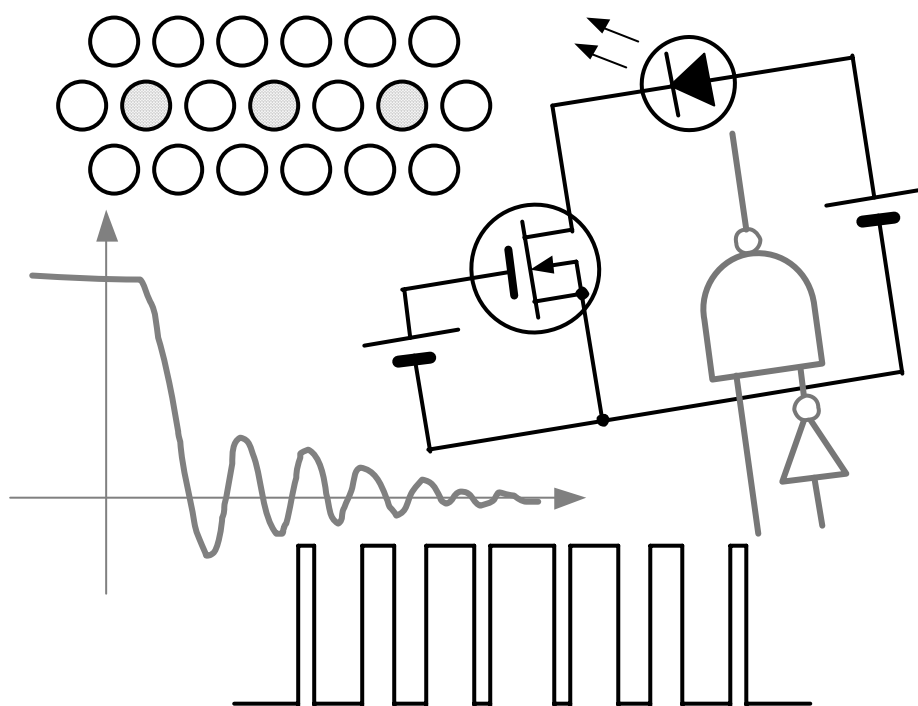

受験生のための京都大学オープンキャンパス

工学部 電気電子工学科

研究室紹介資料



ようこそ電気電子工学科へ

はじめに

電気電子工学は、現代のあらゆる産業や社会生活の基盤として、欠くことのできない科学技術となっています。ますます大規模になる集積回路技術、携帯電話やインターネットなどの高度な通信技術、ロボットや自動車などの人工知能や制御技術など、日常的に手に触れたり目にしたりするもので電気電子工学の恩恵にあずかっていないものはありません。そのくせ、最近では電気電子工学科の人気の、一昔前とは違って、少し下降傾向にあります。我々教員は不思議に思っているのですが、多分、携帯電話やパソコン、薄型 TV などの多くの電子機器があまりにも完成していて、中身はわからなくても使えるし、日常的なものになってしまっているせいで、構造や仕組みに深い興味が湧いてこないのかも知れません。あるいは、電気や電子は直接目に見えないせいかも知れません。しかし電気電子工学が生み出す技術はますます進歩しているのです。

ますます進化するエレクトロニクス

電気電子工学科では、電子や光を利用した機能素子や装置（デバイス）に用いられる半導体や誘電体、磁性体、超伝導体などの電子材料に関する基礎科学や、イオンビームやプラズマを利用したナノテク技術による新しいデバイスの創成、それらを応用した計測・制御や医療・福祉関連技術とそれらに関するハードウェアとソフトウェアなどの最先端技術と、その基盤となっている基礎学理の教育研究を行っています。

人と地球に優しいエネルギー・環境関連技術

21 世紀では、化石資源に代わる新しいエネルギー源の開発が必要になってきます。プラズマ核融合もその一つとして期待されていますが、従来の火力や原子力に加えて、風力や太陽光を利用した小型の分散型発電設備の割合を増やしていく必要があります。そのために必要な電力制御デバイスや回路技術、送電や配電システムのシステム技術などが、環境問題とも関連して再び重要になってきています。これらの教育研究を第二の柱としています。

快適で安全な通信・情報システム

情報と通信の技術は現代の人間生活にとって空気や水と同等に必要な不可欠なものとなってきています。コンピュータをベースとした通信網が整備され、高速化とともにセキュリティの確保が大きな課題となってきています。また、携帯電話での通信も、音声や文字だけでなく動画像や位置情報などの双方向通信へと高度化しています。今後、ますます多様化する情報・通信の新しい技術や安全性を確保する技術についても、その教育研究を本学科の第三の柱としています。

志望にあたって

本学科を志望するにあたって、皆さんはそれぞれに動機を考えておられることと思います。高性能な電気自動車を開発したい。ロボットをもっと人間に近づけるような技術がしたい。家電製品にもっとコンピュータ技術や通信機能を取り込みたい。薄型で大画面の 3 次元ディスプレイを作りたい。それらを可能にするための集積回路の設計がしたい。効率的な太陽光発電や蓄電の技術によって省エネを実現したい。医療や福祉に役立つようなエレクトロニクス技術を開発したい。宇宙通信や宇宙開発に関わる仕事がしたい。

はい、これらは全て電気電子工学科で研究教育されているテーマです。他にもまだまだ面白いようなテーマがありますが、全ては網羅できません。この小冊子を手がかりにして、関連のホームページを検索するなどして、各自のモチベーションと一致するかどうか探し当てて下さい。

我々の学科では、アドミッションポリシーとして、「自然現象や科学技術、その人間生活との関わりなどに対して広い関心と旺盛な探究心をもつとともに、電気電子工学関連の学術分野へ強い興味を有し、専門教育を受けるのに十分な基礎学力と論理的思考力を備えた創造性豊かな入学者」を求めています。上述のように、電気や電子は直接見えないので、多少敷居が高く見えるかも知れませんが、それを乗り越えて学問の内容がわかるようになってきたとき、また電気電子工学の知識でできることの広さや大きさがわかってきたときの喜びや楽しみは計り知れないものです。

どんな科目を勉強するのですか

入試に合格して入学できたとしたら、どんな科目を勉強するのか質問したい人も多いでしょう。具体的には、1，2回生の時に、数学、物理学などの全学共通の基礎科目のほかに、電気電子回路、電磁気学、情報通信や計算機工学の基礎、プログラミング技術、物性物理・電子材料・デバイスの基礎などを学習し、また初歩的な電気電子工学実験を行って基礎学力を養います。3回生ではより進んだ電気電子工学実験を行うとともに各自の志望に応じた科目を自由に選択学習します。4回生では選択科目に加えて特別研究を行い、専門的・総合的能力を高めます。さらに、全学年を通して外国語や人文・社会科学等の教養科目を履修し、知識と思考の幅を広げます。

このように説明したら、ロボットやディスプレイなど実際の技術はいつ習うのかと不満に思う人がいるでしょう。それは卒業研究や大学院での研究活動を通して学ぶこともあるでしょうし、大学では基礎学力や研究開発能力を十分身につけて、社会に出てからより大きく実用的な研究開発として着手することが多いのです。

そこで、電気電子工学科では、まず基礎的な共通科目を学習した後、学生個々人がその志望に応じた多様な選択が行えるようにカリキュラムが作られています。これによって、電気電子工学に関連する科学技術分野を総合的に理解しうる基礎学力を養うとともに、興味のあるテーマについて深く学習することを可能とし、広い視野と創造的な専門能力を兼ね備えた人材を生み出すことを意図しているわけです。

最後になりましたが、できるだけ多くの受験生の皆さんのチャレンジを待っています。

「受験生のための京都大学オープンキャンパス2007」

工学部 電気電子工学科 プログラム

実施日：平成19年8月10日（金） 12:30～16:30

12:30 電気総合館 1 階大講義室集合

12:35 学科長による歓迎挨拶、学科紹介および見学方法の説明

A コース：（吉田のみ）

13:05-13:40 研究室 1 見学
13:40-13:45 研究室 2 へ移動
13:45-14:45 研究室 2 見学
14:45-14:50 研究室 3 へ移動
14:50-15:50 研究室 3 見学
15:50-15:55 大講義室へ移動
15:55-16:10 アンケート記入、吉田にて解散

B コース：（吉田→桂）

13:05-13:40 研究室 1 見学
13:40-13:45 時計台前のバスターミナルへ移動
13:45-14:45 桂へ移動
14:45-15:25 研究室 2 見学
15:25-15:30 研究室 3 へ移動
15:30-16:20 研究室 3 見学
16:20-16:25 大講義室へ移動
16:25-16:30 アンケート記入、桂にて解散

C コース：（吉田→桂→吉田）

13:05-13:40 研究室 1 見学
13:40-13:45 時計台前のバスターミナルへ移動
13:45-14:45 桂へ移動
14:45-15:25 研究室 2 見学
15:25-15:30 ローム記念館前のバスターミナルへ移動
15:30-16:30 吉田へ移動（車中アンケート記入）
16:30 吉田にて解散

お願い

- ・オープンキャンパス申込時の希望に基づき、各自 A～C いずれかのコースで見学して頂きます（定員の都合上、コースの変更はご遠慮下さい）。
- ・A コース見学者は 12 グループに、B および C コース見学者は 16 グループに分けて研究室にご案内します。各グループ・コースの見学研究室は別紙を参照してください。
- ・各研究室へは誘導者が案内しますので、誘導者に従って移動してください。
- ・アンケート記入の時間を設けていますので、アンケートの記入、提出にご協力ください。
- ・気分が悪くなったり、怪我をした場合などは速やかに申し出てください。

☆ 京都大学工学部電気電子工学科のホームページ：

<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/index-j.html>

電気系教室(電気電子工学科および関連部門)の組織

工学研究科

電気工学専攻

複合システム論講座

電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野

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

電気エネルギー工学講座 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

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

電子工学専攻

集積機能工学講座

電子物理工学講座 極微真空電子工学分野

電子物理工学講座 プラズマ物性工学分野

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

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 光量子電子工学分野

量子機能工学講座 量子電磁工学分野

情報学研究科

知能情報学専攻

知能メディア講座 言語メディア分野

知能メディア講座 画像メディア分野

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

通信システム工学講座 伝送メディア分野

通信システム工学講座 知的通信網分野

集積システム工学講座 情報回路方式分野

集積システム工学講座 大規模集積回路分野

集積システム工学講座 超高速信号処理分野

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

システム情報論講座 医用工学分野

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

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

基礎プラズマ科学講座 核融合エネルギー制御分野

基礎プラズマ科学講座 高温プラズマ物性分野

エネルギー変換科学専攻

エネルギー機能変換講座 高品位エネルギー変換分野

エネルギー応用科学専攻

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野

応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野

関連研究所・センター等

光・電子理工学教育研究センター

ナノプロセス部門 ナノプロセス工学分野

国際融合創造センター

融合部門 ベンチャー分野

創造部門 先進電子材料分野

生存圏研究所

診断統御研究系 レーダー大気圏科学分野

診断統御研究系 大気圏精測診断分野

開発創成研究系 宇宙圏電波科学分野

開発創成研究系 生存科学計算機実験分野

開発創成研究系 生存圏電波応用分野

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

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野

エネルギー機能変換研究部門 複合プラズマ研究分野

ベンチャービジネスラボラトリー

高等教育研究開発推進センター

情報可視化分野

学術情報メディアセンター

複合メディア分野

工学研究科 電気工学専攻 複合システム論講座

古谷栄光, 田中俊二

1. 複合システム論とは

複合システム論とは、「システムを部品としてより大きなシステムを構築するための理論体系」というような意味です。たとえばクーラーの場合、温度を測定するセンサ、センサによる測定温度に基づきどれだけ冷却するかを決める計算機、冷却装置などが組み合わされて、はじめてクーラーというシステムができます。このようなシステムを構築する際に複合システム論が利用されます。私たちの研究室では、望ましい動作をするシステムを作るための理論である制御理論やシステム最適化に関する研究、またその成果を医療やエレベータなどの現実問題に応用する研究を行っています。

2. 制御理論と医療への応用

「制御」とは、ある物理量を望ましい値に速やかに近づけ、安定に維持するための技術です。私たちの研究室では、制御についての理論的研究と医療への応用、とくに手術などの医療行為がもたらす患者の負担が小さくなるように、患者を望ましい生理状態に維持する自動制御システムの開発を行っています。

すでに臨床応用を行っているものとして、手術中の血圧制御システムと静脈麻酔制御システムがあります。血圧制御システムは、手術中の患者の血圧を通常より低く維持することにより、出血量とそれに伴う輸血を減らし、手術時間を短縮できます。静脈麻酔制御システム(図1)は、手術中の麻酔薬の投与量を患者の覚醒度に応じて調整することにより、患者を適切な麻酔状態に維持しながら麻酔薬の総投与量を低減できます。



図 1: 静脈麻酔制御システム

3. システム最適化

「最適化」とは、ある評価尺度が最小(最大)になる答を求めることを指します。たとえば、「目的地に最も早く着くような経路を求める」ことや、「利益が最大になるように製品の生産計画を立てる」ことも最適化問題です。私たちの研究室では、システム最適化の研究として、生産スケジューリング問題やエレベータの群管理問題などを扱っています。ここでは、エレベータの群管理問題について説明します。

一般的なエレベータでは、エレベータホールでまず上下方向のボタンを押し、エレベータに乗ってから自分の行きたい階を指定します。一方、私たちが扱っているのは行き先階登録方式と呼ばれるエレベータで、行きたい階を直接指定できるボタンがエレベータホールに設けられている(図2)エレベータです。このようなシステムにより、乗客をより効率良く運ぶことができるものと期待されています。

私たちは、行き先階登録方式のエレベータの運行を決定する問題を、乗客がボタンを押した時点で運行を決め直していくという動的な最適化問題として扱い、コンピュータシミュレーションにより、従来のエレベータよりも大幅に性能を改善できることを確認しました。現在、実用化に向けてさらに研究を進めています。

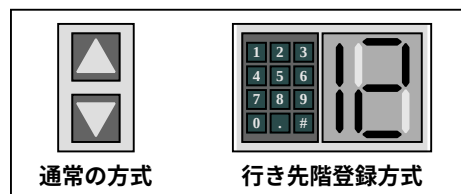


図 2: 行き先階登録方式のボタン

工学研究科 電気工学専攻 電磁エネルギー工学研究室

松尾 哲司、美船 健

近年、コンピュータ性能の著しい進歩・インターネット技術の広範な普及を受けて、計算科学・計算工学の重要性が急速に増しています。本研究室では、電磁エネルギー工学分野における計算機を用いた電磁界シミュレーションに関連した研究を行っています。

1. 高速電磁界シミュレーション

各種電気機器の設計・開発において、コンピュータを用いた数値シミュレーション技術が必要不可欠のものとなっています。そのような状況で、開発速度の向上・開発コストの削減を行うためには、シミュレーションの高速化・高効率化が非常に重要になります。

a. 電磁界シミュレーションにおいて広く用いられている手法の一つに有限要素法があります。有限要素法では、解析領域を四面体等の形状を用いて有限個の小領域に分割し（図1）、各小領域内で電位・電界等を一次関数等によって近似表現します。これに応じて電位・電界が満たすべき方程式も離散化され、巨大な連立代数方程式が導かれます。高精度を求める解析では未知数の数が一千万を超える方程式も現れますが、そのような大規模連立代数方程式に対して従来解法の有効性は十分でなく、より効率的な解法について研究・開発を行っています。

b. 研究室内および学内の各種並列計算機を用いて、並列処理による高速電磁界シミュレーションに関する研究を行っています。また、遠隔地に分散する計算機群をネットワーク上で連携する技術（グリッド技術）の応用についても研究を行っています。

