

AIST Today

研究、成果、
そして
未来へのシナリオ

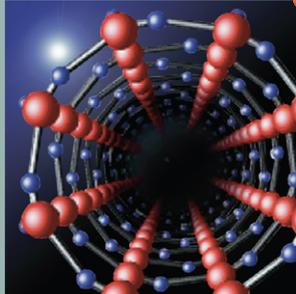
03

March
2005
Vol.5 No.3

社会に活力をもたらす本格研究を

トピックス

- 世界で初めて
室温のアイスナノチューブを発見
- プロファイル比較法の更なる発展



特集 五感情報技術



National Institute of
Advanced Industrial
Science and Technology

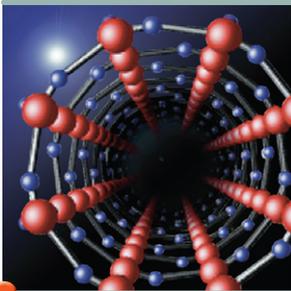
CONTENTS

03

March
2005

AIST Today

National Institute of
Advanced Industrial
Science and Technology
Vol.5 No.3



8員環 Ice-NT の模式図
本誌 18ページ
「世界で初めて室温の
アイスナノチューブを発見」
より

メッセージ

- 03** 五感研究が拓く
産業技術の新たな発展
財団法人 大阪科学技術センター
五感産業フォーラム座長

特集

- 04** 五感情報技術

トピックス

- 18** 世界で初めて
室温のアイスナノチューブを発見
22 プロファイル比較法の更なる発展

リサーチ ホットライン

- 24** 次世代トランジスタモデル
HiSIMの高精度自動合わせ込み
25 高性能トンネル磁気抵抗素子を開発
26 廃熱発電を利用してNO_xを浄化する
セラミックリアクターを開発
27 マンガン系酸化物正極材料の開発
28 Li金属極の充電性能を格段に高める
イオン液体を開発
29 北海道で発生した巨大地震後の
地殻変動
30 薄膜物性の新しい測定方法
31 磁場中での測温技術の信頼性高まる
32 フェムト秒光パルスを用いた
分子配向のコヒーレント制御



ウェアラブル型触覚ディスプレイ開発の実験風景
本誌 4ページ「五感情報技術」
より

テクノインフラ

- 33** 湿度標準の現状と供給範囲の拡大
34 地質図情報のコードを示す
標準仕様書
35 河川流域化学物質リスクの
評価システム
36 DAI-PACKの開発による
海底調査の発展
37 酵素触媒機構データベース：
EzCatDB

- 38** シリーズ：
産総研におけるアウトカム事例調査(5)
生体適合性セラミックス (人工骨)

技術移転いたします！

- 40** 超耐熱性のケイ素系ポリマー
41 ナノポーラス薄膜を利用した
ガスセンサー

AIST Network

- 42** Materials Research Society 2004 Fall
Meetingで、ポスター賞を2日連続受賞
ほか

五感研究が拓く産業技術の 新たな発展

橋本安雄

財団法人大阪科学技術センター
五感産業フォーラム 座長
(同財団 前会長)



このたび本誌で“五感研究”について特集されることは大変嬉しく、また時宜を得たものと思われる。産総研では従来から五感に関する優れた研究を実施されて来たが、これから人類が“真に豊かな生活を持続する”ためには、ヒトが生まれながらにして持つ五感の働きをもっと広く、深く活用することこそ何より重要だと考えるからである。

20世紀に入り、科学・技術、特にモノづくりとその適用を主とする技術の開発によって私たちの生活は大きな恩恵を享受して来た。反面、環境不安・大量資源消費・倫理観欠如等のマイナス面を多く抱えた社会を生んだことも否定できない。この負の遺産を解消するためにも科学技術に頼る必要があることも事実である。その中で産業の役割が大きいことから産業技術の研究開発が極めて重要である。そして、これからの産業技術は産業革命時代に生まれた技術から大きく変革されなければならない。大量生産、生産者優先思考から“真に豊かな社会とは?”を追求して、持続可能な社会の成立貢献を最優先する必要がある。このためには、研究の対象を人間そのもの、特に感性を重視することが必要となる。感性の入力発信は、視覚等の五感情報によってなされるものであり、五感情報の技術化には、既存技術の単なる改変ではなく基礎的な研究を含めて異分野の知識の選択・融合・運用が不可欠になる。

五感とは生物が生存するために最も重要なものである。しかるに現代社会では、特にIT等の急速な発達のために、モノと人間の感性との間のギャップがますます大きくなる。加えて、便利な社会、高齢化社会になったために「五感」という基本機能が喪失されつつあることなどを考えると、これからの産業技術発展には五感研究は欠かせないことが明らかである。

大阪科学技術センターでは産業技術総合研究所関西センター等の協力も得て産学官から科学・技術者に加えて心理学・芸術家等人文系の専門家も参加して頂き、五感産業フォーラムを立ち上げた。昔、哲学の中に一括されていた宗教・科学・技術・芸術の関係・連携を改めて考えたい。

大きな展開を見せはじめた 産総研の五感研究

研究コーディネータ（情報通信分野担当）

廣瀬 通孝

五感情報技術と社会の位置づけ

ここ数年、「五感情報技術」という言葉がいろいろな場所で注目を集めています。最初にこの言葉が使われたのは、2000年の電気通信技術審議会答申「情報通信研究開発基本計画」の中ではなかったかと記憶しています。当時の状況を思い起こすに、VR技術をはじめとする新しい情報インタフェース技術が登場しつつある状況の中、こうした分野を探索的に研究する必要があるという提言でした。そして、4年余の月日が経過した現在、この言葉には、研究のキーワードという位置づけに加えて、もう少し産業よりのニュアンスが含まれ始めているように思われます。

こうした変化の背景のひとつとしては、社会の成熟化という要因をあげることができるでしょう。機能や効率性に立脚した製品ではなく、感性的に訴えかける製品が要求され始めた現在、そうした製品を作り上げる上で必要なのが五感技術なのです。

そしてもうひとつ技術的に興味深いのは、情報技術がモバイル化し、新しい局面を迎えつつあることが誰の目にも

明らかになってきたということです。モバイル形の情報処理とは、現実の空間の中を動き回りながら行うもので、こういう場合、従来の視覚を中心としたインタフェースとは一線を画する、新しいインタフェースが必要となるはずです。マルチモダリティという意味で五感情報技術が求められているというわけなのです。

五感情報技術が大きく関わる産総研の研究テーマ

産総研において、この技術と関連する分野のひとつは情報通信分野ですが、五感情報技術が、この分野の新しい方向性を示していることは確かなことです。情報処理技術が大きく進歩し、ある意味で行き着くところまで行ってしまった現在、そういう技術の上に何が構築できるか、すなわち、上部構造として何が必要かの議論が重要になっています。五感情報技術の研究は、比較的人間の感性に近い部分の情報技術であり、限りなく上部構造に近い話題を含んでいるといえます。

もうひとつの関連分野がライフサイエンス分野です。五



触覚ディスプレイ



救急車内画像遠隔取得システム

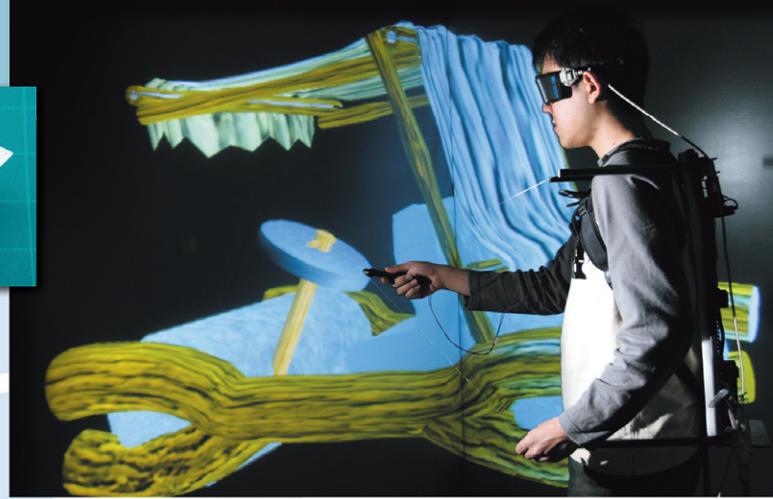
産業界の新たな未来を拓く



医療・福祉産業



各種センサ産業



ウェアラブル型触覚ディスプレイ (提供: 東京大学 先端研)



