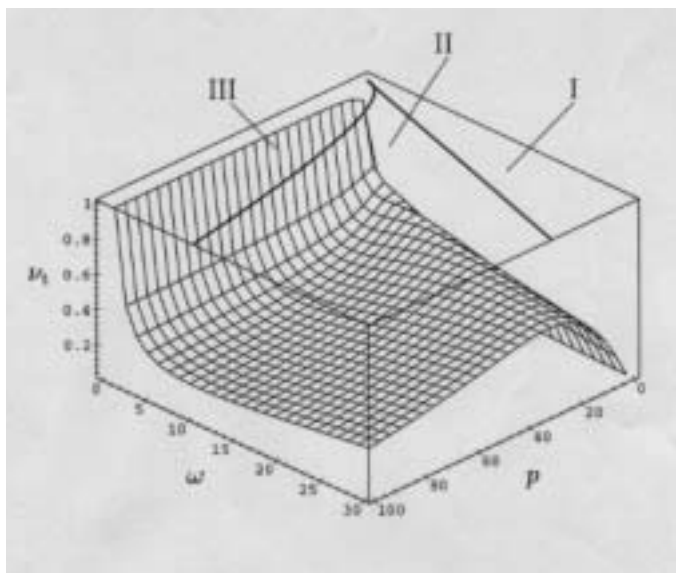
図4：将来展望。極微小3次元光回路。

量子工学講座 量子電磁工学分野 量子Zeno効果とその量子制御への応用

量子Zeno効果は、系のユニタリ的な時間発展が、頻繁な観測によって抑制あるいは禁止される現象である。この一見逆説的な現象は、量子力学の本質にかかわる問題として、基礎的な見地から研究が進められてきた。本研究室では、量子Zeno効果を観測そのものではなく、むしろそれに伴うデコヒーレンス (decoherence、量子コヒーレンスの消失) に起因する力学的な現象と捉えなおすとともに、その普遍性、一般性に注目して研究を行っている。特に、観測以外でも、コヒーレンスを消去する機構があれば量子Zeno効果が可能なことや、古典系においても対応する現象が数多く存在することを明らかにしてきた [1]。また、この効果を量子系の制御手段として利用できることも分かってきた。従来から、量子系の制御に用いられている断熱変化やコヒーレントポピュレーショントラッピングとの対比を行っている。最近急速に関心が高まっている量子計算を始めとする量子情報処理の分野ではデコヒーレンスの機構の理解とその低減が非常に重要な課題である。量子Zeno効果は高度な量子制御に対する最大の障害物となっているデコヒーレンスを逆手にとって系の操作に利用できる可能性を示唆している。

ここでは、例として、光ポンピングによるZeno的スピン制御 [2] について紹介しよう。円偏光をスピンをもった原子に吸収させると、角運動量が光から原子に移り、スピンは光軸方向に整列する。この光ポンピングは原子のレーザー冷却などの原子操作で重要な役割を演じている。われわれは、光から原子への角運動量移行よりもむしろ、光によって引き起こされるデコヒーレンスがスピンの運動を支配している場合が存在していることを見出した。この量子Zeno効果によるスピン制御には、光が用いられるにも関わらず、光吸収が伴わないという特徴がある。一つのスピンを反転させるには、その角運動量変化に見合うだけの、光子の吸収が必要だと思われてきた。しかし、光を強くし、コヒーレンスを効率よく破壊すれば、光吸収をいくらかでも小さくできることが分かった。その様子を図に示す。磁場 (ω) によるスピンの歳差運動を、光 (強度 p) によって止めるのに必要な光子数 (n) を3次元にプロットしたものである。パラメータが領域 II にあれば、光強度を増して行くと、吸収される光子数が0に漸近するのが見てとれる。吸収がないにも拘らず、スピンの運動を抑制できるのは、不在の測定 (negative measurement) においてもコヒーレンスが消去されていることの証拠にもなっている。

今後は、量子計算に用いられるようなエンタングルした (entangled) 複合系の操作への可能性を探る予定である。



[1] (解説) 北野正雄: 「光と量子Zeno効果」、数理科学 1999年 1月号。

[2] M. Kitano, K. Yamane, and T. Ikushima, "Spin Manipulation by Absorption-free Optical Pumping", Phys. Rev. A 59, 3710 (1999).

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 国語辞典を用いた名詞句「AのB」の意味解析

1. 研究の背景

これまでの自然言語処理は「文」ごとの解析が中心であり、その中では文中の主要要素である用言（動詞、形容詞など）に重きをおいた解析がなされてきた。しかし、今後は「文章」の解析の研究を進展させる必要があり、そのためには文章中の主題、関連性などを表現している名詞の振舞いを正確に解析することが必要となる。名詞の振舞いを解析するためには、各名詞に関する知識が必要となり、これは知識ベースの問題となる。しかし、名詞の振舞いの多様性、ひいては世界知識の多様性を考えると、人工的な知識表現言語などを導入し、それによって知識を計算機用に記述するという事はほとんど不可能である。そこで、自然言語自身によって知識を記述したもの、たとえば国語辞典などをそのままの形で知識ベースとして利用するという方法を考える必要がある。

2. 研究の成果

本研究では、上記のような考え方にに基づき、国語辞典の中の必須格とよばれる情報の重要性を指摘し、これを用いて「AのB」という形の名詞句を意味解析する方法を提案した。

名詞の必須格とは、名詞の意味を成り立たせるための必然的な関連要素のことで、たとえば「コーチ」というのは「何かのスポーツ」を教える人であるので、「コーチ」には「スポーツ」という必須格があると考えられる。このような必須格の情報は名詞に関する最も基本的で重要な知識であるが、ここで重要なことはそのような情報の多くが国語辞典に記述されているということである。例えば「コーチ」の定義文は『例解小学国語辞典』（三省堂）で次のように与えられている。

コーチ：スポーツで、そのやり方などを教えること。また、その人。

このように、国語辞典は名詞の必須格に関する知識源とみなすことができる。

必須格情報の一つの利用例として、名詞句「AのB」の意味解析を考えることができる。名詞句「AのB」の意味解析はこれまで非常に困難な問題とされてきた。それは、従来の研究ではまずAとBの間の意味関係を、たとえば、所有、修飾、対象、範疇、目的、結果、……などのように分類するという事を行っていたが、このような分類自体が非常に困難だったからである。

ところが、多くの場合「AのB」は、AがBの必須格要素に対応するという関係をもち、その場合、AとBの間に意味関係を設定するという事はほとんど意味をもたない。たとえば「ラグビーのコーチ」という句では「ラグビー」が「コーチ」の必須格「スポーツ」に対応する。このことは「ラグビー」と「コーチ」の定義文中の「スポーツ」とを対応付けることによって『計算機が解釈した』とみなすことができる。ここで、「対応付ける」とはシソーラス（語を木構造に配列したもので、意味の近い語が近くに配列される）によって計算される語の類似度を基準にして行うことができる。上記のような解釈ができれば、対応するものを置き換えることによって「ラグビーのコーチ」とは「ラグビーでそのやり方などを教えること。また、その人。」であると言い換えることも可能となる。

名詞句300個に対する小規模な実験では、70%～80%の精度でこのような解釈が可能であることがわかったが、今後さらに大規模な評価実験を行う予定である。名詞の必須格情報は、名詞句解析だけでなく、文脈処理における照応の解析など、知識を必要とする多くの場面で有効に利用できると考えられ、今後そのような方向へ研究を進展させていく予定である。

参考文献

- [1] Kurohashi, S., Sakai, Y. : Semantic Analysis of Japanese Noun Phrases : A New Approach to Dictionary-Based Understanding, *Proc. of the 37th Annual Meeting of ACL*, 1999.

通信システム工学講座 伝送メディア分野（森広研究室） マルチメディアネットワークにおける衛星通信の研究

将来の基幹技術としてATMが世界の各国キャリアから注目されている。ATM網は電話の様なストリーム型情報とインターネットの様なメッセージ型情報の両方を統合した一つのネットワークで転送する事が出来るものである。ここに“垂直統合”と“水平統合”の問題が表面化する。ネットワークとアプリケーションの関係で言えば、垂直統合というのは、あるアプリケーションのために必要なものはネットワークを含めてすべて構築するといった考え方であり、水平統合はアプリケーションとネットワークを分離して構築する考え方である。マルチメディアにおいては後者が正しいと言える（図1）。

ユーザーからみて“あるサービス（産業）の萌芽期においては垂直統合、円熟期には水平統合が優れている”と考えるべきであるが、現在のマルチメディアを取り巻く状況はこれらが混在し、正しいと思える方向が必ずしも明らかではない。“ネットワーク”の定義そのものも、どの機能までをネットワークと呼ぶか、といった解釈が立場に応じて多様であって問題を複雑にしている。

従って、マルチメディアネットワークにおける衛星通信の役割を論じるにあたって最も重要なことは、（1）サービスとネットワークの関係、すなわち水平統合の是非、（2）移動体通信はサービスかネットワークの機能か、の2点に集約される。

地上系ワイヤレスシステムは、アクセス系、中継系といった分離が可能であり、上記の2点は次のように整理できる。移動体通信を含むワイヤレスアクセス系は水平統合されたネットワークプラットフォームであって、有線系と共通のコンテンツにアクセスし利用することが可能である。無線系特有の問題、例えば周波数の有効利用あるいは電波伝播特性など、を考慮して有線系と同一の伝送方式（ビットレート、符号誤り率）が実現できなくても、アクセス系、中継系のインタフェース点において方式変換・再変換を行うことで同等のサービスが提供される。従って、ネットワークプラットフォームの一部としてワイヤレスアクセス系を位置づければアーキテクチャとしても矛盾なく、水平統合の方向と合致する。この場合、移動体通信はモビリティというアクセスネットワークの機能を提供するシステムであって、サービスは電話あるいはインターネットということになる。

衛星通信は、そのサービスエリアの広域性からアクセス系、中継系といった分離が困難である。この事が衛星通信システムを独立のネットワークとサービス（垂直統合）に走らせる理由になっている。しかし、情報流通社会において発展するであろう膨大なコンテンツにアクセスできるネットワークでない限りその発展は望めない。衛星通信をアクセス系に限定して相互接続を考えれば地上系と同様な位置づけが可能であるが、経済性において無理があることは明らかである。アクセス系に限定せず特定のサービスを目的とする独立網を形成し、関門局の形式で既存網と相互接続する方法もあるが、これは水平統合の方向に合致しない。このアプローチは一見現実的と思えるが将来まで考慮すれば経済性や信頼性などで地上方式との競争においてその役割は縮小してゆくものと考えるのが妥当である。地上系・衛星系、有線・無線を問わず、独立網の問題点はそのコストと信頼性である。衛星通信システムは、その広域性とともワイヤレス系の本質的な特徴（同報性、マルチアクセス性、端末の移動性）を生かして水平統合されたネットワークプラットフォームを実現する一つの手段として利用されるべきである。回線交換の固定通信を対象として実用化されたNTTのDYANETは埋め込み型の理想的な形を示している¹⁾。

当研究室では、上記のような観点で、ネットワークのあるべき姿の探求、およびこれを実現するための有線系・地上系を含めた統合化のための諸技術の研究を行っています。

参考文献

1) 森広芳照、加藤修三、大貫雅史：衛星中継網方式 - DYANET -、電子情報通信学会誌、vol.74, pp.439-456, 1991.



