

研究室紹介

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

(*は「新設研究室紹介」、☆は「大学の研究・動向」のページに掲載)

電気関係研究室一覧

工学研究科

電気工学専攻

- 複合システム論講座
- 電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野 (島崎研)
- 電磁工学講座 超伝導工学分野
- 電気エネルギー工学講座 生体機能工学分野 (小林研)
- 電気エネルギー工学講座 電力変換制御工学分野 (引原研)
- 電気システム論講座 電気回路網学分野 (和田研)
- 電気システム論講座 自動制御工学分野 (萩原研)
- 電気システム論講座 電力システム分野 (大澤研)

電子工学専攻

- 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 (橘研)
- 電子物性工学講座 半導体物性工学分野 (木本研) *
- 電子物性工学講座 電子材料物性工学分野 (松重研)
- 量子機能工学講座 光材料物性工学分野
- 量子機能工学講座 光子電子工学分野 (野田研)
- 量子機能工学講座 量子電磁工学分野 (北野研)

附属イオン工学実験施設

- 高機能材料工学講座 クラスタイオン工学分野 (高岡研) ☆

情報学研究科 (大学院)

知能情報学専攻

- 知能メディア講座 言語メディア分野 (黒橋研) *
- 知能メディア講座 画像メディア分野 (松山研)

通信情報システム専攻

- 通信システム工学講座 デジタル通信分野 (吉田研)
- 通信システム工学講座 伝送メディア分野 (森広研)
- 通信システム工学講座 知的通信網分野 (高橋研)
- 集積システム工学講座 情報回路方式分野 (中村研)
- 集積システム工学講座 大規模集積回路分野 (小野寺研) ☆
- 集積システム工学講座 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
- システム情報論講座 医用工学分野 (松田研)

エネルギー科学研究科 (大学院)

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 (近藤研)
- 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 (野澤研)
- 応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野

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 (吉川潔研)
- エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野 (水内研)
- エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野 (佐野研) ☆

生存圏研究所

- 診断統御研究系 レーダー大気圏科学分野 (深尾研)
- 診断統御研究系 大気圏精測診断分野 (津田研)
- 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 (大村研)
- 開発創成研究系 生存圏電波応用分野 (橋本研)

京都大学ベンチャービジネスラボラトリー(KU-VBL)

国際融合創造センター

- 融合部門
- ベンチャー分野 §
- 創造部門
- 先進電子材料分野 (藤田静研)

高等教育研究開発推進センター

- 情報可視化分野 (小山田研)

学術情報メディアセンター

- 複合メディア分野 (中村裕研)

注 § 工学研究科電子工学専攻橘研と一体運営

電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野（島崎研究室）

<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/outside/annai/teacher.php?id=7>

「スライディングメッシュを用いたモーター磁界解析」

現代社会においては電力の約半分がモーターによって消費されており、また今後、環境への負荷が低い電気自動車の普及が予想されることから、モーターの更なる高効率化と小型軽量化が必要とされている。そのためには高精度電磁界シミュレーションに基づくモーターの小型省エネルギー化設計が不可欠である。しかし、モーターなど可動部を含む対象の電磁界を高精度に解析するためには、位置の変化に応じた計算格子の再構成を必要とすることが通常であり、解析アルゴリズムが煩雑となりやすい。

そこで、本研究室では、モルタル有限要素法を用いたモーターの磁界解析手法を検討している。モルタル有限要素法は領域分割法の一つであるが、領域の境界面で計算格子が整合（一致）している必要がないため、計算格子の柔軟な構成が可能となる。例えば、モーター解析において、回転部と固定部の格子をスライドさせて用いることができる（図1）。このモルタル有限要素法については、非整合格子を用いた定式化法と計算誤差に関する理論的な研究が進んでいるが、これを大規模電磁界解析に実際に適用するにあたっては、帰着する連立一次方程式の解法など解決すべき問題が残っている。例えば、連立一次方程式の解法については、現在最も代表的な解法であるICCG法の適用が容易でない。

そこで、モルタル有限要素法を用いる際に現れる連立一次方程式の効率的な解法を検討した。モルタル有限要素法にICCG法をそのまま適用すると、IC前処理計算に密行列が現れて計算コストが増加する。そこで、密行列の計算を回避する近似IC前処理手法を提案した。その手法により、永久磁石モーターの2次元磁界解析を行った。図2は回転子の回転角が0度の時の計算格子であり、回転に伴って回転子部分の格子がスライドして用いられる。図3にトルク波形の計算結果を示す。格子の非整合があっても、トルクが滑らかに変化していることがわかる。また、図4に、連立一次方程式の解法による計算時間の比較を示す。2次元解析においても、従来法（対角前処理CG法、ICCG法）と比較して、計算時間が大幅に短縮されている。

参考文献

T. Matsuo, Y. Ohtsuki and M. Shimasaki, 12th IEEE Conf. Electromag. Field Comp., PB4-5, 2006.

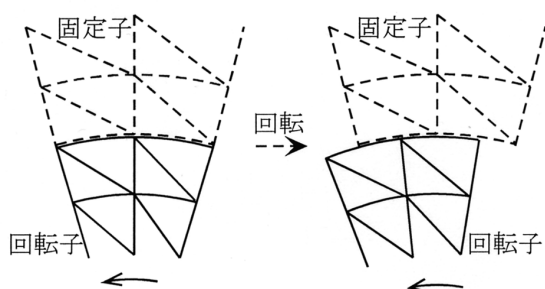


図1. スライディングメッシュ

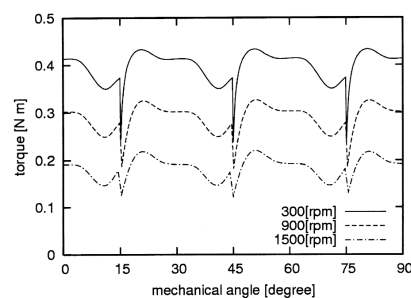


図3. トルク波形

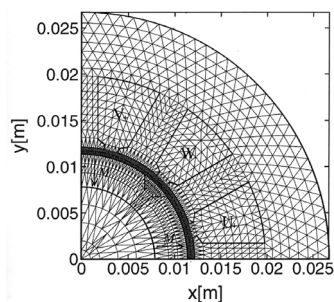


図2. モーターの計算格子（回転角0度）

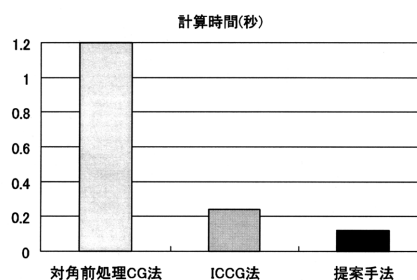


図4. 計算時間の比較

電気エネルギー工学講座 電力変換制御工学分野 (引原研究室)

<http://www-lab23.kuee.kyoto-u.ac.jp/indexJ.html>

「ハイブリッドシステム論を用いた電気エネルギーシステムの解析」

近年、規制緩和にともなう電力自由化や、環境負荷低減をめざした分散形電源の導入など、電力システムをとりまく環境が大きく変化しています。また、2003年に北米・イタリアなどで発生した大規模停電は、電力供給の不確実性が社会へ与えるインパクトの大きさと安定供給の重要性を私達に再認識させています。当研究室では、上記の背景をもとに、電気エネルギーの供給を目的とした「電気エネルギーシステム」の解析手法および設計・制御論の確立を研究テーマの一つとしています。ここでは、当研究室の電力変換・制御工学という観点からおこなっている、ハイブリッドシステム論にもとづく電力システムの解析について紹介します。ハイブリッドシステムとは、シンボリックな変数と連続値変数が混在するようなシステムをいい、切替を含むシステムのモデル化に適しています。電力システムでは、保護リレー動作にともなう送電線切替や電源制限などによりネットワーク構成が瞬時に変化します。一方、発電機・負荷のダイナミクスや直流送電による潮流制御などは連続的なものです。これらは、電力システムに生じるダイナミクスをハイブリッドシステムを用いて解析し、送電線切替や電源制限などの制御手法を検討する可能性を示しています。

以下では、上記研究の一例として同期発電機に関する過渡不安定性の評価手法を紹介します。図1の電力システムにおいて、F点で交流1回線故障が発生した場合を考えます。このとき、発電機G2が過渡不安定(脱調)にいたるか否かを筆者らの提案手法で検討したものが図2です。図2は故障発生時刻における発電機G2の動作点の集合を表しています。灰色の領域に属する動作点で故障が発生した場合、発電機G2の脱調回避は困難であり、一方無色の領域では脱調回避が可能であることを示しています。ここで提案手法を用いることにより、故障発生後の回線遮断や電源制限などの離散的操作(制御)を含めて故障発生時刻に過渡不安定性を評価できる点が重要です。従来の評価手法、例えば電力システムシミュレータを用いた実験的検討では故障発生時における評価は困難であり、エネルギー関数などを用いた直接法では回線遮断などによるシステムのハイブリッド性を考慮できません。本研究の提案手法は上記を克服するものであり、ハイブリッドシステムによるダイナミクスのモデル化と可到達集合とよばれる概念を用いて初めて可能になりました。なお本研究は、21世紀COEおよび科研費の補助を受けるとともに、電力会社との共同研究により遂行したものです。