2. 磁性体の磁気特性のモデリング

モーターなど多くの電気機器は鉄心を持っていますが、この鉄心で電力損失が生じます。効率の高い電気機器を開発するには、鉄心での損失を小さくすることが重要です。ところが、鉄心の磁気的な性質は複雑で、この磁気特性を精度良くモデル化することは簡単ではありません。そのため、計算機で鉄損を正確に算出することが困難になってきます。そこで本研究室では、鉄心の磁気特性を計測し（図2）、その特性を精度良くモデル化する方法を研究しています。このモデルと、1の高速電磁界シミュレーションの方法とを組み合わせることにより、高性能な電気機器を設計するソフトウェアを開発することを目指しています。

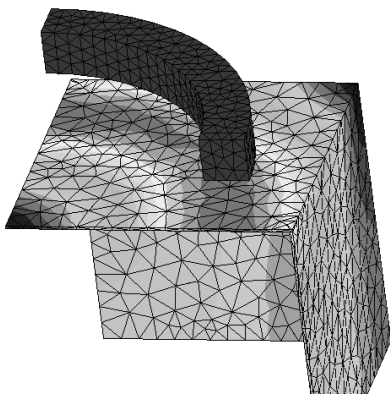


図1 解析対象の分割

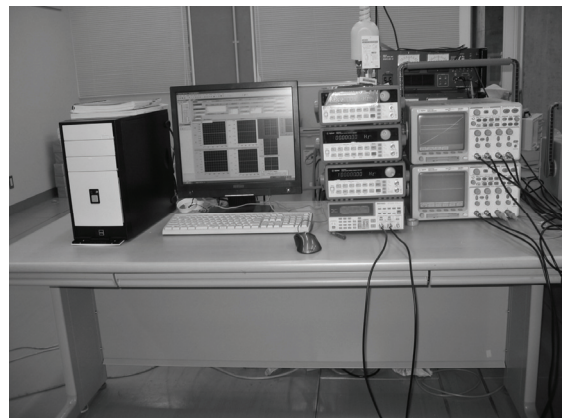


図2 磁気特性測定装置

工学研究科 電気工学専攻 超伝導工学研究室

中村 武恒

1. 不思議な超伝導現象

“超伝導体”は、通常はミクロの世界の現象が、私たちの世界のスケール（大きさ）で起こるという非常に不思議な物質です。この超伝導体は、様々な特性を持っており、最も重要な特長の一つに電気抵抗がゼロになるという性質があります。抵抗ゼロの超伝導物質に直流電流を流しても、ある臨界値までは全く抵抗が発生しません。従って、例えば超伝導材料を使ってモータを作れば、低損失で大出力をコンパクトなサイズで実現することができます。また、超伝導電磁石を作れば、従来よりもはるかに高い磁界を発熱無しで発生することができます。このような超伝導現象は、 -160°C 程度以下という、私たちの住んでいる世界では想像の及ばない低い温度で起こり、大変不思議に富んだ表情を見せてくれます。

2. 当研究室の取り組み

超伝導物質は、不思議で魅力的な特長を持っているのですが、その性質は大変複雑でへそ曲がりなところがあります。例えば、超伝導体にある臨界値以上の電流を流した時に発生する電圧は、流す電流の種類（直流か交流か）や外部から与える磁界の強さや方向等によって複雑な値を示します。しかし、一見へそ曲がりと思われる超伝導現象も、その裏に美しい物理現象が隠れていることが分かってきました。当研究室では、こうした物理現象に基づき、評価技術の確立を目指しています。

次に、上記評価技術を使って、様々な電力応用機器の開発を行っています。

例えば、電気の缶詰（超伝導磁気エネルギー貯蔵装置）やモータ（超伝導かご形誘導/同期モータ、超伝導バルク（塊）モータ）、非常に高速動作可能なスイッチ（超伝導磁気式永久電流スイッチ）、リード線のいらぬ電源（超伝導磁束ポンプ）などが対象です。これらの機器が実現されれば、これまでの技術では実現不可能な非常に高効率・高性能・高機能な電力機器を手に入れることができます。

研究室のホームページ：<http://www-lab04.kuee.kyoto-u.ac.jp/index.j.html>

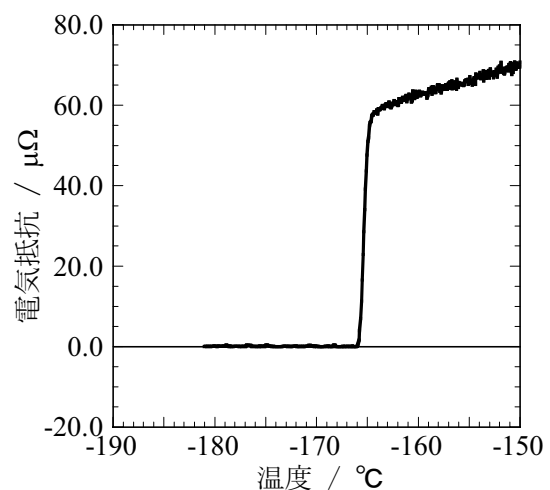


図 $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 高温超伝導テープ材の抵抗－温度特性．温度 -166°C で電気抵抗が消失している．

工学研究科 電気工学専攻 生体機能工学研究室

小林 哲生、濱田 昌司、笈田 武範、鄭 址旭、田上 周路

私達の研究室では、生体の有する優れた機能を探り、その知見を応用する**生体機能工学**に関して、医学研究科との連携により以下のような研究・開発を行っています。

1. 人間の脳神経系の機能を計測・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っています。(図1)

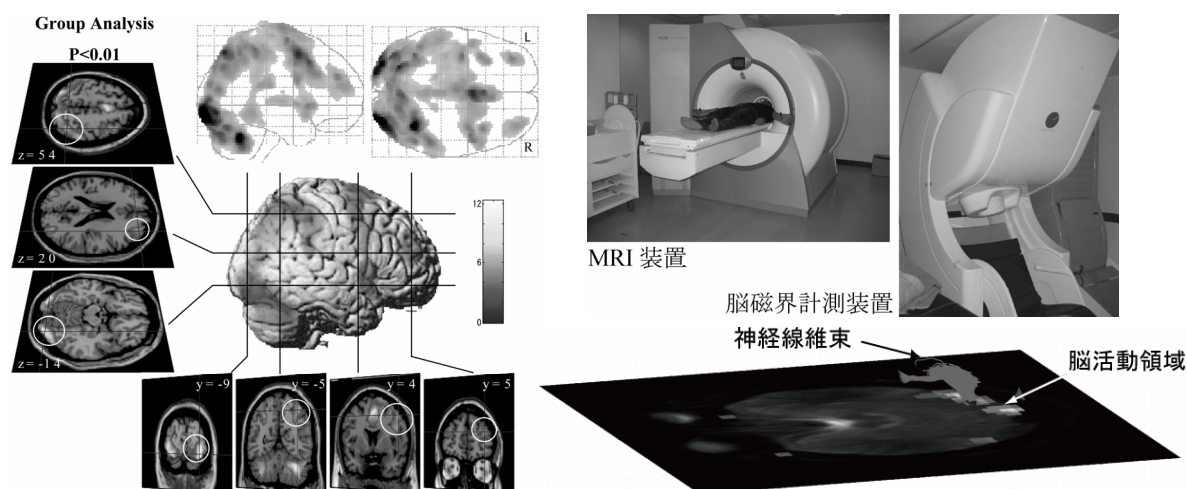


図1. 視覚的認知課題遂行に伴う脳活動の機能的 MRI による計測例と実験装置

2. 電界磁界の数値計算法の高精度・高速・大容量化の研究を行うと共に、生体内電磁界の数値計算を行うことで、電磁界の生体影響調査(図2)や神経信号の計測技術の高度化に関する研究を行っています。

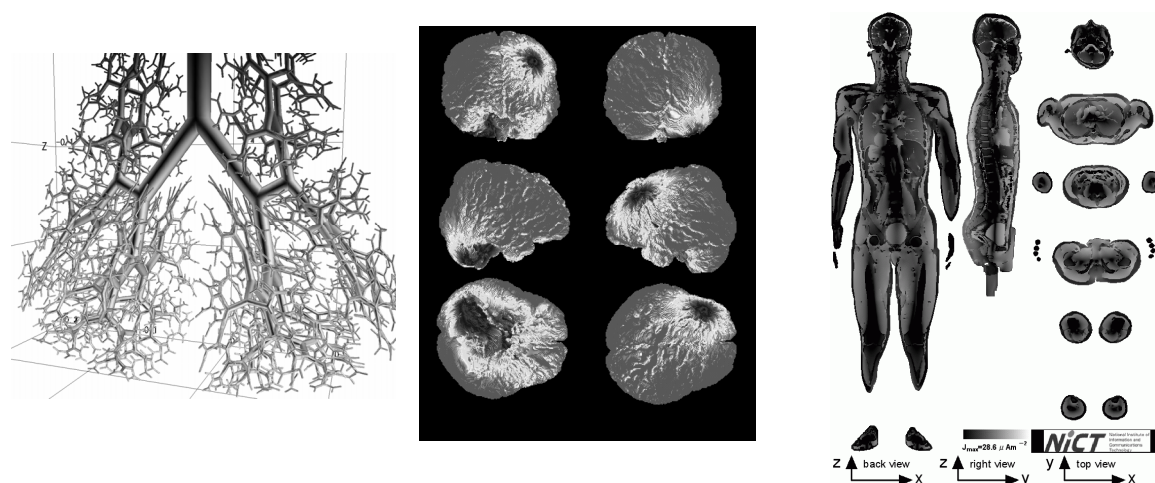


図2. 左から、肺・脳・全身の誘導電流密度解析の例

☆ 興味のある方は、研究室のホームページ (<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/~lab03>) をご覧下さい。

工学研究科 電気工学専攻 電力変換制御工学研究室

引原 隆士, 舟木 剛, 斎藤 啓子, 薄 良彦

1. 電力変換制御って何？ 電力を変換する、そして変換し制御するとはどういうことでしょうか？ 皆さんご存知のとおり、電気には「直流」と「交流」という2つの形態(かたち)があります。私たちの周りを見ると、大抵の家庭に 100 V, 60 Hz (関東では 50 Hz) の「交流」が電線を通して届いています。一方、例えば、皆さんが触ったことがあるパソコンの駆動には「直流」が使われます。この時、家庭のコンセントから電源ケーブルを介してノートパソコンのバッテリーに電力を供給するには、電気を「交流」から「直流」に変換する必要があります。このような電力の供給を目的として電気を希望の形態へ変換することを電力変換と呼び、現在、皆さんはごく普通に電力変換を使っています。また、皆さんが日頃利用している電車に目を向けてみます。最近では、乗客にとって快適な走行を実現するためにインバータと呼ばれる「直流」を「交流」に変換する電気回路を用いて電車の速さを制御しています。これは変換し制御している1つの実例です。このように、電力変換制御とは皆さんの周りにいくらかでも見つけることができる基盤技術なのです。

2. 研究室の取り組みは？ 21世紀の技術は、バイオ、ナノテクノロジー、エネルギー・環境分野で大きな進展を見せています。これらを支えるのは、エネルギー・電力を供給する技術と情報を操作する技術といわれています。特に、必要な形態(直流, 交流)で必要な量(50 W, 50 kW など)の電力を供給し、かつ希望する制御の目的(バッテリーの寿命を最大にする、電車の速さを一定に保つなど)を達成する電力変換制御技術は、今後ますます重要です。

私たちの研究室では、上記を含む様々な技術分野への応用を目指した電力変換制御工学の研究に日々取り組んでいます。具体的には、「直流」を「直流」に変換する dc-dc コンバータなどの電力変換回路の研究、シリコンカーバイド (SiC) と呼ばれるワイドバンドギャップ半導体を用いた電力変換回路の開発、電力ネットワーク(発電所から送電線、配電線を用いて家庭・工場などの負荷に電力を送る回路網)への導入を目的とした SVC や直流送電などの電力変換機器の研究や太陽光発電やレドックスフロー二次電池(図1)などの分散形電源の研究開発、電力変換制御技術を用いた電力ネットワーク運用に関わる基礎研究を行なうとともに、ナノテクノロジーに関連したマイクロシステムの制御技術に関わる研究、電力変換制御技術と密接に関連した非線形ダイナミクスの数値的研究を行なっています。このように、私たちは電力変換制御工学に関して、実験から理論まで、電気電子工学・機械工学から数学・物理学・化学などを含む広い学問領域において研究を進めています。興味のある方はホームページ (<http://www-lab23.kuee.kyoto-u.ac.jp/ja>) をご覧下さい。

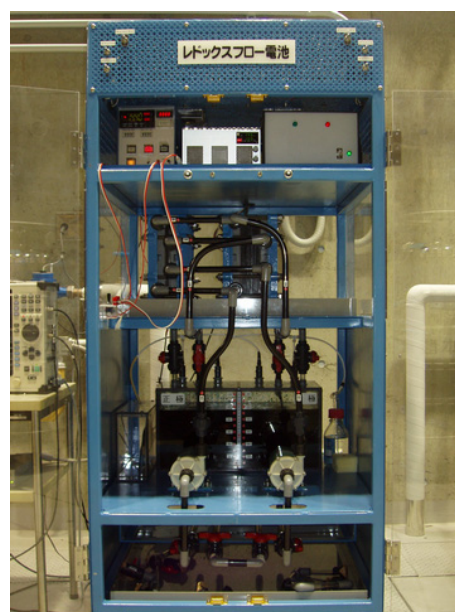


図1: レドックスフロー二次電池: 化学反応を利用してエネルギーを蓄え、必要なときに放出する。

工学研究科 電気工学専攻 電気回路網学分野

和田 修己, 久門 尚史

1 電気回路の役割

電気はエネルギーの担い手として、また信号の担い手として利用されています。電気回路はエネルギーと信号に対して、運搬する役割、処理または変換する役割、そして蓄える役割を行ないます。例えば、図に示すように、送電線はエネルギーの運搬、ACアダプタはエネルギーの変換、バッテリーはエネルギーの貯蔵を行ないます。一方、通信線は信号の運搬、コンピュータのLSIは信号の処理、メモリーは信号の保存を行なう電気回路です。

21世紀においては環境にやさしい超高速コンピュータやユビキタスネットワークを実現する技術が必要とされています。つまり電気回路においては、回路の高速化と低雑音化・低消費電力化が重要な課題となっています。例えば、コンピュータや通信機器の回路は高速化と低雑音化が重要となり、エネルギー変換の回路やモバイル機器の回路は低消費電力化が重要になります。