モバイルオーシオメータ



色彩提示装置

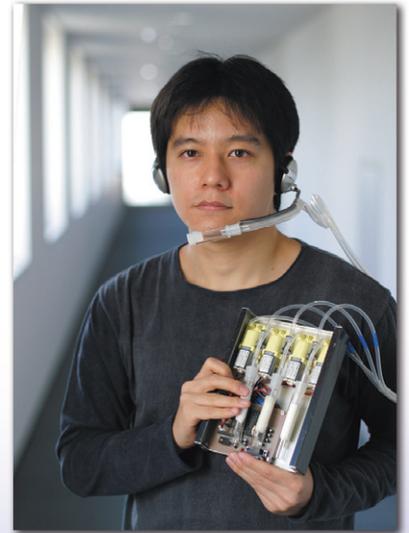


生活支援ロボットシステム

教育/文化/娯楽
/事業支援産業



安全運転支援システム

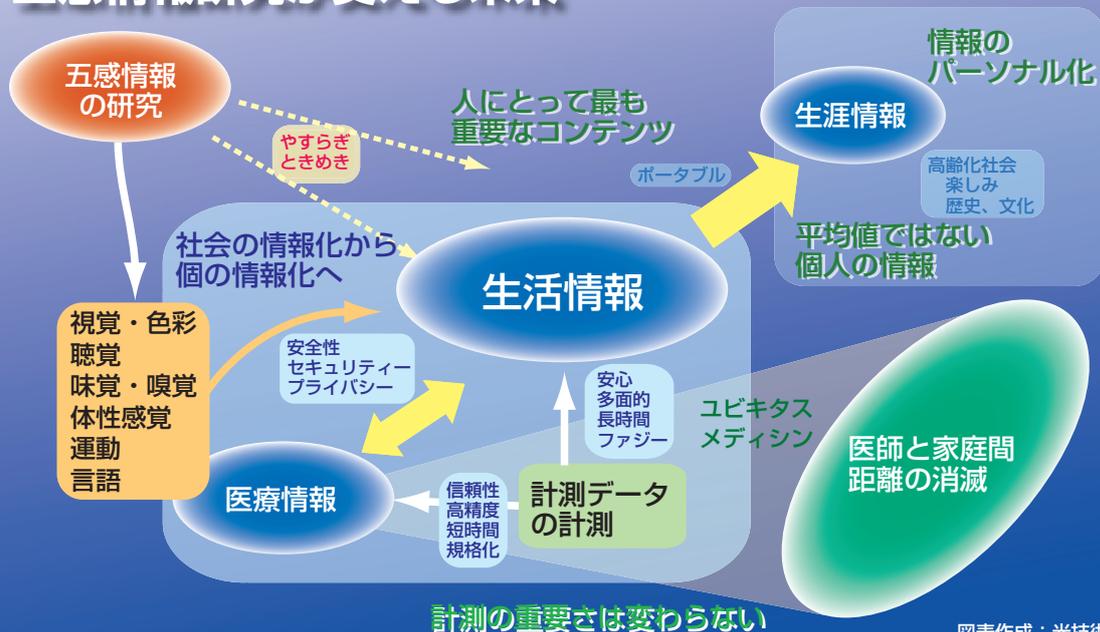


ウェアラブル型嗅覚ディスプレイ (提供: 東京大学 先端研)

感情情報技術は、いわば情報技術研究とライフサイエンス研究の中間に存在する研究分野です。とくに、ライフサイエンスにおける基礎的な研究成果をこれまでとはまったく違った文脈で、IT産業へと結びつける可能性をはらんでいるといえるでしょう。従来型の感覚研究に加えて、たとえば遺伝子研究のような新しい手法がダイナミックに加わり始めているのがライフサイエンス研究の面白いところです。たとえば、未知の感覚といわれた嗅覚にしても、嗅覚に対応した遺伝子が発見されるなど、新しい知識が加わりつつあります。

現在ややもすると閉塞的な状況であるといわれる我が国の産業界に、五感情報技術が新しい風を吹き込むきっかけとなりうることを確信しています。

五感情報研究が支える未来



図表作成: 光技術研究部門 平賀 隆

超分散マイク・スピーカーによる複数の音焦点形成

デジタルヒューマン研究センター ヒューマノイドインタラクションチーム
加賀美 聡

音を聞き分ける、好きな場所に音を出す

私たちの身の回りには常にさまざまな音が流れており、私たち人間は無意識にその中から自分に必要な情報を聞き取っています。しかし、ロボットにとっては、マイクに入った音の中から必要な情報のみを取り出すことは困難です。また、家庭やオフィスなどで、ある特定の場所だけに音を提供する技術もまだ確立されていません。そこで我々は、たくさんのマイクやスピーカーを使って必要な場所だ

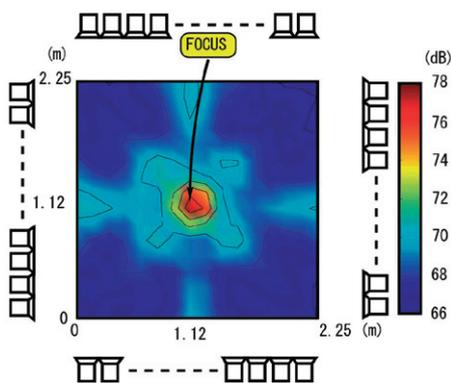


図 128ch スピーカーアレイで音焦点が1つの場合の音場の実測図

けに音を提供したり、目的とする場所のみの音を取り出したりする方法を研究しています。

超分散マイク・スピーカーと音焦点の形成

超分散マイク・スピーカーとは、数百個以上のマイクやスピーカーなどの音素子をアレイ状(規則的な配置)に並べたものです。これらのアレイの内側では、各音素子から出力する波の波長の位相や振幅を調整することにより、任意の位置に設定した焦点の音を取り出したり、逆にその場の音を取り出したりすることができます。また、この焦点では1つに限らず、複数の音源の音を分離することも可能です。システムは安価な音素子と通常のPCのみで構成されており、実時間OSを使ってソフトウェアで制御しているので、さまざまな環境に設定することができます。

音は、空気中を1秒間に約340mの速さで進みます。そこで、たくさんの音素子を空間中に並べておくと、焦点からの距離に応じて、音が到達する時刻が変わり



写真 128ch マイクアレイで、5人の人に別々の音を聞かせることができる

ます。そこで、特定の位置に焦点を定め、その点からの音の到達する時間差を補償して足し合わせると、その音が強調されることになります。

超分散マイク・スピーカーを使って何ができるか?

