

ハイテク・リサーチ・センター
2004 年度研究活動報告

ハイテク・リサーチ・センター2004 年度研究活動報告

High-Tech Research Center 2004 Annual Report

工学部は 2005 年より理工学部として新たなスタートを切ることとなったが、その中でハイテク・リサーチ・センターは、理工学部の研究上の主要な拠点としての役割が期待されている。本稿ではまずハイテク・リサーチ・センターの概要、本年度の活動状況について簡単に述べ、このプロジェクトに参加しているすべての研究室の研究状況について現状を報告する。

成蹊大学大学院工学研究科 ハイテク・リサーチ・センターの概要

成蹊大学大学院工学研究科においては、文部科学省が行っている私立大学学術研究高度化推進事業の一つであるハイテク・リサーチ・センター整備事業への申請を行った。その結果 2004 年度から 5 年間この支援を受けることとなった。この支援事業は、最先端の研究開発プロジェクトを実施する私立大学の研究組織を文部科学省が「ハイテク・リサーチ・センター」に指定し、研究開発のために重点的かつ総合的な支援を行うというものである。

成蹊大学では三つのプロジェクトを申請し、一括して採択された。今回文部科学省から支援を受けることになった内容は以下のとおりである。これは大学が支出する事業の経費に対して文部科学省が一定の割合で補助を行うというものである。

- 1 研究費支援 2004 年度～2008 年度(各研究室単年度あたり 100 万円)
- 2 研究装置、研究設備購入 7 種の研究装置・研究設備を 2004 年度に導入。
- 3 研究支援者(ポスト・ドクター, リサーチ・アシスタント)雇用 前者は博士学位取得者を常勤研究者として雇用し、後者は博士後期課程在籍者を研究に参加させるものである。2004 年度は各 1 名

プロジェクト概要と参加研究者

参加研究者(2004年度)を以下に示した。

プロジェクト1 人にやさしい次世代無機材料の開発と評価

応用化学専攻・教授	坪村太郎
応用化学科・助手	佃 俊明
応用化学専攻・教授	尾崎義治
電気電子工学専攻・教授	齋藤洋司
物理情報工学専攻・教授	滝沢國治
物理情報工学科・助手	金 蓮花
応用化学科・助手	川崎兼司
電気電子工学科・助手	門馬 正
物理情報工学専攻・助教授	佐々木成朗
物理情報工学専攻・教授	工藤正博
物理情報工学専攻・教授	馬場 茂
物理情報工学科・助手	青柳里果*
物理情報工学科・助手	中野武雄
ハイテク・リサーチ・センター ポスト・ドクター	松本健司

*現在 島根大学生物資源科学部地域開発科学科

プロジェクト2 人にやさしい次世代有機・バイオ材料の開発と評価

応用化学専攻・教授	樋口亜紺
応用化学専攻・教授	栗田恵輔
応用化学専攻・助教授	原 節子
応用化学科・助手	楊 進
応用化学科・助手	松岡由季
応用化学専攻・教授	加藤明良
応用化学専攻・教授	田中 潔
応用化学科・助手	齋藤良太
共通基礎・助手	岩田 理
応用化学専攻・教授	小島紀徳
電気電子工学専攻・助教授	鈴木誠一
応用化学科・助手	加藤 茂
電気電子工学科・助手	高橋 勉

プロジェクト 3 人にやさしい次世代生活サポート システムの開発と評価 2004 年度の活動状況

機械工学専攻・教授	橋本竹夫
機械工学科・助手	波多野滋子
電気電子工学専攻・教授	青木正喜
電気電子工学科・助手	片原俊司
情報処理専攻・教授	大倉元宏
経営・情報工学科・助手	池上敦子
情報処理専攻・教授	窪田 悟
機械工学専攻・教授	弓削康平
機械工学科・助手	堀口淳司

2004 年度新規購入機器

本センターでは下記の機器を文部科学省の補助金を受けて購入した。これらの機器の概要については次号の理工学研究報告にて紹介する予定である。

プロジェクト番号	研究装置名	価格 (千円)
1	X線迅速構造解析装置	44,100,000
1	極微少光学位相変化計測装置	23,000,000
1	ナノ表面数値解析システム	14,700,000
2	共焦点イメージングスペクトロフォトメーター	28,899,150
2	レーザーイオン化飛行型質量分析装置	39,900,000
3	音質分析装置	29,847,000
3	三次元運動計測システム	16,170,000

2004 年 4 月 文部科学省よりハイテク・リサーチ・センター整備事業交付選定通知

2004 年 5 月 研究費使用開始。研究装置・研究設備関連計画調書を文部科学省に提出

2004 年 6 月 ポスト・ドクター、リサーチ・アシスタント各 1 名の補助を申請

2004 年 6 月 成蹊大学ハイテク・リサーチ・センター発足式開催(6月23日, 14号館大会議室)

2004 年 9 月 研究装置・研究設備交付決定

2004 年 10 月 ポスト・ドクター 1 名就任

2004 年 10 月 ZELKOVA(大学広報誌)にハイテク・リサーチ・センターの概要掲載

2004 年 11 月 以降 7 種の研究装置・研究設備が順次納入

2005 年 1 月 ZELKOVA(大学広報誌)にハイテク・リサーチ・センターの研究内容掲載(4 ページ)

2005 年 2 月 ハイテク・リサーチ・センター全体打ち合わせ(2月4日)

2005 年 3 月 第 1 回ワークショップ開催(3月18日, 研究状況報告と研究装置・研究設備紹介)

2005 年度以降、シンポジウム、ワークショップ等の開催を予定している。

ハイテク・リサーチ・センター設立と運営にかかわっていただいた多くの皆様に、改めて深く感謝いたしますと共に、今後の研究に対してもご支援をよろしくお願い申し上げます。

新しい高効率発光を示す金属錯体の合成

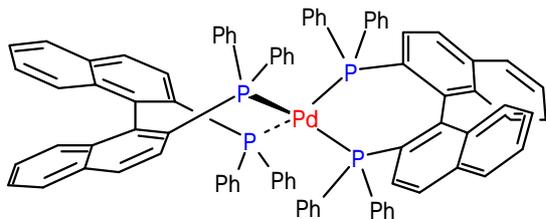
坪村太郎*¹, 佃 俊明*², 松本健司*³

Synthesis of highly luminescent metal complexes.

Taro TSUBOMURA*¹, Toshiaki TSUKUDA*², and Kenji MATSUMOTO*³

最近新しい発光デバイスとしての有機 EL 素子が注目されている。錯体とは金属に配位子と呼ばれる分子やイオンが結合した物質であるが、EL 素子中の発光材料として数年前に金属錯体を用いることの優位性が発表されて以来、イリジウム(III)や白金(II)錯体を中心に多くの発光性金属錯体の研究が世界的に行われるようになった。本研究室では、新しい発光性金属錯体として 0 価パラジウムや 1 価銅などの d 電子を 10 コ有する遷移金属を含む化合物に着目して新規錯体の合成を行い、その発光特性について検討を加えている。ここでは最近の成果として 2 例を紹介する。

1) ジホスフィンを含むパラジウム(0)錯体 binap は野依らによって高効率触媒の配位子として設計されたものであるが、当研究室では binap 配位子を有する白金(0)錯体が MLCT 励起状態に基づく興味深い発光を示すことを見いだしている。今回、下に示す構造の [Pd(binap)₂] とその類似体である [Pd(biphep)₂] を合成したところ、さらに明るい発光を示すことがわかった。



2) 銅(I)の二核錯体 ヨウ化銅(I)とベンゼン環の隣接位にリン原子を 2 個持つ配位子 (dppbz) とから、右図のような銅(I)イオンをヨウ化物イオンで架橋した構造を持つ錯体を得た。この錯体に 365nm の波長の光を照射したところ、長寿命かつ非常に明るい青緑色の発光を示すことを見いだした。また興味深いことに、その発光は架橋配位子の種類に依存して変化することが明らかとなった。

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手 (Research Associate, Dept. of Materials and Life science)

*³ 成蹊大学大学院工学研究科ハイテク・リサーチ・センターポスト・ドクター

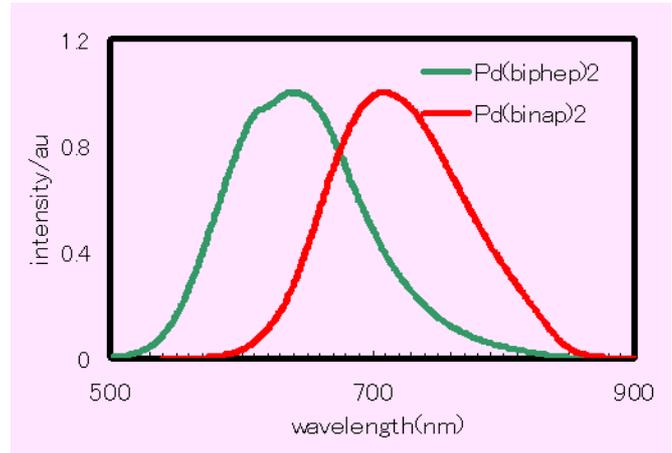


Fig.1 Luminescence spectra of the Pd(0) complexes.

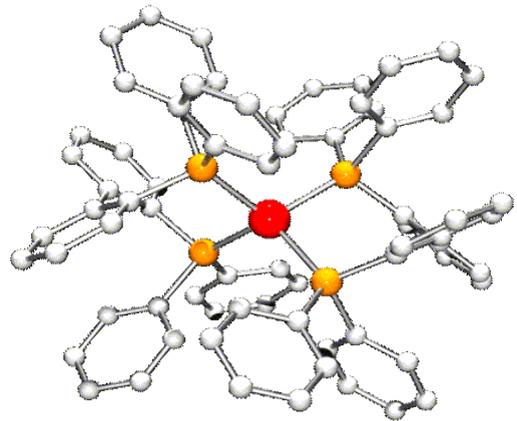


Fig. 2 The structure of [Pd(biphen)₂]

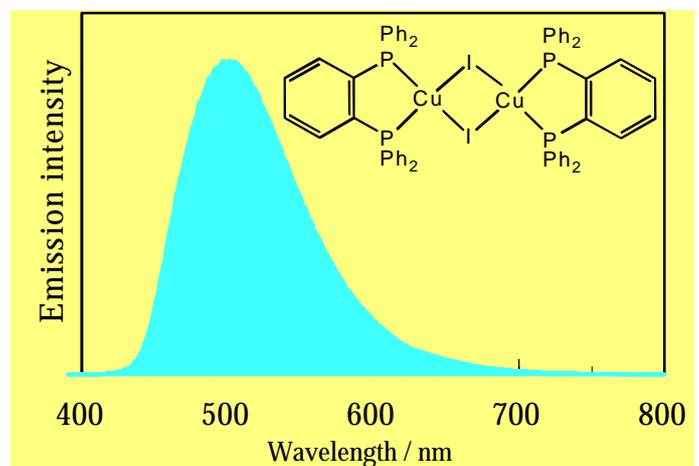


Fig.3 Luminescence spectrum of the binuclear Cu(I) complex.

溶液化学を利用するテルル化カドミウムの合成

尾崎義治*¹, 川崎兼司*²

Synthesis of CdTe thin film using solution chemistry

Yoshiharu OZAKI*¹ and Kenji KAWASAKI*²

半導体には Si のように 1 種類の元素から構成される単元素半導体と 2 種以上の元素から構成される化合物半導体がある。化合物半導体を構成する主要な元素は 2B 族の Zn, Cd, Hg, 3B 族の B, Al, Ga, In, 4B 族の Sn, Pb, 5B 族の N, P, As, Sb, 6B 族の S, Se, Te などである(Fig.1)。化合物半導体結晶の構成元素は蒸気圧が高く、材料の化学量論を正確に制御することが困難であり、これと関連してドーピングによる n 型, p 型の制御がうまく働かないことが多い。溶液化学を利用する化合物半導体合成は低温プロセスが可能なることから目的とする化学量論を持った均一な組成の多元素化合物半導体の合成法として期待される。

B	B	B	B	B
	B	C	N	O
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te
Hg	Tl	Pb	Bi	Po

Ceramics = metal element + non-metal element

Fig.1 Ceramics are materials which construct metal and non-metal elements.