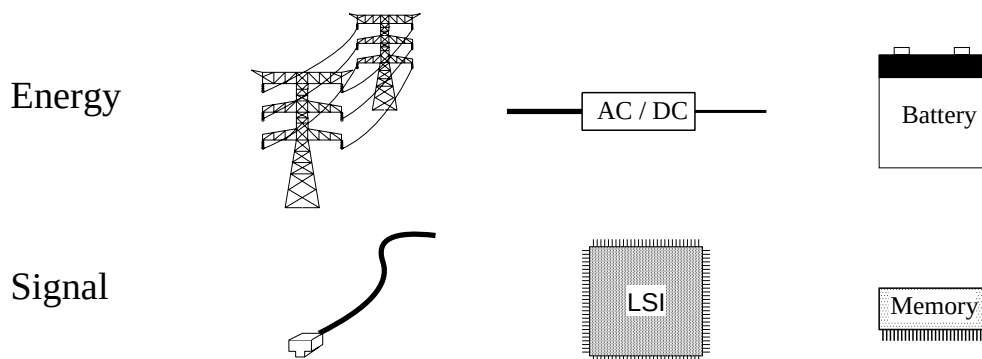


図 1: エネルギーと信号の担い手としての様々な電気回路

2 研究室の取り組み

電気回路システムは大きいものでは電力システム、小さいものではLSIに至るまで多種多様ですが、現在研究室ではつぎのような研究に取り組んでいます。

回路システムの基礎研究 回路システムの基礎研究として、数学や物理の理論を回路網解析に適用し、回路における多様な現象を明らかにするとともに、回路設計に有効な手法を提供しています。また、パソコンや携帯電話、デジタル回路の雑音を低減するためのLSIのモデルを開発しています。

分布定数システムの研究 現在の電気電子回路の発展を支える集中定数の回路理論は、電磁界を表現するMaxwellの方程式を洗練された形で近似することにより得られています。しかし、最近では回路システムの動作周波数が高くなり、回路を分布定数線路や電磁界の現象として扱う必要性が高まっています。そのような要請に対し、当研究室では新たな解析手法の開発やモデル化に取り組んでいます。

アルゴリズムのハードウェア化 計算機で問題を解くということは、問題を回路の物理現象に置き換えて解を得るということです。柔軟なハードウェアであるFPGAの登場により、個々の問題の構造に対応した回路への置き換えができるようになってきました。当研究室では問題を回路を用いて解く方法と、その回路の設計手法について研究しています。

* 詳しくは研究室のホームページ (<http://bell.kuee.kyoto-u.ac.jp/>) をご覧下さい。

工学研究科 電気工学専攻 自動制御工学分野

萩原 朋道, 蛭原 義雄

1. 自動制御とは ハードディスクやCD-ROMのドライブでは、極めて狭いトラック間隔でデータ領域が並ぶ中を、誤って隣のトラックのデータを読み出してしまったりすることなく、ヘッドは正確に目標トラック上に留まり、あるいは新たな目標トラック上にすばやく移動をします。そのような正確で高速な動作には、自動制御、あるいはフィードバック制御と呼ばれる技術が大きな役割を果たしています。一言でいえば、自動制御とは、**何かを所望の状態のまま一定に保ったり、所望の軌道に沿って何かを時間的に変化させる**ことを可能にする技術であるということができ、さまざまな身近な製品はもちろんのこと、半導体ステッパーやロボットアームなど工場における種々の製造工程、航空機・ロケット、インテリジェント・ビルなど、産業や日常生活の至るところで大変重要な役割を果たしています。

我々は、自動制御の技術をより高度に利用し、その質を高めるための方法について、応用上のさまざまな問題点を念頭におき、基礎理論から応用に至るまでの研究を行っています。これにより、これまでうまく自動制御することが難しかった対象を無理なく扱うことが可能となり、大きな経費をかけることなく生活や製品に対して安全性、快適性、利便性などの付加価値を与えることができるばかりでなく、省エネルギー、省資源などの意味で環境に優しい社会の実現にも寄与することができるわけです。

2. 自動制御を行う上での難点と自動制御の役割—動的システム/安定性/定常偏差 自動制御を行う上で何が難しいのか（動的システム概念）と自動制御が常に直面して解決を要求されるものの中でもっとも基本的な2つの課題（安定性と定常偏差）についての、その説明をできるだけ簡単に行おうと試みたのですが、どうしてもこの限られた紙面では説明しきれませんでした。そこでここでは概念的な説明にとどめて、ポイントのみ短く説明しましょう。

動的システムとは、(i) 静止しているモータに一定電圧を加えても、しばらく加速を続けてからようやく一定回転速度に達するというように、ある意味での時間遅れを持ち、(ii) モータに加える電圧をたとえば1ボルトとするように操作した場合でも、モータがほとんど静止に近い低速回転している場合には加速指令として作用する一方で、極めて高速回転している場合には減速指令として作用するという意味において、将来の動きが、現時刻で加える操作だけでなく、現在の状態（これは、過去に加えた操作の履歴と言い直すこともできます）にも依存するような性質を持つ対象のことと考えてください。

安定性 上記のような動的システムとしての性質は、多くの機械や装置に普遍的に見られるもので、これが自動制御を難しくする要因といえます。この時間遅れや過去の操作の影響を適切に考慮しておかないと、モータの回転速度を一定値に保つように自動制御をしてるつもりが、実際にはモータはどんどんと加速をしていったり、あるいは、回転方向を交互に逆転させながら加速と減速を繰り返しつつ、回転速度のピーク値がどんどんと大きくなっていくという、不安定現象を引き起こす可能性があります。こういったことを避け（つまり、**安定性**を確保し）つつも、できるだけ早くモータの回転速度を所望の速度に持っていくことが要求されるわけです。

定常偏差 モータの回転速度を目標速度に保つつもりで自動制御を行ってみたところ、モータの回転速度が一定値に落ち着いたとしましょう。しかし、この回転速度が、目標速度に一致している保証は一般にありません。これは不思議に思えるかもしれませんが、そういったことは、理論的にいっても、ごく一般的に起こることなのです。このような目標とのずれは、**定常偏差**と呼ばれていますが、自動制御の方式に工夫を施すことでこれを0とし、正確に目標を達成することもまた自動制御の役割です。

自動制御に関する研究の目指すもの では、具体的にどういう制御方式を用いればこれらの問題がすべて解決可能であるのか、あるいは、単なるモータの例に限らず、もっと複雑で自動制御の難しい対象においても所望の制御性能を達成するにはどうすればよいのか、あるいはまた、どんな制御方式を用いようとも越えることのできない制御性能の限界とはどこまでなのか、といったことがらについて、世の中に普遍的に存在するさまざまな動的システムと自動制御が絡む世界において、**できるだけ一般的かつ系統的に取り扱い、学問として追求している**のが、我々の研究なのです。それは、冒頭でも紹介したように、社会や生活のさまざまな基盤を支える大変重要な役割を果たしています（自動制御工学分野ホームページ <http://www-lab22.kuee.kyoto-u.ac.jp/> 参照）。



ハードディスクのヘッド制御



ロボットアームの軌道追従制御



ロケットの姿勢制御

自動制御はなくてはならない
technology!!



電力系統の安定運用

工学研究科 電気工学専攻 電力システム研究室

大澤 靖治 山本 修 周 軍

1. 電力システムって？

エジソンが 1882 年に電気事業を初めてから 125 年が経ちました。現在では電気のない生活は想像もできません。電力システムとは、図 1 のように電気を発生し（発電）、変換し（変電）、輸送し（送電）、分配し（配電）、最終的に工場や家庭などの需要家まで届けるという一連の役目を果たすシステムのことです。いくつかのメリットがあるため、電力システムは、北海道から九州までつながっています。したがって、電力システムは人間が作り上げたシステムのなかで最も複雑なシステムの一つであると言えます。

2. 研究テーマは？

現在、電力システムには、電力自由化と地球環境対策という二つの大きな流れがあります。**電力自由化**は、従来の電力会社だけではなく誰でも電気事業に参入できるようにして、競争によって電気料金を下げるのが主な目的です。しかし、電力システムの面から眺めると、電気を自由に送るには自ずと制約があり、場合によっては、欧米で近年見られたように、大停電を引き起こす可能性があります。したがって、柔軟で安定なシステムを作っていくことが課題となっています。

地球環境問題、特に**地球温暖化**については早急な対策が求められています。炭酸ガスを削減するためには、化石燃料（石炭や石油）の使用を減らすことが必要で、原子力発電の推進が有効ですが、それ以外にも太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー発電（分散型電源と呼ばれます）の導入が進められています。また、炭酸ガスよりも温暖化効果の大きいガスが電気絶縁のために使用されてきましたが、これも削減することが望まれています。

以上のような状況を考慮して、以下のような具体的な研究を行っています。

- ・ **電力システムの解析と制御**：電力システムに落雷があつたりすると、一部の送電線に電気を流すことができなくなります。そのような状況でも停電することなく需要家まで電気を届けることができるかどうか、また、停電が起こってしまう場合には、どのような対策を講じれば停電を防げるか、防げなくても停電範囲を小さくできるか、などに関する基礎的な検討を行っています。実際の電力システムで実験することはできませんので、主に計算機シミュレーションによって研究を行います。
- ・ **要素技術**：電力システムは図 1 のように、各種の発電機はもちろんのこと送電線や変圧器、遮断器と呼ばれるスイッチなど多くの要素（電力機器）から成り立っています。これらひとつひとつが正常に働くことはシステム全体の運用にとって必要不可欠のことですが、最高で 50 万ボルトもの電圧に耐え、しかも日本の狭い国土を有効に利用するため、これらの要素はコンパクトに造られています。

コンパクトにするため、前述のように、地球温暖化効果の大きい絶縁ガスを使う場合がありますが、その量は今後できるだけ減らしていく必要があります。このような観点から我々の研究室では実験や計算を駆使して絶縁ガスを使わない、またはその量を極力削減するための要素技術、つまり環境にやさしい機器の設計に関する基礎的研究も行っています。

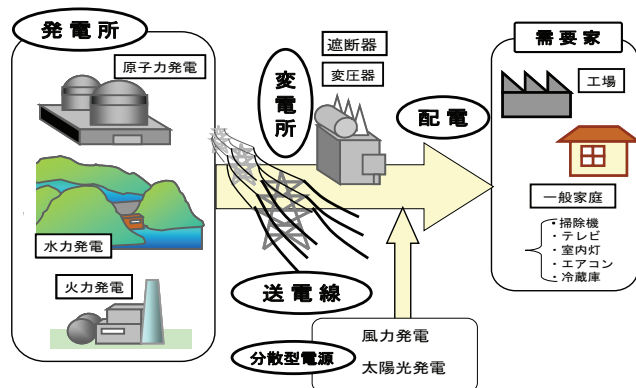


図1 電力システム

1. イオンビームの発生とその応用

私達の研究室では、真空中でイオンを発生し利用する技術の開発を行っています。イオンは真空中では電界により容易に加速できます。例えば、硼素や磷などのイオンを高いエネルギー(10~100keV)に加速し、珪素に打ち込む「イオン注入」は今日のコンピュータに使われる大規模集積回路(LSI)の製造過程において極めて重要な役割を果たしています。私達は、広く利用された正イオンではなく負イオンを利用することで、従来難しかったガラスや高分子などの絶縁体への精密なイオン注入が可能となることを世界に先駆けて示しました。現在ではこの技術を使った生体用高分子材料の表面改質(再生医療への応用、人為的神経回路網形成：図1)への応用や超微粒子形成(単電子デバイス、光触媒の高効率化)への応用に関する研究を行っています。

2. 電子ビームの発生とその応用

イオンと同じように真空中に電子を取り出していろいろなことをすることができます。LSIの加工技術(微細加工技術)を駆使してナノサイズの電子源を作り(図2)、平面型ディスプレイに応用したり、高温で動作するデバイスに応用したりしようとする動きが活発になってきています。私達はこのような微小な電子源の加工方法や電子放出材料の選定、電子放出の基礎などの研究を行っています。

3. 広がる真空・イオン・電子の世界

上で述べた私達の活動以外にも、真空中でイオンや電子を使用した技術というのは至る所で使われています。残念ながら、電子デバイス製造のように日常生活ではあまりなじみのない分野で活躍しているため、「縁の下の方持ち」といったところです。普段は見ることはできない「縁の下の方持ち」をこの機会に是非見学してください。

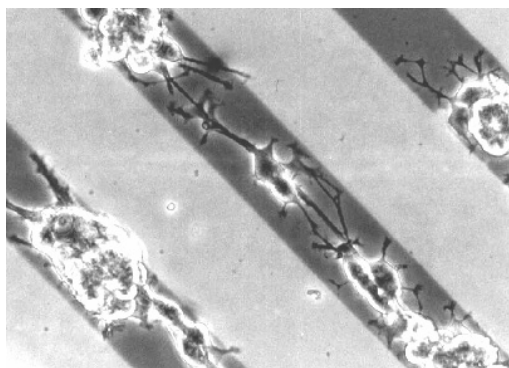


図1. イオン注入領域(黒い部分)に選択的に付着した神経細胞の顕微鏡写真

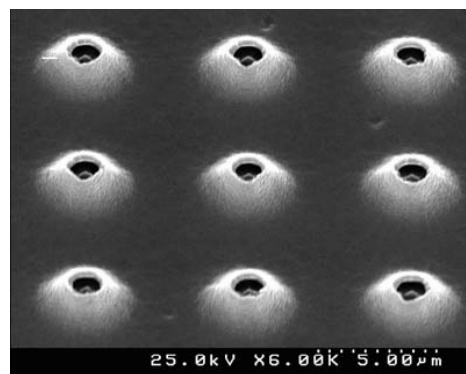


図2. 微細加工により作製した微小電子源の電子顕微鏡写真

工学研究科 電子工学専攻 プラズマ物性工学分野 橋研究室

橋 邦英 白藤 立 中村 敏浩 酒井 道 久保 憲

「プラズマ」とは

最近では「プラズマテレビ」が一般的になり、「プラズマ」と言う言葉を良く耳にします。橋研究室はこの「プラズマ」(正イオンと負の電子がほぼ等量混在して相互作用している状態)を研究対象としています。身近なものとして蛍光灯やプラズマテレビが、自然界では雷やオーロラが、そして産業界ではドライエッチング等半導体産業を支える微細加工技術がこのプラズマ現象の例です。我々の研究室では、このようなプラズマの発光や反応する性質および誘電・導電的な性質をより深く追求して、それらを活用した種々のプラズマ応用技術を、さらに高性能に、さらに広く利用されるように、そしてさらに身近にするための研究開発を行っています。

1. プラズマテレビとその他プラズマ発光体の研究

プラズマは光を出します。この性質を利用したのがプラズマテレビ(PDP)です。橋研究室では、更なる効率改善を目指して様々な新規構造・新規条件を提案し、PDPの1画素(約 $700 \times 300 \mu\text{m}^2$, 図1参照)内を空間的・時間的に微細に分割して調べながら、どのような状態の時最も効率上がるかを研究しています。この他、1mmサイズの微小な空間で発光し内部気圧が170気圧にもなる超高気圧放電灯の研究も進めています。

2. 微小サイズの“マイクロ”プラズマの研究

プラズマテレビ内のプラズマのようにミリサイズ以下の小さなプラズマを作れるようになってきて、プラズマの応用範囲がさらに広がる可能性ができました。橋研究室では、このマイクロプラズマを集めて大気中でプラズマ生成を行ったり、マイクロプラズマを整列させて高機能性を出現させたりしています。例えば、アレイ状に整列させて擬似的に結晶構造を作成し、世界で始めて“プラズマ結晶”による禁制帯を観測しました(図2参照)。