超分散マイクは、聞こえてくるさまざまな音の中から必要な音だけを認識できるので、ロボットの耳として利用したり、会議などの議事録を自動的に収録するシステムなどを開発中です。また超分散スピーカーを使うと、焦点の位置に来たときだけ音が聞こえるので、美術館等で展示品の前で適切な説明をしたり、さらに大人と子供で説明を変えたりするシステムが可能になります。また、リビングルームで他の人には聞こえないようにしてTVや映画を鑑賞するような応用を考えて、部屋型のプロトタイプシステムを開発しています。

五感産業フォーラム 五感研究の分野横断的融合へ向けて

大阪科学技術センター 事務局次長
西田 泰裕

(財)大阪科学技術センターでは、1年あまりの助走期間を経て、平成16年度に「五感産業フォーラム」をテイクオフさせました。

「安全・安心で健康な質の高い社会」の実現のために、五感技術(センサ、感覚情報等五感に関わる技術)、またそれらを活用したシステム・製品が進化し続けています。しかし一方で、利便性の追求だけでなく、年齢層、行動能力の個人差にもっと配慮した技術、システム、製品の開発が望まれてもいるところです。五感技術の人間生活、社会への適用において、より社会科学的な観点からの取り組み、いわば“技術開発の新たなパラ

ダイム”の模索ということが求められ、必要となってきたのではないのでしょうか。

このような背景のもと、このフォーラムでは、五感技術と人間科学・社会科学の新たな融合により、“高次なアメニティ”を追求する産業(五感産業と名付けています)の振興、育成を図ることを目的とし次のような具体的な活動を展開しています。

- 五感に関わる技術面、社会生活面の分野横断的な研究コミュニティ・人的ネットワークの形成
- 五感技術およびニーズにかかわる情報交流

ユビキタス情報化社会における有機デバイス

光技術研究部門 副研究部門長
八瀬 清志

情報化社会が高度化する中で、「いつでも・どこでも」情報を手に入れることのできる、ユビキタス情報家電に対するニーズが高まってきています。なかでも、有機電界発光(EL)素子、薄膜トランジスタ(TFT)に代表される有機デバイスは、電子ペーパーなどのフレキシブル情報家電への応用が期待されています。有機材料は、無機材料と比べて「軽い・やわらかい」といった特徴があります。有機ELディスプレイは、すでに携帯電話やデジタルカメラ用ディスプレイとして商品化されたものも出始めています。

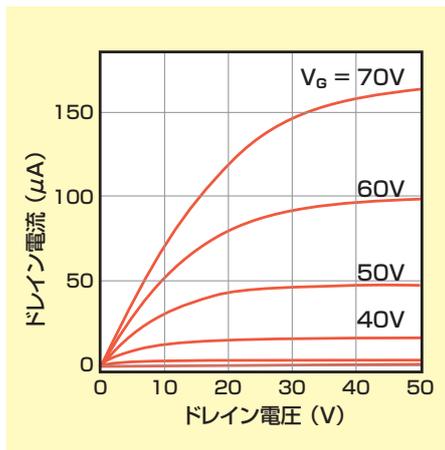


図2 塗布法により作製したC60MC12-TFTの特性

外光を効率よく取り込む有機EL素子の開発

当研究部門では、有機EL素子に光電変換(有機感光体:OPC)層を組み込んだ、「光応答型有機EL素子」の開発に取り組んでいます。この素子に光を照射するとOPC層で光キャリアが発生し、そのキャリアが有効に有機EL層に注入されることで輝度が向上します。

図1は発光の写真です。近赤外光(780nm)を3-6V印加した素子に照射すると、照射された所のみ緑色に発光します(光スイッチングモード:図1左)。素子に6V以上を印加すると、素子全体が緑色に発光するが、近赤外光が照射された所はさらに発光が増強します(光増強モード:図1右)。今後、OPC層の可視域での高感度化を行うことで、環境の明るさを感知し、暗所では低輝度で、晴れた屋外では外光を吸収して高輝度で光るような、「明順応発光素子」の開発を考えています。

塗布法による高性能なn型有機TFTの開発

また、有機ELなどのディスプレイ駆動

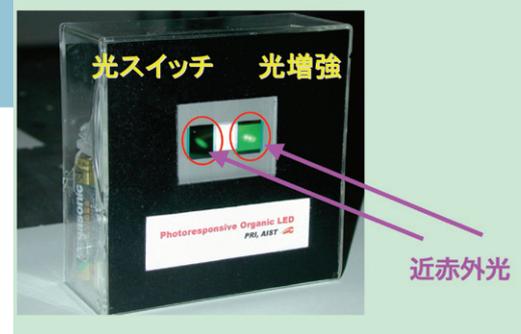


図1 光応答型有機EL素子の発光写真

部やタグ用演算回路として有機TFTが注目を集めています。特に、溶媒に溶ける有機半導体の開発は、成功すれば印刷法により低コストで大面積の有機TFTが作製可能になるため、近年盛んになっています。

当研究部門では、アルキル鎖をもつC60誘導体C60MC12を新たに開発しました。アルキル鎖を導入することで溶媒に溶けるようになり、塗布法によっても高結晶性の薄膜を作製できるようになりました。図2はC60MC12-TFTの特性です。電子移動度は $0.067\text{cm}^2/\text{Vs}$ であり、塗布法によって作製されたn型有機TFTとしては最高の値を示しました。

この本成果により、塗布法によるp型半導体(ポリチオフェン)と同程度の電子移動度を達成できたので、有機半導体において、p型とn型が揃ったこととなります。この結果、回路設計においても自由度が向上するとともに、プラスチックなどのフレキシブルな基板上に印刷法により有機デバイスができるようになり、その実用化を加速することが期待されます。

- 五感技術に関わる多様な研究開発プロジェクトの企画・推進
 - 五感産業のビジョン構築
 - 五感技術・五感産業の促進方策や拠点化構想の検討・提言等
- 平成16年12月末までで、5回のフォーラムを開催し、延べ約800名の参加を得ています。また現在フォーラム会員として、200社以上、250名近くの方々に参画頂き、「五感産業」の振興、育成を目指す産学官の連携活動が熱く、着実に進展しています。



触覚を使った情報伝達システム

人間福祉医工学研究部門 認知的インタフェースグループ
山下 樹里

触覚ディスプレイ

「ディスプレイ」と聞いて、あなたは何を思い浮かべますか？ 多分「液晶ディスプレイ」のような「見るディスプレイ」、つまり計算機の中にある情報をヒトが視覚で見てわかるように示すための「視覚ディスプレイ」でしょう。見ただけではわからない情報—物がたいか柔らかいか、液体が粘っこいのかさらさらなのか、温かいか冷たいかなど—をヒトが触って触覚で感じられるようにする仕掛け、それが「触覚ディスプレイ」です。

触覚と力覚

視覚は、目の網膜にある光を感じる細胞だけが情報を受け取ります。しかし触覚は、皮膚の表面はもちろん、関節の角度や筋肉がどれだけ力を出しているかなど、いろいろな種類の細胞が受け取った情報を総合的に感じる、とても複雑な感覚です。そこで、触覚という広い概念を、狭い意味での「触覚(皮膚感覚)」と「力覚」の二種類におおまかに分けて考えています。狭い意味での「触覚(皮膚感覚)」は、モノの表面のざらざら感(テクスチャ)や温度感覚など皮膚表面の感覚を指します。また、モノの立体的なかたちや柔らかさを判断する関節角度や筋肉の緊張などの感覚が「力覚」です。ただし、両者の

境界はあいまいなところもあり、例えば関節が曲がったときに皮膚が伸び縮みする感覚が力覚にかなり影響しているという報告もあります。

多様な触覚/力覚ディスプレイ

どの細胞にどんな触覚情報を伝えるか、またどんなメカニズムで情報を伝えるかにより、様々な触覚/力覚ディスプレイが研究開発されています。皮膚表面を刺激してテクスチャを表示する触覚ディスプレイには、振動/突出する細い棒の頭をたくさん並べたもの(写真1)、細かく振動させた膜の表面を触るもの、さらに電磁波で皮膚表面の感覚細胞を直接刺激するものまで研究されています。