尾崎らは金属アルコキシドを利用する溶液化学法に基づく酸化物ファインセラミックス原料技術開発の経験を生かして、化合物半導体の新規な合成法の開発を行っている。合成法の基本的な戦略目標は酸化物セラミックスの陰イオン元素である酸素原子を同属の硫黄, セレン, テルルなどで完全置換あるいは部分置換した化合物をえることができる強力な汎用合成法の開発である。このような目標に近づくためにいくつかのよく知られた化合物半導体合成を溶液化学法によって行なっている^{1,2)}。ここではその中からテルル化カドミウム CdTe の結果について報告する。

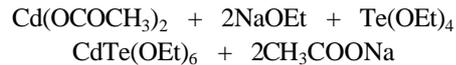
テルル化カドミウム合成の原料ケミカルにはカドミウムエトキシドとテルルエトキシドを使用した。テルルエトキシドは非水溶媒系における四塩化テルルとナトリウムエトキシドの溶液反応によって調製される。しかし、カドミウムエトキシドは良溶媒を持たず、溶液反応系を調製することが困難であるが、以下に述べる方法によって成分ケ

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手 (Research Associate, Dept. of Materials and Life science)

ミカルが溶解した反応系を調製した。

まず、金属ナトリウムとエタノールの反応によりナトリウムエトキシド・エタノール溶液を調製した。ここにトルエンに溶解させた四塩化テルルを加え、加熱還流を行った。更に真空乾燥によって脱水した酢酸カドミウムを加え、加熱攪拌を行った。反応終了後、トルエン・エタノールの混合溶媒からエタノールを除去し、トルエンの単一溶媒とした。溶液から副生成物である NaCl と CH₃COONa を分離し、カドミウムテルルエトキシドのトルエン溶液を得た。得られたトルエン溶液を加水分解すると CdTeO₃ が生成した。このことから、本実験の CdTe エトキシドの合成法では、次式の反応が進行し、CdTe 複合エトキシドが合成されたと考えられる。



CdTe 複合エトキシド溶液の加水分解はアモルファス CdTeO₃ を与え、それは水素雰囲気中 300 °C における熱処理で CdTe へと転移した。加水分解生成物とそれを水素雰囲気中で熱処理して得られた粉末の XRD パターンを Fig.2 に示す。現在、金属に配位するアルコキシ基を多様化するためにリチウムビストリメチルシリルアミドを塩基に用いる合成法の検討をさらに進めている。

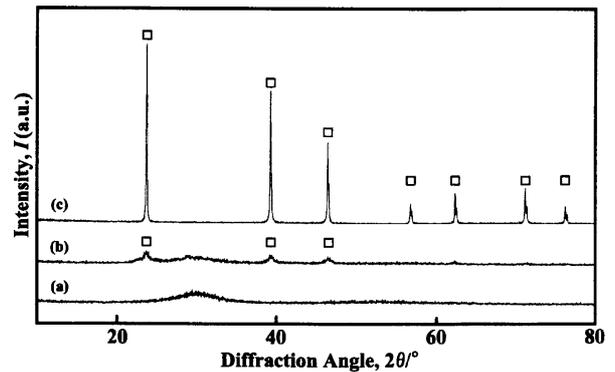


Fig.2 XRD patterns of CdTe obtained by heat-treatment of (a) as precipitated amorphous CdTeO₃ at (b) 200 °C and (c) 300 °C in H₂.

近年、核物質の管理, 宇宙, 医用装置に搭載する小型半導体 X 線, 線検出器の開発が本格化している。とくに室温での使用が可能な II-VI 族化合物半導体の CdZnTe と CdTe が注目されている。本研究はこのための新規な合成法を提供するものである。

1) Ozaki ら, J. Ceram. Soci. Japan, 106[10]989-993(1998)

2) Ozaki ら, J. Ceram. Soci. Japan, 108[7]650-655(2000)

遠赤外線センサ用膜材料の作製

齋藤洋司*¹, 門馬 正*²

Preparation of film materials for extreme infrared sensor

Yoji SAITO*¹, and Tadashi MOMMA*²

セキュリティや高度交通システムにおいて主に人体検知のための遠赤外線センサの需要が高まっている。最近では、遠赤外線(暗視)カメラを自動車に搭載する試みも行われている。赤外線センサは原理的に量子型と熱型に分類される。量子型は感度は高いが波長依存性が大きく、冷却を要し、高価などの問題点がある。一方、熱型は感度が低い、非冷却・安価である。本研究では熱型の内、構造が簡単で集積化の容易なボロメータ型に注目し、高感度化のための材料探索、作製、特性評価を行い、高性能な集積化遠赤外線センサを実現することを目的とする。

ボロメータ型センサでは、被検出赤外線を検出素子に吸収させて温度上昇を生じさせ、温度変化を抵抗変化として検出する原理となっている。高感度化を実現するには、赤外線をより多く吸収すること、吸収した赤外線を効率よく温度上昇に変換すること、抵抗の温度係数(TCR)が大きい検出素子材料を用いることが重要となる。

1) 多結晶シリコン膜を用いたセンサの作製と評価

まず、TCR が約7%と大きいノンドープ多結晶シリコン膜を検出素子材料として用い、単結晶シリコン基板上に50 μ m角のボロメータ素子の作製を試みた。ここで、検出素子と基板間をプラズマレスドライエッチングにより除去して、約50 μ m厚のエアーギャップを形成し、熱絶縁性を向上させた。その結果、応答速度時定数2ms、電圧感度22kV/Wと、これまで報告されているセンサよりも高い感度と同等以上の応答特性を得た。(Saito and Murotani, *Sensors and Materials* 16, 191 (2004))しかし、ノンドープ多結晶シリコン膜は高抵抗率であり、熱雑音が大きくなるため、実用化には問題があることが予測された。

2) チタン酸バリウムストロンチウム膜の作製

低抵抗率かつTCR値の大きい検出用材料の候補としてチタン酸バリウムストロンチウムを選定し、アルコキシド

のゾル・ゲル法により作製を試みた。スピンコートと熱処理を交互に行い、膜形成を行った。X線回折測定により、結晶化していることを確認した。また、熱処理の際、2段階で温度上昇させることにより、クラックのない膜を得ることができた。今後、不純物を導入して半導体化し、電気的特性を評価する予定である。

3) 熱吸収膜の作製と評価

赤外線をより多く吸収する方法の一つとして、検出膜に重ねて熱吸収膜を形成する方法がある。今回は、ポジレジストにカーボンブラックを分散させた溶液をスピンコートして膜を得る方法を試みた。溶媒としてPGMEAを用い、分散剤として楠本化成(株)製ディスパロンを用いたところ、カーボンブラックを比較的良好に分散できた。さらに、この溶液をレジストに対して1:4の比で混合して、熱吸収膜用レジストを調製した。カーボンブラック含有量0.8g/100ccまでは、良好に分散され、問題なくパターンニングを行うことができた。それ以上の濃度でもパターンニング可能であるが、粒子状のカーボンが観察された。

下図に1.5 μ m厚、カーボンブラック含有量0.8g/100ccおよび1.2g/100cc熱吸収膜の赤外吸収スペクトルを示す。また同じ厚さのポジレジスト膜の特性と比較すると、吸収率が増加することが確認できた。

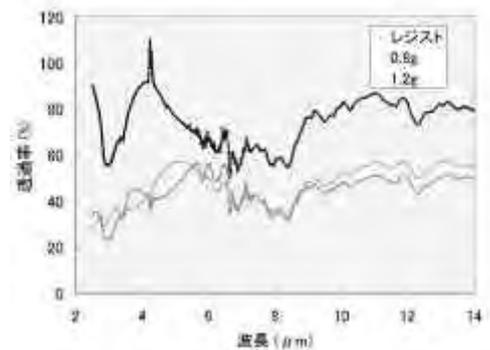


図1 カーボンブラックを分散させた熱吸収膜の赤外吸収スペクトル

*¹ 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授
(Professor, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

*² 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科助手
(Research Associate, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

反射干渉計測法の測定精度の改善

滝沢國治*¹, 金 蓮花*²

Accurate measurement of electro-optic coefficients by use of two-beam interference

Kuniharu TAKIZAWA*¹, Lianhua JIN*²

光の波長()の $1/10^5$ から $1/10^{10}$ の距離を精密・簡便に計測できる光学干渉計はまだ無い。この領域を測定できれば、これまでマクロ計測しかできなかった物質の電気光学効果、圧電効果、光弾性効果、ファラデー効果などをマイクロな領域で精密に測定することができるため、新しい材料評価技術や新デバイスの創製が可能となる。また、光と物質表面の相互作用の理解や光ナノデバイスへの応用、あるいは電界、磁界、応力、温度などの物理現象の超高感度計測、など様々な分野への波及効果を見込むことができる。そこで、 $1/10^5$ から $1/10^{10}$ の空白領域を埋めることのできる極微小光学位相変化計測装置と超高感度光センサの開発を進めている。今年度は、極微小光学位相変化計測装置を構成する反射干渉計の性能改善を進めた。

反射干渉計(図1)は、光学干渉計の最大の弱点である振動や空気の揺らぎの影響をまったく受けずに、試料の光学特性を測定できる特長をもつが、その測定精度が多重反射光(図2)により制限されるという課題を抱えていた。これを改善するため、結晶をわずかに回転させ、0次透過光と1次反射光の重なりを軽減して2次反射光以下の影響を無視する方法を解析と実験により検討した。その結果、0次透過光と1次反射光の距離がビームの半値半幅を越えれば、測定誤差を0.02%以下に抑えられることが判明した。この方法を用いて光集積回路用材料として広く用いられているLiNbO₃結晶の実効的電気光学係数を測定し、 $r_{33}^E = 30.86 \text{ pm/V}$, $r_{13}^E = 9.642 \text{ pm/V}$ を得た。これらの値は従来の測定値と良く一致しており、この方法が従来の光学干渉法にない安定性・

簡便性と高精度計測機能を併せ持つことが明らかになった。

この研究成果は、2004年度製作した極微小光学位相変化計測装置のナノポジシング機構(角度5秒ステップで結晶を微回転制御するシステム)に反映された。

(滝沢ら 第51回応用物理学関係連合講演会予稿集, 31pZV4 1325 (2004))

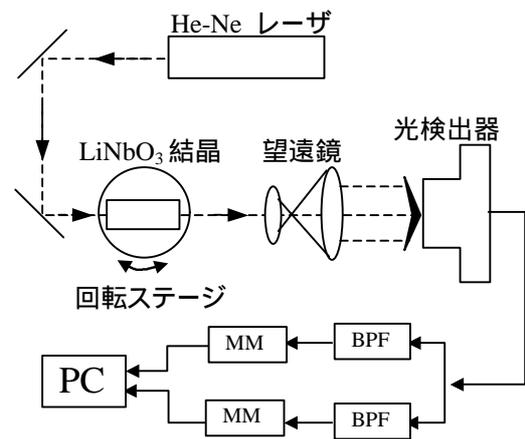


図1. 反射光干渉システム。BPF:バンドパスフィルタ、MM:マルチメータ。

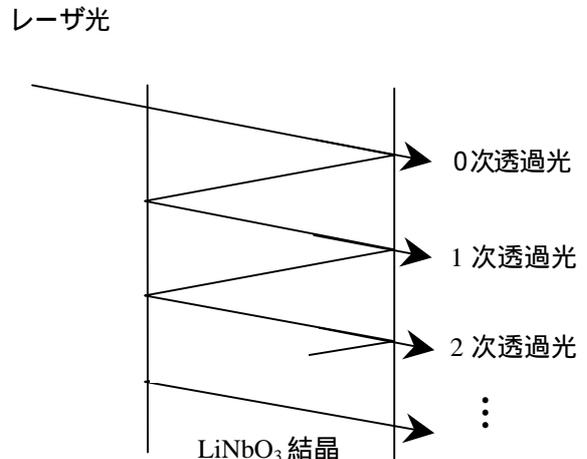


図2. 端面で多重反射したレーザー光

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授
(Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手
(Research Associate, Dept. of Materials and Life science)

ナノプローブ走査におけるグラファイト表面上の吸着原子効果

佐々木 成朗

Effect of atoms adsorbed on graphite surface on scanning process of nano-probe

Naruo SASAKI

1. はじめに

ナノメートルサイズで顕在化する摩擦・凝着現象を制御、軽減する事は、ナノテクノロジーの最重要課題の一つである。ナノサイズの細さを持つ探針をプローブとして試料表面の形状を測定する原子間力顕微鏡は、ナノサイズ摩擦の測定、及び原子・分子のボトムアップ加工を可能にする有力な手段である。本研究室ではナノプローブ探針により測定される摩擦・凝着力を評価し、それを制御する具体的な方法について理論的に提案する事を目標として研究を開始した。

例えばグラファイト表面の2次元摩擦力マップは炭素の周期性を反映する規則的なパターンを示すことが実験と理論の両方から知られている¹⁾⁻³⁾。しかし試料表面上に吸着原子が存在する場合は理論的に明確な議論がなされていない。

そこで本研究ではグラファイト表面上に存在する吸着原子が摩擦力顕微鏡のプローブ探針の走査過程や摩擦力マップに及ぼす影響、及びそのナノ加工との関連性について調べたので報告する。

2. 計算方法

Fig.1のように、摩擦力顕微鏡を三次元バネに結ばれた単原子突起探針と、吸着原子、及び試料表面から成る系としてモデル化する。探針を水平走査した時の探針の動作を構造最適化の手法で数値シミュレーションした。

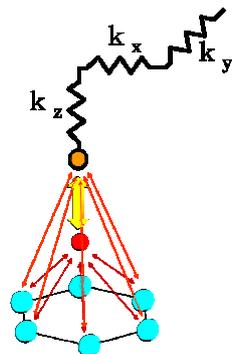


Fig.1 Model of FFM.