図1 マルチメディアのキーワード=統合

集積システム工学講座 情報回路方式分野（中村研究室）

Plastic Cell Architecture ~ 布線論理による汎用計算機構の実現を目指して ~

電子計算機は現在の高度情報化社会を支える重要な基盤要素のひとつである。そこでは、CPU (Central Processing Unit) は論理演算素子を配線により結合した布線論理中心で構成されるが、用途に応じた柔軟性、汎用性を持たせるため、メモリ上に置かれたソフトウェアプログラムとデータをCPUにより解釈・実行し、処理するフォン・ノイマン型と呼ばれる計算機構が発明され、これが計算機アーキテクチャの主流となって現在に至っていることは皆様よくご存知の通りである。このアーキテクチャでは、メモリとプログラムによる柔軟性という利点と裏腹に、性能面において、CPU - メモリ間の性能ギャップ、いわゆるフォン・ノイマン・ボトルネックを如何に解消するかに様々な工夫を要しており、永遠の課題となっている。

一方、上記の (CPU - メモリ - プログラム) 方式より、布線論理のみによる構成の性能上の有利さは論を待たないが、設計・製造に多大な工数を要し、かつ柔軟性・汎用性に欠ける点が問題とされてきた。しかし、ここに来て、用途に応じて柔軟に回路を再構成できる布線論理として開発されたFPGA (Field Programmable Gate Array) の発展は目覚しく、また、設計面では、例えば、中村教授がNTT在職中に研究・開発した高位ハードウェア記述言語SFLと論理合成系PARTHENONにより、論理回路もソフトウェアと同様、アルゴリズムを記述することにより設計開発が可能となってきている。

このような技術的背景のもと、中村研究室では、メモリに匹敵する一様構造を有する布線論理FPGAと論理合成技術を駆使することにより、フォン・ノイマン型を凌駕する汎用構成方式として *Plastic Cell Architecture* (PCA) を提案し、研究を進めている。この方式が意味を持つための最重要点は、ソフトウェアの有する、データや関数等を動的に生成・消去する機能を、布線論理のみで実現させることである。これは、布線論理において、回路が別の回路を動的に生成・消滅させる (自律的再構成) 機能の実現を意味する。これをPCAでは、書き込まれ処理機能を実行する可変部と、可変部を制御し、また可変部上に構成された機能部間の通信を担う本能部とをペアとする基本セルを敷き詰めることにより実現する (図1)。可変部上のある機能回路は本能部を介して、別の機能回路を生成することができる。我々は、デバイスの設計・試作から、設計言語の策定、処理系や設計環境の構築、その応用に至るまでの研究・開発を鋭意進めている。

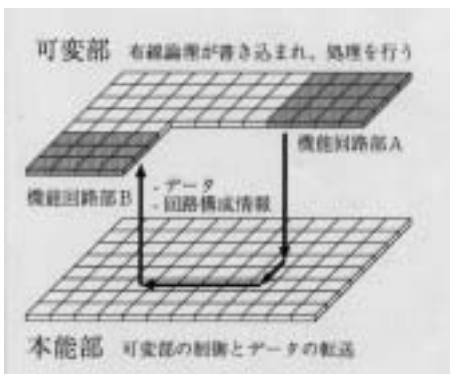


図1 : Plastic Cell Architectureの概念図

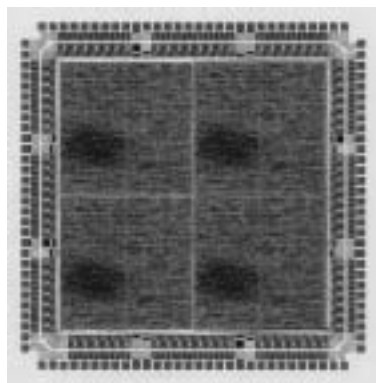


図2 : 中村研で設計・試作したPlastic Cell Architectureチップ (VDECを通じ、ローム社0.6μmプロセス使用)

参考文献

- ・永見、塩澤、伊藤、小栗、中村：「オブジェクト指向HDLのためのFPGAアーキテクチャ」、DAシンポジウム'97資料集、PP.209-214、(July 1997)
- ・中根、永見、小栗、中村：「自律再構成可能FPGAにおけるメッセージ自己ルーティングのためのセルラー・アルゴリズム」、第11回回路とシステム (軽井沢) ワークショップ、pp.199-204、April 1998 .
- ・菅、泉、中村：「プラスチックセルアーキテクチャへのアレイ型論理マッピング手法」、信学技法VLD98-114、CPSY98-134、pp.115-122、1998 .
- ・境、深津、中村：「PCAデバイスの設計と試作」、第14回パルテノン研究会資料集、(May 1999)

集積システム工学講座 超高速信号処理分野（佐藤研究室） 地下探査レーダーにおける安定で高分解能な物体像推定

本分野では、レーダーに代表される各種電磁波計測や光通信など、特に高速な信号処理を必要とする諸分野における信号の性質を研究し、多種・大量のデータを用いた推定の高速化と高精度化の手法を開発することを目標としています。ここではその一例として、レーダー物体像を従来の限界を越える分解能で再現する試みについてご紹介します。

1. 研究の背景

地下構造物や遺跡などの調査に際して、レーダーは非破壊探査の有効な手段として注目されています。しかし、電波は地中では強い減衰を受け、特に高い周波数では減衰が著しく大きくなります。そのため、探査深度を大きくするためにはなるべく低い周波数を用いることが有利ですが、波長が長くなると分解能が低下するという問題があります。一般的な手法である開口合成法では、分解能は約 $1/2$ 波長に制限されます。これを越える超高分解能の像再生法も知られていますが、地下のように多くの不要信号の存在する劣悪な電波環境では再現が不安定となります。

2. 研究成果

この問題を回避するために当研究室では、対象に関する先験的知識を用いて、できる限り少数のパラメータで媒質と観測対象をモデル化し、そのモデルからの推定受信信号を観測される信号と比較してモデルを反復改良する方法を開発しています。この手法が実際に利用された例として、トンネル掘削機の前方監視レーダーにおける障害物自動検出があります [1]。これは、回転するドリル前面に設置されたレーダを用いて、障害となる金属パイプの位置を正確に探知するためのもので、ドリルの回転や前進の情報を利用して、不均質な地下媒質中の影響を除去することができました。

また遺跡探査などにおいて重要な埋設物の形状推定にも、この手法を応用しています。反復改良の過程ではモデルからの電波の散乱を高速かつ正確に計算する必要があるため、電波の散乱に特有の回折波の発生を考慮した拡張レイトレーシング法（図 1）を開発し、差分法による計算により 2 桁高速な推定を可能にしました。これを用いて、減衰と分散を有する媒質中において、従来の手法では点状の物体としか認識できない波長程度の大きさの物体の形状推定が可能となりました [2]。図 2 は、円柱状の断面を持つ金属物体の形状を反復改良により推定する過程を示します。

参考文献

- [1] T. Sato, K. Takeda, T. Nagamatsu, T. Wakayama, I. Kimura, and T. Shinbo, Automatic signal processing of front monitor radar for tunneling machines, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., Vol.35, No.2, pp.354-359, 1997.
- [2] T. Sato, T. Wakayama, and K. Takemura, An imaging algorithm of objects embedded in a lossy dispersive medium for subsurface radar data processing, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., Vol.37, 印刷中 .

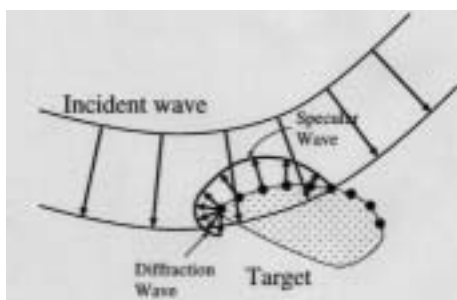


図 1 : 拡張レイトレーシングにおける反射波と回折波の生成

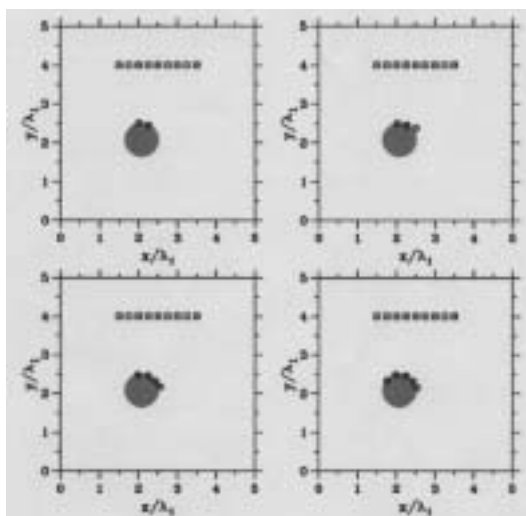
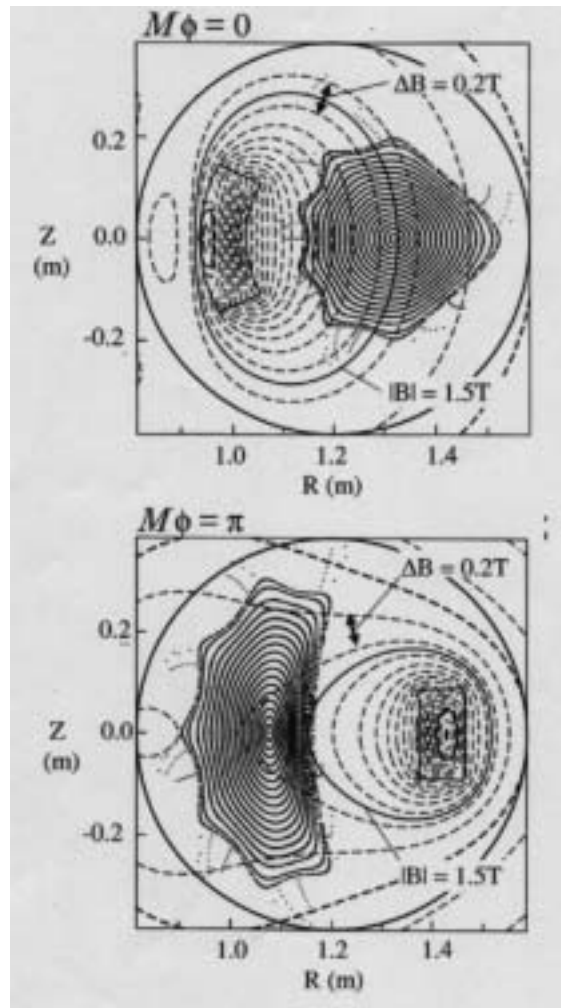


図 2 : 円柱状導体像の推定過程

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） 「L = 1ヘリカル軸ヘリオトロンプラズマの物理的性質」

現在、エネルギー理工学研究所においてL = 1ヘリカル軸ヘリオトロン型の高温プラズマ閉じ込め装置「ヘリオトロンJ」が建設中である（「cue」No.2 12ページ～14ページ参照）。本研究では、この装置で閉じ込められる高温プラズマの物理的性質を理論・数値解析の観点から調べている。トーラス型（ドーナツ型）の磁場閉じ込め装置では、磁力線はエルゴディックにトーラス状の閉曲面を覆い、いわゆる磁気面を形成している。プラズマ粒子は基本的にはこの磁気面上に閉じ込められ、電磁流体力学（MHD）的に見るとこの面がプラズマの等圧面と一致する。図にヘリオトロンJの典型的な磁気面と真空磁場強度の等高線、ヘリカルコイル断面を示す。2つの図はそれぞれ異なる位置でトーラスを輪切りにした断面である。磁気面を求めするために磁力線追跡を行い、磁力線がこの断面を横切るたびにその位置に点をプロット（ポアンカレ図）すると点列が閉曲線を描き、これが磁気面の断面図を表す。図では数本の磁力線追跡を行っており、トーラス状の磁気面の中にまた別の磁気面が順次存在しており、磁気面が入れ子状の構造をしていることがわかる。図で矩形の実線はプラズマにヘリカル状に巻付いて配置されている有限サイズのヘリカルコイル断面を示し、破線は磁場強度の等高線を示している。この例ではプラズマの中心（入れ子状の磁気面の中心軸、すなわち縮退した磁気面で磁気軸と呼ばれる。図では閉曲線列の中心点）で約1.5Tの磁束密度を持っている。

コイル系が作る真空磁場中でのこのような磁力線追跡により、プラズマ閉じ込めに関する多くの有用な情報が得られるが、実際にプラズマが閉じ込められているときには、その集団的振る舞いにより磁場構造も変化するため、MHD的に平衡な磁場構造、磁気面構造を解析する必要がある。また多くの要因でプラズマ粒子は完全に磁気面上に留まることができず、拡散などの輸送現象が存在する。さらに、MHD的な不安定性によって磁場や圧力の摂動が成長し閉じ込めが悪化する場合もある。そこで高い圧力の高温プラズマをいかに効率的・経済的に閉じ込めるかが重要な問題となる。ここでは先進的なヘリオトロンJ装置においてどのようなプラズマ閉じ込めの最適化実験ができるかを理論的・数値解析的に調べている。図の例のように複雑な磁気面構造を考慮してプラズマ閉じ込めの最適化を図る上で、空間的に三次元の解析が不可欠であり、計算機を用いた大規模数値解析法が用いられる。本研究で得られた成果は本年度からスタートするヘリオトロンJでの実験にフィードバックされることになっており、閉じ込めの最適化研究に大きな寄与を果たすと考えられる。