力覚ディスプレイの基本は、ヒトが仮想の物体に触った時に適切な反力を示すことで、あたかもそこに柔らかい物体があるかのように感じさせるというものです。外骨格型(モーターで制御された「鎧」を装着、「鎧」を通じて反力を感じる)、点接触型(手に持った「道具」の先端で仮想物体に触る。「道具」の先端につながった機械で仮想物体の反力を発生して、ヒトは棒の先でものをつついて触っているような感じがする)(写真2)、トルク(ひねる力)のディスプレイ(写真2)などが開発されています。このうち点接触型

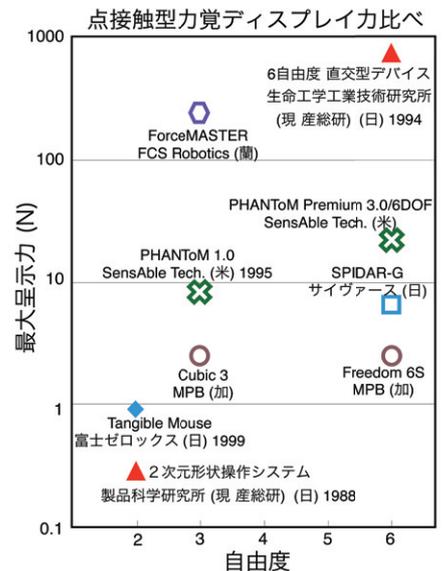


図 点接触型力覚ディスプレイのカ比ベ
点接触型は実用化が最も進んでおり(図中白抜きの印は市販品)、3次元CAD(形状設計)システムや医療シミュレータ、リハビリ補助等に応用され始めています。

は既に実用化され(図)、1990年代の終わり頃からこれを使った三次元形状設計システムや手術シミュレータ、リハビリテーションシステムなどが市販され始めています。産総研では、ヒトの触覚・力覚特性の計測・解明とデバイス開発の両面から、触覚による情報伝達を研究しています。

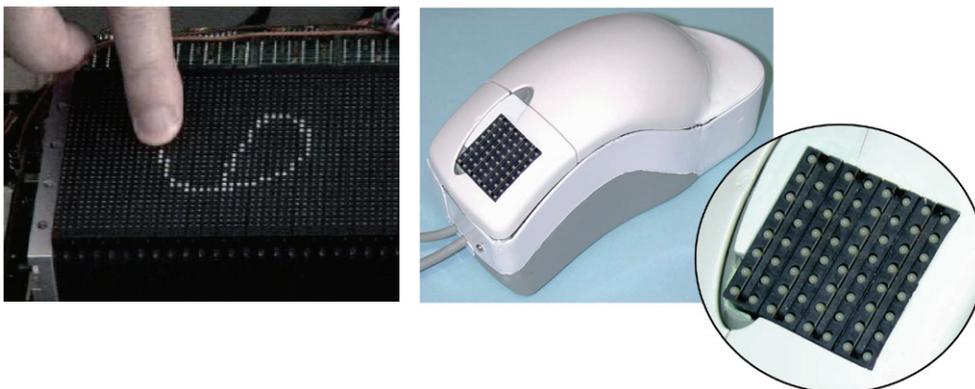
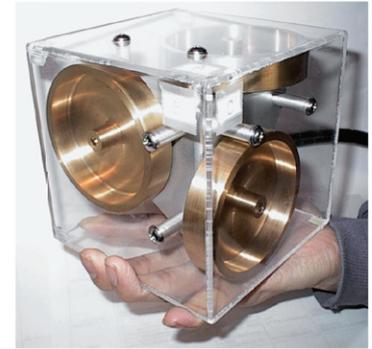


写真1 ピンを並べた触覚ディスプレイ
(左) 盲人用ディスプレイとして開発されたもの。押された場所のピンが突出し、字や図を触って確認しながら描くことができます。(産総研人間福祉医工学研究部門 篠原氏の好意による)
(右) マウスに小型のピンディスプレイ(円内拡大図)を搭載したもの。マウスカーソル周辺の図形情報をピンの凸凹として示します。(電気通信大学 下条氏の好意による)



関連情報

- ※ 篠原 正美：AIST Today, Vol. 4, No. 9, 14-16 (2004) .
- ※ 2 中村則雄「マルチモーダル・ヒューマンナビゲーションシステム用力覚感覚提示デバイス” GyroCube” の開発」
http://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/nr20040521/nr20040521.html
- AIST Today, Vol.3, No.6 .9 (2003) .
- 山下樹里、福井幸男、森川治、佐藤滋：接平面近似円筒面の力覚補完呈示における「なめらかさ」、日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 6, No.1, pp. 3-9 (2001) .

写真2 力覚ディスプレイの例

(左) 6自由度直交型デバイス(生命工学工業技術研究所[現産総研],1994)「自由度」とは、その装置が呈示できる力の方向の数で、3次元空間では最大6自由度(並進方向3、回転方向3)。本機は点接触型6自由度デバイスとしては世界最大の呈示力を持ち、オールで水をかいたときに感じるようなひねりの力(トルク)も呈示できます。

(右上) PHANTOM Haptic Interface (SensAble Technologies, Inc., U.S.A.) 現在最も普及している市販の力覚ディスプレイ(点接触型、並進3自由度)。1990年代前半に米国 MIT AI Lab. で開発されました。手に持った道具の先端で対象物に触った感じを再現できます。

(右下) ジャイロキューブ(産総研,2001)携帯型方向指示用に開発されたトルクディスプレイ(回転3自由度)^{*2}。(人間福祉医工学研究部門 中村氏および筑波大学 福井氏の好意による)

嗅覚ディスプレイ研究開発の展開

株式会社 国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)

知能ロボティクス研究所 コミュニケーション支援研究室 / メディア情報科学研究所 五感メディア研究室

柳田 康幸

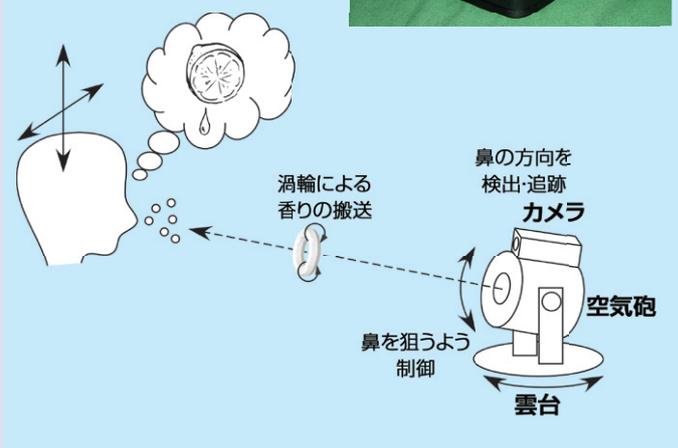
近年、情報系技術分野の研究者が嗅覚ディスプレイの研究開発に参入し、新しい展開が見られるようになりました。嗅覚ディスプレイを嗅覚研究やアロマセラピーなどの道具としてとらえるだけでなく、匂いを積極的にコンピュータ制御して、メディアとして扱おうとする動きです。コンピュータの出力に香りを使用してさりげない情報提示を行ったり、マルチメディアアプリケーションやバーチャルリアリティ (VR) の世界に匂いを付け加えようとする試みが行われています。

中でも、VR 寄りの時空間性に着目した嗅覚ディスプレイは、東京大学ではVR空間中を歩き回る人間に匂い空間を提示するウェアラブル型ディスプレイ、奈良先端科学技術大学院大学では手にとってものの匂いを嗅ぐ動作に着目した腕装着型ディスプレイ、ATRでは非装着で人間の鼻先にピンポイントで香りを届ける香りプロジェクタが開発されるなど、日本での研究開発が活発に行われています。