3. 計算結果

理想的なグラファイト表面の摩擦力マップ(Fig.2(a))と吸着原子を伴うグラファイト表面の摩擦力マップ(Fig.2(b))には一見差異は無いように見える。

しかし Fig.2 の差分を取ると Fig.3 のように吸着原子の運動経路を示す結果が得られた。これは、実験で得られたマップが完全結晶を示すように見えていても、実際

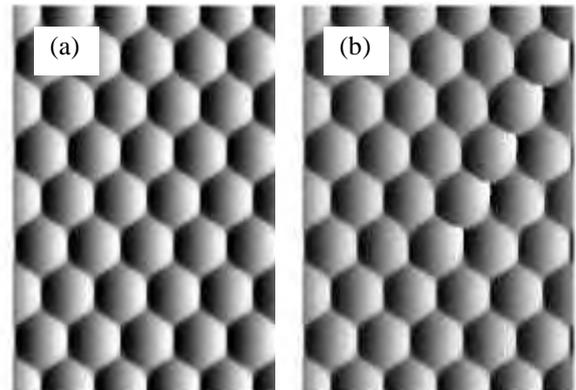


Fig.2 Frictional-force microscopy images for (a) no adsorbed atom and (b) adsorbed atom on the graphite surface.

には表面吸着原子の効果が含まれている可能性を示唆している。

4. 結論

従来、摩擦力パターンの周期性の微小乱れは、熱雑音、探針の運動経路の揺らぎの効果⁴⁾や走査中の探針構造の変化などと考えられてきた。本研究によって、微小乱れの別の原因として吸着原子の効果に加えらるること、及び吸着原子自身が探針と連動して「擬探針」として働く様子が明らかになった。

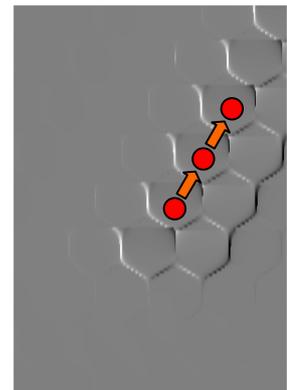


Fig.3 Difference between Figs.2(a) and 2(b)

Circles correspond to the motions of adsorbed atom.

参考文献

- 1) N. Sasaki, K. Kobayashi and M. Tsukada, Phys.Rev.B **54**, 2138 (1996).
- 2) N. Sasaki, et al., Phys. Rev.B **57**, 3785 (1998).
- 3) K. Miura, N. Sasaki and S. Kamiya, Phys. Rev. B **69**, 075420 (2004).
- 4) S. Fujisawa, E. Kishi, Y. Sugawara and S. Morita, Jpn. J. of Appl. Phys. **33**, 3752 (1994).

TOF-SIMS によるタンパク質等の生体材料のナノスケール解析評価法の開発

工藤正博*¹, 青柳里果*²

Development of nano-scale analysis of bio-devices with TOF-SIMS.

Masahiro KUDO*¹ and Satoka AOYAGI*²

高機能性デバイスとして期待されているタンパク質などの生体高分子を利用したバイオデバイスの詳細な解析評価法の開発を目指している。本研究室では、タンパク質をナノスケールで解析評価するために、飛行時間型二次イオン質量分析法 (TOF-SIMS) からのスペクトルデータを多変量解析法、情報エントロピー法等を用いて解析することを試みている。具体的には、人工臓器やバイオセンサ上に吸着分布した生体関連分子をナノスケールで計測・評価し、材料、デバイス開発に資する基礎的知見を得ている。さらに、生体関連分子の高感度計測に用いるために、飛行時間型二次イオン質量分析法におけるポリアトミック一次イオン源の有効性を検討している。ここでは最近の成果として 2 例を紹介する。

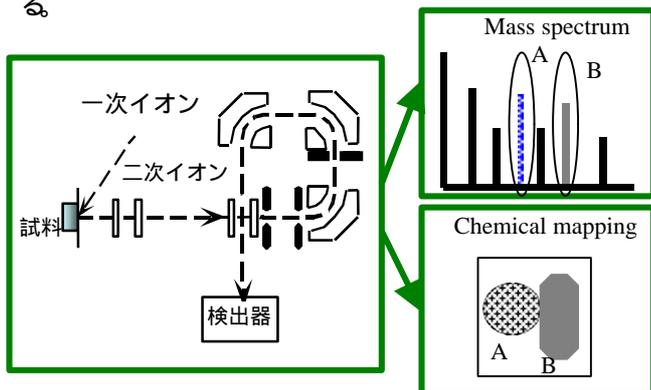


Fig. 1: TOF-SIMS の概要

1) タンパク質吸着中空糸膜の観察

タンパク質 (BSA) を吸着させた 3 種類の中空糸透析膜 (材質: PS, PEPA, PAN) を TOF-SIMS で測定し、Fig. 2 に示すようなスペクトルを得た。スペクトルの単純な比較では、タンパク質と膜に起因する二次イオンピークの識別が困難であるため、当研究室では情報エントロピーに基づいた解析により、それぞれに特異的なピークを選出した。その結果、Fig. 3 に示すように、タンパク質の吸着は膜材質や細孔構造に依存して異なることが明確に示された。

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 島根大学生物資源科学部地域開発科学科助教授 (2005 年2月まで成蹊大学工学部物理情報工学科助手)

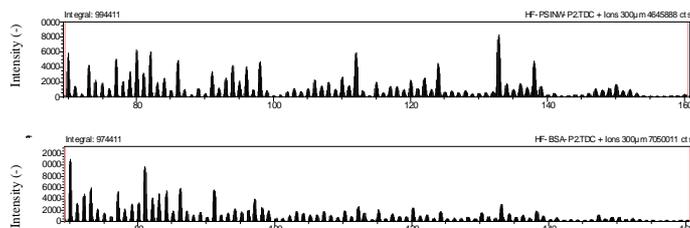


Fig. 2: TOF-SIMS スペクトル

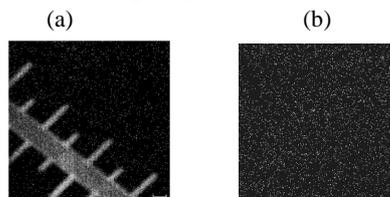


Fig. 3: TOF-SIMS イメージングによる 3 種類の透析膜へ吸着した BSA の分布評価

(S. Aoyagi, M. Kudo ら *Journal of Membrane Science*, 236(1-2), 91-99, 2004 など)

2) バイオセンサ基板の評価

バイオセンサ基板上に固定化されたタンパク質の固定化状態を TOF-SIMS によって評価することに成功した。Fig. 4 (a) は、クロムパターン化ガラス基板上に固定化したタンパク質 (IgG) の分布イメージを示しており、IgG がガラス部分にのみ固定化されていることが示された。また、情報エントロピーを用いたスペクトル解析で 2 種類のタンパク質 (IgG とプロテイン A) に特異的に起因するピークを選出し、固液間で反応した各タンパク質の分布を得ることに成功した。



Red: IgG, Green: Cr⁺ Red: IgG, Green: protein A
Fig. 4: ガラス基板上タンパク質の分布イメージ

(S. Aoyagi, M. Kudo, *Biosensors & Bioelectronics*, 20(8), 1626-1630, 2005 など)

MgO スパッタ薄膜の表面ラフネスと二次電子放出率の測定

馬場 茂*¹, 中野 武雄*²

Surface morphology and ion-induced secondary-electron emission from sputtered MgO films

Shigeru BABA*¹, Takeo NAKANO*²

1. MgO 膜の特徴とこれまでの研究

酸化マグネシウム(MgO)は、可視域で透明、高絶縁性、高融点、スパッタされにくいなどの特長をもつ。また、粒子衝撃によって二次電子を放出しやすい材料であるため、電子増倍管の dynode 電極用の皮膜として、古くから用いられてきた[1,2]。イオンが入射する場合にも二次電子 (Ion-Induced Secondary Electron, IISE) が多く発生するので、特に最近の薄型ディスプレイにおける高輝度・省電力化を図る技術の鍵となる材料として注目されている。MgO は Plasma Display Panel (PDP) の発光セル内で、プラズマから降り注ぐ高エネルギーのイオンからアドレス用透明電極を保護する皮膜として用いられる。IISE の生成率 が大きいことは、放電開始電圧や放電維持電圧の低下に寄与すると期待されるが、MgO では電子の放出部位が帯電するために、理論的過程が明らかにされていないわけではない。実験面では、試料の帯電を抑制するために、パルスのイオンビームを用いたり[3]、プラズマにさらされる試料面積を変えて放電電流の変化を見る[4]など、いろいろの試みもあるが、MgO の興味深い物性と裏腹に、その物性制御が非常に困難であることも有名な事実で、未だに形成法と基礎物性との関係は実験研究の対象となっている[5,6]。

MgO からの IISE 放出に関しては、イオン照射時に観測される非常に高い 値と、照射停止後に観測される持続的な(self-sustained)放出が特徴とされている。これらは Malter 効果[7] や Townsend だれ現象[8]として説明されている。また、これらの二次電子放出現象が、電子放出の結果として生じる表面電位 V_s に強く影響を受けること[9]が報告されている。

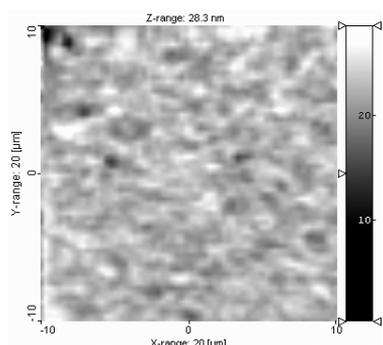


Fig.1 AFM topograph of sputtered MgO films. R_{max} is about 30nm over $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ area.

2. 表面粗さと二次電子放出の測定実験

これまでの研究[10]で、スパッタ条件 (放電ガス圧力、膜厚) によって、MgO 膜の表面粗さを制御できることがわかってきている。そこで、各種条件で Si ウェハ基板上に MgO 膜を作製し、表面粗さと二次電子放出係数 の関係を調べることとした。

表面粗さの測定には原子間力顕微鏡 (AFM) Quesant

Resolver を用いた。また、IISE は、PHI-ESCA1600 に自作の二次電子捕集電極 (Fig.2) を組み込んで測定した。この測定原理は、Yoshida 等の方法 [11] に準じている。



Fig.2 IISE measurement apparatus

IISE 電流は、二次電子捕集電極の電圧 V_C を上げるとともに増加し、やがて一定になった (Fig.3)。結果として、今回の実験条件の範囲では、IISE 生成率 は表面粗さにあまり依存せず、むしろ電流の立ち上がる電圧が MgO の膜厚に比例し、表面からの二次電子は、Si 基板側から膜厚方向の絶縁破壊に近い様式で供給されていることが推察される。

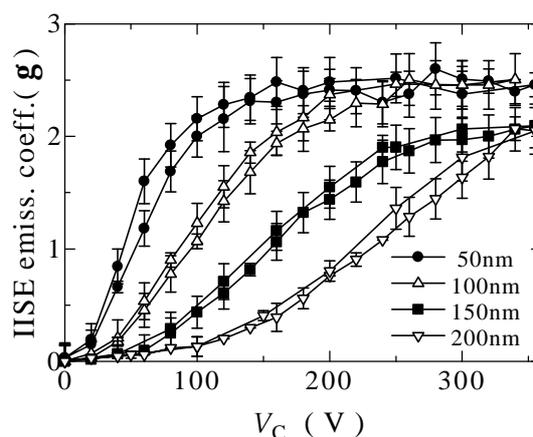


Fig.3 Thickness dependence of IISE emission coefficients.