3. プラズマを用いた機能性薄膜の形成に関する研究

プラズマは、高い反応性を持っています。プラズマ中の電子は高いエネルギーを持ち、適切に選択した分子に衝突すると、反応活性種が生成され、固体表面に「薄膜」として堆積します。この薄膜は大規模集積回路の絶縁膜、有機EL素子の保護膜、体内内蔵素子の生体適合保護膜など、多様な機能を発揮します。橋研究室では薄膜形成時のその場計測・モデリングを行い、薄膜特性が向上する反応過程を探索しています。

4. 次世代のコアメモリー(抵抗変化型不揮発性メモリー)の研究

Mnを含んだペロブスカイト型という構造の酸化物は、巨大な磁気抵抗効果(磁場の中で抵抗値が変化すること)を示すことから、次世代の新しい磁気エレクトロニクス材料として関心を集めています。橋研究室では、その高抵抗・低抵抗状態間のスイッチングを利用した抵抗変化型不揮発性メモリー(ReRAM)の研究を進めており、MOCVD法という低温・大面積化可能な方法により世界で始めてその作製・特性確認に成功しました。

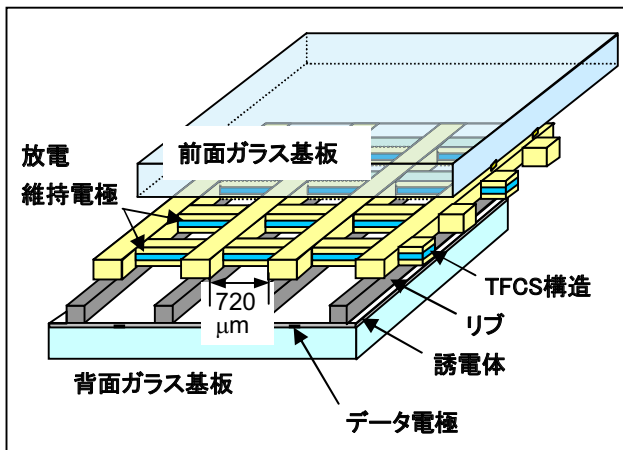


図1. プラズマテレビ (PDP) の新規構造例。

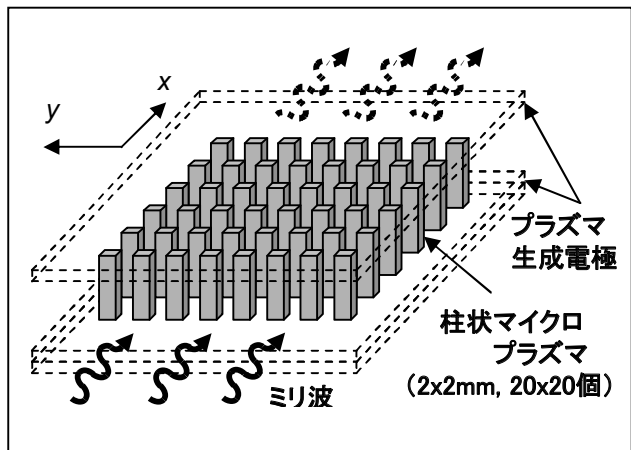


図2. マイクロプラズマによる擬似的結晶構造。

工学研究科 電子工学専攻 木本研究室(半導体物性工学研究室)

木本 恒暢、須田 淳

1. 半導体とは

皆さんは「半導体」から何を連想されるでしょうか？ パソコン、集積回路(IC, LSI)、メモリー、発光ダイオード、太陽電池などでしょうか。パソコンや携帯電話はもちろんのこと、エアコン、炊飯器、ゲーム機、自動車、銀行 ATM など、あらゆる電気機器やシステムに必ず半導体デバイス(トランジスタ、ダイオードなど)が使われ、エレクトロニクス社会のハードウェアとして活躍しています。半導体は、その電氣的・光学的性質を極めて広い範囲に亘って制御し、設計できる電子材料です。1947 年のトランジスタ発明から半世紀以上が経ちましたが、半導体の分野では、新構造デバイス、新材料創製、新しい物理概念の導入など科学技術の革新が急速に進展しており、活気に溢れています。

2. 研究背景と研究室的取り組み

21 世紀においては、情報通信技術(IT)とエネルギー技術(PT)が極めて重要な技術となります。私達の研究室では、半導体材料・デバイスの研究で 21 世紀の IT、PT システムの中核をなす「キーデバイス」を創造することを目指しています。

半導体デバイスに要求される重要な性能は、低消費電力化と高速化です。例えば、携帯電話の充電が面倒だと思ったり、ファイルのダウンロードが遅いと感じた人は多いはず。長年、トランジスタのサイズを小さくすることで性能向上が進められてきましたが、当研究室では新しいアプローチを考えています。具体的には、(1)新しい物理概念を導入すること、(2)優れた性質を有する新しい半導体材料を用いることにより、従来の延長線上にはない画期的な半導体デバイスの実現を目指しています。例えば、原子レベルの細線状半導体を形成すれば、電子のエネルギーや運動が本質的に変化し、高速化が可能となります。酸化ニッケル(NiO)などの薄膜を積層すると、新しい原理に基づく超高性能メモリーを作製できます。また、シリコン(Si)に代わってシリコンカーバイド(SiC)や窒化ガリウム(GaN)などの新しい半導体材料を用いれば、従来の半導体材料では達成不可能な未踏領域(パワー・周波数・動作環境)の超高性能デバイスを実現することができます。

このように、当研究室では半導体の基礎物理からデバイス応用に亘る研究を行い、情報通信技術(IT)とエネルギー技術(PT)、ひいてはエネルギー問題や環境問題に貢献できるよう日夜努力しています。

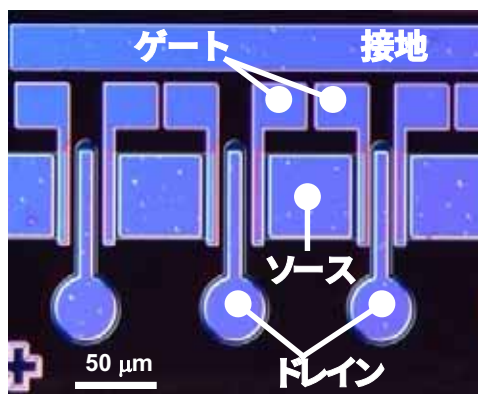


図1 新半導体を用いたトランジスタ

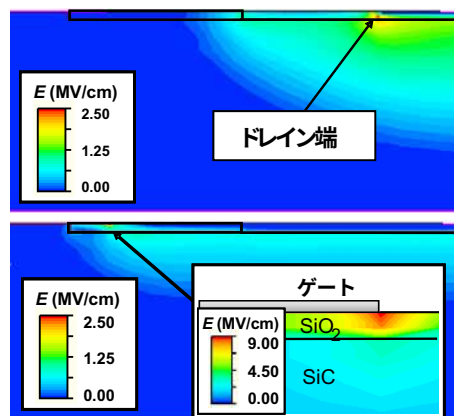


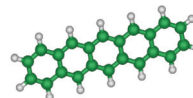
図2 シミュレーションによるデバイス構造の設計

☆ 興味のある方は、研究室のホームページ(<http://semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp/>)をご覧ください。

工学研究科 電子工学専攻 松重研究室

松重 和美、山田 啓文、野田 啓、川畑 弘*、佐藤 宣夫*、小林 圭* (* 連携教員)

1. ナノテク最前線: ナノの世界で「ものを作る、見る」とは？



「ナノテクノロジー」という言葉を、皆さんはどこかで耳にしたことがあるかと思います。人の髪の毛の太さの1万分の1から10万分の1程度という極めて小さい「ナノ」の世界、言い換えれば、原子1個や分子1個という大きさで、ものづくりを行う技術のことを言います。皆さんの身の回りでも携帯電話やノートパソコンなどの様々な製品が着実に小型化、軽量化、高性能化を遂げていますが、今後のナノテクノロジー技術の進展によって、皆さんが身に付けている腕時計やめがねなどのアクセサリの中に、携帯電話、長時間の映像再生や高速コンピュータ機能などをもつ画期的な商品が登場するようになると思われます。また、従来、治療が困難な病気に効くような新しい薬や治療法を開発する上でも、生体中にある様々な分子がどのような現象を引き起こしているのかを、分子の大きさに合った視点でものを見ながら、解き明かしていく必要があります。このようにナノの世界で「ものを作る、見る」技術の開発が、将来の社会生活に更なる豊かさをもたらす原動力になると期待されています。

2. ナノテクノロジーの発展に向けて

本研究室では、特に電子工学（エレクトロニクス）の技術を使って、ナノの世界で「ものを作る、見る」ことを目指した研究を進めています。まず、「ものを作る」ことについては、一個の有機分子を、金の電極の間（間隔が $500\text{ nm} = 0.5\text{ }\mu\text{m}$ ）に挟みこみ、単一の有機分子に印加される電圧とそこに流れる電流の測定を試みています。図1にカーボンナノチューブという棒状の形をした分子を使用した時の例を示しており、金電極の間にチューブ状の分子が橋渡しされている様子が見られます。現在では、その他の比較的電流を流しやすい導電性や半導体性の有機分子を使って、同様な実験を続けているところです。

一方、「ものを見る」という点では、個々の原子や分子の形を画像として観察することができる、走査型プローブ顕微鏡という装置の開発を行い、実際に様々な原子や分子の観察をしています。図2には、バクテリオロドプシンというたんぱく質の分子が整然と配列している像を示しています。このたんぱく質分子は、高度好塩菌と呼ばれる原核生物の細胞膜表面に存在する膜たんぱくの一つです。このように生体試料の表面の構造を、しかも液体中で直接観察することに成功しております。近い将来、生体における諸現象の解明に大きく貢献し得る技術として注目を集めています。その他、ここに紹介した例以外にも、ナノスケールで「ものを作る、見る」という観点で様々な研究を継続して進めています。

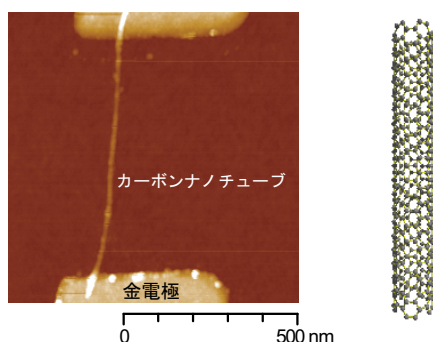


図1. 500 nm 間隔の金電極間に橋渡しされたカーボンナノチューブ分子とそのモデル図.

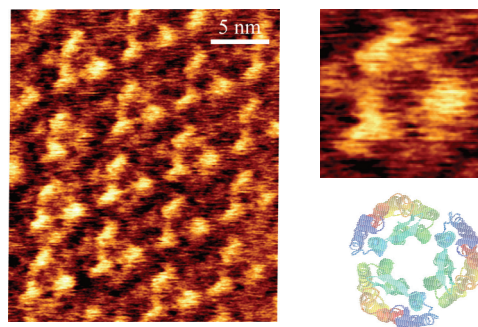


図2. 走査型プローブ顕微鏡によるバクテリオロドプシン分子の像とそのモデル図.

工学研究科 電子工学専攻 光材料物性工学講座

川上 養一，船戸 充

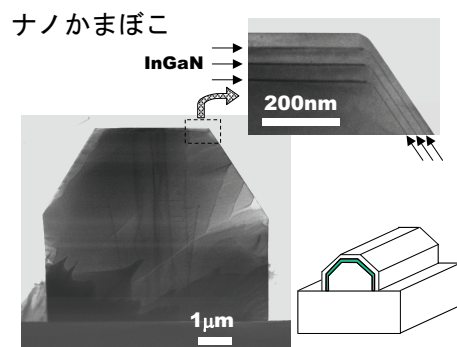
1. 背景

人類は、火という照明を手に入れて以来、ガス灯、白熱ランプ、蛍光灯など様々な光源を開発してきました。1879年のエジソンによる白熱ランプの発明から100年以上過ぎた今、新しいタイプの光源が生まれつつあります。それが、半導体を用いた固体光源です。真空技術を用いた白熱ランプや蛍光灯が固体である半導体によって置き換わるのですから、この変化は、真空管がトランジスタに置き換わった状況によく似ています。照明の小型集積化は当然可能です。現に、皆さんの使われている携帯電話には液晶がついていますが、その光源のほとんどは半導体白色発光ダイオードです。白熱ランプを使っている携帯電話の小型化は望めそうにないでしょう？ また、明るく壊れにくい(10年は持つといわれています)という特長は、屋外での用途に適していますので、信号、駅のメッセージボード、大型ディスプレイなどに利用されはじめています。そのような中、私たちは、電気を100%光に変換し、任意の空間・大きさおよび色で発光するような、いわば究極のオーダーメイド光源を実現するための基礎を構築しつつ、新たな応用分野の開拓も同時に行っています。

2. 研究室の取り組み

オーダーメイド光源の実現には、超えなければならない技術的な課題がまだ山積していますが、その中でも、新しい光材料の開発とその発光メカニズムの解明は基盤技術として重要であると考えています。取り組みの一例としては、窒化物半導体を用いたナノメータ(10^{-9}m)レベルで制御された構造の作製とその評価を挙げることができます。作製した構造の一例を写真上に示します(私たちはこれを「ナノかまぼこ」と呼んでいます)。三次元構造のごく表面付近に作った厚さ数ナノメートルの量子井戸と呼ばれる InGaN 層がよく光ります。このような構造を作るのは、さまざまな面から異なった発光色が得られ、その合成によっていろいろな(任意の)発光色が得られるからです。また、ナノメータ・スケールの構造はナノメータレベルで評価しなければなりません。そこで、窒化物半導体の発光を、数十ナノメートルの分解能で観察することが可能な顕微鏡を世界に先駆けて開発しました。いわゆるナノテクノロジーがこの分野でも必要とされています。一方、新たな応用分野としては、半導体白色発光ダイオードを医療照明に用いることを提案して、実際に発光ダイオードを組み込んだゴーグルを試作し、手術に使用してもらっています。下の写真がその様子です。

以上のような研究は、研究室の中だけでできるものではありません。そこで私たちは、国内外の大学、企業などと共同的に研究を行い、多くの人の技術・知恵を結集して新しい成果を生み出そうとしています。また、半導体による固体照明は新しい技術ですから、まだ見えていない応用分野がたくさんあると考えられます。その意味で、光材料分野から第2のビル・ゲイツが出る可能性も十分あると思っています。



工学研究科 電子工学専攻 野田研究室

野田進、浅野卓、富士田誠之

私たちの研究室では光を極限までコントロールする方法を研究しています。昨今の世の中の動向から、皆さんも社会における情報通信技術の重要性を認識されているものと思います。私たちの研究している光は電気(回路)を遙かに越える情報処理の潜在能力を持っています。例えば、高速大容量の情報伝達には光ファイバーの中を走る光が情報の媒体として使われています。また、光を用いて画像、音そしてデータを大量に記録する光記録技術もますます発展しつつあります。しかし、これらはまだ光の潜在能力のほんの一部分を使っているに過ぎません。現在の技術では光の全てをコントロールし潜在能力の全てを使い切ることができていないのです。