これらの嗅覚ディスプレイはインタラクティブなコンテンツと同期して匂いを提示することができ、香りの新しい利用法を生み出すきっかけになると期待されます。



システムコンセプト



リハビリテーションに対応する 障害物知覚訓練システム

人間福祉工学研究部門 感覚知覚グループ
関 喜一

音を出していないモノを音で認識する感覚

「障害物知覚」とは、環境音などの反射や遮音を手がかりに、音を発していない物体（例えば壁など）の存在を聴覚によって知る能力のことで、視覚障害者の重要な環境認知能力の一つです。視覚障害者の社会参加・社会復帰を目指した視覚障害教育やリハビリテーションにおいても、障害物知覚の訓練は重要な項目となっています。しかし、従来はその音響学的なメカニズムが十分に解明されておらず、訓練の現場ではまだ経験的に体得する訓練に頼っているのが現状です。

障害物知覚訓練システム

このような背景を踏まえて、この研究では、障害物知覚の音響学的なメカニズムの解明に積極的に取り組み、その結果に基づき世界に先駆けて音響技術を駆使した訓練方法を開発し、科学的な訓練を

可能にしました。

最初に開発した「障害物知覚訓練システム」は、障壁が存在する音場の状態をコンピュータで計算し、障害物知覚の初心者が学習しやすいような仮想障壁を音によって人工的に再現することができます（図1）。障壁が存在する場合、聴取者には、音源から直接届く「直接音」と、その音が障壁に反射して届く「反射音」の両方が到来します。それぞれの音の到来方向と、反射音の遅延時間をコンピュータで計算して、各方向に配置したスピーカーでそれぞれの方向の音を再現すると、実際にはそこに障壁がないのに、あたかも障壁が存在するような音場を作り出すことができます（図2）。

この技術では、障壁の方向、大きさ、距離などを変化させることができます。

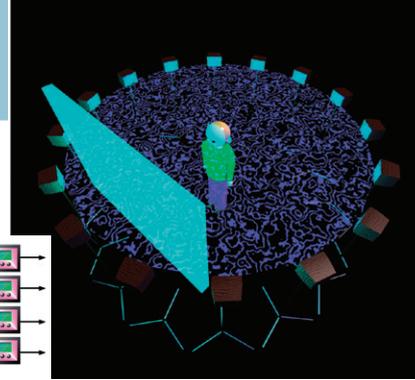
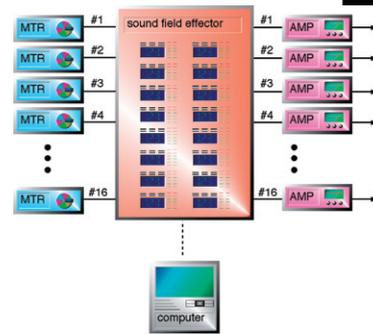


図1 障害物知覚訓練システム
初心者が学習しやすいような仮想障壁を再現できる。



また、周囲の環境音を付け加えたり削除したり、反射音を強調したりといった、実環境ではありえないような状態を再現することもできます。これにより、障害物知覚の初心者が学習しやすいような仮想障壁を自由に再現できるのです。

家庭へのリハビリテーションシステムの導入

しかし、開発した「障害物知覚訓練システム」は高価でしかも大型であり、そのままでは視覚障害教育やリハビリテーションの現場への導入が困難です。そこで現在は、既存の家庭用オーディオ機器を利用して訓練ができるように、仮想障壁を再現する音響データをオーディオCDに収録した「障害物知覚訓練用音響CD」を開発して現場に提供しています（図3）。

現在、「障害物知覚訓練システム」は、その簡易版が国立身体障害者リハビリテーションセンターに設置されており、視覚障害生活訓練専門職員養成のための教材として使用されています。また「障害物知覚訓練用音響CD」は、現行版Ver.1.0が現在までに国内外の視覚障害関係者に約200枚が無償で配布されています。

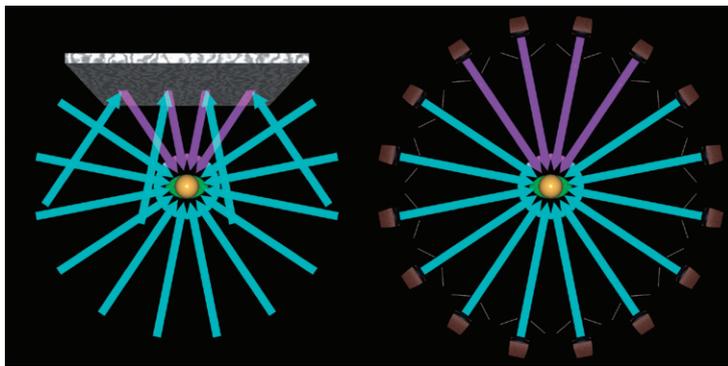
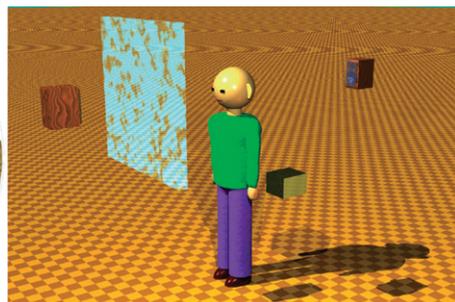


図2 壁が存在する場合の音場（図左）を、スピーカアレイを用いて人工的に再現する（図右）。



関連情報

- <http://staff.aist.go.jp/yoshikazu-seki/CD/>
- Y. Seki, K. Ito: IEEE Trans. Speech & Audi. P., Vol. 11, No. 6, 817-825 (2003) .
- Y. Seki, N. Nakamura: Trans. Virts. Real. Soc. J., Vol. 5, No. 3, 989-996 (2000) .
- Y. Seki: IEEE Trans. Rehab. Eng., Vol. 5, No. 4, 403-405 (1997) .

図3 障害物知覚訓練用音響CD。家庭用のオーディオ機器で訓練ができる。

視覚障害者遠隔支援システム

次世代半導体研究センター
関田 巖

視覚障害者の日常を支援するシステム

視覚障害者の日常生活の中には、晴眼者（視覚に障害のない人）に、ちょっと見てもらいたいということがしばしばあります。例えば、計測器、リモコン、タッチパネルなどの液晶表示、冷凍食品（感触は氷の固まりで、しまってから何カ月も経ちやすいもの）の内容、料理の仕上がり具合（特に触りにくいもの、触ってもわかりにくいもの）、郵便物の内容、衣類のカラーコーディネートの、落としたものを探すときなどです。

これらの多くの場合、短時間で済む上に、いつ見てもらいたくなるか、予め日時を設定しにくい用件であるため、ヘルパーに来てもらいにくい、という問題があります。

視覚障害者遠隔支援システム^{1,2)}とは、このようなときに、視覚障害者が携帯電話やPHSなどの無線通信機器を用いて、遠隔地にいる晴眼者に眼前の映像を送って見てもらい、音声で支援を受けられるようにするシステムです。

システムの概要

システムに必要なインフラは、既存のものを用いることができるため、新たなインフラを整備する必要がないという特

徴があります。このため、開発システムで重要となるのは、支援者が画像を受信したり音声を送受信するための動画音声通信ソフトウェアと、視覚障害者が身につけるウェアラブルビデオカメラです。

動画音声通信ソフトウェア

携帯電話（PHS）回線で動画像や音声のデータを通信するためには、データ圧縮技術が重要です。支援を行う上で、文字の情報は重要なため、強くデータ圧縮しても文字がくずれにくい特徴を持つ適応的BTC圧縮手法を開発し、改良を進めています。また、いろいろな明るさのところでも明るすぎたり暗すぎたりしないような適応手法についても改良を進めています。

ウェアラブルビデオカメラ

ビデオカメラ、イヤホン、マイクが目立たずに内蔵されているメガネを開発しています。特徴は、さりげなく支援を受けられることと、両手が自由なままであることです。現在、耳をふさがなくてすむ骨伝導スピーカーを用いたり、映像の画質改善、パソコンとの配線に関して、改良を進めています。