- [1] N.R. Whetten, A.B. Laponsky: J.Appl.Phys., **30** (1957) 432; Phys. Rev., **107** (1957) 1521.
- [2] J.W. Gibson, R.E. Thomas: Appl. Surf. Sci., **14** (1982) 56.
- [3] N.J. Chou: J. Vac. Sci. Technol., **14** (1977) 307-311.
- [4] Y.Ushio, T.Banno, N.Matuda, Y.Saito, S.Baba, A.Kinbara: Thin Solid Films, **167** (1988) 299-308.
- [5] H.Uchiike, K.Miura, N.Nakayama, T.Shinoda, Y.Fukushima: IEEE Trans. Electron Dev., **ED-23** (1976) 1211.
- [6] H.S. Jung, J-K. Lee, K.S. Hong, H.J. Yoon: J. Appl. Phys. **92** (2002) 2855.
- [7] L. Malter: Phys. Rev., **49** (1936) 478; **50** (1936) 48.
- [8] D.Dobischek, H.Jacobs, J.Freely: Phys. Rev. **91** (1953) 582.
- [9] V. van Elsbergen, P.K.Bachman, G.Zhong: Proc. Int. Display Workshop (IDW) '00 (2000) 687.
- [10] T.Nakano, T.Fujimoto, S.Baba: Vacuum, **74** (2004) 595-599.
- [11] K.Yoshida, H.Uchiike, H.Sawa: IEICE Trans. Electron. **E82-C** (1999) 1798-803.

*¹ 物理情報工学科教授 (Professor, Dept. of Applied Physics)

*² 物理情報工学科助手 (Research Associate, Dept. of Applied Physics)

バイオイナートな再生医療用細胞培養基板の開発

樋口亜紺^{*1}, 松岡由季^{*2}

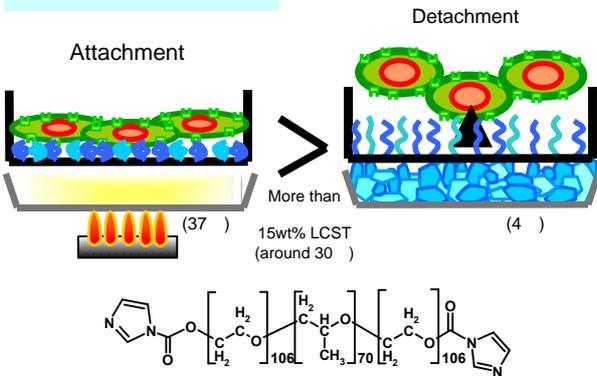
Development of bioinert cell culture materials for regenerated medicine

Akon HIGUCHI^{*1}, and Yuki MATSUOKA^{*2}

当研究室は、主に機能性高分子膜のバイオテクノロジーならびに環境分野への応用研究、生体適合性材料の基礎研究、細胞培養基板の開発と細胞情報の読み込みと解析、さらに再生医療分野を目指した幹細胞分離膜の基礎研究を行っている。

本研究では、30 周辺に下限臨界溶液温度(LCST)を有し、温度応答性高分子である Pluronic F127 に着目して、細胞培養用の基板として用いることで、従来のトリプシン等のタンパク質分解酵素を使用して細胞を回収するのではなく、NIPAAm ゲル上の細胞と同様に温度変化のみで細胞の構造と機能を損なうことなく細胞回収することを行った。さらに、Pluronic F127 にコラーゲンやフィブロネクチン等の ECM を添加させることによって、細胞培養に適した Pluronic F127 ゲルの作成を本研究の目的とした。

Pluronic F127 の特性



Pluronic F127 ゲル上において L929 細胞を培養したところ、Pluronic F127 ゲルにフィブロネクチンを吸着させて真空乾燥させた Pluronic F127 ゲル上において、細胞数が最も多くなり、48 時間の細胞培養が可能であることが明らかとなった(図 1 参照)。

これは Pluronic F127 ゲルを真空乾燥することによって、Pluronic F127 ゲルに架橋的な作用が働いて、よりゲルの強度が増したと考えられる。Pluronic F127 ゲル上、及びポリスチレン基板上での HUVEC 細胞培養後、温度変化による細胞剥離、並びにトリプシンによる細胞剥離を行った時のフローサイトメーターによる HUVEC 細胞の CD105⁺発現性の比較実験を行った。その結果、トリプシンを用いて剥離させた HUVEC 細胞の CD105⁺発現性は、0.89%であった。一方、Pluronic F127 の温度応

答性を利用して剥離させた時の HUVEC 細胞の CD105⁺発現性は、1.9%であった(図 2 参照)。

以上より、Pluronic F127 ゲルから HUVEC 細胞を剥離させた場合の方が CD34⁺と CD105⁺発現性が高くなり、より細胞をバイオイナートな状態で剥離できたと考察した。Pluronic F127 ゲルによる細胞培養は、再生医療用幹細胞培養並びに細胞のフローサイトメーターによる測定において有効な方法であると考察した。

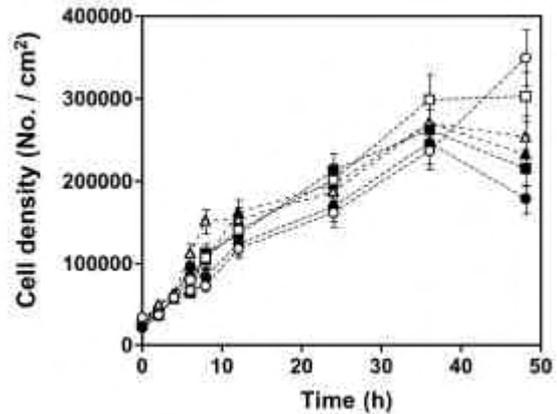


Fig. 1 Growth curves of L929 cells cultured on PSt tissue culture plates (○), PL gels (●), PL-FN1 gels (□), PL-FN2 gels (■), PL-COL gels (△) and PL-FN+COL gels (▲) in the media containing 10% FBS.

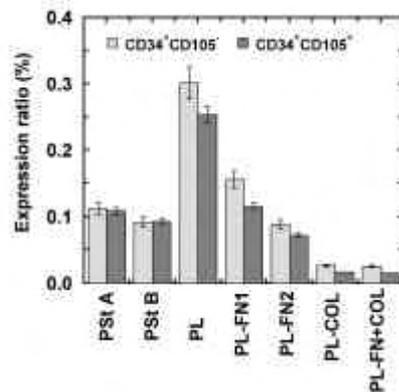


Fig. 2 Expression ratio of CD34⁺ and CD105⁺ on HUVEC cells detached by trypsin treatment or thermo sensitive response method on the pluronic gels.

^{*1} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life science)

^{*2} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科 (Dept. of Materials and Life science)

薬理活性を有する多糖誘導体の合成

栗田恵輔^{*1}, 楊進^{*2}

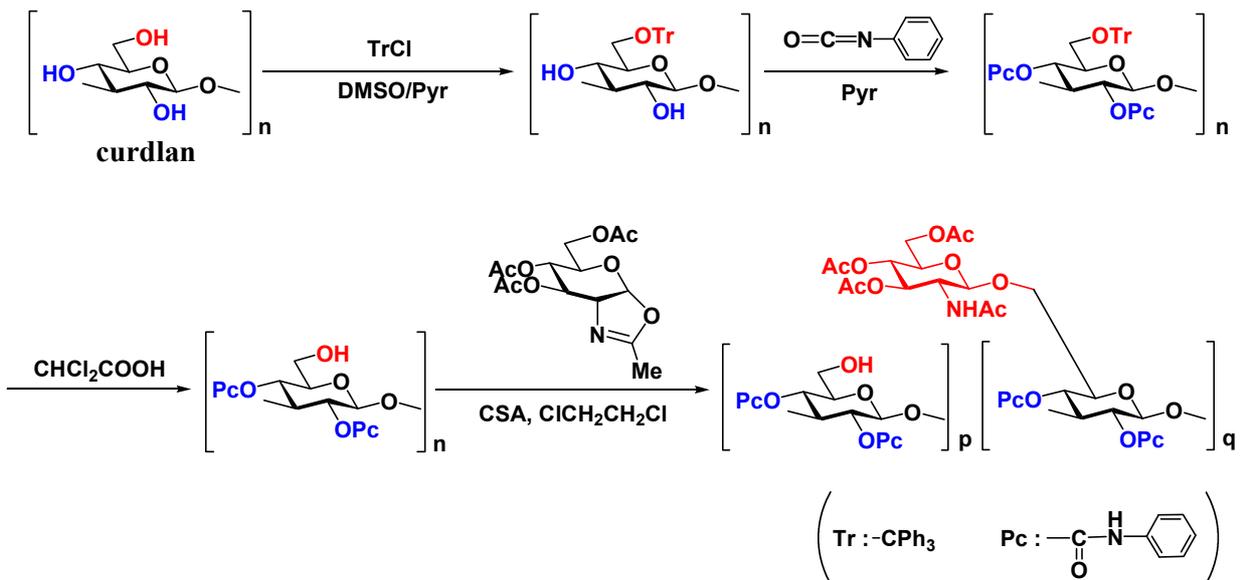
Synthesis of biologically active macromolecules from polysaccharides

Keisuke KURITA^{*1}, Jin YANG^{*2}

天然に存在する分枝型多糖には抗腫瘍活性や免疫賦活などの生物活性を発現するものがある。キノコ類から抽出されるレンチナンは、グルコースが -1,3 型で結合した多糖であるカードランを主鎖として、構成単位 5 個につき 2 個の割合で -1,6 型のグルコース側鎖を持つ構造をしている。しかし、主鎖であるカードランのみでは生物活性を発現しないことから、C-6 位の糖側鎖の存在がきわめて重要であると考えられる。そこで、天然に豊富に存在し、かつ医療・医薬材料としての利用が注目されているキチン、キトサンの構成単位である N-アセチルグルコサミン及びグルコサミンをカードランやキチン・キトサンの C-6 位に導入して、より高い生物活性の発現が期待できる非天然の分枝型多糖を調製することを目的とした。カ

ードランへのアミノ糖の導入は以下の式にしたがって行った。

カードランの C-6 位に選択的に側鎖を導入するためには、保護基を用いて C-6 位にのみ遊離の水酸基を持つカードラン誘導体の調製が必要となる。まずカードランをトリチルクロリドと反応させ、C-6 位の水酸基が高いトリチル基で保護された 6-O-トリチルカードランを得た。次に C-2 位と C-4 位をフェニルカルバモイル基で保護した。続いて、ジクロロ酢酸で処理して脱トリチル化し、C-6 位にのみ遊離の水酸基をもつカードラン誘導体を得た。これとグルコサミン由来のオキサゾリン誘導体を反応させることにより、カードランの C-6 位に糖側鎖をもつ非天然枝分かれ型多糖を合成できた。



*1 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life Science)

*2 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手 (Research Associate, Dept. of Materials and Life Science)

高機能性リン脂質の分画と調製

原 節子*¹, 戸谷 洋一郎*²

Fractionation and preparation of highly functional phospholipids

Setsuko HARA*¹ and Yoichiro TOTANI*²

リン脂質(PL)は Fig.1 に示したように、分子中に疎水基と親水基を併せ持つため、天然乳化剤として食品、医薬品および化粧品などに広く使用されているが、さらに生体内においても 生体膜の構築要素、生理活性脂質、細胞内情報伝達物質などの重要な機能を果たしていることから注目されている。

一般的に使用されている PL は大豆・卵黄を起源とするホスファチジルコリン(PC)、ホスファチジルエタノールアミン(PE)およびホスファチジルイノシトール(PI)などの混合物であり、高純度 PL の入手は困難である。また、大豆油製造時の副産物である粗製 PL は貴重な原料であるが、PL 以外に油脂や水分などの不純物を含むことがその利用を妨げている。本研究では、粗製大豆 PL から高純度 PL を分画し、さらに各種機能性 PL を酵素的に調製する方法について検討した。