参考文献

引原, 平17電気学会全大, vol. 6, p. 187 (2005); 崎山 他, 平成18電気学会全大, vol. 6, pp. 269-270 (2006); 薄 他, 平成18電気学会全大, vol. 6, pp. 271-272 (2006)

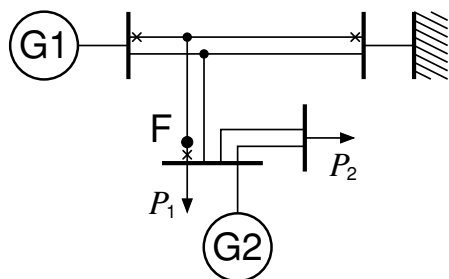


図1. 二機無限大母線系統

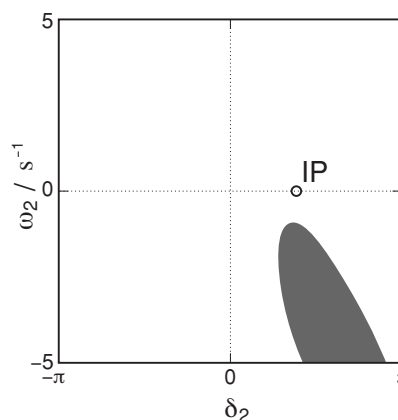


図2. 過渡不安定領域。灰色の領域にある動作点で故障が発生した場合、発電機G2の脱調回避は困難であり、一方無色の領域では脱調回避が可能であることを示しています。

集積機能工学講座（鈴木研究室）

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

「高温超伝導体の固有ジョセフソン接合」

ジョセフソン効果とは、2つの超伝導体を1nm程度の非常に薄い絶縁層を介して接合した時に起こる現象で、絶縁層を通して超伝導電流が流れ、電流が臨界値を超えると1ps以下の高速で接合が電圧状態にスイッチするのが特徴である。このような接合をジョセフソン接合という。超伝導は巨視的量子効果の発現であり、超伝導状態は超流動濃度の位相と振幅で表される。ジョセフソン接合に流れる超伝導電流は2つの超伝導体の位相差を θ とすると $\sin \theta$ に比例して流れる。この効果を利用することにより巨視的量子効果を電気信号として取り出すことができるようになる。つまり、ジョセフソン接合は超伝導という巨視的量子効果を電気信号に変えることのできるほぼ唯一のデバイスである。

従来の金属超伝導体ジョセフソン接合は、表面を薄く酸化した上にもう一度超伝導金属を蒸着することによって作製されていた。ところが、高温超伝導物質は銅を含む酸化物であるために、この方法は利用できない。これまで種々の方法が考案されてきたが、トンネル型の接合に関してはまだ十分な特性を示すものは得られていない。一方、高温超伝導体は超伝導層が絶縁層と交互に積層されている層状結晶構造を有しているため、結晶構造そのものがトンネル型の絶縁層と見なすことができる。実際、微細加工法により原子層数層を取り出してその特性を測定すると理想的なジョセフソン接合特性を示すことを明らかにしてきた。当研究室では固有ジョセフソン接合を取り出す際の微細加工法にさらに改良を加えることにより、10個以下の固有ジョセフソン接合を均一に取り出すことに成功した。図1はビスマス系高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (BSCCO) の単結晶から形成された $10 \mu\text{m}$ 角、厚さ7.5nmの微小メサ構造の電流電圧特性で、5原子層の特性である。高温超伝導体で形成されたトンネル接合のほぼ理想的な特性と言える。

これまで固有ジョセフソン接合特性が観察された高温超伝導物質はホールキャリアをドーピングした高温超伝導体であったが、当研究室では結晶構造や抵抗率の異方性を考慮すると電子ドーピング型高温超伝導体でも固有ジョセフソン接合特性を示す可能性があることから、電子ドーピング型高温超伝導体 $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ (SCCO) の単結晶を用いて微小メサ構造を作製し、メサ構造の寸法が約 $2 \mu\text{m}$ 角以下になった場合のみ固有ジョセフソン接合特性を示すことを明らかにした。図2はSCCO電子型高温超伝導体の微小メサ構造において初めて観察された固有ジョセフソン接合特性である。

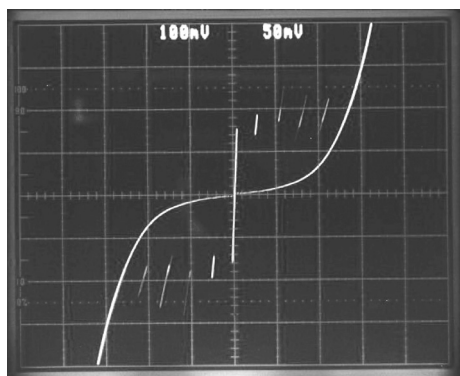


図1. BSCCOの固有ジョセフソン接合特性
(Y軸: 1mA/div, X軸: 50mV/div)

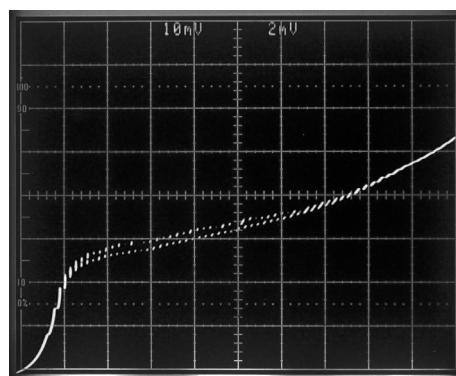


図2. SCCOの固有ジョセフソン接合特性
(Y軸: 0.1mA/div, X軸: 7mV/div)

電子物理工学講座 極微真空電子工学分野（石川研究室）

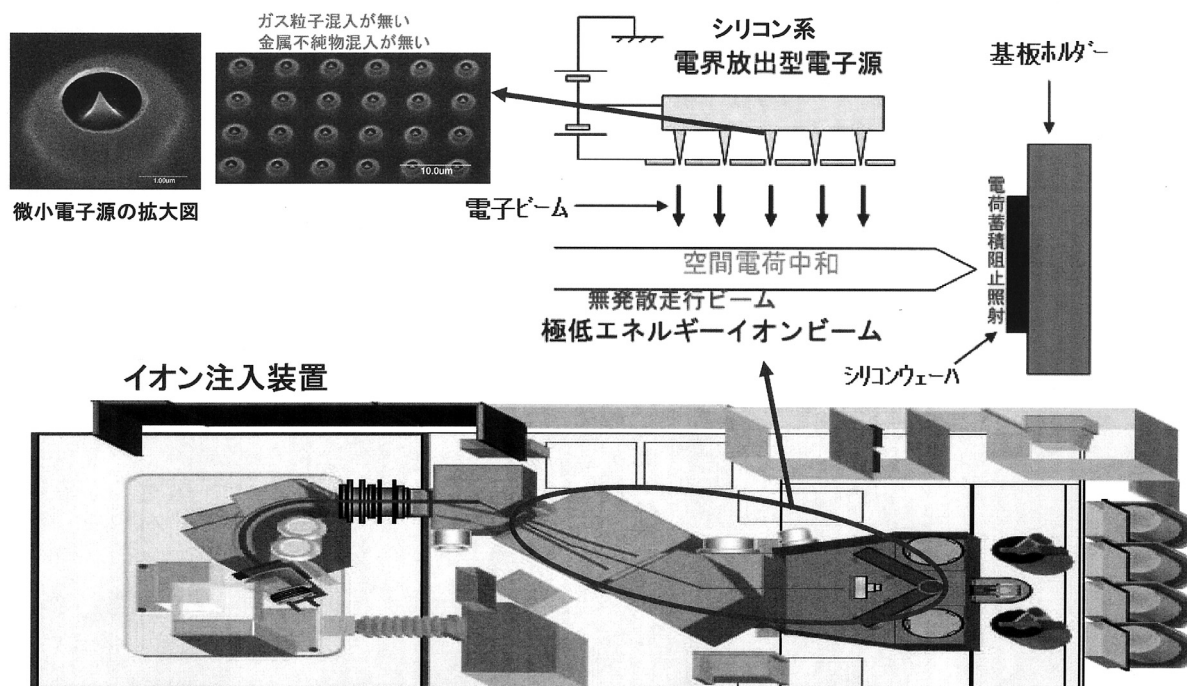
http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/lab16/index_j.html