応用熱科学講座 エネルギー応用科学専攻 エネルギー応用基礎学分野（野澤研究室） 強誘電体デバイスの研究

はじめに

強誘電体メモリ（FeRAM）は、低電圧動作、高速書き換え、不揮発性という優れた機能を有する。しかし、その実用化にはその信頼性等、いくつかの課題の解決が重要である。本研究では、特にインプリント現象の発現メカニズム解明を目的として実験データを基に理論解析を行なうと共に、近年画像処理用並列プロセッサとして注目されている機能メモリ [1] への応用についても研究した。

インプリントモデル

PZTおよびSBTを用いたサンプルを - 5 V で分極させた後、高温で保持し、ヒステリシス測定をおこなう。測定で得られた、電圧のシフトと分極のシフトに一定の相関性がうかがえる。これは、この2つの現象の発現機構の起源が同一であることを示唆していると思われる。正負の最大電圧を与えた点での分極および残留分極との相対差を測定したものについて、高温で保持したサンプルの変化を見ると、分極をした方向と逆側の残留分極のみが低下していることがわかる。この現象は、トラップから放出されるチャージがドメインを一定方向に固定するとしてドメインピンニングの理論によって説明が可能である。そこでドメインピンニングに使われるチャージが電子放出に起因すると考え、解析する。分極した強誘電体内部には内部電界が存在すると考えられる。電界中の電子放出は、通常の電子放出に比べ、電界によるトンネル効果の寄与により増大することが知られている [2] この効果はThermionic Field Emission (TFE) と呼ばれている。強誘電体の内部の電界を、ローレンツの理論にしたがって求め、この効果を考えた電子放出速度を計算した。この計算にしたがって放出された電子がある割合でピンニングを起こすと、電圧のシフトを生じる。図1に各温度における電子放出速度の増加係数を示す。

強誘電体機能メモリ

機能メモリはメモリのデータを演算する回路をワードに並列に構成したものである。機能メモリは二つの領域に分けられる。メモリセル領域と論理回路領域である。メモリ部分は、上位ワードと下位ワードに分けられ、これら2ワードを内部演算回路でビット直列、ワード並列で行なわれる。今回の設計では、図2のようなメモリセルを考えた。これは、外部入出力方向（D）と内部演算回路方向（MW）の2方向に読み出し、書き込みできるように、二つのトランジスタを付け加えたものである。図3に今回の試作回路のブロック図を示す。演算部には、排他的論理和をCMOS回路で構成している。演算結果は下位ワードに書き込まれる。

結果

本インプリントモデルにより強誘電体の材料系による特性の違いを比誘電率の違いとしてモデル化することに成功すると共に、強誘電体を用いた機能メモリの設計を行ない、はじめてその動作を確認した。

文献

- [1] K. Kobayashi et.al, Symp. on VLSI Circuits, pp.61-63 (1995)
[2] G. Vincent, A. Chantr and D. Bois, J. Appl. Phys. vol.50, pp.5484-5487, 1979.

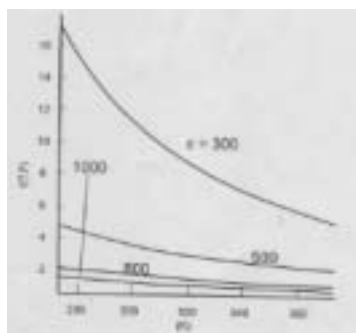


図1 シミュレーション結果

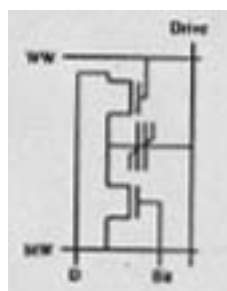


図2 メモリセル

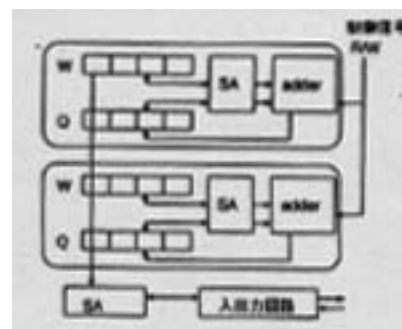


図3 回路ブロック

**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源**

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、中心部でのイオン密度を上昇させると考えられています。この概念の基は1950年代に旧ソ連のLavrent'ev、これと独立にP.T. Farnsworth（米国のテレビジョンの父）により電子ビームを球中心に収束させ、電子と中性ガスとの衝突で生じたイオンが電子の空間電荷により加速され球中心で核融合が起こると言う考えから始まります。

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・陽子源としてプラスチック爆弾検査、石油探索、医療用照射源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）取り扱いが極めて容易、4）D-³Heガスを用いれば14.7MeVの陽子源となる、といった点で優れています。1998年9月時点での世界の研究機関で達成された中性子発生量を表1に示します。

本研究室では、IECの動作原理の解明と核融合反応率の向上を目的として、実験と理論の両面から研究を行っています。実験においてはこれまでに直径約35cmの装置で定常的に 5×10^6 n/secのD-D中性子発生を実証しました。一方、理論研究においては、原子衝突過程を考慮に入れ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得られた主な成果は以下の通りです。

- (1) ガス圧が小さいときエネルギー拡がりの小さい高エネルギーイオンビーム電流がある数居値を越えると正の静電ポテンシャルの山の内側に負の静電ポテンシャルの井戸が生ずる二重井戸構造が生成される。
- (2) 二重井戸構造は不安定でカオティックな振動が起こり時間平均の中性子数はイオン電流の2乗以上の依存性を示す。
- (3) イオンのメッシュ陰極透過率は方位角方向の電界の存在により幾何学的透過率より低く、低エネルギーイオンでは特に低い。

今後は、レーザー誘起蛍光法を用いてシュタルク効果による陰極内側の電界分布計測により、二重井戸ポテンシャル構造の時間的・空間的挙動の確認等、IECの基本的動作原理の解明を目指します。また、電子エミッタを設置してペニングトラップにより低ガス圧で動作させる等の改良によって、核融合反応率の大幅な向上を図っていく予定です。

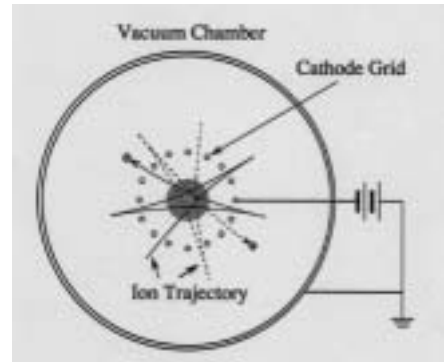


図1 IEC装置の概略図



図2 IEC装置での放電

表1 世界の研究機関で達成された中性子発生量

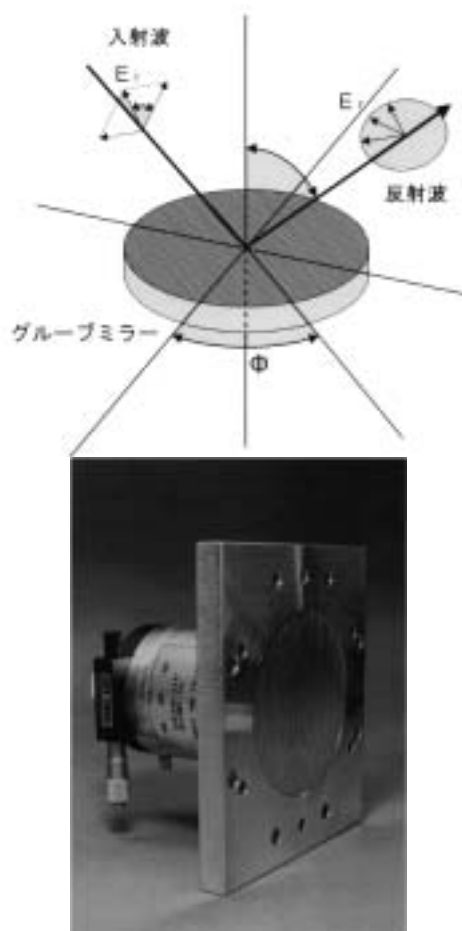
Intensity (n/s)	Institution
5×10^6 (CW)	Kyoto University
3×10^7 (CW)	Idoho Nuclear Engineering Lab.
5×10^6 (CW)	Daimler Benz Aerospace-Space Infrastructure
1.1×10^7 (pulse)	
2.0×10^6 (CW)	University of Illinois
1.0×10^6 (pulse)	
5.0×10^6 (CW)	University of Wisconsin

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） 「高電力ミリ波伝送系の開発」

10GHzから数100GHzの周波数帯域で100kWを超える高電力ミリ波は、大気圧プラズマ生成によるオゾン生成、セラミック焼結、長距離レーダ、イオンエネルギー分布測定、高温プラズマの加熱等、幅広い分野において利用されています。特に、磁気閉じ込め核融合装置においては、電子サイクロトロン共鳴を用いた電子の選択的加熱による電子温度分布の制御、非誘導電流駆動、プラズマ生成が行われており、主要な加熱装置として位置付けられています。ミリ波発振源の急速な進展とともに、100GHzを超える1MWレベルの電力を定常動作で長距離伝送できる伝送系が求められています。本研究室では、この高電力ミリ波を高効率で信頼性高く伝送できるシステムの開発を進めています [1]

偏波器はプラズマに入射するミリ波の吸収を最適化するために必要なデバイスで、通常、伝送システムの一部に組み込まれます。高パワーに耐え得るように偏波器はアルミニウムまたは銅で製作され、場合によっては水冷却されます。偏波面を制御するために波の当たる表面はグループ状になっており、反射波の偏波面はグループの回転方向およびグループ形状に依存しています。グループは局所的に強い電界が立ちやすく、表面でアーキングが発生しやすいので角を落とした形状となりますが、そうした加工は反射波の偏波面に大きな影響を与え、単純な矩形グループとは異なった結果となるため予測が困難でした。そこで、周波数106GHz用にいくつかのグループ形状の偏波器を製作し偏波面の測定を実際に行い、グループ形状を考慮に入れた計算コードとの比較を行いました。その結果、実験で得られた偏波パラメータと計算値がよく一致することがわかり、今後低電力（mWレベル）での動作試験をすることなく、任意グループ形状の偏波器の性能を評価することができることを示しました。また、500kWレベルの高電力伝送系にも設置してプラズマ実験に適用しました。そして、アーキングが発生せず、低挿入損失でモードの攪乱も少ないことを確認しました [2]

エネルギー理工学研究所では新しいプラズマ実験装置 Heliotron Jの建設が進められており、電子サイクロトロン共鳴加熱のための高電力ミリ波伝送は欠かすことができないシステムです。Heliotron J装置での加熱実験に最適な伝送システムを構築するとともに、ITER、LHD、W7-Xといった大型核融合装置でも利用可能なミリ波コンポーネントの開発を進めていく予定です。



グループミラー偏波器の原理図（上）
とヘリオトロン装置の106GHz 伝送
システムに使用した偏波器（下）

[1] K. Nagasaki, et al., Fusion Technology 32 (1997) 287-295.

[2] K. Nagasaki, et al., to be published in Int. J. Infrared and Millimeter Waves.