私たちの研究の究極の目標は、この光を自由自在にコントロールし、使いこなし、その潜在能力の全てを活用することです。光をコントロールするには、まず物質の状態を精密にコントロールすることが必要になります。このような考えに基づいて私たちは「**フォトニック結晶**」という全く新しい人工結晶の研究をしています。これは光の波長(1/1000mm)程度の小さな透明物質を2次元的あるいは3次元的に周期的に並べて人工的に作った結晶です。このような結晶を作るには最先端のナノ加工技術が必要になりますが、この人工結晶の中では精密に配置された物質の作用によって、光が通常とは全く違った状態で存在するようになります。例えば、光の速度が結晶中で非常に遅くなったり、普通では光るはずの発光体が結晶中では発光しなくなったりといった不思議な現象が起きます。私たちはこれらの効果を積極的に用いて、①光の発生、②光の伝搬、そして③光の選択といった光のコントロールを自在に行うべく、様々な研究を進めています。これらの研究成果を最終的に合体させて光のチップを作り上げることが私たちの夢です。

図1～3には最近新聞に掲載された我々の研究の紹介記事を示しています。もっと詳しく知りたい方は私たちのホームページ(<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/~lab05/>)を参考にして下さい。

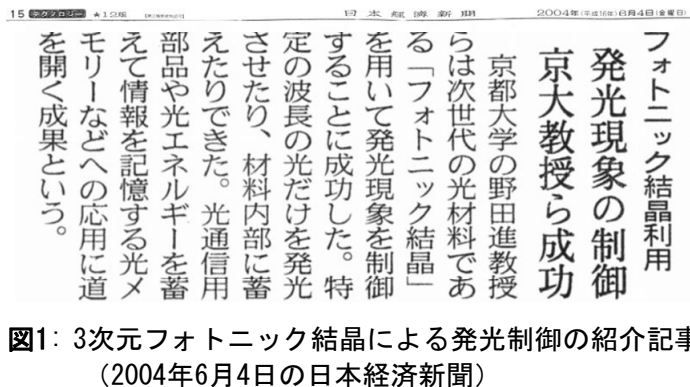


図1: 3次元フォトニック結晶による発光制御の紹介記事 (2004年6月4日の日本経済新聞)



図2: 2次元フォトニック結晶による発光制御の紹介記事 (2005年5月27日の京都新聞)

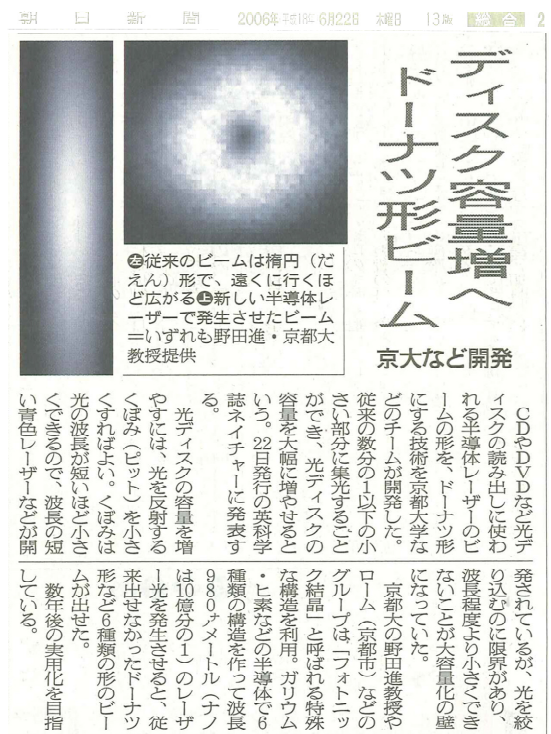


図3: 2次元フォトニック結晶を共振器に用いた自在形状のビームを発生できるレーザの紹介記事 (2006年6月22日の朝日新聞)

1 概略

北野研究室は「量子電磁工学分野」という名前をもっています。この名前が表すように、「量子力学」と「電磁気学」に関係した研究を行っています。電磁気学は電気や磁気、そしてそれらが一体になった電磁波を扱う学問で、携帯電話で使われている電波や、光、X線などはすべて電磁波です。一方、量子力学が対象とする「量子」は、波でもあり粒子でもあるという変わった性質を持ちます。この「量子」は別段特殊なものではなく、この世の中の物質すべては「量子」で構成されています。電子はもちろん、光も量子（光子といいます）の1つです。

私達の研究室では、特に量子力学と電磁気学を融合した「量子エレクトロニクス」と呼ばれる分野の研究を主に行っています。電磁場と物質の相互作用を研究するこの量子エレクトロニクスの分野はここ50年ほどの間に急速に発展しました。一番有名な応用例は、レーザーでしょう。計測の分野（量子計測）での進歩も目覚しく、核磁気共鳴は医療用MRIを、原子時計などの超高精度時間測定技術はGPSという応用を生み出しました。また、基礎学問としての役割も大きく、これまでにおよそ18名ほどの研究者がこの分野でノーベル賞を受賞しています。

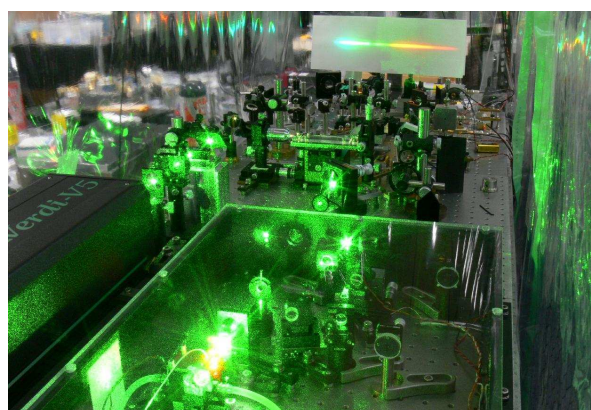
2 主な研究テーマ

イオントラップ

イオントラップは電場がイオンに与える力を利用して、イオンを捕捉する技術です。さらに、捕獲されたイオンを冷却することによって、イオンの運動が抑制され、イオンのもつ量子性が顕著に現れてきます。このイオンの冷却にはレーザー冷却という手法を用います。これは、イオンだけでなく中性の原子にも適用可能な冷却法で、絶対温度で1/1000度を下回るような極低温にまで物質を冷却することができます。イオントラップとレーザー冷却の技術を併用することで、たった1個のイオンを一カ所に捕まえておくことができます。また、周りからの影響を受けにくいので、精度の良い標準（特に周波数標準）として用いることもできます。

モード同期レーザーによる周波数計測

モード同期レーザーとは、非常に正確な時間間隔で光のパルス列を放射するレーザーです。モード同期レーザーの光には、様々な波長、様々な周波数の光が含まれています。そして、その周波数間隔は等間隔であるので、これを光の周波数を測る“モノサシ”として利用することができます。この技術により、以前の光の周波数計測法に比べて格段に性能が向上しました（右図）。



双子の光子

光は光子と呼ばれる量子から成り立っています。光を特殊な結晶に入射させると、ある確率で1つの光子が2つの光子に分裂します。こうして生まれた光子（双子の光子、光子対）には量子相関という変わった相関があります。この相関はどれだけ距離が離れていても存在します。この性質は量子テレポーテーションなどに利用されています。

メタ物質

自然界に存在するような物質の磁場に対する応答は非常に小さく、マイクロ波や光に対しては比透磁率はほとんど1と見なせる。しかし、メタ物質と呼ばれる人工的に作られた構造物によって、磁場に対する応答を大きく変化させることができる。媒質の境界で電磁波が「く」の字に屈折する負屈折などは、メタ物質によって実現される現象である。本研究室では、磁氣的に共鳴するメタ物質を作製し、その特性を研究している。

京都大学大学院情報学研究科 知能情報学専攻 言語メディア分野(黒橋研究室)

黒橋禎夫 新里圭司 柴田知秀 Kun Yu

本研究室では、言語の仕組み、それを用いたコミュニケーションの仕組みを計算機が扱える正確さで解明するという理論的研究と、それによって情報検索、自動翻訳、マンマシンインタフェース等をより高度化して人間の活動を支援するという工学的研究を行っています。

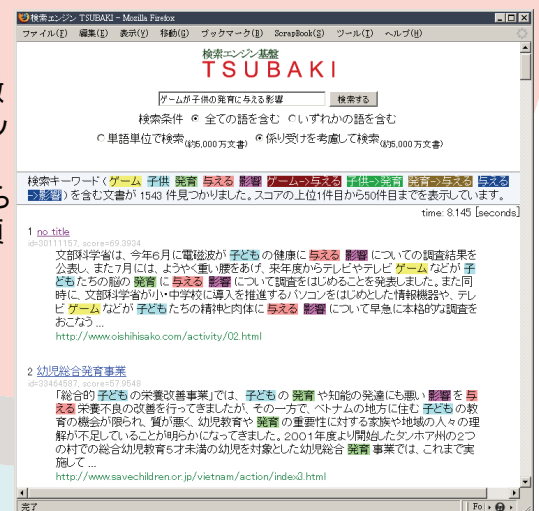
■ 自動翻訳

平成18年度から、100万対訳文を用いた
日中・中日科学技術文の自動翻訳プロ
ジェクトをスタート



■ 次世代情報検索

言語的解析に基づき検索質問とテキストのより
正確で柔軟な対応を求め、検索結果のクラス
タリングに
よって関連
情報の鳥瞰
図・知識マッ
プを提供し、
さらにそれら
情報の信頼
性を推定



■ 言語理解の基礎的研究



数百CPUのクラスター計算機を使ってwebから
収集した日本語約5億文を処理することにより、
日本語の述語構造のパターン(常識の基本構
造)を自動学習

研究室ホームページ: <http://nlp.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

情報学研究科 知能情報学専攻 画像メディア分野

松山 隆司 教授 牧 淳人 准教授 川嶋 宏彰 助教

1. コンピュータに目を持たせるには

人間は、目や耳といった感覚器を通して外界の様子や変化を認識し、その結果に基づいて思考を深めたり、状況に即した適切な行動を取るといった優れた知的能力を持っている。本研究室では、人間と同様の視覚認識能力を持ったコンピュータの実現を目指して研究をしています。

コンピュータに視覚認識能力を持たせるには、単にカメラ付コンピュータを作るのではなく、

1. まず、人間の持つ視覚の特性や機能、仕組みを明らかにして、
2. ● 周囲にある物の3次元の形や動きを測ること
 - 相手の動きに合わせて目を動かすこと
 - 顔を見て誰かを認識すること
 - 顔の表情から相手の気持ちを読み取ること

などといった基本機能を人工的に実現するためのハードウェアやソフトウェアを開発することが必要です。

2. 3次元ビデオ

最近研究室で力を入れて研究しているテーマとして**3次元ビデオ**があります。

3次元ビデオは、コンピュータグラフィックスによる仮想的な3次元アニメーションではなく、ダンスやスポーツをする人間、自然界の動物などの生の姿・形・色の時間的変化を3次元的にそのまま記録した実写立体ビデオ映像で、実世界における対象の振る舞い・動作を余すところなく記録した究極の映像メディアであるといえます。

3次元ビデオを撮影するには、次のような処理をします。

1. 多数のビデオカメラを使って多くの異なった方向から人間の映像を撮影する（下図）。
2. 撮影された多視点ビデオから、人間の3次元の形や動きを復元する。
3. 撮影された多視点ビデオを使って、復元された3次元形状の表面に色や模様を描く。

こうして撮影された3次元ビデオは、

- 立体ディスプレイを使って立体映像として鑑賞することができるだけでなく、
 - 普通のテレビを使った場合でも、視聴者がその場で映像を見る角度や距離を変えながら映像を鑑賞することができます。
- たとえば、
- ステージ上の歌手やサッカー、野球、相撲を好きな位置、角度から見るができる。
 - 自分の動き（体操やゴルフスウィング）を先生やプロの動きと重ねてチェックすることができる。
 - 3Dゲームの中に自分の分身を登場させることができる。

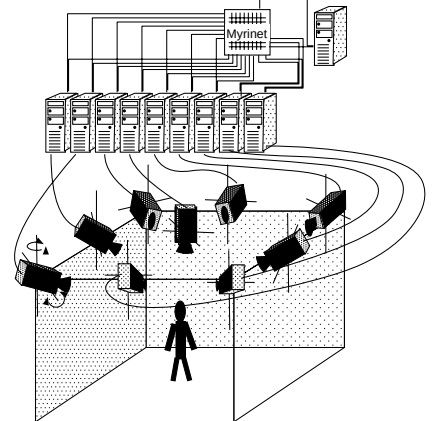


図 3次元ビデオ撮影システム

古くは15世紀のグーテンベルグの印刷装置、20世紀ではTV放送といったように、新しい映像技術の登場によって人類の文化、文明、生活に革命的な変化がもたらされてきました。研究室では、3次元ビデオによって21世紀社会が大きく変ると信じて、様々な研究開発を行っています。

連絡先：京都大学工学部3号館 S.303号室 松山 隆司 (tel: 075-753-4891)

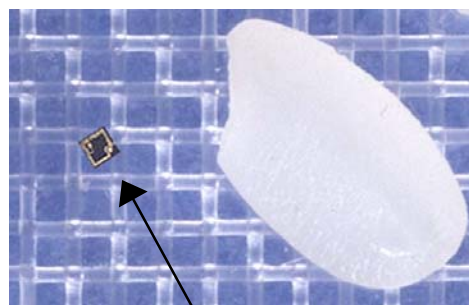
電子メール: tm@i.kyoto-u.ac.jp 研究室ホームページ: <http://vision.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

情報学研究科 通信情報システム専攻 吉田研究室

--- 無線通信技術のフロンティアを旨として ---

吉田 進 村田 英一 山本 高至

未来のケータイ 携帯電話がずいぶんと身近な存在になりました。携帯電話には新しい技術がいっぱい詰まっています。中にはアンテナや電波を発信したり受けたりする回路に加えて、小さな、しかし能力の高いコンピュータやデジタルカメラまでもが詰まっています。ケータイではいったいどのような原理で、誰とでも手軽に話をしたり、メールを送ったり、写真を送ったり出来るのでしょうか？私たちの研究室では、電波を使って多彩な情報を間違いなく安全にやり取りする“未来のケータイ”の研究を行っています。これから、電波を使った無線（ワイヤレス）通信が益々手軽に使えるようになり、携帯電話以外にも身の回りの多数の機器やセンサなどに無線通信機能が埋め込まれようとしています。そして、それらが直接的にあるいは間接的にインターネットにつながり、いわゆる“ユビキタス・ネットワーク社会”（日常生活の隅々にまでネットワークが行き渡った社会）が到来しようとしています。一例として、これからの発展が大いに期待されているものに“無線タグ”があります。無線タグはたくさんの数値情報が書き込まれた小さな IC チップで電波をあてることにより情報を読み出すことができます。バーコードの代わりとして期待されており、いろんな物に付けることによりその追跡が可能になるほか、偽札防止の切り札にもなると期待されています。