次世代半導体デバイスに向けた低エネルギーイオンビームの無発散走行照射技術の開発

次世代半導体デバイスの極浅微細接合形成のためには低エネルギーイオン注入（0.2～0.5 keV）が不可欠な技術になってきます。しかし、低エネルギーではイオンビーム自身が持つ正電荷によるイオンビームの発散が顕著となるために、イオンビームの平行度の確保が非常に困難になります。また、従来のイオンビームの電荷中和技術においては、ガス粒子の混入や金属不純物の混入を避けることができないという問題がありました。この開発研究では、下図に示すように、石川研究室で独自に開発したシリコン系電界放出型微小電子線源を、イオン注入装置のイオンビーム輸送経路に配置して、この電子源から得られる低エネルギー幅電子束を用いてイオンの正電荷量を中和することにより、クリーンな空間において半導体基板への平行性ビーム照射と電荷蓄積阻止を実現しようとするものです。

シリコン系電界放出型電子線源によって低エネルギーイオンビームの高効率走行を実現させるこの技術によって、従来イオン注入装置において用いられてきた技術である外部から電磁界力でイオンビームを集束する手法の性能及び複雑性の限界を克服することができるとともに、半導体基板へのイオン注入において粒子汚染のない電荷蓄積阻止も実現できるため、次世代半導体デバイスのイオン注入工程の飛躍的な生産性向上を促すことができ、次世代高度情報通信社会の実現に大いに寄与できると考えています。

この開発研究は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究成果活用プラザ京都の平成18年度から3年間の育成研究としてスタートしたもので、石川研究室が中心となり、JST、日新イオン機器株式会社と共同で石川プロジェクトとして開発研究を進めていくことになっています。



量子機能工学講座 光材料物性工学分野

<http://www.optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

「マイクロファセットInGaN/GaN量子井戸構造による多波長発光の実現」

窒化物半導体を用いた発光ダイオードが、紫外から緑色の波長領域ですでに実用に至り、従来のAlGaInP系赤色発光素子と組み合わせたフルカラーディスプレイや信号機などがすでに我々の生活に浸透してきている。これら、半導体を用いた発光素子の特徴の一つは、発光スペクトルの幅が狭く波長純度が高いことである。このため、発光色は鮮やかな色となる一方、中間的な淡い色を出すことが原理的に難しい。そこで、蛍光体を組み合わせたり、複数の発光素子を集積したりするが、いずれの方法も一長一短である。

これに対して当研究室では、最近、結晶再成長技術を用いれば、複数の結晶面（マイクロファセット）で構成された三次元的なGaInが形成できること、その上に発光層となるInGaN/GaN量子井戸を結晶成長すれば、結晶面によってIn組成や膜厚が異なり、その結果、発光色が異なることを見出した。発光効率に影響を与える発光遷移確率を考慮すると、図1の(a)に示すように、通常のC面上へのInGaN/GaN量子井戸では、ピエゾ電界によって電子と正孔がお互いに井戸の垂直方向で引き離されるために、波動関数の重なり積分が小さくなり発光確率を低下させる。とくにInリッチな緑から赤色発光層においては、この影響が顕著であり、素子の効率を大きく左右するファクターとなっている。しかしながら、われわれが提案している構造(b)から形成される無極性面および半極性面では、ピエゾ電界がほとんどゼロになり、貫通転位密度も低減できるため、可視全域で大きな発光効率が期待される。

実際に、有機金属気相エピタキシー(MOVPE)によって作製した{11-22}半極性面マイクロファセットからのフォトルミネッセンスは、中心波長530nm(緑色に対応)で非常に高い内部量子効率(約50%)で発光する。さらにある成長条件では、発光帯は450~650nmと、青から赤色までほぼ可視全域をカバーできることが明らかになった。これを蛍光顕微鏡とバンドパスフィルターの組み合わせによって観察すると、ファセット上部から下部に向けて赤、黄色、緑色、青色と帯状に発光しており、In組成分布によりこのようなブロードバンド発光が実現していることが示され、これをマイクロレインボーカラーと命名している。

この成果は、テイラーメイド固体光源のための今後有望な技術として発展させられるものと期待しており、[K. Nishizuka, M. Funato, Y. Kawakami, Y. Narukawa, and T. Mukai, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 231901/1-3 (2005).]への発表論文が*Nature*誌のResearch Highlights(**438**, p.892, 2005)として紹介された。

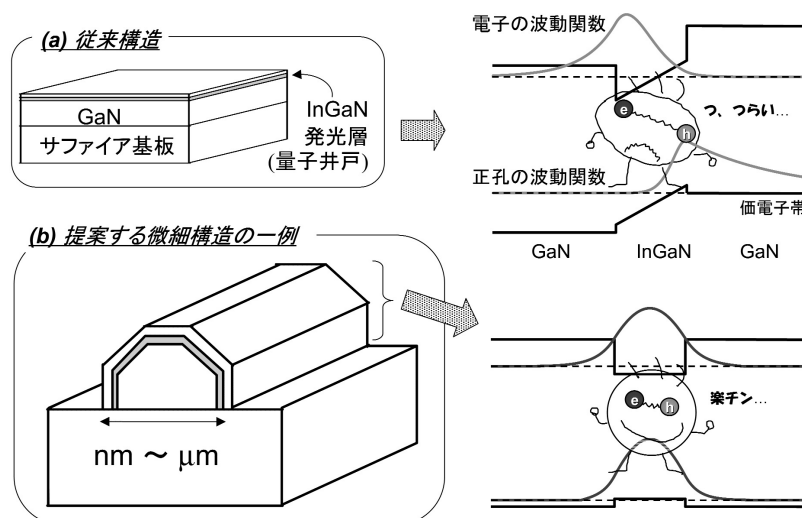


図1. (a) 通常のC面上InGaN/GaN量子井戸, (b) われわれが提案したマイクロファセットInGaN/GaN量子井戸構造

通信システム工学講座 デジタル通信分野（吉田研究室）

<http://www-lab14.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

「無線ネットワークにおけるマルチホップ伝送とレート制御の特性比較」

日常生活のあらゆる局面でネットワークの恩恵が享受できる、ユビキタスネットワークへの期待が高まっている。このようなネットワークでは、無線端末の自律分散制御が望ましい場合が少なくない。具体的には、マルチホップ伝送により情報を伝送する形態が仮定されることが多い。この形態の無線ネットワークとして早期に実現が期待されているものの一つに、無線メッシュネットワークがある。これは無線LANにおけるアクセスポイント間をマルチホップ伝送を用いて相互に接続するものである。これにより、無線LAN設置形態の柔軟性が高まり、さらなる発展につながる可能性がある。無線LANの標準化を行うIEEE 802.11s 委員会において標準化が進められており、産業界でも注目度の高い技術である。

このマルチホップ伝送のメリットの一つはサービスエリアの拡大である。例えば、直接通信（シングルホップ）できない端末との間に、他端末を中継局とするマルチホップ伝送を導入すれば、通信が可能になることは直感的にも分かりやすい。しかしながら、マルチホップ伝送で実現可能なQoS（サービス品質）は、直接通信の場合と必ずしも等しいと言えない。例えば、直接通信であれば送受信局間で常に伝送が可能であるのに対し、マルチホップ伝送時には中継局における同時送受信が困難なため、送信局と中継局の送信タイミングを分ける必要があり、単純にはスループットが半分となってしまう。また、2ホップ伝送を行うために別のチャネルを用いればスループットは下がらないが、元々別のチャネルを用いていたユーザは、通信ができなくなってしまう。

逆に直接通信であっても、市販の無線LAN機器にも用いられているレート制御（例えば伝送速度を下げる）を行えば、遠方でも通信が行える可能性がある。すなわちマルチホップ伝送とレート制御は、スループットを下げることで通信距離を拡大するという点で同じ技術といえよう。従って、同じ通信品質で考えた場合にマルチホップ伝送とレート制御のどちらが通信距離が長いかという問題は、直感的に分かるほどは明白ではない。

本研究では、図1のような直線上等間隔のマルチホップ伝送においてレート制御を行う場合のスループットを評価した。レート制御としては適応変調を考慮した。評価結果を図2に示す。横軸はエンドツーエンドの距離、縦軸はエンドツーエンドのスループットを示す。近距離ではマルチホップ伝送は得策ではなく直接通信がもっとも高いスループットを実現する。そして距離の増加に応じて、高いスループットを実現するためにはより大きいホップ数を用いる必要があることが分かる。現在、この単一通信のスループットの考えを拡張し、システムを構成した場合の単位面積あたりのスループットなどに関する検討を進めている。

参考文献

山本 高至, 楠田 厚史, 吉田 進, “エンドツーエンドの誤り率を考慮したマルチホップ伝送容量の評価,” 2004年 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-5-70, p.404, Sept. 2004.