レーダー大気物理学部門（深尾研究室）

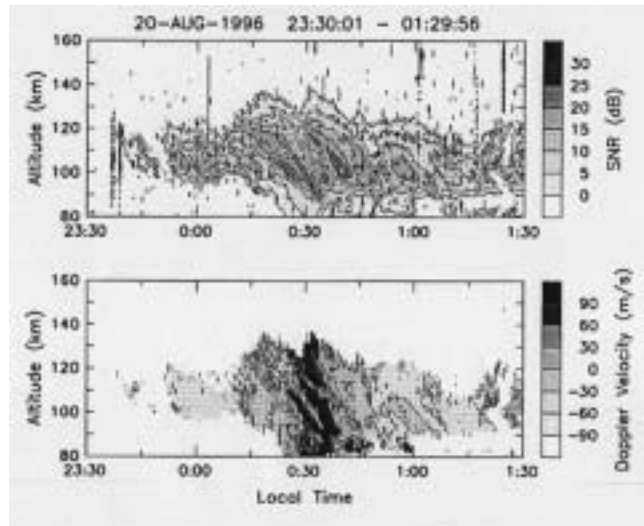
MUレーダーやロケット観測にもとづく電離圏イレギュラリティの研究

当研究室は超高層電波研究センターに所属し、MUレーダー（滋賀県信楽町）を管理運営する立場にあり、これを用いた大気力学の研究を、レーダーリモートセンシングの工学的研究と共に行っています。ここでは、最近世界的にも多くの注目を集めつつある電離圏の不規則構造（イレギュラリティ）の研究を紹介します。

地球大気は下層では電気的中性を保っていますが、高度100km程度以上では太陽紫外線やX線によって分子の一部が電離され、宇宙空間へと移り変わっていきます。この領域が電離圏（古くは電離層と呼ばれた）であり、プラズマ（電子）密度の分布によって、E領域（高度100～150km）、F領域（高度200km以上）等の領域に分類されます。

電離圏は、太陽活動度の変化、太陽放射の季節・日周変化などに伴って変動を繰り返すとともに、背景に存在する電気的中性大気の影響も大きく受けています。

従来の研究では、電離圏イレギュラリティは磁気赤道やオーロラ帯においてのみ顕著であるとされてきました。しかしながら当研究室では、MUレーダーの機能を活かした観測によって中緯度域における活発なイレギュラリティの存在を世界に先駆けて実証しました。我々の研究によってF領域においては「泡（ブリューム）」と呼ばれるエコー領域のダイナミックな振舞いが発見され、またE領域においても周期数分から十数分の規則正しい波動構造を示す「準周期エコー」が見出されました。1996年8月には、文部省宇宙科学研究所の2機のロケット観測と地上の可搬型レーダーや光学観測を組合せた総合観測キャンペーンSEEK（Sporadic-E Experiment over Kyushu）を提唱し、日本・米国・台湾の研究者の参加を得て、地上のレーダーで右上図に示すE領域イレギュラリティの観測中にロケット観測を成功（左下図）させています。



今までに、中緯度イレギュラリティに特有の構造が電離圏の背景にある中性大気の振舞いに大きく依存することが分かっています。特に大気重力波と呼ばれる波動がプラズマに働く電界やその中の電流を作り出し、イレギュラリティ発生の原因を作っているようです。これは、地球大気と宇宙空間とのかかわりを研究する上で絶好の教材です。この研究テーマに関しては、本年度に電離圏イレギュラリティ観測専用のレーダーを導入して来年度から長期観測を開始する予定であり、また2001年の夏には次期ロケット観測であるSEEK-2を実施するべく計画を進めています。

数理電波科学部門（橋本研究室） 科学衛星搭載用知的波動受信機の開発

本研究室では電磁力学・計算電磁気学・電波工学・通信工学を基礎とし、宇宙空間を舞台とする研究を行っている。テーマの一つに科学衛星による波動観測があるが、そのための衛星搭載用波動受信機の設計開発について述べる。

火星などの惑星探査といった飛翔体からの超遠距離伝送が余儀なくされる場合は言うに及ばず、地球や月周回科学衛星の場合でも、最近では伝送すべきデータ量はテレメータの伝送速度をはるかに越えている。そこで、効率よく伝送するために、観測データをデジタル信号処理し、データ圧縮を行うとともに、機上で信号の内容や緊急時に必要な動作などを自律的に判断して観測モードの自動変更を行い、必要なデータだけを選別して地上に伝送する、高い知的機能を持つ波動受信機の開発を行っている。今まで別の装置で行われていた波形伝送や周波数分析などが同時に可能であるので、柔軟な解析が行えるとともに、小型化にも貢献する。

図1のブロック図に示すインテリジェント受信機のプロトタイプを作成し、図2に示すサブバンド圧縮の原理に基づく圧縮法を開発した。実際に衛星で観測されたデータ波動データに対し、今のところ3～4分の1に圧縮が可能である。さらに、図3に示す原理に基づくDigital Down Converter(DDC)を使用し、高速A/D変換されたデータの特定の帯域をデジタルのまま周波数を下げ、圧縮して波形伝送ができる。またある帯域の信号の周波数を下げ、その信号に対してFFTを施すと掃引受信機ができる。図4は2MHzまでの例である。図1のST114ボードにDDCが搭載されており、実際にソフトウェアを作成した。その結果、アナログ方式の科学衛星GEOTAILの波動観測装置に比して、広範囲、高分解能でかつ数10倍高速な掃引受信機が実現できた。これらの成果は、2003年打ち上げ予定の月周回衛星や2000年予定のロケット実験などにおける波動観測に生かされることになっている。

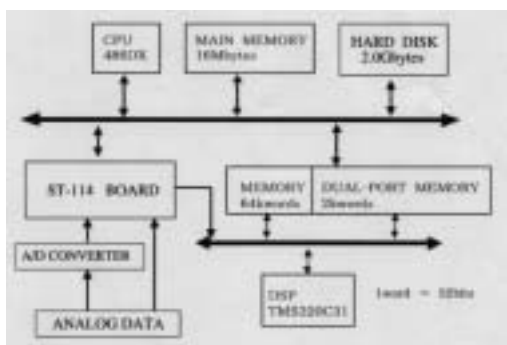


図1．インテリジェント受信機（試作機のブロック図）

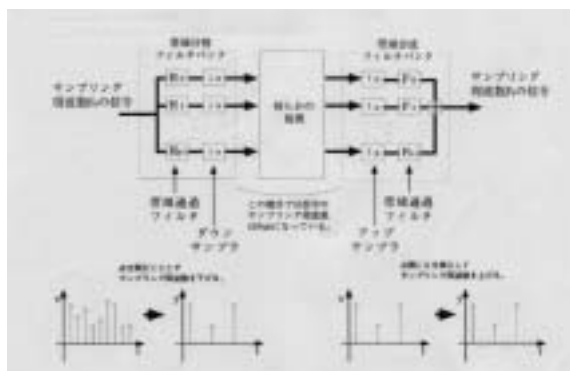


図2．サブバンド分割の原理

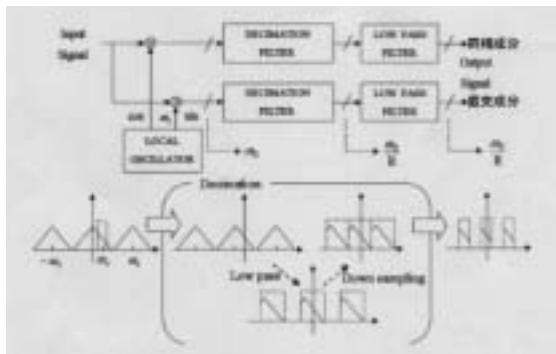


図3．Digital Down Converter(DDC)の原理

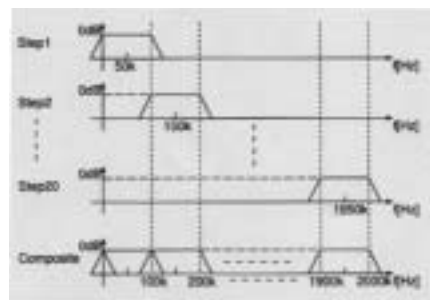


図4．掃引受信機の例

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー(KU-VBL) ベンチャー精神あふれる若手研究者育成のための教育プログラム

京大VBLでは、独創的研究の推進・創造性教育プログラムの実施を通して、将来の産業を支える基盤技術の開発と起業家マインドを持った若手研究者の育成に努力しています。「先端電子材料開発のための原子・分子アプローチ」をターゲットとした研究/開発に加えて、VBL主催の授業として、前期に「新産業創成論」、後期に「先端電子材料学」を開講しています。更に、これらに加え、大学院生を中心とする若手研究者の発想や創造性を養成する教育プログラムとして、各種VBセミナー、特許講習会・相談室、テクノアイデアコンテストなどを実施しています。各講演においては、教科書的なものよりはむしろ最先端のトピックスを話していただいています。学生たちは最先端の研究に触れることにより、自分たちが開拓すべき領域の広範性・多様性を知り、また、従来の授業にはなかった双方向的な講演・質疑応答を通じて自己表現やコミュニケーションのあり方を学んでおり、高い教育的効果をあげています。また、講演の内容自体も、理系的な内容ばかりでなく、弁理士による知的所有権に関する講義や実際の企業の経営陣・研究者による講義などを開講し、ベンチャー精神に富んだ人材の育成に力を入れています。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。

'99年「新産業創成論」カリキュラム

年月日	講義内容	講演者
4月12日	新産業創出への大きな動き・概論	工学研究科 教授 松重和美
4月19日	21世紀に向けてのベンチャービジネス	(株)ローカス 社長 神島博昭
4月26日	知的財産権 - 1 -	弁理士 小林良平
5月10日	知的財産権 - 2 -	弁理士 小林良平
5月17日	ベンチャー経営・社会環境分析	経済学研究科 教授 赤岡 功
5月24日	21世紀へのテクノロジー - ナノテクノロジー -	工学研究科 教授 松重和美
5月31日	21世紀に必要とされるVLSI の方式設計技術	情報学研究科 教授 中村行宏
6月7日	新鋭の研究者の能力を最大に引き出すには？	工学研究科 教授 村上正紀
6月14日	工学の目的としての幸福論	エネルギー科学研究科 教授 新宮秀夫
6月21日	ベンチャー企業経営と企業家精神	慶応大学 教授 千本倅生
6月28日	京都モデルとハイテクベンチャー企業の成功要因 -1-	(株)サムコインターナショナル研究所 社長 辻 理
7月5日	京都モデルとハイテクベンチャー企業の成功要因 -2-	(株)サムコインターナショナル研究所 社長 辻 理
7月12日	講義受講者による発表・討論	工学研究科 松重和美、川上養一、多田博一



弁理士、VB 起業家など多彩な講師を招聘
(写真：昨年度講師の慶応大 千本氏)



VBLセミナー室での講義風景

平成10年度修士論文テーマ紹介

平成10年度修士論文一覧

工学研究科 電気工学専攻

野 瀬 崇 (荒木教授) 「システム工学的手法を用いた病期分類問題の解法」

病気の進展度を表す指標を作成する問題である病期分類問題に、遺伝アルゴリズムやシミュレーテッド・アニーリング法といったシステム最適化手法を適用する研究である。病期分類の新しい統計学的な評価基準を提案し、計算例を通して当手法の有効性を確認した。

伊佐治 圭 介 (荒木教授) 「3次元発振器におけるカオス現象の研究」

3次元発振器のカオス発生の必要条件を、シミュレーション実験によって研究した。その結果として、線形部分が受動的である回路について、システムパラメタ空間におけるカオス発生領域を明らかにするとともに、非線形素子特性を適当に選べば、その領域内で必ずカオスが発生することを確認した。

宇 賀 庸 介 (荒木教授) 「リアクタンス結合された3次元カオス発振器の相互同期現象に関する研究」

リアクタンス結合された2個の3次元カオス発振器間の同期現象について、シミュレーション実験を中心とした研究を行なった。その結果、単独カオス発振器のカオス発生パラメタ領域と平衡点に関する同相的安定条件および逆相的安定条件を用いて、カオス同期現象の推測が行なえることを示した。

三 宅 良 和 (荒木教授) 「モデルアルゴリズム制御系のロバスト設計法に関する一考察」

「一次遅れ+むだ時間」系で近似できる制御対象について、与えられたゲインおよびむだ時間の mismatches の範囲においてロバスト安定性を保証するような、モデルアルゴリズム制御系の設計法を与えた。

小 杉 晃 範 (島崎教授) 「超音速非平衡ディスク形MHD発電機のディフューザ部を含めた2次元動作特性解析」

超音速非平衡ディスク形MHD発電機のディフューザの設計を行い、ディフューザ部を含めた発電機の動作特性解析を行なった。ディフューザ背圧は発電出力や断熱効率に大きな影響を与えるが、適切な運転条件では高い発電機性能が得られることを示した。

伊 藤 慎 介 (牟田教授) 「超電導交流ケーブルのピッチ乱れによる交流損失に関する研究」

超電導送電ケーブルの通電損失の実測値は、短尺試料の損失により1桁大きかった。導体の巻きピッチの乱れにより、軸方向磁界が場所によって異なり、その差分が径方向磁界となって、導電性構造材に渦電流を発生させるためであることを計算によって明らかにした。

今 西 誠 司 (牟田教授) 「超伝導発電機の一設計法の考察」

牧氏の超伝導発電機の電氣的諸定数式をもとに、界磁巻線のみを超伝導化した界磁超伝導発電機の設計アルゴリズムを組み上げ、50MVA及び1120MVA機設計に適用し、系統過渡特性シミュレーションなどを交えて、その評価を行った。

島 田 泰 行 (牟田教授) 「超伝導マグネットの安定化指標MQEの数値解考察」

超伝導マグネットの安定化基準であるMQE (Minimum Quench Energy) を求めるプログラムを作成した。安定化解析のアルゴリズムは、steklyやMaddockの安定化解析法よりも電流密度の向上を目指すという観点に立つものである。