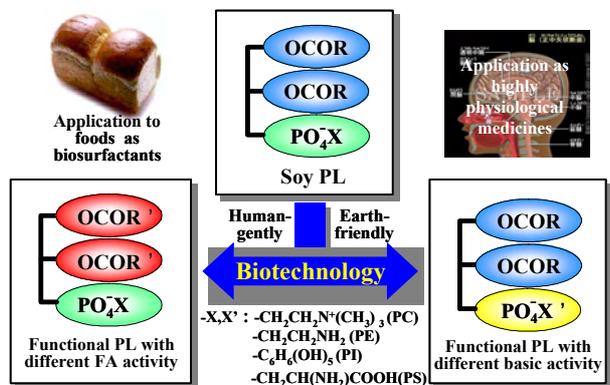


Fig.1 Preparation of functional PL from soy PL

1) 粗製大豆 PL から的高純度 PL の分画

粗製 PL から PL の分画には従来アセトン溶媒分画法が使用されているが、本研究では安全性を考慮してエタノール・ヘキサン系溶媒を用いて検討した。その結果、8 倍量のエタノール・ヘキサン(4/1)を用いて PL を 99%まで、また 6 倍量のエタノール/ヘキサン・水(1/1.5/0.15)では PC のみを 69.0%まで、冷エタノールでは PI を 56.2%まで濃縮可能であった。

2) アシル基変換反応による機能性 PL の調製

PL の構成脂肪酸を C4~18 の各種飽和脂肪酸と

C18 の不飽和脂肪酸にリパーゼ OF(*Candida rugosa* 起源)を用いて変換する反応について検討した。なお、これまでの結果に基づき、アシル基変換における脂肪酸基質はモノアシルグリセロール型として用いた。

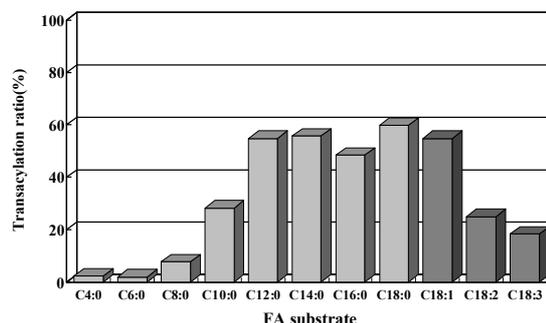


Fig.2 Transacylation of soy PL with different FA substrates

Fig.2 に示したように C12-18 の飽和脂肪酸と C18:1 では 50%程度の変換率が得られた。しかし、C10 以下の中鎖脂肪酸や C18:2, C18:3 では変換率が減少した。また、C18 のイソ型構造や共役ジエンを持つ脂肪酸も変換率が低いことから、構造的に高い脂肪酸ほど PL に導入されにくいことが判明した。

3) 塩基交換反応による機能性 PL の調製

ホスホリパーゼ D(*Actinomadura sp.* No.362 起源)を用いて PC へのセリンの導入反応について検討した結果、

Fig.3 のように定量的にホスファチジルセリン(PS)が調製できることが明らかとなった。

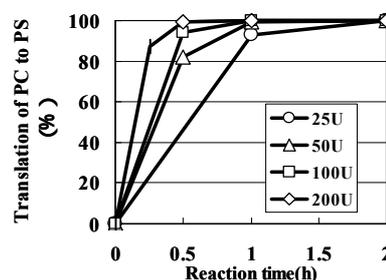


Fig.3 Preparation of PS by enzymatic translation of PC
PC:0.13mmol Enzyme:PLD pH 5.6 Temperature 37

以上の結果から、粗製大豆 PL を出発原料として、簡便かつ安全な方法により種々の PL を高純度に得られることが明らかとなった。また、各種機能性脂肪酸を導入した PL は新たな生理活性が期待される。

それ故、本研究は機能性 PL の活用に関する今後の研究へ寄与するものと考えている。

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助教授
(Associate Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授
(Professor, Dept. of Materials and Life science)

新規高感度蛍光誘導体化試薬および抗糖尿病薬の開発

加藤 明良^{*1}, 齋藤 良太^{*2}

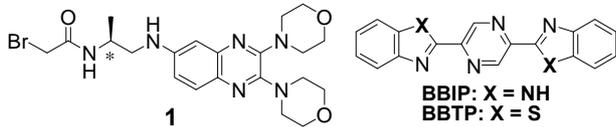
Development of highly sensitive fluorescence derivatization reagents and anti-diabetic drugs

Akira KATO^{*1} and Ryota SAITO^{*2}

本プロジェクトでは、複素環化合物(環を形成する元素として炭素以外の元素を1個以上含む有機化合物の総称)の高機能性分子への変換を目的に、1)生体成分の新規高感度蛍光誘導体化試薬の開発、2)インスリンや市販のインスリン抵抗改善薬に代わる新規抗糖尿病薬等の開発を中心に研究を展開している。以下に最近の成果を紹介する。

1) 生体成分の新規高感度蛍光誘導体化試薬の開発

以前当研究室で開発した高効率蛍光性アミノキノキサリンにアミノ酸残基含有アルキル基をスペーサーとしその末端に反応部位としてプロモアセチル基を導入した新規蛍光誘導体化試薬 **1** を合成した。これを用いて高級脂肪酸の蛍光誘導体化を行ったところ、反応は速やかに進行し高感度で検出できた。(Fig. 1) (加藤, 齋藤, 有合化, 62, 335-346 (2004); Katoh *et al.*, *Heterocycles*, in press) また新規蛍光物質を開発する目的で、発光生物の発光基質に広く分布しているピラジンを母骨格とした 2,5-ビスベンズアゾリルピラジン を新規合成した。このうちイミダゾールを導入した BBIP は DMSO 中で高輝度の青色蛍光を示した。その蛍光量子収率は 0.90 と非常にエネルギー効率の良い蛍光物質の開発に成功した。(Fig. 2)



2) 新規抗糖尿病薬の開発 糖尿病は、その病態によってインスリンが絶対的に不足しているインスリン依存型(タイプ1型糖尿病)と、相対的不足により高血糖状態になるインスリン非依存型(タイプ2型糖尿病)に分類される。患者への負担や副作用の点から経口投与可能な新しい化学療法剤の開発が強く望まれている。種々の置換基をもつ 1-ヒドロキシ-2(1H)-ヒミジノンや 3-ヒドロキシチアゾール-2(3H)-チオン類のパナジルおよび亜鉛錯体を合成した結果、高いインスリン様活性を示すものをいくつか見出すことができた。特に、4,6-ジメチル-1-ヒドロキシ-2(1H)-ヒミジノンのパナジル錯体は、1型糖尿病モデルラットを使った実験においても血糖値を低下させる作用があることが明らかとなった。(Fig. 3) (Katoh *et al.*, *Chem. Lett.*, 33, 1274-1275(2004))

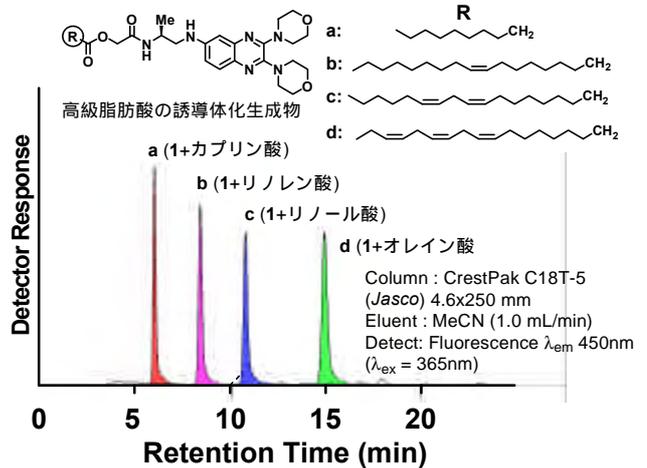
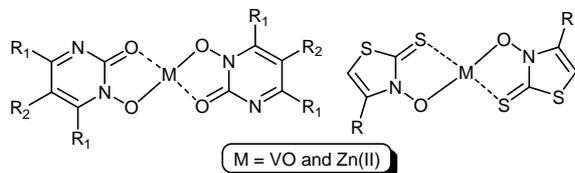


Fig. 1. 化合物 **1** で標識された高級脂肪酸の HPLC クロマトグラム

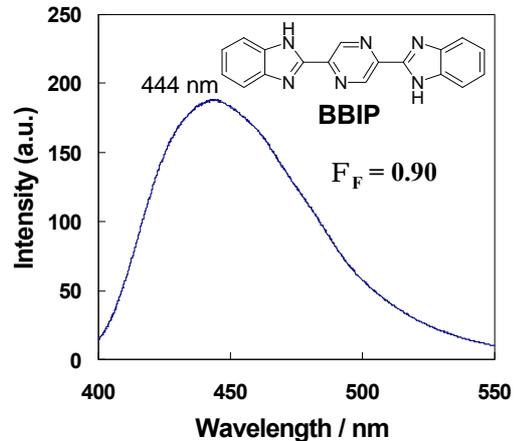


Fig. 2. BBIP の DMSO 中における蛍光スペクトル

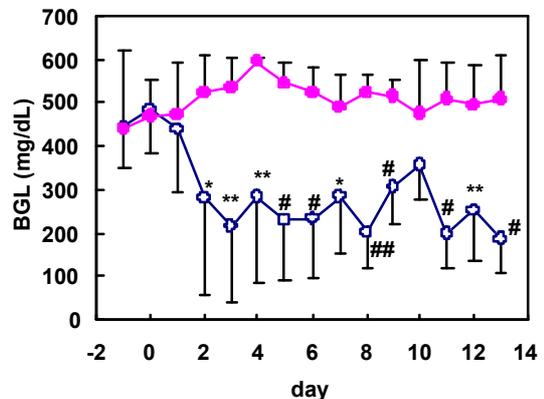


Fig. 3. 1型糖尿病モデルラットを用いた血糖降下実験 (○: コントロール, ●: パナジル錯体投与)

^{*1} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life Science)

^{*2} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手 (Research Associate, Dept. of Materials and Life Science)

キノンシャトル系における光応答性分子スイッチ

田中 潔*¹, 岩田 理*²

Photoresponsive molecular switch in quinone-shuttle system

Kiyoshi TANAKA*¹ and Satoru IWATA*²

ポルフィリン類は光を受けると電子を放出することが知られており、近傍に放出された電子を受け入れる部位があれば、光を電子の流れに変換する系、すなわち光電荷分離の系が人工的に構築できる。光合成の初期過程を模して、受け入れ部位としてキノン類を用いることがこれまで広く行われてきた。また、同初期過程では、捕捉されているキノンがある部位から他の部位に行ったり来たりする可逆的な動きも、電子移動を可能にする部位を制御するために重要な役割を果たしている。本研究では、光応答性の分子スイッチを用いることで、ポルフィリンに捕捉されたキノンの動きを制御することを検討している。ここでは分子スイッチとしてヘミチオインジゴを用いた例について紹介したい。

今回新たに合成したベンゾイルヘミチオインジゴ1は、広義の意味でフォトクロミック分子であり、通常は黄色を呈しているが、光が照射されれば、すぐに無色の二量体2に変化する。逆に、2を加熱すればまた元の1に戻り、この可逆的な変換は何回も繰り返し行えることを今回明らかにした。図1には¹H NMR スペクトルでこの変化の可逆性を追跡した結果を示している。

ベンゾイルヘミチオインジゴ1は、ウレイドポルフィリン3に水素結合を介して強く捕捉されることが分かり、その平衡定数はトルエン中20 で $K = 1.3 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$ であると評価された。平衡定数の値は捕捉の程度を示しており、大きい値のときに強く捕捉されていることを表している。同様の条件下で3とキノン4との平衡定数は $K = 8.5 \times 10^2 \text{ M}^{-1}$ であり、1はキノン4よりも強く3に捕捉されることが分かった。一方、その二量体2はまったく3に捕捉されないことも明らかとなった。これは2は立体的に大きすぎ、ウレイドポルフィリンのつくる空間に入りきらないためと理解できる。ウレイドポルフィリン3のそれぞれの分子の捕捉能の違いから、これら1, 3, 4を混在させることにより、次のような系が期待できる。すなわち、1が存在するときには、1はウレイドポルフィリンに強く捕捉される結果、キ

ノン4はウレイドポルフィリンからは追い出される。一方、系に光を照射し、1を二量化し2にすることで、捕捉されていた1はウレイドポルフィリンから放出され、代わりにキノン4が捕捉されることが期待できる(スキーム1)。実際にキノンの動きは¹H NMR スペクトルで追跡でき、予想された可逆的なキノンの動きが確認された。