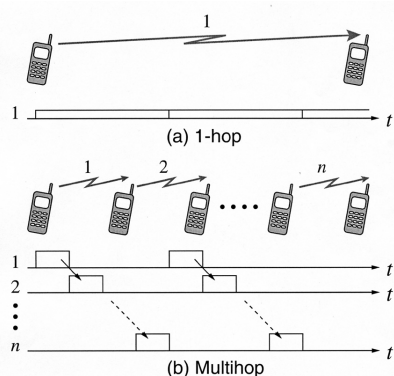


図1. マルチホップ伝送

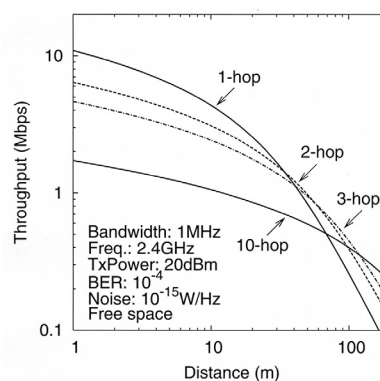


図2. 距離に対するスループット特性

通信システム工学講座 伝送メディア分野（森広研究室）

<http://www.imc.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

屋内電力線通信における漏洩電界の測定及び解析

屋内電力線通信とは、家屋やビル内の電力配線を用いて通信を行うことを指します。屋内電力線通信は、ネットワーク接続がコンセントを通じて簡単に行えるという利点を有し、海外では短波帯内の4MHzから21MHzの周波数帯を用いた、最大の伝送速度が80Mbpsを越える製品が既に市販されています。しかし、日本においては、電力線からの漏洩電波が無線通信機器に影響を与えることが懸念され、短波帯を利用した屋内電力線通信は禁止されています。無線通信機器への影響を軽減する屋内電力線通信技術を提供するためには、屋内電力線の構成要素と漏洩電波との相関を明らかにする必要があります。本研究室では、屋内電力線の構成要素と漏洩電波との相関について、測定実験を通じて検証し、その解析を行いました。

電力線通信信号は、電力線ケーブルの2導体間に印加されるディファレンシャルモード信号です。ディファレンシャルモード信号は、2導体の片方を往路、もう一つを復路とします。しかし、屋内電力線の構成要素によっては、2導体の両方を往路、グラウンドを復路としたコモンモード電流に変換されます。短波帯において、2導体上を流れるコモンモード電流は、ディファレンシャルモード電流に比べて、電波の輻射が大きいことが知られています。そのため、電力線通信信号がコモンモード電流に変換される屋内電力線の構成要素を明らかにするのが重要な課題となります。電力線通信信号がコモンモード電流に変換されるポイントとして、電力線ケーブル、柱上トランスでの片線接地、家電機器、片切りスイッチなどが挙げられます。そこで、図1に示す電力線モデルModel 0、1、2を電波暗室内に構築し、その漏洩電界強度及びコモンモード電流を測定しました。テレビ、ノートPC、蛍光灯、電子レンジは電源オフ、電話機、電気ポットは電源オンとしています。図2は、図1中のループアンテナによる電界強度の測定結果です。Model 2が測定周波数全体に渡り漏洩電界が非常に強いことが分かります。コモンモード電流発生源として顕著であったのは蛍光灯が接続されているコンセントであり、蛍光灯は片切りスイッチを含んでいることが他の家電機器と異なります。これらの結果から、蛍光灯に含まれる片切りスイッチがコモンモード電流の主要な発生源であることが分かります。従って、屋内電力線通信技術の開発には、屋内電力線に含まれる片切りスイッチの影響を考慮する必要があります。今後は、漏洩電界の測定結果に基づいた、屋内電力線通信における漏洩電界低減技術の開発を進めていく予定です。

謝辞

本研究の実験には、京都大学 生存圏研究所の電波暗室及び実験機器を利用させていただきました。ここに関係各位に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] M. Ishihara, D. Umehara, and Y. Morihira, "The correlation between radiated emissions and power line network components on indoor power line communications," Proc. IEEE ISPLC 2006, pp. 50–55, March 2006.

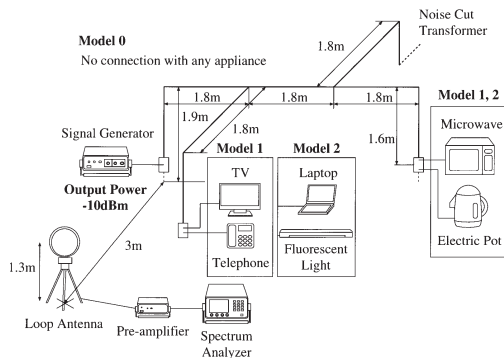


図1. 電力線モデルとその漏洩電界測定系

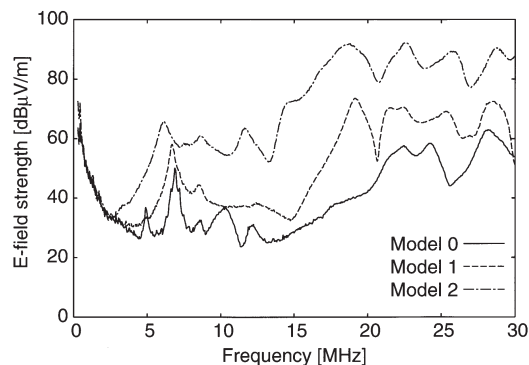


図2. 周波数 vs. 漏洩電界強度

システム情報論講座 医用工学分野 (松田研究室)

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

「Region-based Contour Treeを用いた3次元MRM画像群からのヒト胎児標本領域の自動抽出」

近年、ヒトゲノム解析の進展に伴い、ゲノムが担う遺伝子情報と成長により発現する形態との関係解明が求められている。胎児標本の形態情報をデータベース (DB) 化することは、発生に伴う複雑な形態形成に参与する遺伝子の働きを解明するための貴重な資源となる。我々は現在、京都大学大学院医学研究科附属先天異常標本解析センターが所蔵するヒト胎児標本コレクションを用いた形態DB検索表示システムの構築を進めている。京都大学が所蔵する標本コレクションは総計4万體以上に及び、世界に類を見ない大規模なものである。我々が対象としている標本は胚子期と呼ばれる時期のもので、発生段階の進展に伴いその形状は劇的な変化を遂げる。

システムの構築にあたり検討を進めている課題は多岐にわたるが、その1つに、標本を撮影した3次元画像中からの標本領域の自動抽出がある。これは、胎児標本の体表形状表示などを行う場合に、大量の3次元画像群から胎児標本領域を効率的に抽出することが必要となるためである。我々は、約1000體分の3次元MRM (Magnetic Resonance Microscopy) 画像群を対象に手法の検討を行っている。

我々が提案する領域抽出法は、閾値処理に基づくものである。閾値処理は単純な手法であるが、現在も数多くの検討が進められている。閾値処理の問題点として、抽出領域の連結性が保証されない点が挙げられる。この問題は領域拡張法により解決されるが、この場合も抽出領域内部に空洞が生じ得る。

我々はまず、多次元デジタル画像の等値面構造を記述する手法として、Region-based Contour Tree (RBCT) を提案した[1]。本手法では、デジタル画像を構成する全ての等値面が木構造の枝として表現され、等値面相互の並立・包含関係が木構造に基づいて記述可能となる。適切な条件の下でRBCTは根付木として表され、枝間に定義される親子関係が等値面の包含関係に対応する。

次に、RBCTを用いたインタラクティブな領域抽出手法を提案した[2]。これは、適切な閾値により得られる等値面が囲む領域を抽出する手法であり、連結性と空洞領域の回避が保証される。ある初期等値面に対応する枝から、根付木として表されたRBCTの根に向かって木構造をたどると、経路上の枝に対応する等値面は、包含関係により単調に拡張する。従って、注目する領域内部に初期等値面を設定し、等値面の拡張と観察を繰り返すことで、所望の等値面を効率的に探索することが可能となる。

3次元MRM画像群からの標本領域の自動抽出は、上記のインタラクティブな領域抽出手法を自動化することにより実現している[3]。画像の性質から標本領域内部には画素値の大きな部分があり、またRBCTを根に向かってたどることによる等値面の単調な拡張は、標本領域内外の境界付近で変化率が減少することに注目して、初期等値面の設定と等値面探索の自動化を行った。提案手法により、種々の発生段階を含む3次元MRM画像群から、適切に標本領域が抽出できることを確認した。