メガネにウェアラブルビデオカメラなどが装着されている。



インターネットあるいは携帯電話（PHS）に接続されたパソコン

おわりに

視覚障害者の支援に関して、「特定非営利活動法人 視覚障がい者支援しろがめ」³⁾の活動を通じて、多くのことを学びました⁴⁾。

例えば、視覚障害者は、視覚以外の感覚は鋭いのか？ 単独歩行に慣れた人の単独歩行時のストレスはどれくらいなのか？ 視覚情報がないと、歩行時にどのような特性があるのか？ 単独歩行時には何の情報が必要なのか？ 人が付き添う誘導歩行には、どのような介助方法がいいのか？ など、視覚障害者の理解は、システムの開発に欠かせません。

今後は、このシステムを「支援が必要になったら、誰でも、いつでも、すぐに遠隔地にいる支援者から支援を受けられる」ように発展させていきたいと思っています。

関連情報

- 1) 視覚障害者遠隔支援システム, AIST today, Vol.1, No.10, P.8 (2001).
- 2) A remote-support system for visually impaired persons, Proc.IMC11 (2003).
- 3) <http://shirogame.cool.ne.jp>
- 4) 目の不自由な方にあなたの腕を貸してください、労働科学研究所 (2000).

五感バリアフリーとメディア・アートの交流

東京大学・先端科学技術研究センター
伊福部 達

五感バリアフリーでは、音声などの聴覚情報や文字などの視覚情報を他の感覚刺激に変換する技術と、変換された感覚刺激がどのように認識されるかという認知科学の研究がベースになります。いうまでもなく、この研究の目的は感覚が失われたり衰えたりした人たちを助けるところにあるのですが、本当に役に立つ技術を生み出すには、未知の部分の多い脳生理学と正面から向き合わなければなりません。また、その技術のニーズがあまりにも小さいという理由でそれが実現しないままで終わる恐れもあります。

最近、メディア・アーティストたちと一緒にゼミを開く機会が

多くなっているのですが、彼らが追い求めていることと五感バリアフリーのテーマとが多くの部分で重なり合うことに驚かされます。そして、そのゼミの最中は、考え方の厳密さや実用性という縛りから開放され、空想の世界を駆け巡り、奇抜なアイデアに酔いしれるという研究の醍醐味を味わうことができます。ゼミが終わった後、いつも、バリアフリーとメディア・アートの研究者がもっと交流し、お互いの持ち味を活かし合う場があったらいいなと思います。さらに、この二つの分野が両輪になれば、社会をうるおす五感の研究は、もっと広がりを見せるのではないのでしょうか？



ドビュッシーを見る試み

薄膜素子をベースとした触覚センサ

実環境計測・診断計測ラボ 研究ラボ長
坂本 満

「触れる」という感覚は人間の感覚発生の第一段階で、人は「触れる」ことによって自らの身体性を確かめると言われています。他の感覚と異なり、触覚は被測定対象物をあらかじめ特定できないため、これを人工的に再現するセンサは耐熱性など十分な耐環境性が要求されます。また、さまざまな機器に取り付けるためには、薄いことあるいは細いこと、柔軟で

あること、さらに幅広いダイナミックレンジを持つことが求められます。これらの条件を満たすセンサ素子として、私たちは数々の優れた特性をもつ窒化アルミニウム (AlN) の薄膜について研究開発を行ってきました。その技術的な特徴は、薄膜作製に用いる基板の選択の幅が金属箔から高分子フィルムまで非常に広いことにあります。



写真
箔状フレキシブル
圧電センサ

体表面の圧力変動を着衣の上から計測することができ、動脈硬化や心筋症、弁膜症の診断に有効な動脈脈波を検出することもできます。

薄くて柔らかく、かつ熱に強いこのセンサは、浴室などの日常生活環境への組み込みが容易であり、カメラのような画像計測とは異なって、センサ自体の存在を意識させることもありません。つまり、その中で活動する人のプライバシーに十分配慮したシステムとして、これからの高齢化社会における在宅医療監視システムなどへの応用が期待されるものといえます。また、触覚センサとしてユニバーサルデザインへの組み込みも容易であり、安全・安心・快適な社会の実現にも貢献することを目指しています。

箔状フレキシブル圧電センサの開発

私たちは、AlNの圧電薄膜によって種々の形態の触覚センサを研究開発し、実際の生活環境に設置して生体情報の計測を試みています。基板としてアルミ箔を用いたシート状の柔軟圧電センサ(写真)は厚さが50 μmで、電極構造に5層ラミネート構造を採用しており高いS/N比を実現しています。単なる触覚センサとしてだけでなく、図に示すように、人

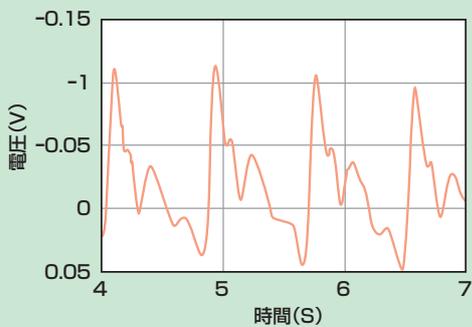


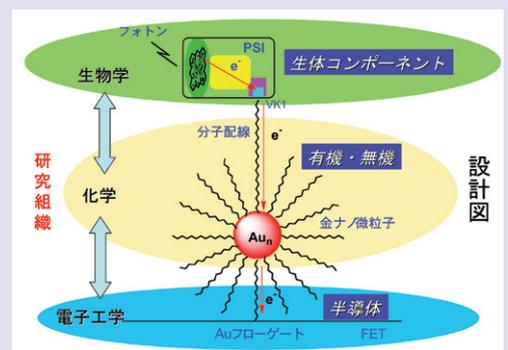
図 脈波検出例

生体コンポーネントを取り入れた視覚センサ

光技術研究部門 総括研究員
平賀 隆

生体は、40億年にわたる絶え間ない自然淘汰により最適なものが選別されてきたことで、人工では遠く及ばない高機能のシステムを実現しています。そこで生体の最小の機能単位(生体コンポーネント)を、その機能を保持した状態で抽出して加工することにより部品化し、人工材料(分子・半導体)と組み合わせることでハイブリッド化すれば、従来の手法では達成できないような高機能システムが実現できるはずで。私たちは、100%の光電変換効率をもった光合成ユニットと単電子カウンティングができる金属ナノ微粒子を分子電線によって接合し、これをFET基板に配列接続して、室温で微弱な光を高効率で検出できる超微小光受容ユニット(バイオ共役光受容ナノマテリアル)を創生しました。

(この研究は、科学技術振興調整費により、東京理科大学、東京大学、静岡大学、東京工業大学との共同研究で行われたものです)



バイオ共役ナノマテリアル：実現への道

この研究の成果は、機能を発現できる最小単位の生体を部品として扱うことによる第三のナノテクノロジーの領域が開かれたことを意味するものになるでしょう。現在は、視覚センサとしての応用展開を行っていますが、他の感覚を検知する生体コンポーネントを部品化して組み込むことにより、容易に汎用五感センサとして展開することができる技術であり、確実な成長・発展が期待されます。

全身触覚を持つロボットアーム -人と共存するロボットを目指して-

知能システム研究部門 タスク・インテリジェンス研究グループ
末廣 尚士

ロボットの触覚は、防災支援、介護など、未整備な環境下や人と接する環境で、安全に作業を行わせるためにきわめて重要な感覚となります。全身型触覚センサシステムは、人や物と安全に接触できるロボットを実現するために開発・試作されたものです。