以上の結果から、ヘミチオインジゴ1は分子スイッチとして作用し、キノンのシャトルとしての動きを光制御できることが明らかとなった。

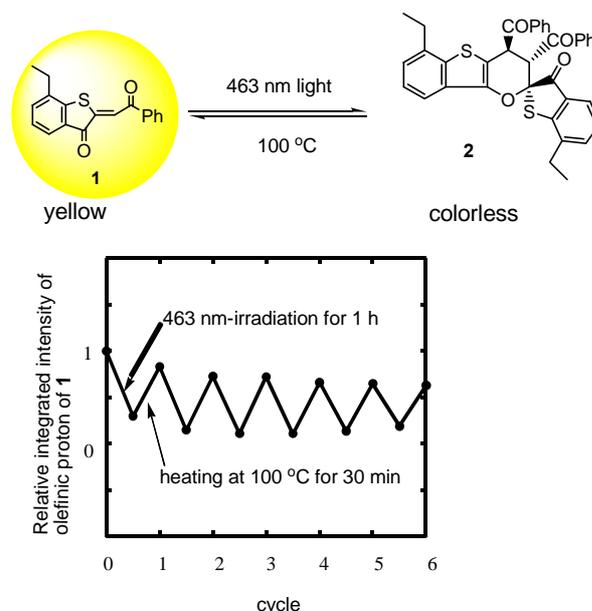
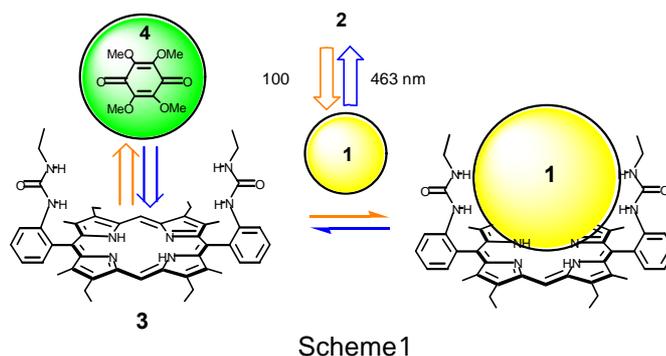


FIGURE 1. Repeatability between 1 and 2. [1] = $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ in $\text{C}_6\text{D}_5\text{CD}_3$.



Scheme 1

*¹ 成蹊大学理工学部共通基礎教授 (Professor, Dept. of Liberal Arts and Sciences)

*² 成蹊大学理工学部共通基礎助手 (Research Associate, Dept. of Liberal Arts and Sciences)

地球に優しい環境・エネルギー・材料製造技術

小島紀徳^{*1}, 加藤 茂^{*2}

Eco-technologies for environment, energy and materials.

Toshinori KOJIMA^{*1}, and Shigeru KATO^{*2}

窮乏が心配される様々な資源を有効に使いリサイクルする新しいプロセス, 様々な地球環境問題を防ぐための地球に優しいプロセス, これらについて体系的アプローチで解決を目指し多面的な研究を行っている。

1)多くの地球温暖化対策の中でも, 経済的かつ環境に与える負荷が低い方法として期待されている植林による大気中炭素の持続的な陸上固定システム構築が, オーストラリア乾燥地にて行われている。そのための要素研究の一部として, 土壌構造, 水移動, 植物生理等についての研究を行っている。その中の新規土壌改良材開発の最近の成果として, 保水材混合による結果を紹介する。測定は, 豊浦砂(均一粒径であるため再現性が良く解析が容易)に, 高分子保水材(SAP), ポークサイト, ピートをそれぞれ一定割合で混合し, 定量的に透水性, 保水性の挙動変化を検討した。Fig. 1にSAPを混合した場合の定常時での飽和透水係数の測定結果を示す。またFig. 2には, 各々の割合で保水材を混合した場合の土壌水の植物による利用可能性を示している(一般に植物が利用できる水は $pF=1.8 \sim 4.2$)。いずれの保水材を混合した場合でも, 混合率の増加に伴い透水性は減少し, 保水性は増加する傾向が明らかとなった。

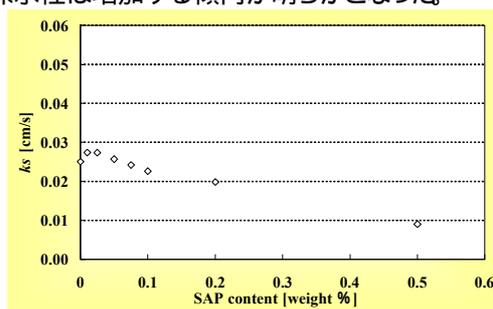


Fig. 1 Saturated hydraulic conductivity of SAP mixed soil

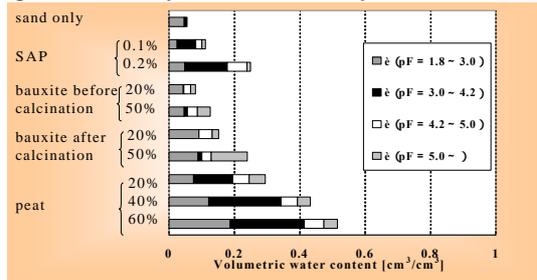


Fig. 2 Soil water availability for plant growth

また, この他の土壌改良材として, 今後, 団粒化形成が期待されるミミズ(ミンチ状)や石膏, 保肥力向上と団粒化促進効果も考えられるフミン酸, 保肥力改善が考えられるゼオライト, これらの投入による効果を検討する。また植林地に多く自生するユーカリの葉を改良材の一つとして用い, 同様に投入効果の検討を行う。

2)地球に優しい材料として, 太陽光発電のための多結晶シリコンの製造, 高熱伝導性基盤として窒化アルミニウム(AlN)の製造を行っている。前者では大量に副生される副生成物(テトラメキシラン)を有効利用したプロセスの検討, 後者では流動層を用いた直接窒化反応により, 反応速度の増大・生成物の微粉化・連続運転合成の可能性を検討している。Fig. 3に, AlN 製造についての最近の成果を紹介する。これはガス流速と反応温度の違いが AlN 転化率に与える影響を示したものである。これより, 生成物の AlN 転化率は反応温度とともに上昇するが, ガス流量は AlN 転化率にほとんど影響しないことが明らかとなった。

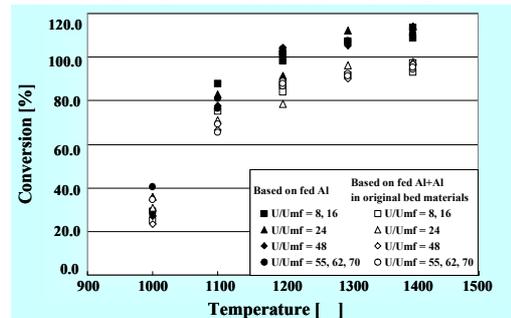


Fig. 3 Effect of reaction temperature on conversion of Al to AlN (Al ; $335 \mu m$, AlN ; $114 \mu m$)

以上の研究の他, 都市ごみや下水汚泥等の廃棄物処理問題対策のためのエコセメント製造に関する研究や, 水質および土壌汚染浄化についての研究, またバイオディーゼル燃料製造に向けて新規プロセスの検討も行っている。さらに, 流動層反応器を用いた石炭チャーのガス化では, オリジナルの高温高压ガス化炉による反応についての研究を行っている。

*¹ 成蹊大学理工学部物質生命理工学科教授 (Professor, Dept. of Materials and Life science)

*² 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手 (Research Associate, Dept. of Materials and Life science)

誘電泳動力を用いた細胞分離技術の開発

鈴木 誠一^{*1}, 高橋 勉^{*2}

Dielectrophoretic Separation of Biological Cell

Seichi SUZUKI^{*1} and Tutomu TAKAHASHI^{*2}

細胞の分離・選別・融合などの操作は植物の培養や品種改良において重要な技術であるとともに、動物細胞についても研究のみならず、組織再生などの際に必要になる技術である。浮遊細胞の集団の中から特定の性質を持つ細胞だけを取り出す技術としてはフローサイトメトリーが確立され、製品も市販されている。しかし、装置が大型で、測定部も高価なため研究目的では利用可能だが、医療などへの利用は限られてしまう。特に感染防止のため、細胞が通過する測定部は安価で使い捨てに出来ることが必要になる。そこで、汎用に見える安価な細胞分離技術として、微小流路内での誘電泳動力を用いた細胞分離技術の開発を試みた。

- 1) 微小流路における誘電泳動操作 誘電泳動力は電気ダイポールモーメントに対して電界が及ぼす力で、電界を持たない物体にも作用する、交流電界を使う、微小になるほど相対的に強くなる等の特徴がある。フォトリソグラフィ技術で製作した、幅 100 μm 、高さ 40 μm の樹脂製の流路(Fig.1)に電極を設置し、水溶液に交流電界を印可すると、溶液と異なる複素誘電率をもつ物体には誘電泳動力が働く。3方からの流れにより流路中央部を流れる細胞は、電界中を通過することで進路を曲げられ、任意の出口に誘導される。
- 2) 微小粒子の誘電泳動操作 実際の細胞の代わりに

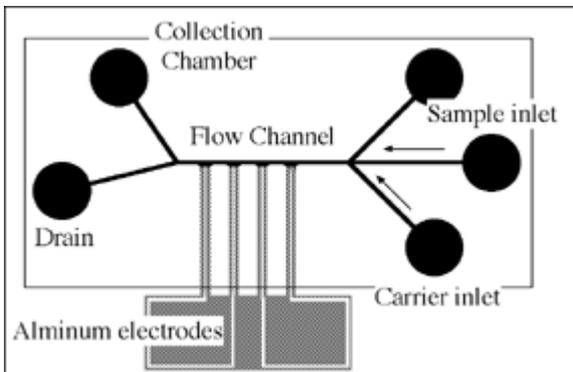


Fig.1 Schematic plan of DEP cell sorter chip.

^{*1} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助教授
(Assoc. Professor, Dept. of Materials and Life science)

^{*2} 成蹊大学理工学部物質生命理工学科助手
(Research Associate, Dept. of Materials and Life science)

直径 2 μm の蛍光性ラテックスビーズを用いた、誘電泳動操作実験を行った。水頭差により流路内にビーズを含む溶液を流すと、ビーズの軌跡は電界内で電界強度の弱い方向に力を受ける、負の誘電泳動特性を示した。

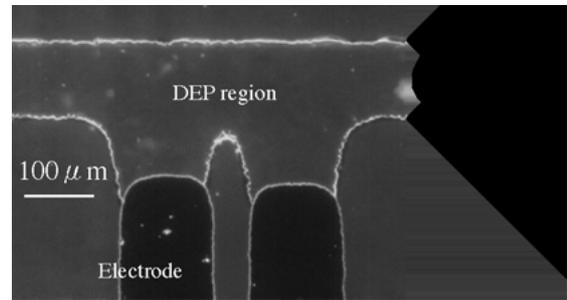


Fig.2 Closeview of DEP region in the flow channel.

ビーズの軌跡を流路中で 20 μm 平行移動するのに必要な電界強度と周波数をプロットしたグラフを Fig.3 に示す。

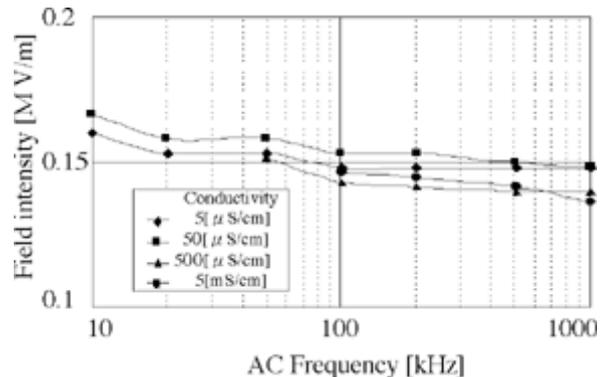


Fig.3 Field intensity and frequency to give same deflection of micro beads.

ビーズは 5mS/cm の導電率の溶液でも、誘電えい動力によって軌跡を偏向されることが分かった。これは細胞懸濁用の等張液でも、適当な溶質の選択で実現可能な導電率である。特に、高い周波数では弱い電界強度でも偏向が起きることから、周波数の選択で細胞の活性を保って分離することが可能と考えられる。

音声情報に含まれる異常信号について

橋本竹夫*¹, 波多野滋子*²

Abnormal sound signal contained in phonetic sound.