参考文献

[1] Mizuta S, Matsuda T, Lecture Notes in Computer Science 3656, pp.549-558 (2005)

[2] 諏訪、水田、松田、電子情報通信学会論文誌D (印刷中)

[3] 杜、水田、松田、塩田、電子情報通信学会技術研究報告 MI2005-57 (2005)

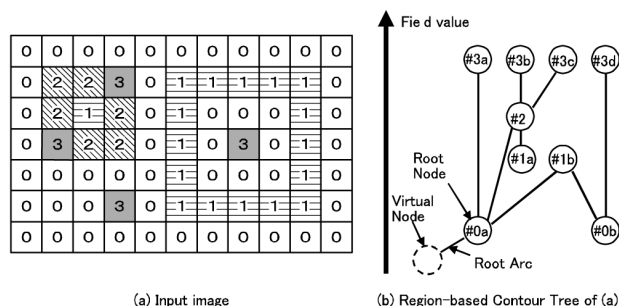


図1. Region-based Contour Tree

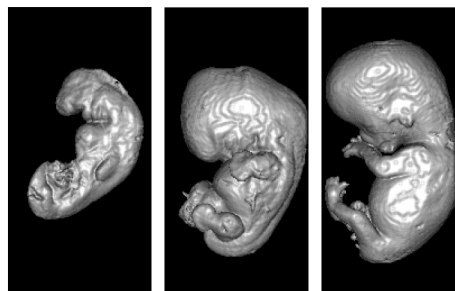


図2. 提案手法によるヒト胎児標本領域の自動抽出

エネルギー科学研究科 エネルギー社会環境学講座 エネルギー情報学分野

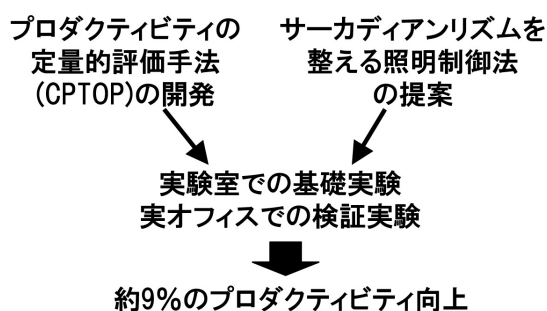
<http://hydro.energy.kyoto-u.ac.jp/>

「オフィスワーカーのプロダクティビティ改善のための照明制御法の研究」

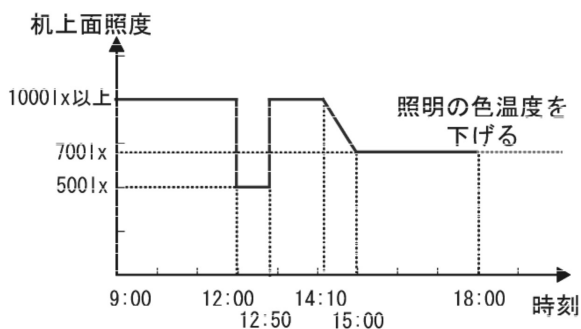
一般に企業では人件費が大きな割合を占め、オフィス環境の改善によりワーカーのプロダクティビティ（生産性）が向上すれば、その金銭的メリットは大きい。しかし、オフィスワーカーの作業効率を評価する手法は確立されておらず、環境改善による金銭的メリットを客観的に評価できないため、オフィス環境の改善は敬遠されがちである。そこで、本研究室では、オフィスワーカーの作業効率を定量的かつ客観的に評価するため、オフィスワークの知的能力を反映するタスクとして11種の基本タスクの組み合わせによるパフォーマンステストCPTOP（Cognitive Performance Test of Productivity）を開発し、これを用いてオフィス環境の改善効果を検証している。

一般に、プロダクティビティに影響する環境要因としては、換気量、室温が主要な要因と考えられているが、これらの改善には多くのエネルギー投資が必要となる。そこで本研究では比較的少ないエネルギー投資でワーカーの生体リズムを改善し、プロダクティビティにも大きな影響を与えようと考えられる照明に着目した。照明のプロダクティビティへの影響として、日中（特に午前中）に1,000lx以上の高照度光を浴びることで体内時計が調整され、10,000lxまでは照度とともに覚醒度が向上するということが知られており、こうした知見をもとに午前中および昼食後の高照度光照射によってサーカディアンリズムを整え、昼食後の眠気を解消することでプロダクティビティの向上を図る照明制御法を提案した。

まず、提案した照明制御法の効果を評価するため6名の被験者で基礎実験を行った。実験は高照度光1,400lx、標準的な700lx、高照度光2,100lxの条件の順で一週間ずつ行った。その結果、CPTOPによるパフォーマンス結果では2,100lxの高照度光条件で700lxの条件よりも有意に好成績となり、約9%のパフォーマンス向上の効果がある事がわかった。さらに、照明制御が実際のオフィスワークに対しても効果を示すかを検証するため、あるオフィスの経理部門において6名の被験者で高照度光3,500lxについて比較検証実験を行った。その結果、実際の経理処理作業に関して提案した照明制御によって成績が向上する傾向が確認された。



CPTOP(パフォーマンス評価テスト)



プロダクティビティ向上のための照明制御



あるオフィスでの比較検証実験の様子

応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野

<http://www.pe.energy.kyoto-u.ac.jp>

「ZnO素子と抵抗を並列した超電導限流器の基礎特性の研究」

近年の電力需要の多様化や電力自由化の中、超電導限流器（SCFCL：Superconducting Fault Current Limiter）は遮断器の負担低減による系統信頼性の向上のほか、過渡安定度の向上も期待される為、各方面でさまざまな研究・開発が進められている。変圧器型超電導限流器は交流成分の抑制効果が高いことや発熱が小さい為復帰が早いなどといった特徴をもち、抵抗型限流器は事故時のエネルギーを発熱により消費するという特徴をもち、我々はその2つの限流器の特徴をもつような、変圧器型超電導限流器と抵抗を並列に接続した限流システム（図1）を提案し、その基礎特性について実験及び数値解析を行ってきた。

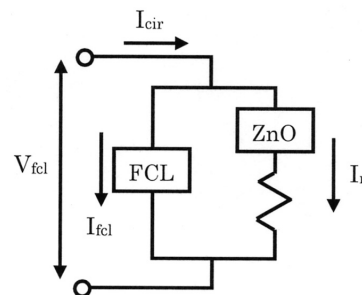


図1. 限流システム

この限流システムの原理を、図2のような限流器両端電圧 V_{fcl} 、抵抗電流 I_r 、回路電流 I_{cir} 、限流器を流れる電流 I_{fcl} の事故後の波形を単純化した図を用いて説明する。尚、ZnO素子は非線形抵抗素子の1つであり、バリスタ電圧と呼ばれる電圧値までは高抵抗であり電流があまり流れず、バリスタ電圧をこえると低抵抗になるという特性をもち、

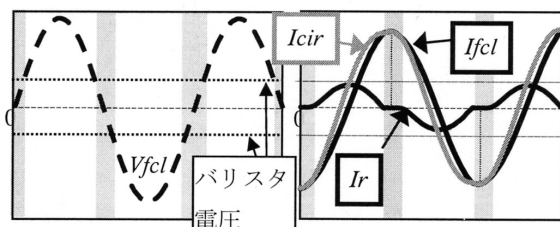


図2. 限流システムの動作原理

本実験では待機時には抵抗側に電流が流れず、動作時にのみ電流を流す為、ZnO素子を用いた。

ここで図2より、 V_{fcl} がバリスタ電圧より低い部分ではZnO素子はOFFとなり、抵抗側に電流は流れない。この部分で I_{cir} がピークをとると、変圧器型限流器のみの限流となっており、変圧器型限流器の特徴である電流抑制効果を保っていると考えられる。また V_{fcl} がバリスタ電圧を超える部分ではZnO素子はONとなり抵抗側にも電流が流れ、抵抗において抵抗型限流器の特徴であるエネルギー消費が起こる。図3の様な単相回路を用いて、短絡事故時の限流動作実験を行った。図中のsw1は事故を、sw2は限流器復帰の為に限流器両端短絡を模擬するものである。実験結果の一例として、抵抗 2Ω ・バリスタ電圧 $22V$ のものを用いた、 $I_{cir} \cdot I_r \cdot I_{fcl} \cdot V_{fcl}$ ・抵抗での消費電力 P について事故付近を拡大したものを図3に示す。これより変圧器型超電導限流器とZnO素子及び抵抗を並列にしてやることで、限流効果を保ったまま事故後のエネルギーを消費する限流システムとなることがわかった。今後は系統への影響を検討する予定である。