全身型触覚センサの開発

ここで開発した全身型触覚センサは、導電性感圧インクで印刷された縦横の 패턴の交点における抵抗の変化を利用して、接触力を検出するものです。今回は、7自由度のロボットアーム前腕部を72の検出領域でカバーするものを試作しました(写真2)。それぞれの領域で接触力の大きさを検出することができます。

センサシートはスペーサと外皮とでサンドイッチ状にはさまれていて、それをロボットアームに装着します。写真1はセンサの外皮(紺色の人工皮革)を一部はがしたものです。内側に導電性感圧インクの縦横の 패턴が見えています。この触覚センサは、アームの動作の妨げにならずかつ簡単に装着できる、広範囲で

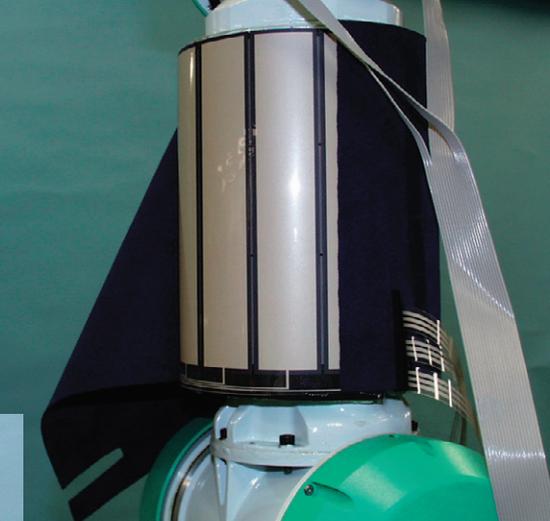


写真2 触覚を持つロボットアーム

接触位置/力情報を取得できる、柔らかい材料ではさんでいるため人に対する親和性が高い、などの特徴を持っています。

「よける」動作で危険を回避する

このシステムによる全身触覚の利用例として、接触回避動作を実現しました。接触が検出された各点で接触から遠ざかるような運動を生じさせることにより、ロボットアーム全体の接触回避動作を実現できます。個々の接触点での回避運動と作業を行うための運動とを同時に連立させ、モータの指令値を求めます。作業



- 写真1 第4リンクの外皮とセンサシート
取り付けしたセンサシートの特徴として、
- (1) アームの動作の妨げにならずかつ簡単に装着できる。
 - (2) 広範囲で接触情報や接触力情報を取得できる。
 - (3) ロボットアームのどこにどのくらいの強さで接触したかが分かる。
 - (4) 柔らかい材料ではさんでいるため対人親和性が高い。
などがあげられる。

動作や接触回避動作のどちらを重視するかは、それぞれの連立式に重みをつけることにより調整することができます。写真3は人との接触を検出し、それを避けながら手先はほぼ同じ動作をしているところです。実現された接触回避動作は、複数の作業動作を統一的手法で融合することができる、多数点での接触を同時に扱うことができる、などの特徴を持っています。

このシステムにより、全身触覚の1つの実現方法とその有用性、利用方法が示されました。



写真3 触覚を用いた接触回避動作



関連情報

- 1) 末廣、樋口、藤崎、「ロボットアーム用触覚センサの開発」、平成13年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集 [I]、pp.1-85-1-88.
- 2) 特願 2001-269219、「ロボットアーム用触覚センサー」
- 3) 末廣、音田、北垣、「触覚センサを用いた接触回避動作」、第19回日本ロボット学会学術講演会、pp.567-568.
- 4) 特願 2001-279635「触覚センサを持つロボット用制御装置」

匂いを知覚・認識する脳を測る -近い将来に匂いロボットや匂いテレビも可能に-

人間福祉工学研究部門 暮らし情報工学グループ
外池 光雄

動き出した匂いの情報伝達

感覚の中で、匂いや味の感覚は化学感覚と呼ばれています。これまでの常識では、これらの化学感覚は「物質を与える」こと、および「物質を受ける」ことが必要なため、化学感覚情報を視覚や聴覚のように伝送したり、受信したりすることは不可能と考えられていました。実際、匂いの感覚を例に引けば、匂いを発する物質はおよそ40万種類以上あると言われているので、40万種類の物質を扱って匂いの感覚を他の感覚と同じように制御したり、通信したりすることはとうてい無理と考えられていたのです。

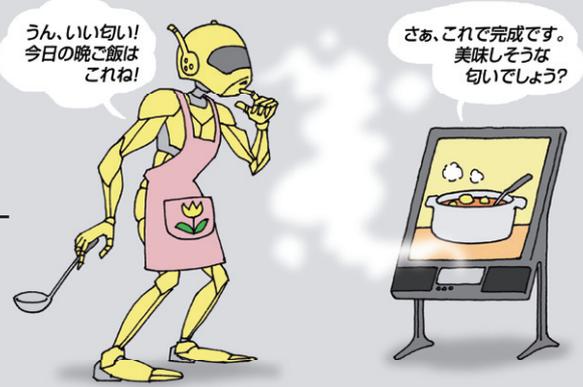
しかし、近年の科学技術の進歩は眼を見張るものがあります。21世紀に入ると状況はかなり変化してきました。昨年度のノーベル医学・生理学賞は匂いの受容機構（つまり、「匂いを捕らえて受ける」最初の器官の機能）の解明に関するものでしたし、最近では、バーチャルリアリティーで匂いを扱ったり、インターネットで匂いを配信する試みまで登場してきたのです。一方、よく知られているように、多くの動物は匂いをコミュニケーションや生存していくための重要な手段として使っていま

す。これらの状況をよく考えてみれば、私たち人間も日常生活の中で匂いを情報伝達の重要な手段に使っていることに気がきます。

ヒトが匂いを感じるしくみ

そこで私たちは、匂いの刺激を受けて感じる嗅覚がどのような仕組みで匂いを知覚・認識しているのかを明らかにする研究に取り組んできました。匂いは鼻という感覚器官で受けとりますが、匂いを感じたり認識したりしているのは脳ですから、匂いを知覚・認識する脳の状態を科学的に測定することが重要と考えたのです。

しかし人間では、実験動物で行われているような生理学的・解剖学的手法が使えないので、人間の脳の研究は外から脳の中の状態を客観的に知る方法を用いなければなりません。そこで私たちは、超伝導センサ(SQUID)を多数個用いて頭部全体の神経の磁界活動を一度に計測する脳磁計という高度計測装置(写真)を用いて研究しています。この脳磁計を用いると、椅子に座って



匂いを嗅いでもらうだけで、ミリ秒単位の精度で刻々と変化していく脳の状態を可視化して見ることができます。

匂いの感じ方を客観的に計測

私たちは、この研究によって、匂いを知覚している時に活動している脳の中核部位(前頭葉眼窩野部)を特定しただけでなく、図に示すように、匂いを知覚してから数十ミリ秒~数百ミリ秒の時間が経過していくうちに、知覚された匂いの情報が脳の別の部位(連合野と呼ばれている部位)へと送られ、さらに脳の別の部位(上側頭葉部)で認識処理を行っている「匂いの知覚と認識のメカニズム」を世界で初めて客観的に計測することに成功しました。

匂いを利用した情報システムの未来

脳の中での匂いの情報処理が明らかになると、「匂いを与える」ことや、「匂いを受ける」ことが人工的に自在に行えるようになり、近い将来、匂いを知覚するロボットや匂いが出てくるTVも決して夢ではなくなるでしょう。



写真 全頭型脳磁計

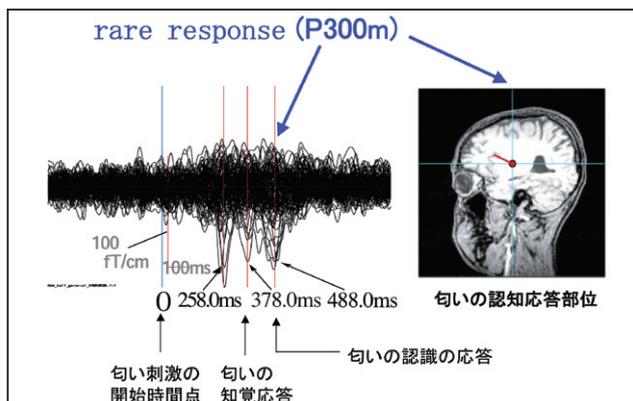


図 匂いが刺激されてから後、脳で匂いを知覚し、認識するまでの状態をMEGによる磁界応答で捕らえ、これらの反応時間経過の流れを可視化

関連情報

- M.Tonoike, M.Yamaguchi, I.Kaetsu: J. Temp. Des. Arch. & Environ., Vol.3, 43-53 (2003) .
- 外池光雄: 匂い知覚のイメージング, 神経研究の進歩, Vol.48, No.2, pp.303-316 (2004) .
- 外池光雄, 渋谷達明共編: 「においと脳・行動」, アロマサイエンスシリーズ 21, Vol.2.