Takeo HASHIMOTO*¹ and Shigeko HATANO*²

独居の高齢者を対象とし、離れた場所から健康異常をセンシングする信号の例として、いびき、咳、うなり声などが考えられる。これらの音信号の特徴を分析し、神経回路網を利用した分析を行えば、音源の種類により音声情報を分離することが可能であり、独居高齢者のサポートシステムの構築に有効な手段となりうる。特に風邪や肺炎など呼吸器系の異常が起きた際に出る咳は、症状がひどくならない内にサポートをする際の信号源として役立つものと思える。そこで、咳を信号として捉えた場合の特徴を調べる必要がある。

1) 咳の時間信号としての波形について 咳は呼吸器の中の気管支の中に炎症を起こし痰等がからんだ場合に、それを体外に排出するために呼吸器系の反射作用として出る運動に伴って聴こえる衝撃的な音であるため、急激な音圧変化を持つ特徴的な波形を持つ信号である。図1に咳を時間波形の例を示すが、衝撃的な波形を示しているのがわかる。

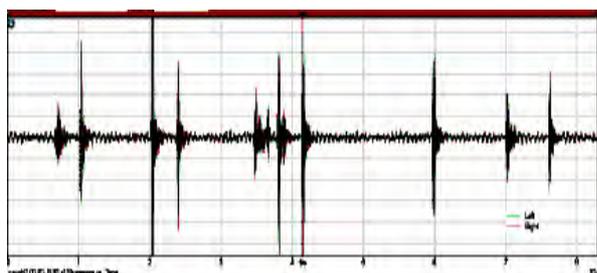


Fig.1 Time signal of cough sound

2) 咳の音声的な特徴 咳は図1に示すように衝撃的な波形をしているが、各種の心理音響パラメータによる分析を行うことによりその特徴を抽出してみる。まず、咳のような短い時間の音に対する周波数分析を行う際に便利な分析方法として使われる wavelet 分析を行い、その結果を3次元グラフにより表わしてみたのが図2である。図より咳信号の時間周波数特性の特徴がわかる。

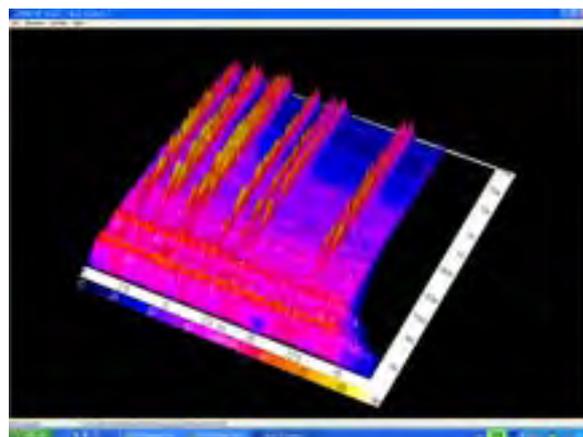


Fig.2 Waterfall representation of Wavelet analysis of cough sound.

図3は咳信号の衝撃感を表わす尺度である impulsiveness の時間変化を捉えたものであるが、咳をするタイミングで衝撃感が高くなる時間変化を示していることがわかる。今後これら分析結果の特徴をより多くのサンプルに対して実行してデータベースを作成し、音声信号から咳信号のみを抽出するための神経回路網による判別分析に発展させる予定である。

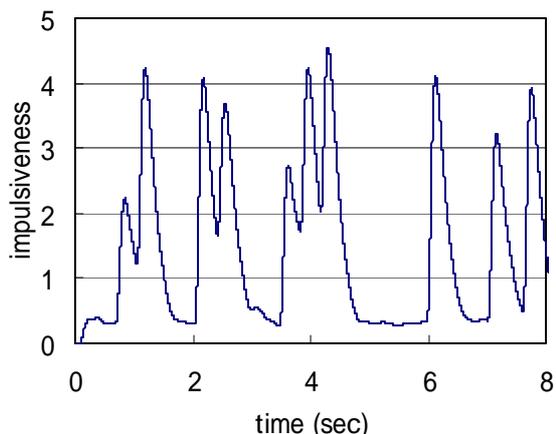


Fig. 3 Time varying nature of impulsiveness of cough sound.

*¹ 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授
(Professor, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

*² 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科助手
(Research Associate, Dept. Electrical and Mechanical Engineering)

魚眼レンズを用いた室内シーンの撮影と解析

青木正喜*¹, 片原俊司*²

Indoor Scene Imaging and Analysis using Fish eye Lens

Masayosi AOKI*¹, Shunji KATAHARA*²

室内空間における人間を検出・追跡することにより異常を早期発見する事を目的としている。

ここでは天井中央に設置した円周魚眼レンズにより得られる時系列画像を用いた研究について紹介する。魚眼レンズを用いることで、部屋全体の死角のない監視が1台のカメラにより可能となる。カメラは固定されているので、画像処理手法としては、人間の映っていない画像を背景として用意し、背景差分を行う。背景差分結果の絶対値を取り、2値化、雑音除去を行い、一定以上の面積を持つ領域を人間の候補領域とする。候補領域の重心の予測と追跡を行い、異常の検知に利用する。

画像処理の実際 Fig. 1 に示すように、天井に設置した、円周魚眼レンズ装着カメラにより2つの半径の円周上を歩く人間を撮影し、処理対象画像とした。同一シーンで人間のいない画像を用意し背景画像とした。各画像に背景差分を行い、絶対値をとり、2値化、雑音除去を行った。Fig. 2 の左側に対象画像、右側に背景差分結果を示す。Fig. 3 では人間の候補領域の画像の中心に最も近い点を足の位置とみなし、位置の時間的な変化を示した。

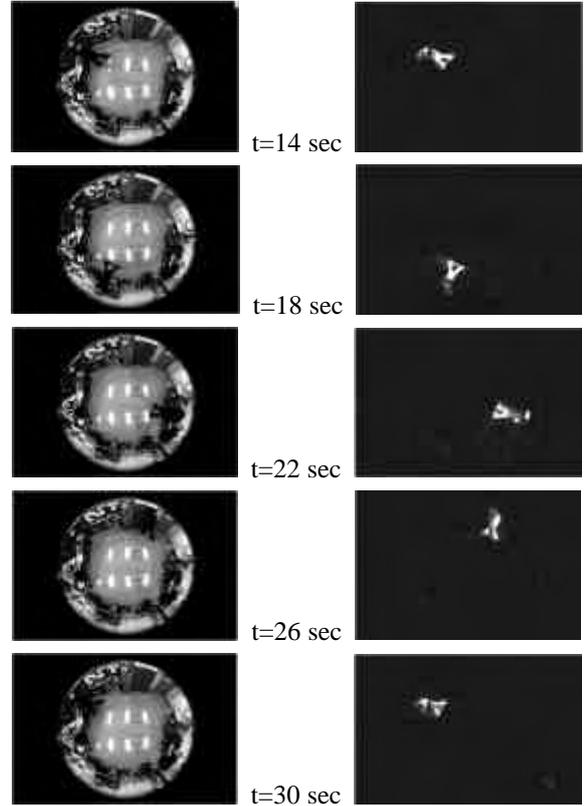
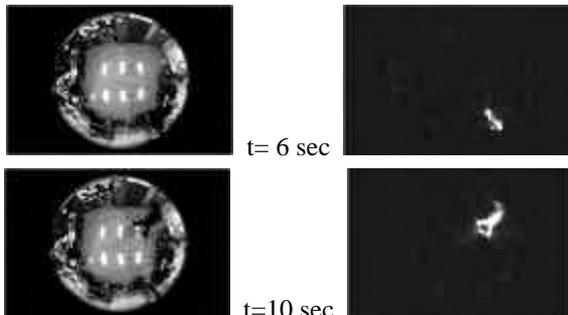
1) 撮影風景



Walking object Fish eye lens setting

Fig. 1 Imaging using fish eye lens

2) 撮影画像



Input image Subtracted image

Fig. 2 Background subtraction

3) 人間の位置

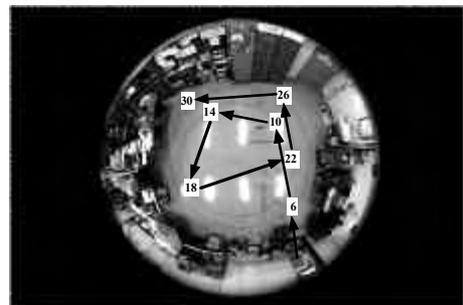


Fig. 3 Trace of object foot position

*¹ 成蹊大学工学部情報科学科教授 (Professor, Dept. of Computer and Information Science)

*² 成蹊大学工学部情報科学科助手 (Research Associate, Dept. of Computer and Information Science)

視覚障害者用道路横断帯の幅に関する実験的検討

大倉 元宏*¹

An experimental study on the width of tactile guiding lines to assist blind pedestrians in crossing intersections.

Motohiro OHKURA*¹

1. はじめに

視覚障害者用道路横断帯は、横断歩道中央部に触覚マーカ(突起体)が道路全幅にわたって敷設された設備をさし、通称、エスコートゾーンともよばれる(図1参照)。利用者にはこれを靴底もしくは白杖でたどってもらい、横断時の方向維持に役立ててもらおう意図をもっている。

道路横断帯にはいくつかの種類がみられるが、これまで我々は、点状突起体(直径20mm,高さ5mm)が横断方向に対して垂直に12粒、接近して並べられ(頂点間25mm)、さらにその突起列が75mm間隔に配された横断帯について、利用者の立場から評価を継続してきた。本研究の目的は、道路横断帯の最適な幅に関して基礎的な資料を得るところにある。

2. 方法

被験者は21~23歳の晴眼大学生17名(男14,女3)であった。実験に際してはアイマスクを装着してもらった。

実験は当大学構内の幅員5.8mの道路を使って行った。この道路の中央部に幅30,40,50,60cm横断帯を各20m、一直線上に敷設した。それぞれの横断帯の間は3m空け、各横断帯の一端から30cm空けてサインブロックを設置した。

一方の足のみで横断帯を踏む方法、足は横断帯に乗せず、白杖で横断帯と路面の境目を検知する方法など、横断帯を利用した歩行には種々の方法が考えられる。本実験では、両足で常に横断帯を踏んで歩くことを被験者に指示した。その理由はこの歩き方が最も幅の影響を受けると考えたからである。

さらに、より実際の視覚障害者の歩行状況に近づけるため二重課題法を応用した。すなわち、被験者には道路横断帯上を歩くと同時に、別の課題(二次課題)も行

ってもらった。二次課題は2桁×1桁の掛け算であった。

3. 結果

3.1 踏み外し歩数

20mの横断帯を歩く歩数はおおよそ32~33歩であった。ビデオ記録から2種類の踏み外しを調べた。一つは左もしくは右足が全く横断帯から外れる状況(以下、全踏み外し)、もうひとつは、左もしくは右足がわずかも横断帯から出ている状況(以下、半踏み外し)である。わずかな踏み外しでも、その回数が多ければ、大きく外れる可能性が高くなると考えた。

図2に測定結果を示す。20mを歩行した際の全踏み外し歩数の平均は30,40,50,60cm幅において、それぞれ2.6,2.6,2.3,1.6歩で、30と40cm幅においてやや多く、60cm幅では少ないが、統計的な差は認められなかった。

一方、半踏み外し歩数では、30,40,50,60cm幅において、それぞれ11.1,8.3,5.2,5.8歩であった。統計的な分析を行ったところ、30および40cm幅は、他のすべての条件との間で有意な差がみられた。すなわち、半踏み外し歩数は30>40>50=60cmという結果であった。

3.2 主観的印象

各幅条件の横断帯を歩行後、歩きやすさとまっすぐ歩けたかどうかについて主観の評価を求めた。さらに、すべての横断帯を歩行後、まっすぐ歩けたかどうかの印象をもとに順位付けを求めた。おおむね、50,60cm幅の評価が高く、それに比べて30cm幅は劣った。40cm幅では評価が分かれた。

4. 考察

総合的にみて、30cm幅では狭すぎ、40cmより広い幅が一つの目安となると考えられる。



図1 道路横断帯

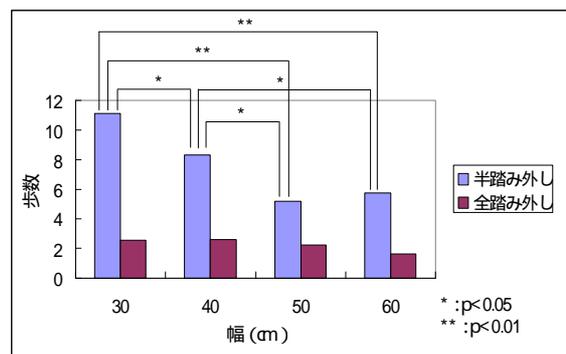


図2 踏み外し歩数

*¹ 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授
(Professor, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