野 末 貴 弘 (牟田教授) 「超伝導発電機ファジィSDR制御に関する研究」

界磁巻線を超伝導化した超伝導発電機について、一機無限大母線系統において三相突発短絡故障が発生した場合の過渡特性について解析を行った。系統には制動抵抗制御系を挿入し、ファジィ制御を用い、検討を行った。

梯 靖 弘（宅間教授） 「真空中表面帯電のオンライン計測とその解析」

真空中の固体絶縁物（スペーサ）の絶縁性能を支配する帯電過程をオンラインで観測し、スペーサの材質、形状、表面状態の効果を調べた。また、観測結果をモンテカルロシミュレーションによって解析し、種々のパラメータの効果、フラッシュオーバーとの関係を定量的に検討した。

川 邊 史（宅間教授） 「三角形表面電荷法の精度向上に関する研究」

二種類の誘電体からなる複合誘電体場を対象に、従来の表面電荷法（法）より精度を向上させる方法（法、法）の適用を検討した。さらに、小要素内の電荷密度を定数から一次関数として要素間の連続性を保つ方法を試み、法の精度が向上することを確かめた。

中 村 貢（宅間教授） 「SVCおよびTCSCの周波数特性に関する研究」

パワーエレクトロニクス機器であるSVCとTCSCの周波数特性の理論式を導出し、数値シミュレーションの結果として良く一致することを確かめた。またSVCについて理論式を用いて長距離くし形系統における非整数次高調波不安定現象の解析を行い、抑制法を提案し効果を確認した。

本 田 敦 夫（宅間教授） 「高気圧窒素中空電荷の移動と放電誘導に関する研究」

地球温暖化効果が問題になっているSF6の代替ガス候補の窒素を対象として、空間電荷の作用と放電特性を検討した。XeClレーザーによる生成電荷の移動をシミュレーションして解析するとともに、著しく遅い放電進展過程について時間分解画像と電流波形により調べた。

石 川 元 也（荒木教授） 「サイリスタ制御直列コンデンサにおける不安定現象に関する研究」

サイリスタ制御直列コンデンサ（TCSC）に生じる不安定現象を、シミュレーションおよび実験によって解明した。具体的には、従来知られていなかった場合を含めて不安定現象のパターンを系統的に整理し、さらに外部挿入抵抗、点弧角設定基準などの影響を明らかにした。

松 村 保 孝（荒木教授） 「局所視覚情報に基づいた障害物の識別法」

自動搬送車のような移動体は、その任務遂行のために、経路上の物体を検知・識別しその位置を知ることが必要となる。その目的でカラー情報を利用する識別法について研究した。研究の特徴は局所的情報から識別が行える点にある。

内 田 健 児（奥村教授） 「Study on Electromagnetic Analysis of Multimode Equivalent Network of Planar Grating by Galerkin Method」

（ガラーキン法を用いた多モード等価回路による平面金属格子の電磁界解析に関する研究）

本研究では、完全導体の金属板とスリットの周期的な配置により構成された平面格子に平面波が入射しているときの空間的な電磁界の乱れについて考えた。この電磁界の乱れを等価回路でモデリングすることによって解析し、その有効性を確認した。等価回路のパラメータはガラーキン法を用いて求めた。

田 中 宏 司（奥村教授） 「ウェーブレット変換による伝送線路の故障点検出システムの設計と試作に関する研究」

電力系統システムの伝送線路上での故障発生時に、観測される電圧波形からウェーブレット変換によって抽出された過渡成分を解析することで故障点を特定できる。そこで、HDLとFPGAを利用して、ウェーブレット変換プロセッサと故障点検出プロセッサを作成し、データ通信インターフェースを付加してAT互換機に組み込んだウェーブレット変換による故障点検出システムを試作した。

中 山 正 人（奥村教授） 「Study on Identification of a Lossy Distributed-line System by Schur Algorithm」

（シュアルゴリズムによる損失のある分布回路システムの同定に関する研究）

本研究では、分布回路システムを損失のある線路モデルで同定する方法を提案した。システムを無損失線路モデルで同定するシュアルゴリズムを拡張、反復して用いる方法であり、高速かつ精度良く同定することが可能である。応用例として鉄塔を取り上げ、損失線路モデルで同定できることを示した。

森野英樹（奥村教授） 「Study on Applications of Gröbner Bases to Nonlinear Circuit Analysis」

（グレブナ基底の非線形回路解析への応用に関する研究）

これまで数値計算が主流となっていた非線形回路の解析に対し、計算機代数の基本的手法の一つであるグレブナ基底理論を利用する。そしてトランスリニア回路、電力回路などへの適用例を幾つか示し、グレブナ基底を用いることの有効性について検証した。同時に、数値計算との融合によるさらなる応用の可能性も探ってみた。

蛭原義雄（萩原助教授） 「多変数最適制御系の逐次調整法とその鉄鋼圧延システムへの応用」

本論文では、最適制御系のオンラインでの調整を、所要の条件を満たしながらオペレータの判断で逐次的に行うことのできる調整法を提案した。さらにこの調整法を鉄鋼圧延システムにおける張力・ルーパ制御系に適用してシミュレーションを行い、その有効性について検討した。

斉藤誠一（萩原助教授） 「1機械納期遅れ和最小化問題の理論解と理論解に対応した指標に基づく問題の特徴づけ」

スケジューリング問題の一つである1機械納期遅れ和最小化問題を対象として、ヒューリスティック解法の適用について考えた。具体的には、最適解を与える場合からの「距離」を導入して問題の特徴づけ、それによって適当なヒューリスティックを適用することの妥当性について検討した。

金田泰宏（上田教授） 「同期機における鉄損の周波数特性および磁束密度特性の実測と等価回路表現」

同期機の鉄損特性を調べるため、諸インダクタンスとその抵抗分の周波数特性・磁束密度特性を実測し、鉄損を考慮した等価回路を導出した。また鉄心材料の鉄損の周波数特性および磁束密度特性を実測し、同期機の鉄損に与える影響について実験的に検討した。

鳥居健太郎（上田教授） 「磁気弾性結合系における解の波動的性質と引力圏構造」

空間的離散構造の系において、個々の振動子の振動と波動的な解の関係には未知な点が多い。本論文では磁気弾性振動子の結合システムである磁気弾性結合系に生じる様々な解の分岐と波動的性質・引力圏構造などについて数値的検討を行った。

平野真（上田教授） 「電力系統間の同期現象に関連する連立動揺力学系のアトラクタと引力圏」

連系問題は単振り子が二つ結合した連立動揺力学系で記述される。無限大母線を想定せずに系統動作を近似する微分方程式を導出し、系に生じる非線形現象を電力系統における物理現象と捉え、引力圏構造や系統間脱調状態での小振動状態・大振動状態の生じる領域を明らかにした。

松田直大（上田教授） 「心電図RR間隔の呼吸依存性と非線形ダイナミクス」

心臓に影響を与える種々の要因から呼吸に着目し、心電図RR間隔と呼吸流量の実測データからパワースペクトル、リアプノフ指数・次元等を求め定量的考察に基づき、その力学的結合について検討を加えた。またRR間隔変動モデルを構築し、呼吸による周波数変調を受けたRR間隔の変動を再現するシミュレーションを行い、良好な一致を見た。

工学研究科 電子物性工学専攻

近藤利行（石川教授） 「ボロンドープダイヤモンド薄膜における電界電子放出点の特定」

ダイヤモンド薄膜は微小電子源の電子放出材料として注目されているが、その電子放出機構は詳しくわかっていない。本論文ではダイヤモンド薄膜のどの部分から電子放出がおきるのかを詳しく調べ、結晶粒の角部から電子放出していることを明らかにした。

渋谷和真（石川教授） 「フッ素負イオンビームによるシリコンと強誘電体材料のエッチングに

関する研究」

半導体のエッチング技術において、プラズマ中の負イオンが果たす役割を明らかにするために、負イオンビームによりシリコンや強誘電体材料をエッチングし、その特性を調べた。その結果、負イオンのエッチング特性は正イオンとほぼ同等であり、特異性は観察されなかった。

池村 慎一（石川教授） 「負イオン注入による人為的神経回路網形成を目指したポリスチレンの表面物性と生体適合性」

脳の働きを調べるためには人為的に形成した回路網を作製する技術が必要とされている。本論文ではポリスチレンに負イオン注入を行い表面の親疎水性を制御して神経細胞の接着特性を制御し、神経細胞を任意のパターンに形成できることを示した。

久保 洋士（石川教授） 「質量分離した極低エネルギーイオンの照射に伴うグラファイト表面電子密度分布変位の走査トンネル顕微鏡観察」

グラファイト基板に質量分離した極低エネルギーのアルゴンイオン、炭素負イオンを照射して、表面に形成される電子密度分布の変化をSTMにより観測した。その結果、イオンの入射に伴い表面原子の変位ないしは欠損が生じると考えられる観測像が得られた。

菊池 哲郎（橘教授） 「低域混成共鳴周波数帯の波動を用いたプラズマ源におけるプラズマ生成および波動伝搬に関する研究」

新しい半導体プロセス用プラズマ源として、高密度かつ大口径の方向に対応できる低域混成波励起方式を開発し、波動伝搬解析ならびにプラズマ生成実験を行った。直径23cmで均一性 $\pm 5.5\%$ 、平均イオン飽和電流 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ と、次世代プロセスに有望な値を得た。

本村 英樹（橘教授） 「In situ FT-IR偏光解析法によるSiO₂/Siエッチング過程の診断」

超LSIプロセスのSiO₂エッチングにおいて、対Si選択比の向上が求められている。本研究では、フルオロカーボンプラズマに曝されているSiおよびSiO₂表面反応層の厚みや化学結合状態を、FT-IR偏光解析法を用いて診断し、選択性のメカニズムを解明した。

百瀬 俊（橘教授） 「微小放電発光分光法による高誘電率薄膜 ((Ba, Sr)TiO₃) MOCVDプロセスの診断」

Gb世代DRAMのキャパシタ材料として有望な(Ba, Sr)TiO₃薄膜の溶液気化MOCVDプロセスについて、in situ診断の手法として微小放電発光分光法を開発した。それによって、有機金属錯体原料の熱分解反応の進行度と作成した薄膜の物性との間の相関を調べた。

馮 少軍（橘教授） 「顕微分光法によるAC型PDP放電セルにおける紫外線放射粒子密度測定」

大画面の平板型ディスプレイとして注目されているプラズマディスプレイパネル(PDP)の効率改善を目指して、本研究では顕微レーザー分光法を用いて、微小な単一放電セル内の励起Xe原子密度の時空間分解計測を行い、動的挙動から放電や発光機構を解析した。

黒部 立郎（松波教授） 「MOMBE法における立方晶GaNの優先的成長とGaN/3C-SiCヘテロエピタキシー」

原料にTEGaおよびrfプラズマ励起活性窒素を用いたMOMBE法において、成長条件によりGaNのポリタイプ制御が可能であることを見出した。準安定構造である立方晶GaNの結晶成長について詳細に研究を行い、立方晶SiC基板上への立方晶GaNのヘテロエピタキシーへと応用した。

斉藤 朗（松波教授） 「SiCへのAl、Bイオン注入におけるp型伝導性制御と高耐圧pn接合への応用」

SiCパワーデバイスにおける必須プロセスである、アクセプタ型不純物のイオン注入に取り組んだ。数MeVの高エネルギー注入においても1500 のアニールにより結晶損傷は回復すること、Cとの共注入により活性化率が向上することを明らかにし、耐圧1740Vのpn接合ダイオードを実現した。

中村俊一（松波教授）「格子整合-SiC基板上への3C-SiCエピタキシャル成長と物性評価」

立方晶である3C-SiCと完全に格子整合する六方晶の6H-SiCおよび菱面体晶の15R-SiCを基板に用い、GSMBE法あるいはVPE法により、3C-SiCの高品質単結晶成長を目指した。特に15R-SiC上への厚膜成長により、SiC上成長層では最大級の単結晶領域を実現した。

森泉和也（松波教授）「リモートプラズマ酸化法を用いた極薄SiO₂膜の低温形成と電子物性評価」

リモートプラズマ酸化法により、nmオーダーの極薄シリコン酸化膜を500℃以下の低温で形成した。プラズマ発光分光分析により求めたさまざまな活性種の量と酸化速度との関係を調べ、酸化に寄与する活性種を明らかにした。低温形成SiO₂膜を用いてMOSFETを作製し、特性を評価した。