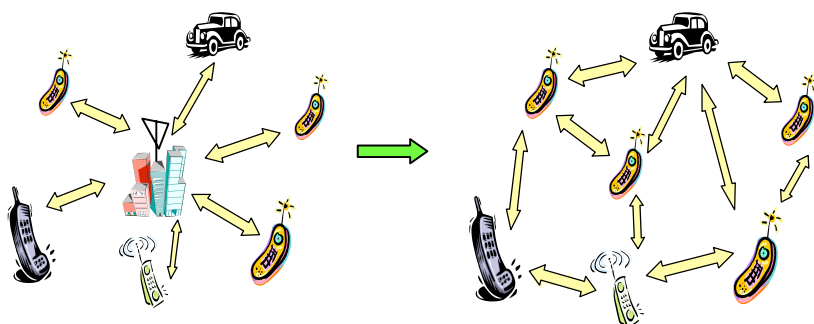


米粒よりもはるかに小さな無線タグ：
ミューチップ (0.4x0.4x0.06mm)
(日立製作所提供)

研究室の取り組み このようにどこでも誰でも気軽に無線通信技術が使えるようになり、膨大な数の物品・機器に無線通信機能が搭載されるようになると、あらかじめ計画的にネットワークを作り集中制御によりすべての手順を決めておくといった現在の考え方が通用しなくなってきました。すなわち、将来的には無線通信機能をもった機器がそれぞれ自分の周囲に誰がいるかを調べて自己組織的にネットワークを組み、また何らかの方法で相手に到達するルートを見出して情報を伝達するということが必要になります。このような自律分散制御マルチホップ無線ネットワーク（下図参照）について、特に限りある電波の周波数を効率よく利用することに重点をおきながら研究に取り組んでいます。また、送り側と受け側それぞれに複数のアンテナを用い、受信側で巧みな計算処理を行うことにより格段に大量の情報が送信可能となる時間空間無線伝送方式、さらには電波を使った通信特有の干渉（混信）を回避し電波の超有効利用を達成する方式など、高度な信号処理を駆使した無線情報伝送技術の研究を行っています。

このように世の中に革命をもたらしつつある無線通信技術の研究にチャレンジしてくれる皆さんが京都大学の電気電子工学科に入学してくれることを期待しています！

☆ 吉田研ホームページ: <http://www-lab14.kuee.kyoto-u.ac.jp/>



集中制御型から自律分散制御型の
ネットワークへ
ケータイが他人の情報を中継する中
継器にもなります！

情報学研究科 通信情報システム専攻 伝送メディア分野

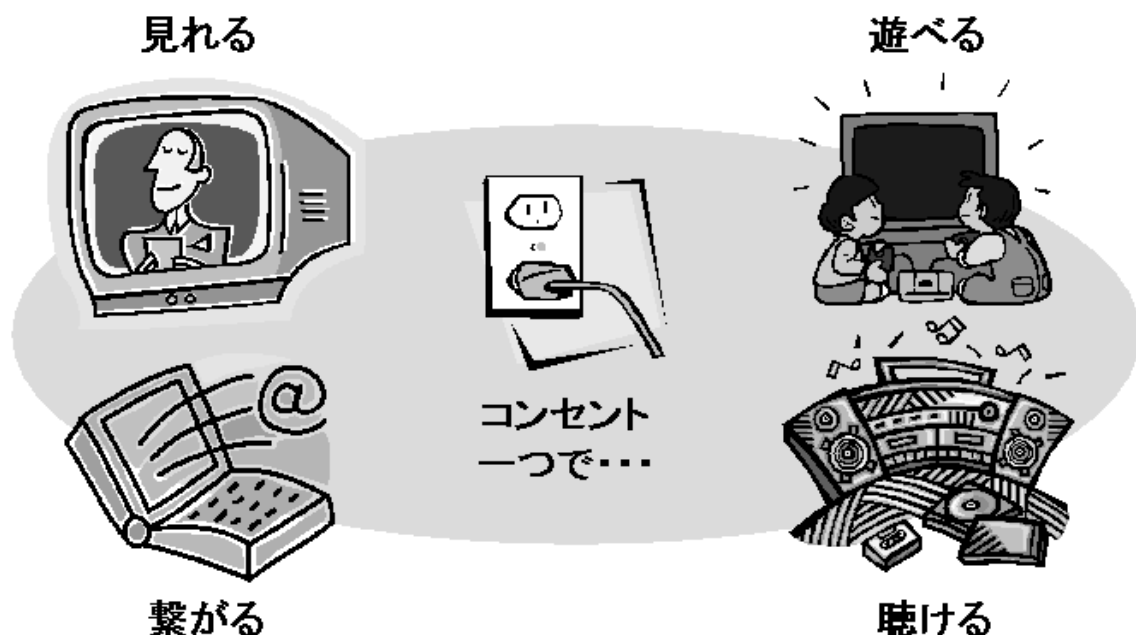
田野 ， 梅原 大祐

1. 伝送メディアとは

皆さんは「メディア」というと何を想像されるでしょうか？多分，TV，ラジオ，新聞などのような報道を主に思い浮かべられるのではないのでしょうか．本来の意味では，報道に加えて，情報を伝達するための全ての構成要素をメディアといいます．「伝送メディア」とはその中でも情報を伝える媒体であるケーブル，電波，光などのことを指しています．実際，私たちの周りには伝送メディアと呼べるものが溢れています．そのなかでも，最も身近にある伝送メディアはなんといっても携帯電話で利用される電波でしょう．現在，携帯電話は一人に一台と言っているほど普及しています．また，殆どの家庭にはテレビ受信のためのアンテナ・同軸ケーブル，電話やインターネットのための電話線が設置されています．加えて，最近では，無線 LAN や Bluetooth，RF-ID (無線タグ) などの近距離無線通信デバイスがカフェや事業所で利用され，さらにはブロードバンドの本命とも目される光ファイバが，家庭にまで普及しようとしています．このような様々なメディアを用途に応じて上手に利用する方法，あるいはより効率的な利用法を探ることは重要な研究分野です．

2. 研究室の取り組み

私たちの研究室は，映像，音声，データを届ける手段である伝送メディアについて無線・有線を問わず幅広く研究開発をしています．最近では，伝送メディアに新しく「電力線」が加わりました．すなわち，本来は電力を供給するために利用されてきた電力線を使って，情報も同時に伝送します．この技術により，家庭内のどこにいても各部屋のコンセントから情報を手に入れることができます．さらに，AC ケーブル一本で情報と電力の両方を受け取ることができるので，ケーブルの氾濫の解消が期待されます．テレビの後ろを見るとそこにはたくさんのケーブルが溢れていませんか？パソコンをインターネットに繋げるための配線に苦労していませんか？情報と電力の両方を送る電力線通信技術が向上すれば，AC ケーブル一本で，テレビを視聴し，インターネット接続し，オーディオの音楽を聴き，ゲームを楽しむことができます．私たちの研究室では，より安定した，より多くの情報が送ることができる電力線通信技術を目指して，日々研究開発を進めています．



インターネットの爆発的な普及は私たちの生活に大きな影響を与えました。WWW (World Wide Web) によって誰もが世界に向けて情報を発信できるようになりましたし、Eメールによって場所や時間の制約なしに多くの人々とコミュニケーションをとれるようになりました。従来、情報はサーバと呼ばれる大型計算機に蓄積されており、利用者はサーバにアクセスすることで情報を入手していました。一方、最近では、P2P (Peer-to-Peer) 技術を使ったコンテンツ共有・音声通話や、SNS (ソーシャルネットワーキングサービス)、ユーザ参加型映像配信など、ユーザが積極的にコンテンツやネットワーク資源 (= 通信容量) を提供することで成り立つサービスに注目が集まっています。また、これらの上で提供されるサービスは個々人の嗜好に合わせたものとなっています。さらには、携帯電話や無線 LAN (Local Area Network) 端末といったモバイル技術によって、上述の様々なサービスがいつでもどこでも個々人の好きな環境で利用できるようになりつつあります。特に、携帯電話は非常に個人化されたコミュニケーションツールとして認識されており、これによってネットワークサービスの個人化が一層加速されると考えられています (図 1)。

しかし、個人化が進むと問題も生じます。1 つには、すべてのユーザ端末が送信元となって映像などの大容量データがやり取りされることで、トラヒック (ネットワークを流れるデータの量) が増加する問題が挙げられます。ネットワークの資源は有限であるため、トラヒックが増加すると、重要なデータが損失してしまったり、即時性の高いデータが遅延してしまったりする恐れがあります。そのため、トラヒックを管理し、ネットワークの資源を適切に割り当てる技術が必要です。また、データは世界中のあらゆる場所に届けられなければならないため、膨大なデータを集約し、世界の各所へと運ぶコアネットワーク技術も重要になります。

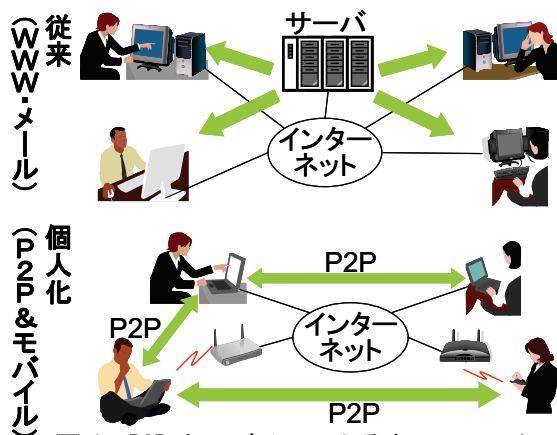


図 1: P2P とモバイルによるネットワークサービスの個人化

当研究室では、以上で述べたような、将来の個人化されたネットワークサービスを支えるのに必要不可欠な個人対個人 (P2P) 通信技術、ネットワーク管理・資源割当て技術、コアネットワーク技術に関する研究を行っています。以下、各研究について概説します。

P2P コンテンツ共有は、各ユーザ (ピア) が自身の有するコンテンツとネットワーク資源を拠出することで成り立つネットワークサービスです。当研究室では、ピアあたりの負荷を軽減するコンテンツ配置法や、ピアに資源の拠出を促すためのインセンティブの研究を行っています。また、個々人の嗜好に合わせて効率的にコンテンツを探索する手法も研究しています。

P2P コンテンツ共有などにおいて、大容量のデータがやり取りされると、そのフロー (データの流れ) によってネットワークの資源が占有され、他のサービスを使用するユーザに悪影響を与える恐れがあります。そこで、このようなトラヒックを管理し、公平な資源配分を行なうための技術の研究を行っています。一方、モバイルネットワークでは、電波資源の制約が非常に厳しいため、資源配分が有線ネットワーク以上に重要です。そのため、公平性だけでなくユーザの嗜好も考慮した電波資源割り当てに関する研究を行っています。

コアネットワークは、様々な送信元から集まってきた膨大なデータを集約し、世界の各所へと運ぶ役割を担います。そのため、大容量・高速である必要性は言うまでもなく、低損失・低遅延であることも求められます。これらの要求に応えるために、コアネットワークは光ファイバを用いた光ネットワークにより構成されています。しかしながら、現在は通信処理の多くを電気処理に頼っているため、光の性能が最大限に活かされていません。そこで、すべての処理を光のまま行なう光パケットネットワークに期待が集まっています (図 2)。当研究室では将来の光パケットネットワーク実現に向けたアーキテクチャとデータ転送制御に関する研究を行っています。

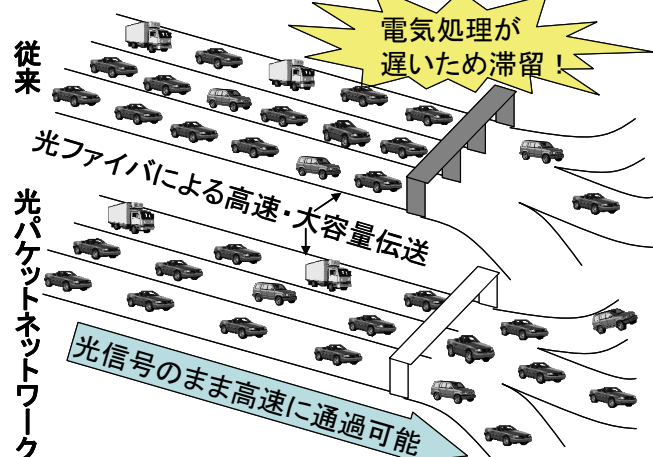


図 2: 光パケットネットワークのイメージ

情報学研究科 通信情報システム専攻 情報回路方式分野

越智 裕之

1. システムLSIとは？

私たちの周囲にはパソコン、携帯電話、デジタルカメラ、デジタルテレビ、ビデオ録画・再生機器、電子辞書、ゲーム機など、様々な情報機器があり、私たちの生活に欠かせないものとなりつつあります。これらの情報機器に共通しているのは、高速な通信や、高度なメディア処理（画像、音声など）を行うための大規模複雑なデジタル回路が欠かせないということです。皆さんはこれらの機器を分解してみたことはあるでしょうか？ 図1のように、機器の中ではボードやフィルムの上に様々な電子部品が載っています。そしてその中に、**LSI**と呼ばれる部品があります。外見は単なる黒くて小さくて薄い部品ですが、その中ではシリコンという素材の板の上に大きいものでは**数億個のトランジスタ**が組み込まれています。そのような大規模で複雑なLSIを製造するために高度な技術が必要なのはもちろんですが、**高性能で低消費電力となる合理的な構成を考え、誤りなく動作するものとなるべく短期間に設計することも非常に重要な技術です。**

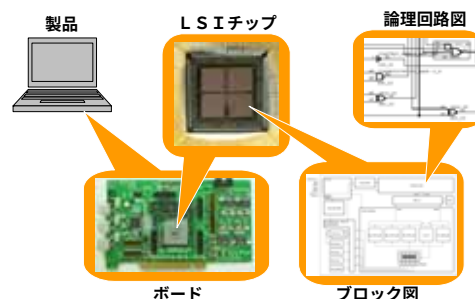


図1: 情報機器の中身

我々の研究室では、情報機器の中核をなすLSIの構成（どんな要素回路をどう組み合わせたらよいか）と設計技術（どうしたら効率よく設計できるのか）、ならびにそれらの応用について研究しています。そして、より高度な情報を扱うことができるより高速、省エネルギーで小型、安価なシステムを創り、社会に貢献しようとしています。

2. 研究室の取り組み

我々の研究室では、主に全く新しい方式の計算機構やマルチメディア・通信システムなどについて「実践的・実証的に」をモットーに研究・開発を進めています。

自ら変化する電子回路：デジタル回路で演算処理を担う要素は、**CPUと専用回路**に大別されます。CPUはソフトウェアを与えることで様々な処理をさせることができる**柔軟性**があります。一方、専用回路は**低い消費電力で高い性能が発揮できる**利点があります。これらの両方の長所を併せ持つものとして、**書き換え可能な回路**（リコンフィギャラブルデバイス）が注目されています（図2）。つまり、回路構成を指定するプログラムのようなものを「書き込む」ことにより、必要な機能を持った専用回路が自由に実現できるというものです。最近では動作中にどんどん「書き換え」を繰り返し、柔軟性と性能を高度に両立することを狙ったものも提案されています。我々の研究室ではリコンフィギャラブルデバイスに早い時期から注目し、「自ら進化するシステム」の開発を目指しています。