訪問介護におけるスタッフスケジューリング

池上敦子*¹

Home help staff scheduling

Atsuko IKEGAMI*¹

訪問介護を対象とするヘルプステーションでは、常勤のヘルパーの他に、パートや登録といった、勤務した時間等に依存して賃金を得るタイプのヘルパーが勤務しており、利用者にサービスを提供している。

利用者は、ケアマネージャーが設定したサービスや時間に基づき、指定した時刻にサービスを受けることになるが、一般的に、サービスの種類や、必要とするスキルなどによって、対応するヘルパーも何人かに絞り込まれている(ここでは、担当ヘルパーと呼ぶ)。

訪問介護におけるヘルパーのスケジュールは、先ず第一に、利用者へのサービスを確実にカバーすることであり、穴をあけることは決して許されない。スケジュールは、利用者の必要とするサービスとその時刻、ならびに所在地の情報と、ヘルパーの勤務可能日や勤務可能な時間帯ならびにスキルレベルの情報を頭に入れ、毎月、このスケジュールを作成することになる。この他に、ヘルパーにとっての空き時間を極力作らない、ヘルパー間の負荷の偏りがないようにする、利用者にとって、ヘルパーの偏りのないようにする、さらに、ヘルパーと利用者の相性等、さまざまな条件を考慮しなければならない。従って、この勤務表作成について昼夜あわせても数日を要する場合もあるという。

本研究では、この問題を、(1)介護の質を守ることを第一に考えるという面からはナース・スケジューリング問題、(2)時間指定のあるサービスに対し、移動時間等も考慮

して訪問するという面からは、時間指定のあるピークルーティング問題を、意識することにより、問題のモデル化やアルゴリズム開発に必要な情報を整理する。

1) 現場における勤務表作成調査 2004年9月に社会福祉法人至誠学舎立川至誠ホームにおいて、勤務表作成作業の調査(ビデオ撮影とインタビュー)をおこなった。その結果、勤務表作成に必要な情報(書類情報: 利用者のサービス日時・内容、ヘルパー勤務可能日時、担当ヘルパー表と、スケジュールの頭に入っている情報: 移動距離や相性、ヘルパー間の割付優先順位等)が明らかになった。また、市販ソフトを利用しての入力作業や毎日のスケジュール作成に膨大な時間(入力作業に8時間48分、スケジュール作成に10時間以上)が費やされていることがわかった。

2) 勤務表作成支援システムのプロトタイプ作成 実際に考慮している情報や制約条件を取り込み、それらを考慮できる支援システムの構築を目指し、本年度は、各日個別にスケジュール作成ができるシステムをエクセル上(VBA)で実現した。2004年12月、立川至誠ホームにおいて、構築したシステムを利用して、実際の勤務表(2005年1月)を作成評価してもらった結果、すべての情報や制約を入力し、それらの条件を試行錯誤的に変更しながらも各日のスケジュール作成を非常に効率良くおこなうことに成功した(入力に60分、スケジュール作成に20分弱)。このシステムを利用することにより、現場での徹夜作業や残業がなくなったとの報告を受けた。このシステムのスケジューリングのアルゴリズムはヘルプサービスにおけるオペレーションズ・リサーチの会議で報告されている(Ikegami, "A preliminary study on home help staff scheduling", The 30th meeting of the EURO Working Group on Operational Research Applied to Health Services, 17-18 (2004))

3) 東京都の訪問介護事業所に対する勤務表作成に関するアンケート調査の実施 2004年12月に東京都の2380訪問介護事業所を対象に、勤務表作成における制約条件に関するアンケート調査をおこなった(2005年2月28日現在: 回収393事業所うち無効回答6事業所、他、転居先不明等94事業所)。回答結果の分析は2005年度にかけておこなうが、途中経過も含め、以下のHPにパスワード付で公開の予定。

<http://cleo.is.seikei.ac.jp/~atsuko/helper/results.html>

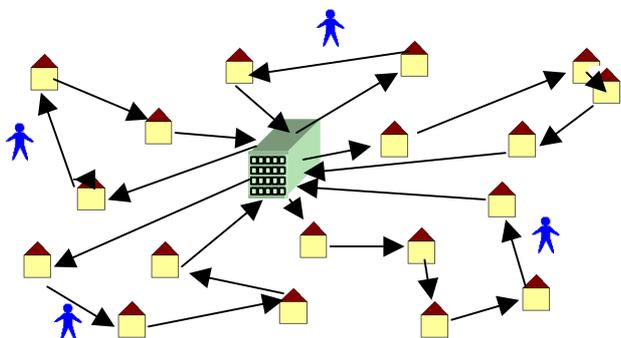


Fig.1 Home help staff scheduling.

*¹ 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科助手
(Research Associate, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

Web ページ上での視覚のコントラスト感度特性の測定

窪田 悟*

Measurement of Visual Contrast Sensitivity Function Using Web Page

Satoru KUBOTA*

1. 目的

本プロジェクト『高齢者用ディスプレイの開発』は、視覚特性が劣化した中高齢者にとって可読性が高く視覚負担の少ないディスプレイの開発を目指している。

本年度は、個々の利用者のコントラスト感度特性 (CSF: Contrast Sensitivity Function) を Web ページ上で短時間に測定する方法を開発した。そして、不特定多数の被験者の測定データを Web 経由で収集し、年齢層別に解析した。

2. 方法

図 1 に示したようなコントラストの異なるグレーティングを Web ページ上に表示し、3つの空間周波数(1画素, 2画素, 4画素ピッチ)のグレーティングに対する視認閾値を測定した。測定にあたっては、使用するディスプレイの精細度、階調特性、観視距離を考慮する必要がある。そこで、あらかじめ精細度と階調特性を目視計測するためのパターンを表示し、計測結果を図1のような測定画面に反映させた。また、観視距離は被験者の手の長さで規定し、あらかじめ入力させた身長データとの相関から実際の観視距離を算出した。

3. 結果

図 2 に年齢層別の CSF の測定結果を示した。被験者は、主としてディスプレイ関連産業に従事する合計 71 名(20代 10名, 30代 28名, 40代 24名, 50代 9名)であった。また、図 3 は、各被験者の測定結果から 15cycle/deg の空間周波数に対するコントラスト感度を算出し、年齢層別に示したものである。20代で比較的感度が低いのは予想外であった。しかし、30代から50代へコントラスト感度の低下傾向が示されている。また、図 2 に示した 50 代の結果は、サンプル数は少ないものの従来から指摘されている高年齢における高空間周波数域での感度低下を示しており、Web ページ上でのコントラスト感度の測定の可能性が示された。

本プロジェクトでは、ディスプレイの可読性を左右する視覚のコントラスト感度特性を正確に測定することによって、個々の利用者に適合した表示の実現を目指している。そのためにはさらに測定精度を向上させる必要がある。また、測定結果を輝度、コントラスト、文字サイズ、文字書体、書式などの表示特性に関連づけるための研究が必要となる。



図 1 コントラスト感度の測定画面の例

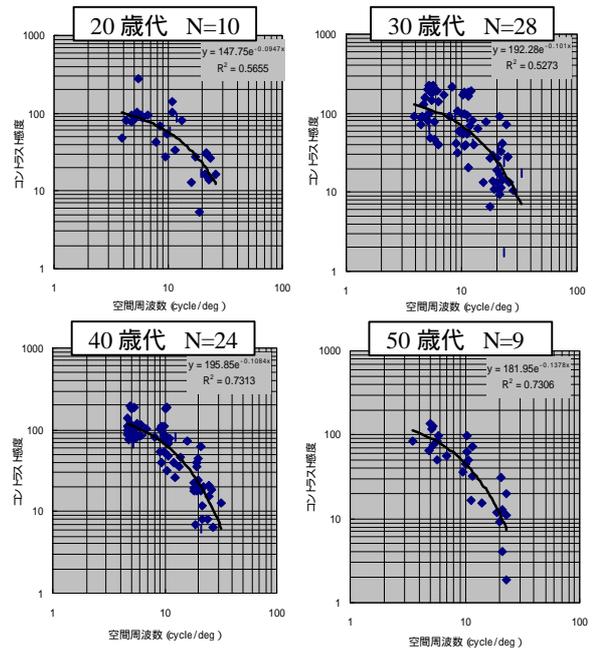


図 2 年齢層別のコントラスト感度特性

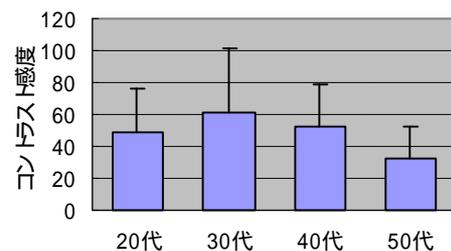


図 3 15c/deg のグレーティングに対する年齢層別のコントラスト感度

* 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授
(Professor, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

高齢者用サポート器具の開発とシミュレーション評価

弓削康平*¹, 堀口淳司*²

Development and Simulation of Support Devices for the Senior

Kohei YUGE*¹, and Junji HORIGUCHI*²

高齢化社会の到来に伴い、転倒や交通事故等による高齢者の頭部外傷は増加傾向にある。頭部外傷を負った高齢者は、遅発性脳出血の合併などに加え、一見軽微な外傷であっても脳損傷が拡大することや、全身合併症の併発から治療が困難となることも多い。そこで、高齢者用サポート器具の開発とシミュレーションに関する基礎的な研究として、頭部精密有限要素モデルを作成し、数値シミュレーションによって外力と頭部外傷の定量的把握を試み、高齢者の頭部保護策の一助とすることとした。

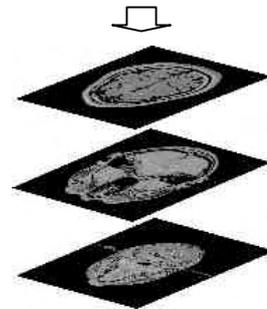
1) 頭部モデルの構築 人体頭部はさまざまな組織を有し、形状も非常に複雑である。そこで、医療用 CT 断層画像を用いて代表的なイメージベースドモデリング(Image Based Modeling)手法であるボクセル法により3次元モデルを作成した。モデルでは、骨、脳のほか、筋肉、脂肪などの軟組織、大脳鎌や小脳テントなど脳を構成する様々な組織が忠実に再現されている。作成した 2000 万要素程度の詳細モデルを現在の計算環境に合わせて圧縮し、約 122 万要素のモデルを作成し計算に使用した(Fig.1)。

2) 頭部における衝撃位置と損傷位置の関係 前部衝撃、後部衝撃のどちらの場合も前頭部が損傷しやすいことは、臨床学的に良く知られている。そこで前頭部及び後頭部衝撃解析を実施し、頭蓋内部の観察を行った。なお、解析条件は前頭部、後頭部ともにインパクト質量約 5.6kg、初速度約 12m/s を想定した荷重を水平に与えている。

脳の損傷に関係する物性値として圧力、加速度、せん断応力など様々な説が提案されているが確定には至っていない。得られた計算結果をこれらの物性値で整理し比較したところ、Mises の相当応力が前頭部衝撃、後頭部衝撃時ともに前頭葉眼窩上壁付近に高い値が生じることがわかった(Fig.2)。このことは前部衝撃、後部衝撃ともに前頭部が損傷しやすいという知見と相関性を持っており、一般の金属材料と同様 Mises 応力で脳実質の損傷を評価できるのではないかとの見通しを得た。



(a) Scanning image

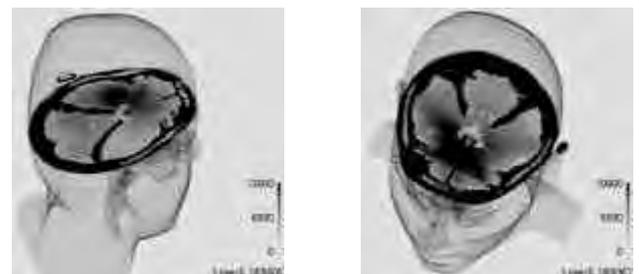


(b) Lamination



(c) Voxel model of a human head

Fig.1 Modeling procedure



(a) Front Impact

(b) Rear Impact

Fig.2 Mises equivalent stresses at the peak load

*¹ 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授(Professor, Dept.of Electrical and Mechanical Engineering)

*² 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科助手(Research Associate, Dept.of Electrical and Mechanical Engineering)