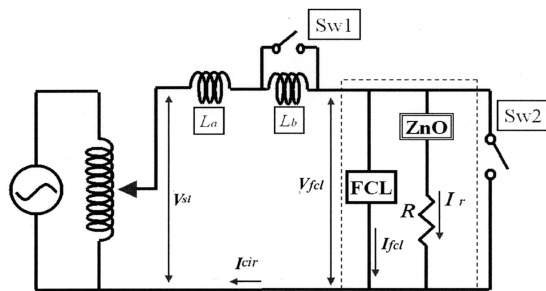


図3. 実験回路

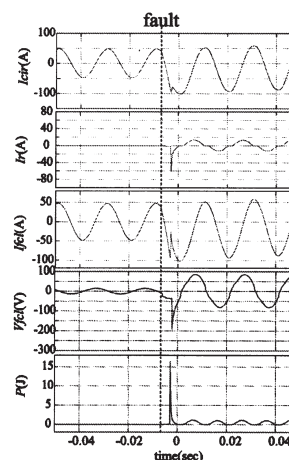


図4. 実験結果

生存圏診断統御研究系 大気圏精測診断分野（津田研究室）

http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/tsuda_lab/

「インドネシア域における降雨特性と植生変動の解析」

近年人間活動に伴う環境の悪化が現実のものとなり、地球環境を精測し動態を知ることが重要となっている。この際大気圏、森林圏などの境界領域に着目しその構造と変化を観測し相互作用を理解することが重要である。例えば森林生長は降雨量などの気象条件の影響を大きく受けるが、一方森林は光合成や呼吸を通じ二酸化炭素や水蒸気を大気と交換している。本研究では特に雨量が大きく、その変動が気候変動に大きな影響を与えるインドネシア領域に着目し、降雨特性と熱帯林の植生変化を調べている。

本研究では植生の指標として地球観測衛星による正規化植生指数（NDVI）を利用した。NDVIは葉緑素が赤色光を吸収し緑色光や近赤外光を反射する性質を利用した指数であり0～1の値を変動するが植生の多い部分で大きくなる。また、空気中の塵であるエアロゾルがNDVIに与える影響を調べるために衛星から観測されたエアロゾル指数（AI）を用いた。

図1にインドネシア熱帯雨林域のAI、降水量及びNDVIの平年年周変化を示す。降水量とAIはほぼ反相関の関係がありこれは空気中のエアロゾルが降水粒子に捕獲され地上に落下するためである。一方NDVIと降水量とも年周変化が見られるがそのピーク月は4、5ヶ月の差が見られる。この差を説明するためには、降水発生から植生増加に至るメカニズムの解明が今後重要である。

次にEl-Ninoにより極端な少雨となった1991年1月～1992年5月の時期に着目して、スマトラ、カリマンタン島南部域平均のNDVIと降水量の散布図を図2（左）に示す。1991年8～10月に降水が平年より大幅に低下し、同時にNDVIも低下している。1991年10月には0.2まで減少している。11月になると降水量は350mm/月まで回復するがNDVIは平年値より0.2程度小さいままでありその後数ヶ月をかけて回復している。

図2（右）にAIとNDVIの散布図を示す。1991年8～10月にAIが平年と比べ5倍増加している。AIの増加に伴いNDVIが減少しているがこれはNDVIが植生変化を捉えておらず山火事によるエアロゾル増加の影響を受け低下していると考えられる。しかし1991年11月には雨量は回復し、これに伴いAIは平年値に戻っているにも関わらず、NDVIは0.4でありその後徐々に回復している。

すなわち最も乾燥の強い時期は山火事によるヘイズの影響を強く受けるためNDVIの観測派正確でないが、降雨によりエアロゾル低下したのちも早魃や山火事による植生へのダメージはすぐには回復せずその後数ヶ月をかけて回復することが明らかとなった。

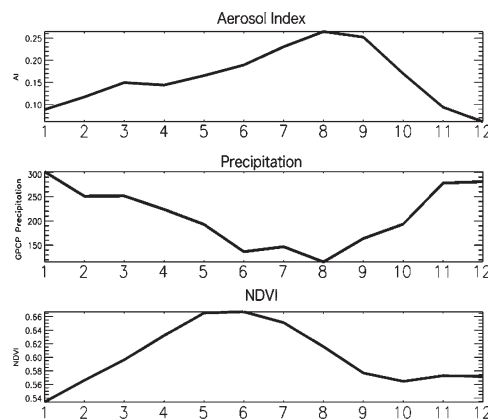


図1. 1981～1993年のAI、降水量、NDVIの平年年周変動。エルニーニョ発生年は平年計算から除外している。

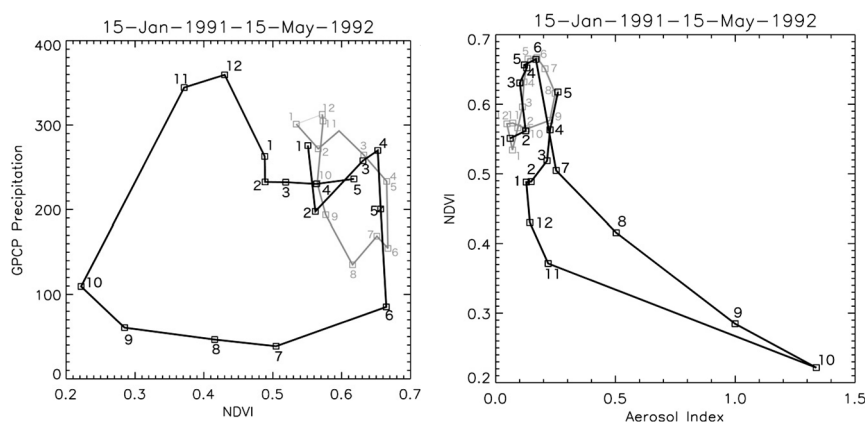


図2.（左図）1991年1月～1992年5月のAIと降水量の散布図（実線）。灰色線はEl-nino期間以外の年の平均年周変動。図中の数字は月を示す。右図はNDVIと降水量の散布図。

生存圏開発創生研究系 宇宙圏電波科学分野

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/space/labo.html>

「宇宙用導電性木質材料の研究」

私たちの研究室が所属する生存圏研究所は、平成16年度に、旧木質科学研究所と旧宇宙電波科学センターが、発展的に改組・統合して生まれた新しい研究所です。その新しい研究所にあって、新しい研究

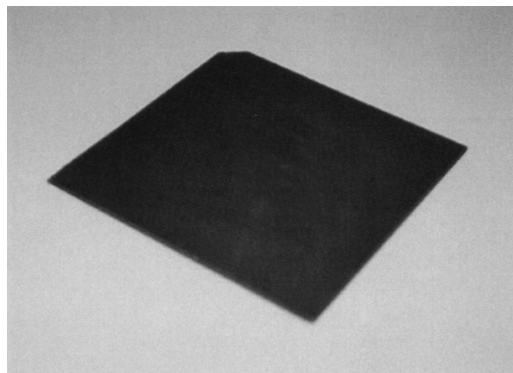


図1. 導電性木質材料のサンプル（カラーで見ると真っ黒である）。

研究テーマが生まれました。それが、今回ご紹介する「宇宙用導電性木質材料の研究」です。一般的に、木質というとは導体ではありません。軽くて丈夫というのは、感覚的にわかりますが、これを宇宙に用いようとする、色々と問題があります。例えば、導体でなければ、宇宙空間で使用すると局所的に電荷の集中などが発生し、放電による故障の原因となります。また、宇宙において揮発ガスがあると、これも放電現象の引き金となります。ところが、木質科学系の先生とお話して、「導電性の木質」をつくることのできる、という事実を知りました。しかも、その重量密度は、宇宙で頻繁に使われるアルミニウムのそれよりも小さく、また、非常に頑丈な材料として製作できるとのこと。そこでこの材料を宇宙用に使うことができるかどうかを調べてみよう、ということになりました。

図1がその導電性木質材料のサンプルです。作成方法は、杉などの木材を細かいパウダー状にし、それを炉の中に入れ無酸素化で圧力をかけながらパルス大電流（数千アンペア）を流し、ジュール熱による自己発熱により焼結させてつくります（図2）。温度が600度くらいで急激に電気導電率が上昇し、