権五錫（松波教授）「イオン注入ガードリングを用いた高耐圧SiCショットキーダイオードの作製」

SiCショットキーダイオードの高耐圧化を目的として、イオン注入ガードリングによるエッジターミネーションについてその効果をデバイスシミュレーションにより検討し、実際にデバイスを作製・評価した。絶縁破壊特性評価から、イオン注入ガードリングの有効性を示した。

伊藤寛（松重教授）「微細加工カンチレバーを用いた近接場光学顕微鏡の開発及び有機電子材料評価への応用」

本研究では、有機電子材料の微小領域の物性評価のために、圧電性薄膜を堆積した自己検出型カンチレバーを用いた近接場光学顕微鏡の開発を行った。装置の分解能評価を行うとともに、有機薄膜の局所偏光特性の2次元分布を得ることができた。

佐々木大吾（松重教授）「ケイ素骨格鎖状分子薄膜の構造と光・電子物性に関する研究」

低次元励起子構造をもつケイ素骨格鎖状分子は、その配向構造によって光・電子特性が大きく変化する。本研究では、分子薄膜の配向・構造制御及びその評価を行った。その結果、一次元電子構造に由来する非常に鋭い吸収特性が確認できた。

寺井康浩（松重教授）「走査型プローブ顕微鏡による有機強誘電体薄膜の電気特性評価及び分子メモリへの応用」

原子間力顕微鏡を用いて有機強誘電体薄膜にナノスケール分域を作製するとともにその局所電気特性を測定した。この方法は、次世代の超高密度記録につながる技術として期待されており、記録密度700Gbit/in²に相当する分域作製を達成した。

任田浩（松重教授）「ガスドーピングによる金属フタロシアニン薄膜の電気特性制御に関する研究」

本研究では有機半導体材料であるチタニルフタロシアニンを用いて有機電界効果トランジスタを作製し、その電気特性について超高真空中その場（in-situ）測定を行った。超高真空環境での電気伝導に關与するキャリアは大気環境とは異なることが明らかになった。

西山伸英（藤田教授）「光MOVPE成長によるZnSe系半導体の物性制御に関する研究」

有機金属気相成長法（MOVPE）によるZnSe系半導体のp型制御に向け、GaAs基板上へテロ成長層において成長条件および熱処理によるアクセプタ活性化条件を検討し、有効アクセプタ密度 $4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ を達成した。また、ZnSe基板上ホモ成長層の成長条件を調べ、p型ドーピングへの条件を示した。

浅野慎（藤田教授）「キノリノールアルミニウム錯体を用いた有機多層薄膜の光学的特性に関する研究」

有機多層薄膜のエネルギー構造と光学的特性の関係を調べ、井戸層-障壁層の関係を持つ構造において数psで障壁層から井戸層へのエネルギー移行が生じ、井戸層からの強い発光が見られることがわかった。このような多層構造発光層の採用で、EL発光素子の効率が向上した。

大前 邦 途 (藤田教授) 「GaAs/AlGaAs量子井戸における励起子のスピン状態とそのダイナミクスに関する理論的検討」

励起子効果を積極的に活用した半導体光デバイスの実現に向けて、GaAs/AlGaAs量子井戸構造における励起子のスピン状態に対して理論的検討を行った。特に、交換相互作用に基づく励起子のスピン緩和機構に着目し、励起子のスピン緩和時間の温度依存性を明らかにした。

小川 雅 弘 (藤田教授) 「MOVPE法による立方晶GaNの高品質化と物性評価に関する研究」

GaAs基板上立方晶GaNの高品質化を目指し、成長条件と緩衝層構造を検討した。成長速度と二重緩衝層構造の最適化により、六方晶相混入の低減と、光/電気/構造の各物性の改善が可能であることを示した。その結果、励起子関連した鋭い発光が観察されるようになった。

小林 英 了 (野田助教授) 「近赤外域3次元フォトニクス結晶の作製とその光学特性に関する研究」

フォトニクス結晶は、その内部の周期的な屈折率分布により、光子のエネルギーに対してバンドギャップが形成されるという特長をもち、様々な新しい光デバイス/回路への応用が期待されている。本研究では、独自のマイクロマシニング技術を用いて光通信域に光バンドギャップをもつフォトニクス結晶を初めて実現した。

田村 雅 敏 (野田助教授) 「量子井戸のサブバンド間遷移を用いた光制御光変調デバイスの超高速動作に関する研究」

本研究では、量子井戸のバンド間およびサブバンド間遷移に共鳴する2つの光波(制御光、信号光)により、ピコ~フェムト秒領域での超高速光-光変調が実現できることを、ポンプ-プローブの手法を用いて初めて実証した。この成果は将来の大容量時分割多重光通信分野に応用可能と考えられる。

滝 直 樹 (北野助教授) 「レーザー冷却された中性原子の磁気トラップ」

光磁気トラップ(MOT)によって捕捉冷却された中性原子団を、さらに低温高密度状態にしボーズアインシュタイン凝縮を実現するための「容器」としての磁気トラップに関する実験的研究を行なった。飛行時間法を用いて、MOTから磁気トラップへの移送効率、移送後の温度変化、磁気トラップの寿命を測定した。

イオン工学実験施設

西原 孝 史 (山田教授) 「クラスターイオンビームの低エネルギー照射効果と酸化物薄膜形成の研究」

クラスターイオンビーム特有の低エネルギー照射効果や非線形照射効果を明らかにし、また酸素クラスターイオンビーム援用蒸着によって高品質なシリコン酸化物やタンタル酸化物薄膜等の低温形成に成功した。

萩原 典 尚 (山田教授) 「ガスクラスターイオンビーム照射による表面平坦化とその応用」

アルゴンクラスターやアルゴン・酸素錯体クラスターの生成を行い、そのビーム特性や種々の特異な照射効果を明らかにした。特に、計算機シミュレーションによって、クラスターイオン特有のラテラルスパッタリング効果による表面平坦化のメカニズムを明らかにした。

福原 忠 行 (山田教授) 「高エネルギーガスクラスターイオンビームによるスパッタリングと照射損傷に関する研究」

高エネルギーのアルゴンクラスターや六弗化硫黄クラスターによるスパッタリングを種々の材料で調べ、損傷の形成やスパッタリングのメカニズムを明らかにし、さらに従来の単原子イオンビームに比べて数十倍から数百倍の高効率スパッタリングが得られることを明らかにした。

南 英 治 (山田教授) 「大電流ガスクラスターイオン援用蒸着装置の開発と低抵抗ITO薄膜形

成に関する研究」

酸素クラスターイオンビームを成長中の薄膜に援用照射することによって酸化反応を促進させ、薄膜中の損傷を抑制して、低抵抗で高透過率のITO薄膜形成に成功した。また、実用化を目指した大電流ガスクラスターイオン援用蒸着装置の開発を行なった。

情報学研究科 知能情報学専攻

夷 藤 勇 人（松山教授） 「格解析、省略解析、照応解析の統合による文脈処理に関する研究」

文章中の様々な要素間の関連性を自動的に検出し、文章を意味ネットワークに変換する方法を明らかにした。名詞句解析、文の格解析などの結果を統合し、大規模な意味属性辞書を用いることで、直接照応解析、間接照応解析、省略要素の補完などを実現した。

王 蕊（松山教授） 「百科事典を用いたテキストの自動分類と機械翻訳への応用」

百科事典の著者・専門分野対応表によって百科事典の項目を専門分野ごとにまとめ、それを学習データとして入力テキストを専門分野に自動分類する方法を考案した。さらに、この手法を機械翻訳システムの専門辞書の自動選択に利用し、実験によってその有効性を検証した。

河 原 大 輔（松山教授） 「統計的情報と一般的統語規則を統合した日本語構文解析システム」

日本語文の構文解析における困難な問題として、従属節のスコープの解析がある。そこで、従属節の強弱関係を大量のコーパスから事例学習し、その学習結果と一般的統語規則を統合することによって、高精度な日本語構文解析システムを実現した。

白 木 伸 征（松山教授） 「自然言語入力と目次との柔軟な照合による図書検索システム」

図書の目次は多くの場合図書の内容を適切に表現したものとなっている。そこで、目次テキストを検索対象とし、ベクトル空間モデルによる類似度計算、目次の階層構造の利用、名詞句の柔軟な照合などを統合することにより高精度な図書検索システムを実現した。

中 野 貴 之（松山教授） 「ニュース記事一覧作成のための自動要約」

ネットワークニュースにおいて、記事の参照関係とテキストの自動要約を組み合わせることにより、記事の一覧表示を作成する方法を開発した。自動要約は、引用の深さ、文の長さ、文末表現などを特徴量とし、決定木学習によって重要文を抽出するという方法で実現した。

オン チュン キャット（松山教授） 「A Color Coding System for Designing Illumination-Invariant Color Features」

（光源色に対して不変な色特徴設計のためのカラーコーディング・システム）

現実世界における対象は、スペクトル特性が異なった様々な照明環境下に置かれ、カメラによって観測される対象の色は大きく変化する。本研究では、照明光が変化した場合でも常に安定した特徴を示す2色パターンを設計するシステムを開発し、その有効性を実験によって示した。

蘇 悦（松山教授） 「位置関係記述を用いた複数車両の追跡」

道路を写したビデオ映像から多数の車両の動きを追跡するための方法として、多層オートマトンを用いた選択的注視システムを開発した。このシステムでは、前の時刻における車両の形状・相対的位置を基に次の時刻における車両の位置を予測し、その場所に対してのみ対象検出処理を行うことにより安定な追跡を実現している。

角 田 健（松山教授） 「Parallel Three Dimensional Shape Reconstruction Using a PC Cluster System」

（PCクラスタを用いた並列3次元形状復元）

首振りカメラを備えたPCを多数高速ネットワークで接続したシステムを用いて、人体の3次元像を

実時間で獲得する並列処理システムを開発した。このシステムを用いれば、多様な動作をする人体の3次元像をほぼ毎秒得ることができ、3次元TVなどの高次映像化システムを実現することが可能となる。

波部 齊(松山教授) 「照明変化に対して頑健な背景差分を用いた移動対象検出法」

様々に変化する照明環境の下でも安定して移動対象を検出するための方法として、Spatially Modulated Normalized Distanceと名付けた画像類似度の評価尺度を提案し、その統計的性質の解明および実環境での頑健性の評価を行い、理論的・実地的観点からこの尺度の有効性を示した。

村瀬 健太郎(松山教授) 「実時間対象検出・追跡のための知覚と行動の動的統合」

首振りカメラとSIMD型並列映像処理装置を備えたPCを用いて、移動対象を実時間で追跡するシステムを開発した。このシステムでは、ダイナミックメモリと名付けた共有メモリ機構により、映像処理、カメラ制御の2つの並行プロセスが実時間・動的に統合され、スムーズなカメラ運動が実現できている。

弓場 竜(松山教授) 「照明変化に追従した能動的カメラの周辺視画像の生成」

首振りカメラで撮影された移動対象のズームアップビデオ映像と、予め撮られた広角パノラマ背景画像とを1枚の画像につなぎ併せる際に生じる照明条件の差異を検出・補正するアルゴリズムを考案し、実画像を用いた実験によるその有効性を示した。

吉岡 章夫(松山教授) 「複数エージェントの仮想的な同期に基づく協同注視システム」

ネットワーク結合された首振りカメラ付き計算機群が互いに協調しあって移動対象を追跡するシステムを開発した。このシステムでは、各計算機における画像の観測時刻のずれを吸収するための機構として、ダイナミックメモリを用いた仮想同期が実現されており、対象の3次元位置を高精度に求めることができる。

情報学研究科 通信情報システム専攻

島津 義嗣(吉田教授) 「ITS車車間通信におけるパケット中継制御法の研究」

本論文では、高度道路交通システム(ITS)における車車間通信を対象として、パケット中継によるトラフィック増加を抑制する自律分散パケット中継制御法を提案し、その有効性を計算機シミュレーションにより明らかにしている。

中尾 正悟(吉田教授) 「ITS車車間通信に適した無線アクセス方式の検討」

本論文では、高度当路交通システム(ITS)における車車間通信について、自律分散的にパケット衝突が回避できるスロットアクセスプロトコルを提案している。さらに、その有効性を計算機シミュレーションにより明らかにしている。

西尾 昭彦(吉田教授) 「DS-CDMA移動通信における音声・データ統合伝送に関する研究」

音声・データ統合伝送について、干渉キャンセラとパケット検出器とを結合させた受信方式と、データパケットを開ループ電力制御により伝送する際の送信電力制御法を提案した。さらに、計算機シミュレーションによりこれらの方式の有効性を確認した。