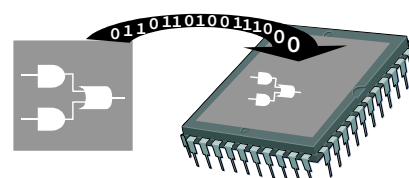


図2: 「書き換え」可能な回路

最新画像処理システム：画像処理は、文字処理や音声処理と比べ、短時間に膨大な量の情報を扱う必要があるため、画像処理システムの開発には様々な工夫と高度な技術が必要です。我々の研究室では画像処理の中でも特に、**画像圧縮**と**画像認識**に注目し、研究しています。画像圧縮は画像データを効率的に蓄積したり伝送したりするために不可欠な技術であり、デジタルカメラやビデオカメラ、カメラつき携帯電話などに必須のものです。我々は用途に応じて最適な回路構成が得られる開発環境を構築しました（図3）。画像認識は、例えばカメラで撮影された画像の中から人間を見つけ出し、その挙動を追跡するなどの技術であり、監視カメラや自動車運転補助などで必要とされています。

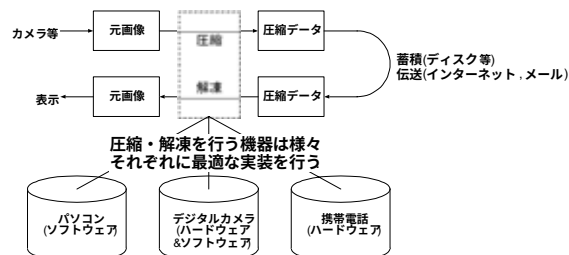


図3: スケーラブル開発環境

他にも、最新の通信方式とその機器、システム設計技術やその学習環境、などについて実践的な研究を進めています。さらに、大学での研究開発のみならず、阪大、奈良先端大の研究室とともに設立した産学連携ベンチャー会社である株式会社シンセシスにおいて、その成果を世に送り出しています。

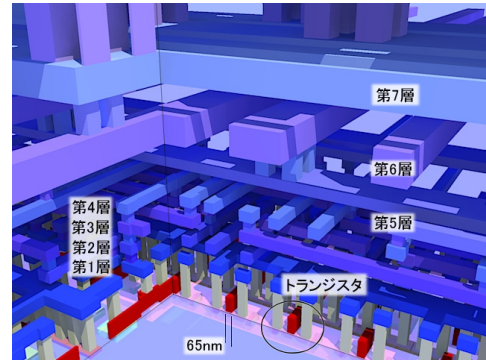
※興味のある方は研究室のホームページ <http://www-lab09.kuee.kyoto-u.ac.jp/> をご覧下さい。

情報学研究科 通信情報システム専攻 小野寺研究室

小野寺秀俊, 小林和淑, 土谷亮

1 集積回路とは

集積回路 (LSI) とは、半導体基板の上に微細な電子回路を作り込んだものです。パソコンなどに代表されるコンピュータが集積回路を使っていることを知っている人は多いかも知れませんが、集積回路はコンピュータだけではなく、携帯電話、自動車、家電製品など身のまわりのものや、産業用ロボットなど、あらゆる場所で使われています。また、医療用超小型センサーなど、さらに応用範囲は広がっています。1960 年ごろ生まれた集積回路は、その後の技術の進歩によりトランジスタの幅は最小で 65nm (0.000065mm), わずか 2cm^2 のシリコン基板に 2 億個を超えるトランジスタが集積されるまでになりました。現在市販されているゲーム機の演算能力は、わずか 10 年前に世界最速だったスーパーコンピュータに匹敵する能力となっています。



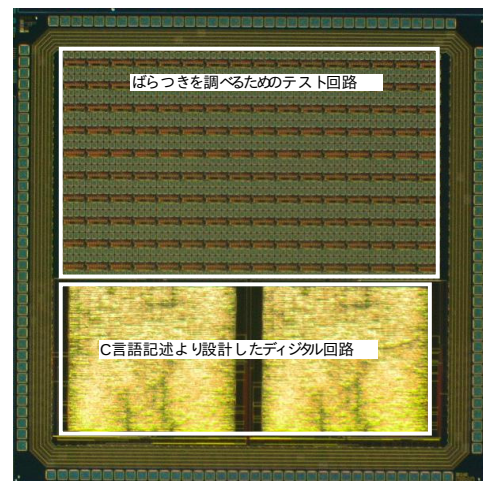
集積回路の内部構造模式図

2 研究背景と研究の取り組み

我々の研究室は、このような集積回路を「どのように設計すれば効率的に、高い性能を実現できるか」を研究しています。高性能な集積回路では、数億個のトランジスタが集積されます。また、上の模式図にあるように、それらのトランジスタは 10 層にも及ぶ立体交差した配線で接続されています。このような集積回路を手作業で全て設計していたのでは、到底完成させることはできません。また、どのように設計すれば最大の性能を発揮するか、も極めて複雑な問題であり、集積回路設計の研究開発は世界中の大学・企業が競い合う分野なのです。

大規模な集積回路では、設計と同じかそれ以上に評価するのが大変です。さらに、2 億個のトランジスタを使って集積回路を設計したとして、その回路が決められた仕様通りに動くことを検証するにはどうすればいいでしょうか。周波数 10GHz で動く集積回路では、信号のタイミングが 10ps (1,000 億分の 1 秒) ずれただけで回路全体が動かなくなる可能性があります。それに加えて、最近の微細なトランジスタは、製造時のゆらぎなどによって特性が少しずつ違ってきます。近年この「製造ばらつき」が深刻な問題になっており、我々の研究室でも、「ばらつきを小さくする方法」、「ばらつきを考慮した検証方法」、「ばらつきを利用した設計手法」の 3 つの方向から研究を進めており、特にばらつきを利用した手法は新しい手法として高い評価を受けています。

集積回路の研究では、多くの評価を計算機上のシミュレーションで行ないます。しかし、そこで得られた結果を実際の集積回路で検証することが非常に重要です。我々の研究室では年に数回、実際に集積回路を試作して測定を行なっています。右上の図は、ばらつきを評価するために研究室で設計・試作した集積回路の写真です。



研究室で設計、試作した LSI のチップ写真

さらに詳しい情報は研究室の Web ページ (<http://www-lab13.kuee.kyoto-u.ac.jp/>) をご覧下さい。

情報学研究科 通信情報システム専攻 佐藤研究室

佐藤 亨 乗松誠司 阪本卓也

1. 未来の技術と信号処理

将来の社会を豊かにする技術には電磁波が欠かせません。今後、ますます大容量化の進む通信網に使われる光通信では赤外光という電磁波の一種が使われています。さらに、災害現場で活躍が期待される救助ロボットはマイクロ波帯のUWBパルスという電磁波の一種を使ったレーダを装備し、濃い煙の中でも救助活動を行います。このように電磁波を送信・受信すると信号が得られます。この信号には、電磁波の伝播路の状態が大きく反映されています。例えば伝播路が光ファイバであれば、その性質からどのような信号が得られるのかが分かり、大容量通信を実現する手がかりが得られます。逆に、レーダであれば、得られた信号から電磁波の伝播路、すなわち周囲がどのような状況なのかが分かることになります。このように、電磁波と伝播路の間の物理的な関わりに着目して信号を扱うことが、未来の技術にとって重要な要素であることは想像に難くありません。電磁波に関連した信号処理では多くの応用数学のテーマが適用され、華々しい成果があがっており、大学生や大学院生でもアイデアひとつで世界に大きな影響を与えることができる分野です。

2. 研究背景と研究室の取り組み

ロボットが周囲の状況を知るには測定が必要です。そのための手法の一つとして、CCD素子などを用いるカメラが挙げられますが、火災現場などでは濃い煙によりカメラは機能しません。煙の中のように人間の活動が制限される場所にこそロボットの活躍が期待されるのですが、これでは人間に替わっての救助活動は困難でしょう。近年着目されているUWB信号技術は数センチメートルという非常に短いパルスを使用するため、UWBパルスレーダは室内の構造をいかなる状況でも正確に知ることができ、室内ロボットに不可欠な技術の一つです。私たちの研究室ではUWBパルスレーダによる立体形状推定技術を開発することを目指しています。

受信した信号から周囲の状況を知るにはどうすればよいでしょう。電波は光と異なり、反射・回折・屈折などが複雑に合わさった伝播の後に受信されるため、受信信号と周囲の状況の関係は大変複雑になり、立体形状を推定するには大変長い時間がかかります。そこで私たちは、壁や机、床などのように明瞭な表面を持つ物体に適用できる高速立体形状推定法であるSEABED法を開発してきました。この方法を使うと、短時間で図1のように立体形状を推定することができます。この図の中で、右の図が実際の目標物体の形状であり、左の図が推定形状です。この手法については、図2の実験システムを整備し、より詳細な研究を継続して進めているところです。

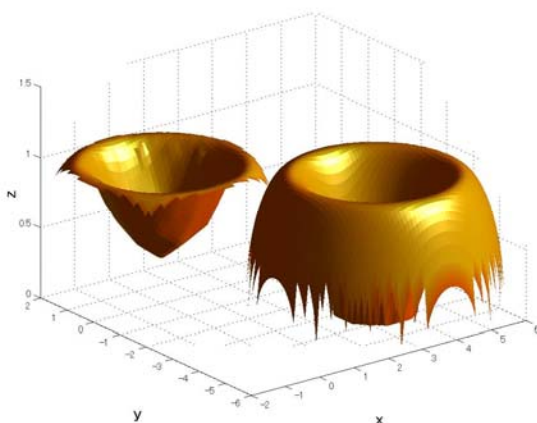


図1 SEABED法による形状推定例

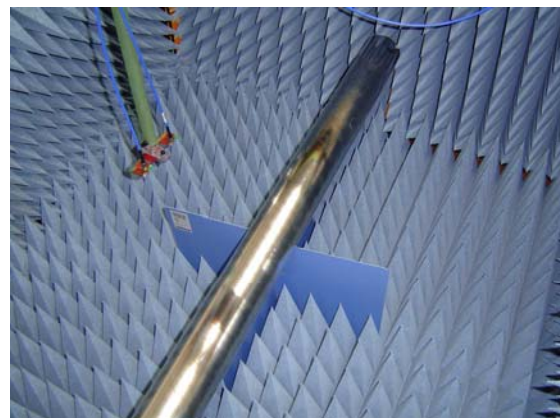


図2 UWBパルスレーダ実験システム

情報学研究科 システム科学専攻 医用工学分野

松田哲也, 天野晃, 水田忍

URL: <http://www.bme.sys.i.kyoto-u.ac.jp>

I. 研究の概要

画像診断に用いる生体機能計測システムや遺伝子解析におけるデータ処理システムに代表されるように, 情報システムは現代の医学・医療を支える重要な基盤となっています。医用システムに関する研究には情報とバイオという2つのキーワードを結びつける展開が求められます。医学部をはじめとする幅広い分野との共同研究体制のもとで, 医用システムに関する教育・研究を行います。

II. 研究内容

現在取り組んでいる研究テーマは, 以下のようなものです。

(1) 核磁気共鳴画像 (MRI) による人体組織の弾性計測 MRI は X 線 CT や超音波画像と並んで, 人体を傷つけることなく体内を画像化する手法です。これまで主に行われて来た, 臓器などの形の画像化に対して, ここでは外部から加えた波の伝播を画像化することにより, 組織の“軟らかさ”を計測しようとしています。

(2) 仮想現実 (VR) 技術によるリアルな触感の再現 手術などを安全・的確に行うために, 医師は目や耳だけでなく“触った感じ”も駆使しています。ここでは仮想現実 (実際にはないものを実在するかのように表現する) 技術を用いて, 臓器などを触ったときの触感を“本物のように”再現する方法を研究しています。実現すれば, 言葉では伝えにくい触感を, 医学生が訓練により覚えることも可能になるでしょう。

(3) ヒト胎児標本の形態データベース構築 京都大学には貴重なヒト胎児の標本が多数集められており, これは世界的にも類を見ない大

規模なものです。標本の持つ形の情報をデータベース化することは, ヒトの体が作り上げられる仕組みを解明する上で大変重要です。ここでは, MRI などにより各標本について求めた外面や内臓の形を, 扱いやすい形で利用者に表示するシステムを構築しています。

(4) 心臓シミュレーション 心臓は人体の中でも特に複雑な臓器です。ここでは微小な細胞の機能から心臓全体の拍動に至るまで, 広範囲にわたる心臓のふるまいの全てをコンピュータ上で再現しようとしています。実現すれば, 心臓病の仕組みや薬品の心臓に与える影響など, 多くのことが明らかになるでしょう。

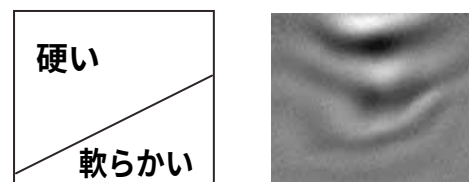


図1. MRI による人体組織の弾性計測



図2 ヒト胎児標本形態データベース

1. 未来技術と不揮発性半導体メモリ

21世紀は情報化社会といわれますが、情報といえばコンピュータとは不可分な関係になっています。コンピュータ内で情報はデジタル化された2進数の大量データが記憶、処理されています。一方私たちの身の回りのあらゆるところにコンピュータやネットワークが存在していつでもどこでもコンピュータやネットワークを使って必要な情報を得ることが出来る社会のことをユビキタス・コンピューティングともいいます。こういったユニバーサルアクセスの理想がコンピュータの小型軽量化により超分散型処理が現実のものになりつつあるなかで、いつでもどこでも利用できる究極の利便性を求めて携帯デバイスの実用化がより一層強く求められています。

こういった社会の進歩を支えてきた技術が半導体集積回路の大規模化であり、超 LSI メモリやマイクロ・プロセッサなどの出現です。こういったエレクトロニクスの発展原動力となったのが不揮発性半導体メモリであり CMOS (相補型 MOSFET) 回路といえます。こういった新しい技術分野では将来にわたり私たちの生活環境をより良くするために激しい研究開発競争が地球的規模で展開され、いままでできなかったことが次々と可能になっていく日進月歩の世界といえます。

2. 研究背景と研究室の取り組み

コンピュータは CPU、ALU、メモリという構成を持つノイマン型のコンピュータが主流ですが、超 LSI の出現とともに CPU と ALU が一体化した MPU とメモリを使ったシングルボードプロセッサに進歩し更に複数の MPU を同時に動作させて処理能力の向上をはかるマルチコアシステムへと進化してきています。ハードウェアの進歩に並行して情報処理の最先端領域では並列処理型コンピュータによる演算速度向上が求められているという状況にあります。

本研究室では、不揮発性半導体メモリおよび CMOS 論理回路など最新の成果を取り入れた新しい機能メモリの設計・合成および SPICE (回路シミュレータ) を用いた機能検証・性能評価などを行い、高度情報処理への応用を目標にした研究をおこなっています。すなわち、不揮発性半導体メモリとして強誘電体メモリを用いた CFRAM を用い、その特長を生かした機能メモリを考案しました。またビットシリアルワードパラレル型並列処理への応用という独自の処理アルゴリズムをハード的に具体化するため電子回路シミュレータ (SPICE) を用いた研究を進めています。このような回路を用いた高度情報処理システムへの応用例としてインターネット技術でよく使われる検索ソートへの応用を想定します。この例では従来言われていた演算回数の理論的限界を超えることが可能という試算結果が得られています。これは画期的成果といえます。