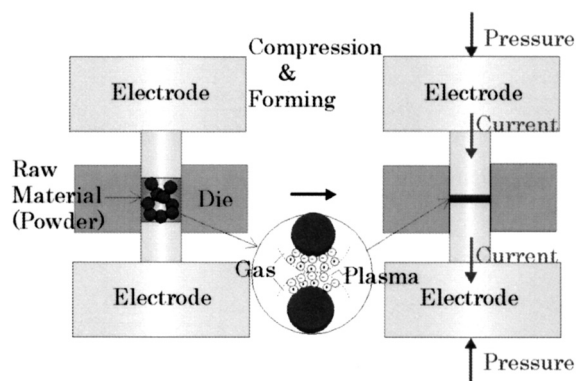


図2. パルス通電加熱法（畑, 2001より）

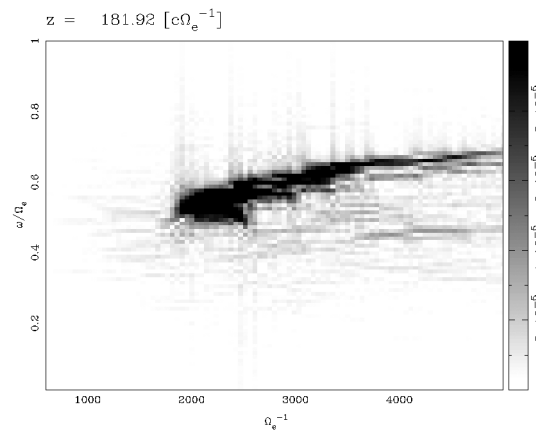
2000度くらいでは立派な導体になります。また、この焼結中の高温状態のために、木質内部にもつ水分などによる揮発ガスはすべて外部に出てしまい、宇宙に持ち出しても放電の原因になることはありません。昨年度、私たちは、この導電性木質材料を研究している生存圏研究所の畑講師の協力を得て、この材質を宇宙で利用するための特性試験をしました。焼結温度による体積抵抗率の変化、電磁シールド効果の周波数特性、ヤング率などの機械的なパラメータなどです。体積抵抗率はおおむね、 $10^2 \Omega \text{ cm}$ であり、アルミの $10^5 \Omega \text{ cm}$ よりは落ちるもののJAXAの基準はクリアしています。

一方、電磁シールド効果もアルミニウムとほとんど遜色ない効果が数10MHz帯域までみられました。一方、衛星などのBodyにこの材料を使う時に必要なのが、熱設計に必要な α （熱吸収率）、 ε （熱放射率）です。私たちは、宇宙航空研究開発機構の協力を得てこれらのパラメータの測定を行い、 α が0.9程度、 ε が0.15程度、という値を得ました。これは見た目黒色をしているこの材質の通りの値と言えます。かなり熱を吸収するので実際には白色塗料などが必要になるかもしれません。これからは、目的の形状に合わせて製作した材料の振動特性、表面から細かな粉が出てくる対策などについて取り組んでいく予定です。

生存圏開発創成研究系 生存科学計算機実験分野（大村研）
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/space/labo-o.html>

宇宙環境は希薄なプラズマで満たされているのみならず、宇宙線に代表される高エネルギー放射線が飛び交う場であり、通信衛星や宇宙ステーションを構成する部品はこれらの放射線の影響を受けて、劣化や様々な障害を起こしています。本研究分野では人類がその生活の場を宇宙空間へ拡大し、宇宙環境を有効利用してゆくことを前提として、地球周辺の宇宙空間の電磁プラズマ環境を計算機シミュレーションにより定量的に評価することに取り組んでいます。

最近の具体的な研究課題の一つとして、太陽フレアの発生により起こる磁気嵐の回復相において、地球放射線帯を中心として観測されるコーラス放射と呼ばれる特異なプラズマ波動の発生機構と、それと同時に起こる相対論的エネルギーの電子（killer electron）のフラックス変動の機構の研究に取り組んでいます。このコーラス放射は、磁気圏プラズマ中の代表的な波であるVLF帯ホイッスラーモード波の一つであり、数百ミリ秒の間に周波数が大幅に上昇するパターンが繰り返されるため、その周波数スペクトル



計算機シミュレーションによるTEのダイナミック周波数スペクトル

を音に変換すると小鳥がさえずっているように聞こえます。このコーラス放射は自然に発生する波ですが、極域・高緯度から人工的にVLF波動が放射される場合にも、それが磁力線に沿って反対半球へ伝播する過程で周波数が大幅に変動する波が二次的に励起されることが観測されており、VLFトリガー・エミッション（TE）と呼ばれています。これらのVLFホイッスラーモード波は地球磁気圏の高エネルギー粒子とのサイクロトロン共鳴によって生成されると考えられており、宇宙環境を理解する上で重要な手がかりとなります。1960年代後半から、京都大学電気系教室の前田研究室、木村研究室、加藤研究室、松本研究室において観測・理論・計算機実験を組み合わせて研究されてきましたが、コーラス放射やTEのような大幅な周波数変動を再現することは出来ませんでした。

最近の研究では、地球磁場の空間変動を取り入れた現実的なモデルの中で非常に多くの電子の運動方程式とマックスウェル方程式を解き進める電磁粒子コードにより、図のように周波数変動するTEを再現することに成功しました。また、このように周波数変動する波によりサイクロトロン共鳴する大部分の電子はエネルギーを失う一方、一部の共鳴電子が非常に効率良く加速されることも分かってきており、周波数変動に関わる長年の謎が解決されると共に、宇宙環境利用に向けて、放射線帯の相対論的電子のダイナミクスの理解と人工的なホイッスラーモード波による電子フラックスの制御という新たな研究が展開されています。

国際融合創造センター 創造部門 先進電子材料分野（藤田静研究室）

<http://www.iic.kyoto-u.ac.jp/sozo/fujita/>

「新技術による酸化物薄膜の機能創成」

われわれの周りには多様な材料は、新規な機能の発現によってわれわれに安全・安心な社会環境を与えてくれるわけであるが、同時に、地球にとっても安全・安心な材料開発を行うことが特に望まれる時代になってきた。砒素や燐といった危険な元素を含まない半導体の開発、さらに環境負荷の小さい材料育成技術の開発はその一例である。この観点から昨今GaN、InNといった窒化物半導体の研究が盛んであるが、ZnO、Ga₂O₃といった酸化物半導体は、酸素原料の安全性、窒化に比べて酸化の容易さ、といった点から今後の開発が期待されている。さらにほとんどの金属元素は酸化物を形成し、下表に示すような多様な機能を発現させる。

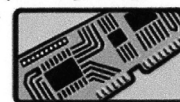
一方、材料育成技術に目を向けると、現在の半導体成長技術は砒素や燐を扱うことや成膜中の酸化を防ぐことを前提とした超高真空技術が基礎となっており、装置が複雑で消費電力が多く、環境負荷も大きい。しかし酸化物に対しても同様の技術が不可欠なのだろうか。酸化物は安定なうえ、成膜中の酸化はむしろ歓迎すべきことであり、地球により優しい育成技術が実現できるのではないだろうか。

このような観点から、われわれは特性が安全で安心して取り扱いできる原料の水溶液を超音波により噴霧し、形成されるミスト（水溶液微粒子）を供給して成膜を行う酸化物育成技術を開発した。超音波噴霧による成膜という基本的な手法は新しいものではないが、われわれは、既存の半導体成長技術に比べてもさらに大面積・高品質の半導体育成に有利となるような新規手法をこの中に取り入れた。

この新技術により、まずZnO透明導電膜の成膜を試み、原料選択によっては室温での成膜も可能となっている。その他、いくつかの酸化物薄膜の成膜やZnMgO混晶によるバンドギャップ制御・紫外光検出器への応用等を示した。現在ではZnOをはじめとするワイドギャップ酸化物半導体の新規育成技術として、既存の技術では困難なp型伝導を実現し、ワイドギャップ酸化物半導体の強い電子-光相互作用を活かした光デバイス作製の基盤技術としての進展を期している。

本研究は、大学の技術をもとに事業化・産業化を目指す知的クラスター創成事業「京都ナノテククラスター」、高知県地域結集型研究開発事業等のプロジェクトのもとで推進している。また、国際融合創造センターで化学工学、材料工学等を専門とする他教員との交流を持ち、各種専門からのアプローチによる融合的な研究を進めている。材料を作る人、使う人、そしてまた地球のすべてにとって、安全・安心をもたらす一助となることに、社会的な意義を強く感じている次第である。

性質	材料	応用例
透明導電膜	ZnO, ITO, SnO ₂	タッチパネル、ディスプレイ、太陽電池
半導体	Cu ₂ O, ZnO, CuAlO ₂	薄膜トランジスタ、センサ、バリスタ
絶縁膜	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO	電子デバイス、コンデンサ
超伝導膜	YBCO	超伝導デバイス、線材
圧電体	STO, PZT, BST, ZnO	SAWフィルター、センサ
磁性体	(Ni,Zn)Fe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄	記録デバイス、スピン制御デバイス
光触媒	TiO ₂	エネルギー源、空気清浄、表面保護
反射防止膜	MgO, CeO ₂ , ZrO ₂	光部品、メガネ、紫外線防止ガラス
表面処理膜	Cr ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃	表面保護