林 宏樹(吉田教授) 「マルチセル環境におけるDS-CDMA用干渉キャンセラの構成に関する研究」

マルチセル環境でサイトダイバーシチと送信電力制御を併用した場合に効果的な干渉キャンセラとして、各基地局における受信電力の相違を考慮したハイブリッド構成の干渉キャンセラを提案し、計算機シミュレーションによりその有効性を確認した。

渡辺 尚人(田丸教授) 「動きベクトル検出用低消費電力省メモリ型プロセッサアレイの設計」

動画像の動きベクトルを検出するプロセッサアレイを設計した。その特徴は、必要最小限の並列化を行うことにより効率良く高速化を実現し、メモリ共有アルゴリズムを用いて必要な総メモリ量を削減し、

アーキテクチャレベルでいくつかの手法を用いて消費電力を抑えた事である。

橋本 昌 宜 (田丸教授) 「LSI設計における遅延・消費電力最適化手法 - ゲート寸法最適化と入力端子接続最適化 - 」

論理ゲートの入力端子、寸法ごとの特性の違いを利用してLSIの遅延時間、消費電力を最適化する手法を提案した。入力容量が他端子の信号値に強く依存することや、ゲート寸法の変更によってグリッチ数が大きく変化することを新たに最適化に利用した。

寺田 一 彦 (田丸教授) 「階層型ベクトル量子化を用いた実時間低ビットレート動画像圧縮システム」

携帯端末でのテレビ電話システムの実現を目指して、階層的ベクトル量子化を利用して動画像に符号化を符号化するシステムを提案した。29.2kbpsという低ビットレートへの圧縮と通信路誤り耐性の強化を両立し、機能メモリ型プロセッサを用いることで低電力を実現した。

小林 幸 史 (田丸教授) 「DRAMベース加算機能メモリとその動きベクトル検出への応用」

加算機能メモリとはDRAMをベースにした機能メモリである。通常のDRAM動作である記憶保持に加え、メモリ内部でビット直列ワード並列に演算処理が可能である。加算機能メモリは大量かつ単純な演算を効果的に実行でき、本研究では動きベクトル検出に応用した。

唐 忱 (田丸教授) 「加算機能メモリを用いた動きベクトル検出LSIのアーキテクチャの検討」
DRAMにビットシリアル演算機構を付加する加算機能メモリにおいて、動きベクトル検出を高速に行うためのアーキテクチャの検討を行った。本アーキテクチャでは画像メモリと演算器を密に結合することで高速な処理を行うことができる。

上田 義 勝 (中村教授) 「電磁粒子シミュレーション回路の設計及びプラスチックセルアーキテクチャへの拡張」

従来ソフトウェアで行われる事が多かった電磁粒子シミュレーションを並列演算回路設計することで高速化を行う。近年発達してきているハードウェア記述言語と再構成可能回路を用い、ソフトウェアと同様の手法と期間で設計できることを示す。

菅 竜 二 (中村教授) 「プラスチックセルアーキテクチャへの論理関数のアレイ型埋め込み手法に関する研究」

自律的再構成可能な布線論理による並列汎用計算機構であるプラスチックセルアーキテクチャ(以下PCA)上に回路を構成する手法を提案する。PCAのアレイ構造に注目し、論理関数から二次元的な論理式を構成することにより、高速かつ高性能な埋め込みが可能となる。

中根 良 樹 (中村教授) 「プラスチックセルアーキテクチャにおける回路の動的配置制御機構に関する研究」

布線論理主体の並列性とソフトウェアの汎用性を併せ持つ新しい計算機構であるプラスチックセルアーキテクチャの実現に向けて、処理実行中に動的に生成・削除される回路オブジェクトの動的な配置制御機構の実現方法を提案する。

深津 元 (中村教授) 「布線論理を自立的に再構成する機構を持つLSIの設計と試作」

ハードウェアの並列性を活かしながら汎用性をも実現する自律的再構成可能な計算機構を実回路として実現する。LSI化を検討し、設計と試作を行う。一方で、既存の再構成可能なデバイスを利用した自律的再構成機構を実現する手法を提案する。

高野 豊 久 (佐藤教授) 「波長規模物体による散乱波の高速推定法に関する研究」

安定かつ高分解能な地下埋設物推定アルゴリズム開発に必要な3次元レイトレイシング法を開発した。特に波長規模物体による散乱も簡易かつ高速に取り扱えるよう、時間領域物理光学近似を用い、回折波も正確に表現できる手法を開発した。

情報学研究科 システム科学専攻

阿部 祐 司（英保教授） 「カラー動画像からの先行車両の実時間追跡」

車載された単眼テレビカメラからのカラー動画像系列から、色彩情報に基づく先行車両領域の抽出を行うもので、複数シード画素からの領域拡張による分割手法と、ピラミッド画像を用いたHopfieldネットワークによる領域分割手法の2方法を提案している。

加賀谷 淳（英保教授） 「カラー写真の鮮鋭化補正処理」

写真のぼけの程度を推定し、それに応じた鮮鋭化処理をする手法を提案している。その際に鮮鋭化処理結果の画質についても考慮して、より自然な画像に鮮鋭化される方法を組み込み、不自然にならず鮮鋭化効果の極めてよい画像変換を可能にした。

鹿子木 亨 紀（英保教授） 「Image Database System Using Color-Based Segmentation and Matching」

（色彩情報に基づく領域分割とマッチングを利用した画像データベースシステム）

画像は色彩情報に基づく領域分割を施し、各領域の特徴量をデータベースに保存する。検索は所望の画像の概略スケッチの領域特徴量とデータベース画像の領域情報との比較により行う。高速検索の可能な画像データベースシステムを提案している。

河合 良 樹（英保教授） 「色彩情報を用いた道路走行車両の画像計測」

道路画像から背景領域の除去後色彩情報を用いて領域分割を行いフレーム間での領域の対応付けを行い、同一車両領域の検出を行うものである。

立入 靖（英保教授） 「ニューラルネットワークを用いたX線CT像からの臓器抽出」

本研究ではX線CT像から複数の主要な臓器を自動抽出する手法を提案する。各臓器が持つ特徴を複数のニューラルネットワークに学習させることにより、広範囲のスライスに対して臓器抽出可能なシステムを構成した。

エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻

梅田 直 樹（吉川榮和教授） 「頭部装着型インタフェースデバイス（HIDE）のカーナビゲーションシステムへの応用」

モバイル型でハンドフリーな操作が可能な情報提示端末として、頭部装着型インタフェースデバイスを試作し、ナビゲーション、地図画面操作、居眠り検出、ずれ補正、覚醒度検出の諸機能を備えたカーナビゲーションシステムを製作して、性能評価を行った。

國 弘 威（吉川榮和教授） 「動的表情認識による感情推定手法に関する基礎研究」

動画像からヒトの表情から内面感情を実時間で推定するため、表情および感情に関する心理学理論をベースに、顔表情の特徴量を抽出し、これをもとにファジィ推論で表情認識し、さらに視線方向を検出する、ビデオ画像認識システムを試作し、評価実験を行った。

大石 創（吉川榮和教授） 「対話型エネルギー需給計画支援システムの構築」

関電の供給地域を具体的対象に、ユーザの選択したシナリオにより、まず、太陽光および風力発電の出力を推定の後、水力、火力、原子力発電の最適需給計画解を線形計画法により求解するという、ベストミックス需給計画の対話型支援システムを作成した。

二階堂 義 明（吉川榮和教授） 「頭部装着型インタフェースデバイス（HIDE）の製作と応用に関する研究」

モバイル型でハンドフリーな操作が可能な情報提示端末として利用可能な頭部装着型インタフェー

デバイスの機能拡張を行った。表示映像の解像度向上、音声認識率の向上、映像表示部の自動開閉、ハンドフリーマウス、動画の無線送信などの新機能を付加した。

張 国 東 (吉川榮和教授) 「入れ子型エネルギー需給システムの可視化に関する研究」

近畿地方を対象に、個人住宅、市町村、府県レベル、近畿地方全体の4階層に分けて各種制度下でのエネルギー需給状況の分析評価を支援するため、膨大なメッシュ点のシミュレーションデータを有効に情報可視化するための対話型システムを試作した。

山 本 倫 也 (吉川榮和教授) 「分散型仮想環境の自律的拡張法に関する研究」

複数の利用者が共通の仮想環境に参加する分散型仮想環境を構築してその臨場感を感性スペクトルアナライザにより実験的に確認した。さらに分散型仮想環境の自律的拡張手法を考案してそのプロトタイプシステムを構築し、考案した手法の有効性を検証した。

エネルギー科学研究科 エネルギー基礎科学専攻

神 保 與 一 (近藤教授) 「 $L=1$ ヘリカル軸ヘリオトロンにおけるバルーニング不安定性」

本研究では、バルーニング表示と呼ばれる一種のWKB近似から得られる磁力線方向一次元の二階常微分方程式、すなわちバルーニング方程式を、三次元平衡のもとで数値解析することにより、 $L=1$ ヘリカル軸ヘリオトロンにおけるバルーニング不安定性の磁場配位依存性を明らかにした。

エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻

**達 本 衡 輝 (塩津教授) 「Critical Heat Fluxes on Flat Plates in Pressurized Superfluid Helium」
(加圧超流動ヘリウム中の平板における臨界熱流束)**

常流動ヘリウムよりはるかに優れた冷却特性を持ち核融合炉や加速器等の超伝導マグネット冷却材として期待されている加圧超流動ヘリウム中の臨界熱流束を、平板発熱体巾、冷却チャンネル断面積、ヘリウム温度等を種々変えて求め、臨界熱流束表示式を提示した。

**関 谷 憲 司 (塩津教授) 「Experimental Study on On-line Estimation of Power System Operating Conditions by Use of Superconducting Magnetic Energy Storage」
(超電動エネルギー貯蔵装置を用いた電力系統運転状態オンライン把握に関する実験的研究)**

電力系統内の電力貯蔵装置・パワーコンディショニングデバイスとして期待されている超電導エネルギー貯蔵装置の新たな応用として、これを用いた電力系統運転状態のオンライン把握を提案し、電力系統シミュレータを用いてその適用法、可能性、有用性について検討を行った。

**藤 井 芳 郎 (野澤教授) 「Design of a Bit-Serial Word-Parallel Functional Memory with Ferroelectric Capacitor」
(強誘電体キャパシタを用いたビット直列ワード並列型機能メモリの設計)**

強誘電体キャパシタを用いたビット直列ワード並列型機能メモリを設計し、試作チップにより外部からの読み出し書き込み動作と同時に内部演算回路による加算結果の書き込み動作を確認した。また、リフレッシュ動作が不要なため応用上加算だけでなく、複雑な演算回路を持つ機能メモリに適していることを見出した。

長 澤 大 (野澤教授) 「Simulation on Thermionic Electron Emission Rate Considering Local Field in Ferroelectric Thin Film」

(強誘電体膜中の局所電場を考慮した熱電子放出速度の計算)

強誘電体メモリにおけるインプリント現象の発現メカニズム解明を目的として、実験データに基づい

た理論解析を行なった。強誘電体内部の電界をローレンツの理論にしたがって求め、これによる熱電界放出効果を考慮することで強誘電体材料系の違いを比誘電率の違いとしてデバイス特性式に取り込むことに成功した。

エネルギー工学研究所

草場 亮介(井上信幸教授) 「円筒形慣性静電閉じ込め方式核融合の特性解析」

ビーム軌道解析コードを基に開発した計算コードにより、円筒形慣性静電閉じ込め方式装置内におけるイオンビーム軌道と核融合反応率を計算した。その結果、実験結果を説明すると共に、実験装置の電極形状の最適化により、集束性を大幅に改善できることを示した。

岸村 正嗣(吉川潔教授) 「高周波電子銃の特性に関する基礎的実験研究」

自由電子レーザーの高性能化に必要な不可欠とされる高輝度相対論的電子ビームの発生を目指した高周波電子銃に関して、その高周波反射特性の測定、解析との比較を通じて、高周波電子銃の等価回路を導き検証した。また、ビーム電流、ビームサイズ等の出力ビームの基本的な特性を測定した。

賀谷 哲寛(吉川潔教授) 「電磁軟鉄を用いたStaggered-Arrayアンジュレータの特性解析」

自由電子レーザー発振波長がソレノイドコイル電流量により可変であるという特長を持つStaggered-Arrayアンジュレータの設計を計算機シミュレーションを用いて行った。特に、形状の最適化された磁気帰還回路を設けることにより、帰還回路の無い場合に比して44%程度強い反射光強度の得られることを見出した。