1. ナノ粒子（クラスター）とは

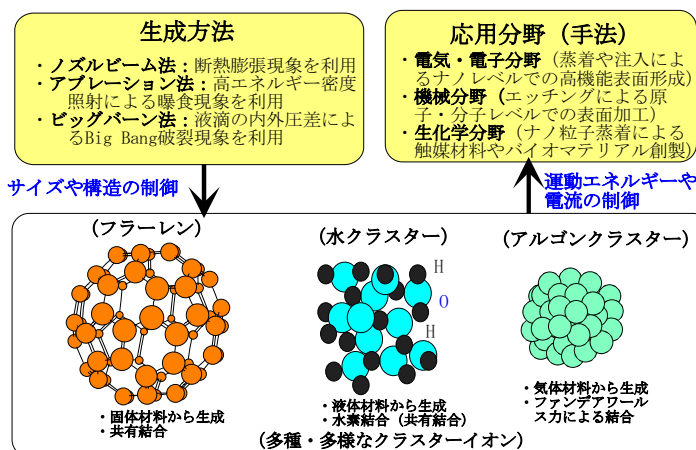
ナノサイズの塊状原子集団であるクラスターは、固体、液体、気体、プラズマでもない第5の状態として物理・化学的に特異な性質を持っています。また、我々の周囲の巨視的な世界と原子・分子が活動する微視的な世界を繋ぐ役割を果たしており、材料科学的に解明すべき重要な研究対象になっています。図に示すように、クラスターの生成方法については、固体、液体、気体の材料から多種・多様なクラスターが生成されており、これらのクラスターイオンを用いた材料創製では、ナノサイズで材料の特性が制御できます。したがって、新しいイオン工学材料の創製や高機能デバイスの製作など、様々な応用分野で研究されています。

2. 背景と研究室の取り組み

近年のエレクトロニクスデバイスの高集積化・超微細化に伴い、それを構成する材料の表面・界面の特性はデバイスの特性に大きな影響を及ぼしています。このような超微細領域の表面・界面の特性を制御するナノプロセス技術として、イオンビーム技術は様々な工学応用分野で用いられています。これまでは、原子・分子状あるいはクラスター状のイオンを生成する場合、主に固体材料や気体材料がイオン発生源のソース材料として用いられており、液体材料は殆ど検討されていませんでした。液体材料には、液体有機材料のように、多種・多様な性質を持ち、特異な化学反応を活用できる魅力的な材料が豊富にあります。本研究室では、研究の一端として、水やアルコールなどの液体材料を用いてクラスターを生成し、イオン化・加速して固体表面に照射し、衝突時に液体特有の流動性やクラスターイオンの運動エネルギーを活用した表面平坦化や表面加工、表面改質などの研究（削る・洗う・磨くためのナノ技術の研究）を行っています。特に、液体クラスターイオンの研究は、サイズや構造を制御した液体（溶媒）の化学反応過程（例えば、溶媒・溶質反応）を、新しい切り口（例えば、サイズ依存性）から原子レベルで明らかにでき、新規な化学反応システムの構築に関する先導的研究として注目されています。

一方、真空中、気体中、あるいは液体中でのイオンと固体表面との相互作用を活用した新しい材料、すなわちイオンの振る舞いを主として扱うイオン工学材料の創製は、次世代のエネルギー、環境、医用材料などの高機能材料の開発に重要となっています。その中で、環境や健康に役立つ光触媒材料の開発や骨類似アパタイト層の形成による立体バイオ構造体の開発などを行っています。さらに、サイズや構造を制御したクラスター（テイラードクラスター）の特異な物理的、化学（反応）的性質を活用し、電子・光・磁気などの交差相関物性を発現することによって、材料自身にセンサー、メモリ、プロセッサの機能が付加された超材料の創製や複合機能デバイスの製作に関する研究を推進しています。

各種クラスターイオンの生成と応用



工学研究科 電子工学専攻 藤田研究室

藤田 静雄

半導体はこれまでの経済発展に大いに寄与してきましたが、急激な経済発展が地球環境に深刻な問題を投げかけているのも事実です。この問題を解決するにも、半導体技術が重要な役割を果たすことが期待されています。私たちは、地球環境の保護に寄与する半導体部品（素子；デバイス）の開発、地球に与える負荷の少ない半導体技術の開発という観点で、新しい半導体材料と応用の研究に取り組んでいます。

消費電力の少ない白色発光ダイオードを実現する半導体材料の開発

白色発光ダイオードは蛍光灯（注：蛍光灯は水銀を使っています）に代わる照明光源として期待されています。ただ、白熱電球に比べ消費電力は少ないものの、蛍光灯よりは電力が必要です。より消費電力が少ない白色発光ダイオードを低いコストで実現できるような材料が必要です。

地球上に多く存在する資源を使い、安全な元素で構成される半導体材料の開発

地球上に存在する資源には限りがあります。インジウムなどは稀少金属とよばれ、存在量が多くありません。そのような希少金属を多く含まず、またできれば砒素など危険な元素を含まないような半導体材料を開発することが望ましいです。

高感度で紫外線・ガス等を検出できる半導体材料の開発

私たちの暮らしに影響を与える紫外線、危険なガス等を高感度で検出することは、私たちの暮らしを守るために不可欠です。燃料電池などの省エネ機器のガス漏れを検知することも必要です。

消費電力が極めて少ないトランジスタを実現する半導体材料の開発

電子のスピンを利用するなど、これまでのトランジスタと異なる原理を用いて、ごくわずかの電力で動作するトランジスタが期待されています。新しい半導体の開発でこれが可能になります。

少ないエネルギーで半導体を育成する技術の開発

金属鉱石をもとに半導体ができるまでには多くのエネルギーが必要です。できる限り少ないエネルギーで優れた半導体材料を作り、部品化してゆくことは重要です。またその過程で、危険な材料を使わないような方法を考え出すことも、環境への優しさという観点で不可欠です。

プラスチックやガラスなど安価な基板上で機能する半導体材料の開発

各種の半導体部品は基板の上に作製されますが、一般に基板に使われるのは半導体です。基板としてプラスチックやガラスを使うことができれば、部品に使う半導体材料の量はごく僅かですみます。またプラスチックを基板にできると、曲がるディスプレイなど新しい応用が広がります。

このような観点に立ち、私たちの研究室では、酸化物半導体の研究に取り組んでいます。ほとんどの金属元素は酸素と結合して酸化物を作りますし、酸化物は物質として安定な形態です。具体的には、酸化亜鉛（ ZnO ）、酸化ガリウム（ Ga_2O_3 ）など酸化物である新しい半導体材料を育成し、発光・受光等のはたらきを与える構造を作製し、物性を明らかにし、実際の部品としての応用を実証してゆきます。地球の資源を大切に、環境を守り、私たち子孫の安全で安心できる暮らしを今の私たちが創りあげることは私たちの使命であるという思いで、研究を行っています。

情報学研究科 通信情報システム専攻 リモートセンシング工学研究室

教授: 山本衛、准教授: 橋口浩之、助教: 山本真之

当研究室では、天気左右されずにいつでも上空の風速をリモートセンシング(遠隔計測)できるレーダーの開発研究を行っています。昭和59年に滋賀県甲賀市信楽町に完成したMU(ミュー)レーダーは、直径103mの巨大アンテナと1MW(通常のFM放送局の約100倍)という大出力を誇るレーダーで、20年以上経つ今でもこの種のレーダーとしては世界最高性能です。気象庁では平成13年から当研究室でMUレーダーの経験を基に開発した小型高性能レーダー31台を使ったレーダーネットワーク(「ウィンダス」と呼ばれています)を導入し、毎日の天気予報に利用しています。従来は、全国18ヶ所で水素ガスを詰めた気球にセンサー(ラジオゾンデと言います)を取り付けて1日に4回飛ばして観測されていました。気球観測ではどうしても人手がかかってしましますが、レーダーは無人で24時間連続観測でき、しかも1分毎に気球を飛ばす(現実にはそんなこと不可能ですが)のと同様なデータが得られるのです。ウィンダスの導入によって、特に短期天気予報(2~3日後までの予報)の精度が向上しました。

一方、数ヶ月以上先の長期予報はまだ外れることが多いですね。それは、短期予報では日本付近のことだけを考えていけば良いのですが、長期予報では地球全体の影響を考えないといけないので、予報が難しいのです。特に、赤道付近の気象現象が世界の気象に与える影響は大きく、赤道域のエルニーニョ(スペイン語で「神の子(キリスト)」の意味です)・ラニーニャ(同じく「女の子」)現象が世界の異常気象の原因になっていると言われています。ちなみに台風も赤道近くで発生したものが、北上してきたものです。当研究室では、赤道域の中でも特に大気活動が活発なインドネシアのスマトラ

島に、MUレーダーよりも一周り大きい直径110mの巨大なレーダー(面積は気象庁のレーダーの約600倍!)を建設しました。日夜、赤道上空の大気を観測し、研究を進めています。これまでの観測から色々な新しい発見がありました。近い将来、きっと長期予報精度の向上にも貢献できるだろうと考えています。



インドネシアのレーダーの写真。八木アンテナ560本で直径110mの巨大アンテナが作られています。

☆ 上記の研究内容は当研究室でやっていることのほんの一部でしかありません。興味のある方は、ホームページ <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/yamamoto-lab/> を御覧ください。

☆ 当研究室は宇治キャンパスの生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野に属しており、工学部電気電子工学科の卒業論文、及び情報学研究科 通信情報システム専攻の修士論文・博士論文の研究指導を行っています。

☆ 当研究室に興味のある方、MUレーダーの見学を希望される方は下記のメールアドレスまで御連絡下さい。

hasiguti@rish.kyoto-u.ac.jp (橋口)
m-yamamo@rish.kyoto-u.ac.jp (山本真)

工学研究科 電気工学専攻 小山田研究室

(教授)小山田耕二 (助教)酒井晃二

1. 可視化技術

計算機技術の発達に伴い、私達の扱う情報の量は急激に増加しています。情報閲覧するだけでも大変な労力を必要とします。当研究室では、実験や計測から得られる測定データや数値シミュレーションによる計算結果などの膨大な数値データを、利用者が理解しやすい形に変換して提示する技術（可視化技術）について研究を行っています。

近年では、研究分野のボーダレス化が進み、異分野・異文化連携や協調的研究のための質の高いコラボレーションが要求されています。当研究室では、この要求に対し、高度可視化技術によって、高臨場感を持つ実用的な遠隔コラボレーション支援環境構築のための基盤技術を研究しています。特に大規模データを生成する数値シミュレーションや実験装置を利用する研究分野に着目しています。このため、実験結果を利用して、数値シミュレーション結果の精度を向上させるパラメータ最適化に関する研究も行っています。

2. 高臨場没入型仮想環境

可視化技術の重要な要素の一つに表示技術があります。近年の技術発達に伴い、3次元のデータを高い臨場感をもって提示することが可能な仮想現実(VR: Virtual Reality)環境が整備されてきています。その中でも、没入型仮想環境(IPT: Immersive Projection Technology)は、利用者がデータ提示空間内に没入して観察を行うことができ、高い臨場感を得ることが可能なシステムです。IPTは、複数スクリーンから構成され、それぞれのスクリーンにステレオ映像を映写します。利用者は、偏光眼鏡を着用することで、臨場感の高い没入映像を観察することができます。また、専用の操作デバイスを利用することで、データに対して対話的な操作を行うことができます。当研究室では、地震震源データから断層面を推定するための支援技術や両手入力式操作インタフェースなど、IPTを用いた高臨場可視化環境の構築に関する研究を行っています。



図1 高臨場没入型仮想環境(IPT)

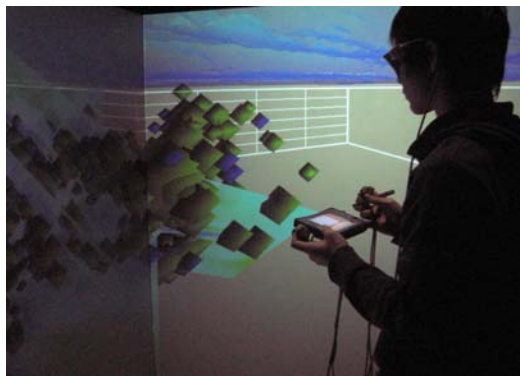


図2 IPTを利用した地震断層面推定支援システム

学術情報メディアセンター ネットワーク研究部門 中村研究室

中村裕一，尾関基行，小泉敬寛

研究の背景

そう遠くない未来，人間とロボットと種々のコンピュータがネットワークで結ばれ，共に生活する世界がくるでしょう．掃除ロボットと談笑し，キッチン内蔵のコンピュータに料理を教わり，腕時計感覚で小型コンピュータを身につけて歩く．そんな近未来世界のコミュニケーションを支えるメディア（情報の媒体）には，どのような機能が必要となるのでしょうか？ 人間を見守るメディア，教えてくれるメディア，人間どうしをつないでくれるメディアなど，私たちは，人間と機械，人間と人間のコミュニケーションをサポートする知的情報システムの構築や，それらを支える高機能ネットワークの実現を目指して研究に取り組んでいます．

研究の概要

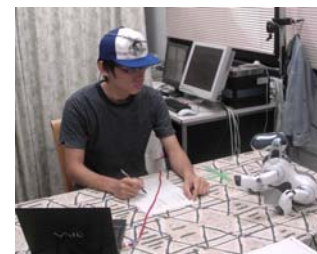
会話内容による個人行動記録メディアの検索

コンピュータの小型・軽量化により，コンピュータを日常的に身に付けることが可能になってきました．これをウェアラブルコンピュータといいます．これらを使えば，遠く離れた場所であっても，他の人から映像と音声による支援を受けながら作業することが可能となります．この研究では，ウェアラブルコンピュータを装着した人がどこで・どのような経験をし，どのようなことを話したかを映像と音声で記録していきます．このようにして得られた記録データから，音声認識技術などを用いて，役に立ちそうなものを検索します．



日常生活や学習をさりげなく支援するメディア

勉強や料理などをしているときに，間違えているところや分からないところをロボットが教えてくれると便利です．しかし，いつもと違うやり方をしようとしたところを正されたり，今やろうとしていたところを早くやれと言われてたりすると面白くありません．こういうことを避けるためには，人間が考えていることを分かった上でそれに適した支援を行わなければなりません．この研究では，ロボット(AIBO)による作業支援システムを試作して，人間の考えを探り出すためのコミュニケーションモデルを創ろうとしています．



人間の行動をサポートするユーザインタフェース

コンピュータを相手に何か作業をするとき，コンピュータが人間の意図を察してくれると便利です．そこで生体信号（筋電位）を計測し，人間の行動や意図を認識することで，その状況に応じた情報を呈示するシステムの構築を目指しています．筋電位とは人間が筋肉を動かすときに出る信号です．筋電位を利用することで，画像処理や位置センサなどの他のセンサに比べて，人間のより細かな動きをより速く認識することが期待できます．



☆興味のある人は研究室のホームページ(<http://www.ccm.media.kyoto-u.ac.jp/>)をご覧ください．

— ㄨㄛ —