情報メディア工学講座 情報可視化分野（小山田研究室）

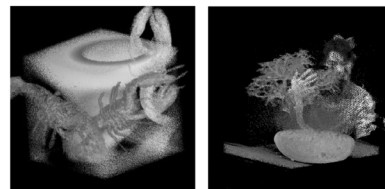
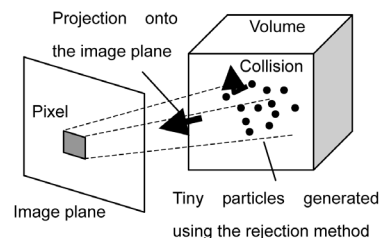
<http://www.viz.media.kyoto-u.ac.jp/>

粒子ベースボリュームレンダリングに関する研究

本研究室で取り組む可視化技術研究のうち今回はボリュームレンダリングに関する研究紹介を行う。ボリュームレンダリングは、数値シミュレーション結果や3次元医用画像のように格子空間で定義された数値データ（ボリュームデータ）をわかりやすく描画する手法として広く利用される可視化手法であり、1988年コンピュータグラフィックスに関する世界的権威である国際会議SIGGRAPHで提案された[1]。ボリュームレンダリングでは、ボリュームデータに対してマッピング操作を施し、色・不透明データに変換する。色データ変換時には、高い数値データには赤・低いデータ値には青といったマッピングが多く用いられる。不透明度データ変換時には、興味のあるデータには高い不透明度値を、そうでないデータには低い値をマッピングする。画像上の全ての画素と視点を結ぶ半直線上で、色・不透明度データをサンプリングし、これらを使って最終画像を生成する。この手法では、対象となるボリュームデータを構成する全ての格子データの寄与を計算しデータ全体の様子を把握することが可能であり、医療、工学をはじめとする様々な分野で利用されている。たとえば、3次元医用画像可視化の場合、骨と臓器に対してのみ高い不透明度を与えることにより、皮膚部分を透明化した画像を得ることができる。1990年から毎年開催されている国際会議IEEE Visualizationでは、ボリュームレンダリングの機能向上に関して、今も多く新しい手法が提案されている。

本研究室では、大規模ボリュームデータ・不規則ボリュームデータ向けボリュームレンダリング技術について研究を行っている[2-4]。これまでのボリュームレンダリングでは、ボリュームデータを発光物質を含む半透明ジェルとしてモデル化し、これらに対し、均質的なサンプリングを施し、画像生成を行うアプローチを採用してきた。この場合、対象とするボリュームデータのサイズが大きくなると、システム資源の不足が顕著化する。また、不規則ボリュームを取り扱う場合には、視点の変更毎のサンプリング点のソーティング処理に多大な計算時間がかかる。これらの問題に対し、我々は、粒子ベースのボリュームレンダリング手法を提案している。提案手法では、非均質なサンプリングを行う。注目したい領域のみに粒子を配置し画像生成を行うため、システム資源が一定の場合、効率の良い資源配分が可能となる。次にサンプリング点で発生させる粒子については、その粒径を画素に比較して十分に小さく、かつ不透明であるとした。これによりソーティング処理が不要となった。これまでのボリュームレンダリング手法では、発光粒子モデルから半透明ジェルモデルを定式化した。20年近く経て、本研究室では、もとの発光粒子モデルそのものを対象とするボリュームレンダリング手法[5]を提案している（下図参照）。

粒子ベースボリュームレンダリングでは、密度場をどうデザインするか、そして、与えられた密度場に対して粒子群をどう発生させるかが研究課題となる。前者では、興味ある領域をなんらかの方法で特定することであるが、ボリュームレンダリングシステムでは、データ値に対する不透明度を対話的に指定し、伝達関数を設定する。この伝達関数に基づき、密度場を計算することができる。または、数理的な手法によりボリュームデータにおける特異点をあらかじめ抽出しておき、その周辺に粒子を集中的に配置することも可能である。次に、その密度場に対して粒子をどのように生成するのかについては、素粒子物理学の研究成果に参照すべき技術を発見することができる。現在、格子点上で密度場と一様乱数とを比較して点生成の制御を行うHit&Miss法、そして必ずしも格子点上に限定されない場所にも点生成が可能となるMetropolis法を利用している。粒子ベースボリュームレンダリングでは、複数ボリュームデータの同時表示が容易に行える（右図参照）。この特長は、複数のシミュレーション結果や3次元医用画像を空間に配置して比較検討を行うことのできるボリューム一覧空間の構築に有効となるものと考えられる。



参考文献

- [1] R.A.Drebin, L.Carpenter and P.Hanrahan, Volume Rendering, Computer Graphics, vol.22, no.4, pp.51-58, 1988.
- [2] Koyamada, K., "Visualization of Simulated Airflow in a Clean Room", IEEE Visualization' 92 Proceedings, pp. 156~163, 1992
- [3] Koyamada, K., and Itoh, T., "Fast generation of spherical slicing surfaces for irregular volume rendering," Visual Computer, Vol. 11, No. 3, pp. 167-175, 1995
- [4] Watashiba Y., Nonaka J., Sakamoto N., Ebara, Y., Koyamada K., Kanazawa M., "A Streaming-based Technique for Volume Rendering of Large Datasets", Proceedings of the IASTED CGIM2003, pp. 187-192, 2003
- [5] N.Sakamoto, and K.Koyamada, "Particle Generation from User-specified Transfer Function for Point-based Volume Rendering," IEEE Visualization Proceedings Compendium, pp.125-126, 2005.

情報メディア工学講座 複合メディア分野（中村（裕）研究室）

<http://www.ccm.media.kyoto-u.ac.jp/>

「次世代遠隔講義環境 ～ネットワークとアプリケーションの交渉によるマネジメント～」

マルチメディア通信技術の進歩やブロードバンドネットワークの普及により、映像と音声によるコミュニケーションが比較的容易かつ安価に実現できるようになりました。このようなコミュニケーション技術は時間的・距離的・経済的制約の中で効率よく会議や講義を実現するために頻繁に使われるようになってきました。しかし、このような遠隔コミュニケーションには、まだまだ多くの課題があります。

参加者全員が同じ場所にいるときと比べて遜色ない遠隔コミュニケーション環境を作るためには、複数の高解像度の映像を低遅延で通信する必要があり、現在一般に普及している映像通信装置、ネットワークよりもずっと高い性能が必要となります。逆に、世界中の国と繋ぐためには、現在の日本よりもずっと悪いネットワーク環境を想定しなければならない場合もあります。このような遠隔通信における典型的な問題の一つとして、通信の安定性があります。現在のインターネットでは通信帯域が保証されていないため、映像のような大量のデータ通信が集中して輻輳が発生するとパケット廃棄や伝送遅延等が起こり通信障害が発生します。このような通信障害は映像の乱れや音声の途切れとして表面化し、相手の様子がわからなくなったり、対話ができなくなったりします。このような状況で円滑な遠隔コミュニケーションを行うためには2つのアプローチがあります。1つはネットワーク側において通信障害の抑制を行う努力をする方法です。例えば、帯域保証や誤り訂正、複数経路の併用といった手法が検討されていますが、これらの方法のみによる抑制には限界があります。もう1つは、アプリケーション側で使う帯域を制御する方法です。例えば送受信する映像の数や解像度、フレームレート、圧縮率等を調整することによって、必要とされる帯域を調整することができます。もちろん、この調整によって品質を落とせば、伝えるべき情報が伝わらなくなる可能性も出てきます。

この2つのアプローチは同時並行的に行うことが重要ですが、これまでの研究ではネットワークの空き帯域にのみ依存した制御が一般的でした。しかし、実際の会議や講義では、その進行に応じて、音声だけでも構わないときもあれば、話者の表情やジェスチャーが重要な意味を持つ場合や、資料の文字が詳細に読み取れることが必要な場合もあり、これらの状況は時間とともに変化します。また、対話を行っている場合は通信遅延を抑える必要がありますが、一方的な発言の場合は遅延が多少あっても大きな問題にはなりません。

そこで、我々はネットワークの空き帯域や輻輳状況の把握と並行して、遠隔会議や遠隔講義の状況の認識を行い、伝送すべき情報や品質に対する要求とネットワークの状況の両方を基に通信の制御を行う仕組みを導入する研究を行っています（右図参照）。

この研究のポイントの1つは、送るべき映像の解像度やフレームレートを変化させるだけでなく、映像の種類や本数も講義や会議の状況に応じて柔軟に変化させるところにあります。このような手法によって、様々なメディア情報を自在に編集し組み合わせながら、より豊富な情報を柔軟に提供することで、参加者に同じ空間を共有しているという臨場感や緊張感を与えたり、必要に応じて映画やTVのような演出を行うことにより効果的・印象的な遠隔コミュニケーションを実現することが目標です。