星野 力(吉川潔教授) 「慣性静電閉じ込め核融合の数値シミュレーション」

ビーム衝突核融合の一方式である慣性静電閉じ込め核融合装置の動作原理を解明することを目的として、原子過程を考慮した粒子解析コードを開発した。解析により、装置内の電位分布、荷電粒子の挙動を明らかにし、核融合反応の場所並びに核種を特定した。

鬼頭 利治(大引教授) 「プラズマ対向材のリチウムコーティング法に関する研究」

磁場の存在下で可能なプラズマ対向材表面改質法を開発すべく、ECHプラズマによるリチウム・コーティングの基礎実験を行った。この結果、プラズマ装置内で同時進行する堆積/スパッタ/拡散等、リチウムの装置内循環の重要性および動作ガス流制御の必要性が示唆された。

真鍋 義人(大引教授) 「ヘリオトロンEにおける電子サイクロトロン加熱と電流制御のための斜め入射システム」

斜め入射ECHによるパワー吸収分布制御並びに電流制御の可能性を探るためヘリオトロンE装置において斜め入射システムを構築した。これを用いて、特に、パワー吸収分布および電子温度分布の入射角依存性を実験的に調べ、斜め入射法の有効性を実証した。

伊藤 秀樹(佐野教授) 「L=1ヘリカル軸ヘリオトロン(Heliotron J)用イオンサイクロトロン周波数帯加熱用アンテナの最適化設計」

イオンサイクロトロン加熱でのアンテナ設計は重要な課題である。本論文では現在京都大学で建設中のHeliotron J装置用アンテナおよび伝送路の設計を行った。特に磁場とアンテナ電流の角度依存を明らかにし、磁場配位の可変範囲が広い同装置での最適化を行った。

廣田 敦信(佐野教授) 「ヘリカル系プラズマにおけるPfirsch-Schluter電流の数値計算法に関する研究」

トラスプラズマで重要な役割を果たすPfirsch-Schluter電流を、MHD平衡方程式を解く従来の方法ではなく、磁気面の存在を仮定しない新しい計算法をもちいてHeliotron E磁場に適用して求め、理論的予測と実験点観測とあう結果を得た。

超高層電波研究センター

荒川 真志 (松本教授) 「地球磁気圏バウショックにおけるプラズマ波動観測及び電磁粒子シミュレーション」

本論文では、地球磁気圏前面に形成されるバウショックを対象として、GEOTAIL衛星により観測されたプラズマ波動について述べるとともに、電磁粒子コードを用いた計算機シミュレーションを行い、ショック周辺での粒子のダイナミクスと波動の励起について調べた。

市川 正樹 (松本教授) 「マイクロ波送電のマルチビーム化に関する研究」

現在の宇宙太陽発電所構想において、送電アンテナとしてフェーズドアレイアンテナが用いられている。本研究では、複数の方向に同時に電力を効率よく送電することを目的として、送電アンテナをマルチビーム化した送電システムの開発を行った。

西川 武男 (松本教授) 「Computer Experiments on Nonlinear Interactions of Intense Electromagnetic Wave with the Ionospheric Plasma」

(大振幅電磁波 - 電離層プラズマの非線形相互作用に関する計算機実験)

プラズマ中に大振幅の電磁波が伝搬してきた際に、プラズマ粒子が速度変調を受けることによっていわゆる三波共鳴と呼ばれる非線形現象が起こる。本研究ではこの現象をプラズマ粒子コードKEMPOを用いた計算機実験で解析した。

松田 知也 (深尾教授) 「Study on Observation Methods of Atmospheric Dynamics with a Millimeter-Wave Doppler Radar」

(ミリ波ドップラーレーダーを用いた大気運動の観測法に関する研究)

ミリ波ドップラーレーダーの開発により「霧」の定量的な観測が可能となったが、本研究では本レーダーのドップラー速度データから大気運動を詳細に知るための観測法の開発を行った。得られた風速成分等をMUレーダーデータとの比較などから検証した。

久保 幸司 (深尾教授) 「MUレーダーによる中間圏散乱エコー特性の理論的研究」

MUレーダー中間圏観測にみられる電波散乱エコーが大気乱流に起因すると仮定して散乱強度の評価式を構築し、乱流強度とBragg波長スケールの電子密度揺らぎとの相乗的な効果によって中間圏エコーが発生していることを定量的に示した。

寺田 和彦 (橋本教授) 「宇宙ステーションとのTCP/IP通信に関する研究」

国際宇宙ステーション上の日本実験モジュール(JEM)と地上との通信回線は大きな伝送遅延および衛星の不可視時間による通信断絶といった特性を有する。本研究では現在のTCPにより通信する場合に生じる問題をSACKやICMPを用いることによって解決する。

富永 丈博 (橋本教授) 「電磁粒子シミュレーションコードの効率化に関する研究」

宇宙プラズマで発生する現象を対象に、計算機上でより高精度、高速度なシミュレーションを行うために新たなコードを開発した。本論文ではこのコードで採用した新たなアルゴリズムや、コーディング上の改良について説明している。

平山 勝規 (橋本教授) 「ガス管内を移動するロボットへの無線電力伝送システムに関する研究」

本研究はガス管中を移動するロボットへのマイクロ波無線給電システムの検討を行った。ガス管中を伝搬するマイクロ波のモードと減衰量に関する実験的検討を行った後、ロボット駆動に必要な電力を得るために必要な大電力受電用電力分配型レクテナの開発を行った。

宮口 賢一 (橋本教授) 「プラズマシートにおける静電孤立波の統計解析による研究」

プラズマシートで観測されている静電孤立波(ESW)を波形観測データから自動識別し、伝搬方向別に統計解析を行った結果、ESWの発生領域は地球から20-40Re離れた領域に存在し、その領域は磁力

線再結合の際生じる磁気中性線の位置と良い相関がある。また、計算機実験において示唆されたESWの発生と電子ビームの相関関係についても観測結果から検証された。

南 洋 充 (津田教授) 「Tropospheric Scintillation of BS (Broadcasting Satellite) Signals」
(衛星放送電波の対流圏シンチレーションに関する研究)

BS電波が大気伝播する際に対流圏内の屈折率変動により受けるシンチレーションを、各種気象データとともに鹿児島島南部および沖縄で集中観測し、大気乱流が強かつ水蒸気分布が高度および水平に大きく変化する場合に顕著なシンチレーションが現れることを示した。

東 川 淳 紀 (津田教授) 「Observations of Atmospheric Gravity Waves in Airglow Layers with CCD Imagers」

(CCDイメージャを用いた大気発光層中の大気重力波の観測)

中間圏界面領域の高度85-100kmで夜間に発光する大気光を滋賀県信楽に設置した高感度CCDカメラで自動撮像した。取得した画像中の大気重力波の構造を解析し、またMUレーダーによる風速観測を併せて解析し、重力波の3次元構造や伝搬を明らかにした。

古 本 淳 一 (津田教授) 「Detailed Tropopause Structure and Turbulence Characteristics Revealed by MU radar-RASS Measurements」

(MUレーダー・RASSによる対流圏界面微細構造及び乱流構造の解明)

MUレーダー・RASSによる高分解能大気温度を用いて、対流圏界面付近の微細構造および重力波によるその変動を調べた。また乱流エコー強度の決定要因である乱流強度、温度、湿度の寄与を詳細に検討した。夏季のキャンペーン中、エコー強度が湿度により主に決定される事が強く示唆された。

学生の声**世紀末と私**

電気工学専攻 奥村研究室 博士後期課程3回生 杉田寛之

私は昭和最後の年に工学部電気系に入学し、大学院修士課程電気工学専攻を修了後、2年半の会社勤務を経て、博士課程に再入学しました。現在は4回生および修士課程同様、MHD発電の数値解析に関する研究を行っています。従来(戦後?)の我が国の慣習から見れば、異色の経歴と呼ばれる部類に入るかと思いますが、短いながらも会社勤務で得た経験は決して無駄ではなかったと感じています。特に、高度成長期を通じて今日の経済大国を築いてきた「まじめに働けば報われる社会」から、バブル景気の崩壊後のこの不況の中、効率重視の「価値のある者だけが生き残る競争社会」に移行しつつある様を、上司や同僚、生産現場の方々などとの仕事を通じて体感できたことは、今後の人生における貴重な財産となりました。

21世紀を間近に控えて、「高度情報化社会」や「情報通信」、「マルチメディア」という言葉が豊かな社会を約束する「魔法の言葉」のように使われています。確かに現在、「インターネット」や「電子メール」、「携帯電話」といった、私が大学に入学した時には身近に存在しなかったものが、今では「当たり前なもの」、「なくてはならないもの」になっています。しかし、一方でこの地球上には、戦争、貧困、エネルギー、環境などの問題が以前よりも深刻さを増しており、現状の「景気」、「経済」至上主義のままでは、人類の未来は悲観的と言わざるを得ません。

私は、今後研究者として、単なる「金銭的価値」にとどまらず、生活や環境、文化を豊かにする「社会的価値」のあるものを世の中に提案し、実現できるような研究をしていきたい、と考えています。まさに「言うは易し、行うは難し。」ですが、核となる専門分野をより深めるのちももちろんのこと、異なる分野、国、考え方の人々との交流から学び、広い視野を持つと同時に、自分の経験を少しでも後輩達に伝えることで、「楽しい日本。明るい世界。」づくりに貢献したいと思います。まだまだ、「サッカーのユース代表」や「宇多田ヒカル」には負けられません。

大学での研究(工業応用と基礎研究の狭間)

電子物性工学専攻 橘研究室 博士後期課程2回生 高橋和生

電気電子の分野で学んだこの8年間、常にこの分野と産業との密接なつながりを感じてきました。特に、研究室に所属してからは、自分の研究テーマの産業への応用を意識するようになりました。私は、これまで半導体プラズマプロセスに関する研究に携わってきました。この分野では、企業の研究が多く為されており、その研究による技術の発達が目立ちます。学会で発表される企業の研究成果は、製品化という具体的な目標があることから、私たちの成果とは、論点や視点が異なります。このことに、興味を持たれるのと同時に、企業が作っている世の中の流れの中で、大学で私自身は何をしたらよいのかを考えさせられることが多々あります。その中で、最も興味のある物性の基礎研究分野と一般社会に対して意義深い工業的応用分野、この2つの狭間で自分のテーマの位置付けを幾度となく考えました。社会での要求が突きつけられ、研究の意義が問われる中、比較的のんびりと興味本位だけで研究をしている自分に不安を感じたこともあります。しかし、個人の発想を大切にす風潮もあり、今では、そのことを支えにしながら自信を持って研究に取り組んでいます。まだ学生で研究については右も左もわからない身分でありながらも、大学に居るからこそできる研究を時間にとらわれずに行いたいという願望があり、それが自信につながっているのだと思います。そして大学に居る間、いつかは自分が社会に対して何か新しい提案ができることを希望とし、科学という大きなテーマに挑戦していきたいと思います。まだ今は、研究で時間的にも精神的にも余裕がありませんが、自分と産業との接点を見出し、いずれは社会全体を見渡せるゆとりを持つことができればと思います。企業との交流が多い恵まれた環境にあるこの研究科で、産業との関わり合いから多大な刺激を受け、様々な経験をこれからできることに期待したいです。

教室通信

1. 平成10年度の電気電子工学科の学生と大学院修士学生の就職状況は、不況にも関わらず例年どおり好調でした。
学部卒業生の総数は128名、そのうち106名が大学院修士課程へ進学し、20名が企業に就職しました。また、修士課程修了し就職した人は電気工学専攻24名、電子物性工学専攻21名、電子通信工学専攻34名、博士後期課程進学者は11名でした。就職先はユーザ、製造メーカーなど多岐にわたり今年度特に従来と変わった傾向はありません。
2. 大学院重点化により大学院を充実させるため、各専攻の分野数を増加させた結果、従来一研究室当り約300平米であった面積が約250平米に減りました。研究環境の息苦しさを感ずる結果となっています。
今後、当局の抜本的な対策が期待されるところです。

編集後記

日増しに暑くなり、今年もまた夏が始まりつつあります。さてcueも、はや第3号となり徐々に軌道にのりつつあります。また今年から、奥村先生を委員長とする新しい編集体勢となりました。今後ともどうか cue をよろしくお願い申し上げます。 (S. N.)

発行日：平成11年6月

編集：電気電子広報委員会

田丸 啓吉、奥村 浩士、佐藤 亨、
小野寺 秀俊、萩原 朋道、野田 進

発行：電気電子広報委員会

〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学工学部電気系教室内

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

印刷・製本：株式会社 田中プリント