色光照明装置を利用した新しい情報伝達

光技術研究部門
田村 繁治

技術開発が進んだ視覚情報

視覚情報は聴覚情報とともに古くから利用されてきた情報通信手段です。そのため、五感のなかでもとりわけ高度な技術開発が期待されています。色彩に着目すると、今日の高度情報化社会では、商品取引、遠隔医療、建築設計などのさまざまな分野においてカラー画像が利用されており、人間が視覚的に認識したままの情報を正確に相手に伝える技術の確立が必要不可欠となっています。商品取引では、色を利用する視覚情報を世界規模で伝達することが日常的になっており、購買の際の評価において、製品の品質や材質よりも、色が重要なファクターになることもあります。

照明光が持つ情報と効果

感覚情報通信の基盤技術としては、刺激が人間に与える印象を把握するだけでなく、人間に与えるための刺激の生成技術の構築も重要です。産総研は、色情報については照明光に着目し、種々の照明光のもとで人間が受けとる物体の色印象の定式化と、同時に制御可能な色光照明装置の開発を行ってきました。

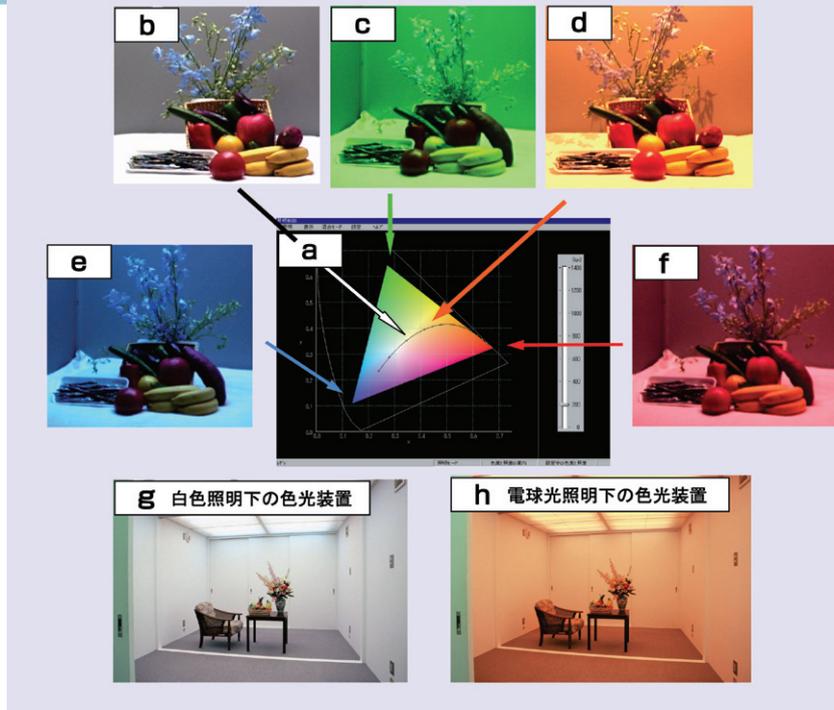
人間の目には、照明光の色に応じてその色に対する感度を変える「色順応」と呼ばれる機能があります。人間が見る色印象の伝達には色順応を考慮しなければなりません。装置はこの色順応の機能の解明を目的として設計されており、任意の色の照明光を生成できるようになっています。

照明光は光の三原色である赤、緑、青の3種の蛍光灯からの光の混合によって実現されます。その後、白色領域で明るい照度を得るために白色蛍光灯を光源として追加するなど、ハードウェア、制御

用ソフトウェアの両面にわたって改良を重ね、現在に至っています。

実験室は広さ12平方メートル(3m×4m)、高さ2メートルで、日常生活で利用されるものと同じ規模で照明光による空間を体験できます。昼光色、白色など各種の蛍光灯の色度範囲では300ルクス以上、最高1000ルクスの照度を実現できます。制御用のモニター画面上には色度図(図a)が表示され、色度図上の点をマウスでクリックするか、あるいは座標の数値を入力すると、その座標と同じ色の照明が可能な最大照度で点灯します。また、一定照度で色度のみを変えたり、一定色度で照度のみを変えたり、黒体軌跡に沿って色度を自動的に変化させるなど照明をいろいろ変化させることが可能です。

図g、hに示すような白色光、電球光の照明以外に赤色、青色、緑色などのさまざまな照明光の下での物体の色の見え方を体験でき、人間の目の機能を調べることができます。実験室は覗き窓の付いたカーテンで2区画に分けられており、区画ごとに異なる色の照明光を実現することもできます。



色光照明装置によって実現可能な様々な照明光空間

(a) 制御用画面上の色度図、(b)～(f) 白色光、緑色光、電球光、青色光、赤色光照明下の物体色、(g) 白色照明下の室内、(h) 電球光照明下の室内

色光照明装置がもたらす技術展開

開発した色光照明装置で得られる成果は、都市景観やオフィス空間、住居空間などのシミュレーションへの応用展開が可能であり、また、画像を利用して複数の医療機関の間での遠隔医療にも応用できると考えられます。

関連情報

- 共同研究者：高浜幸太郎、平賀隆(光技術研究部門)。
- 高浜幸太郎：知覚色提示技術の目指すもの：電子技術総合研究所大阪ライフサイエンス研究センター平成8年度研究講演会要旨集、pp.1-4。
- 産業技術総合研究所研究情報公開データベース(RIO-DB)「物体色の基準分光反射率分布」：<http://www.aist.go.jp/RIODB/ssrdoc/>

「色」の獲得

— 色を作り出す神経回路の発達 —

脳神経情報研究部門 認知行動科学研究グループ
杉田 陽一

「色」をとらえる神経のしくみ

照射光の波長成分が大きく変化しても、ヒトは物体の色を正しく認識できます。たとえば、図1の図形を3種の光源(短波長S、中波長M、長波長L)だけで照明したとしましょう。図1Aの図形の中央の緑色に見える四角形は、3種の光源からの光をそれぞれ1、4.5、4 (Unit) だけ反射しています。それに対して、Bの黄色に見える四角形は1、5、9 (Unit) だけ反射しています。次に、Aの緑色に見える四角形が、1、5、9 (Unit) だけ反射するように光源の強さを変えたとしましょう。このとき、眼に入射する光は、Bの黄色に見える四角形から反射される光と全く同じです。ところが、四角形は依然として緑色に見え黄色に見えることはありません。

このように、眼に入射する光の性質が大きく変化しても物体の色を正しく認識できる「色の恒常性」は、眼に入射する光そ

図1 色の恒常性

モンドリアン図形(幾何学的な抽象図形)に埋め込んだ緑色(A)と黄色(B)の正方形。この図形を、波長の異なる3種の光源の光で照明する。緑色の四角形は、短波長S、中波長M、長波長Lの光を、それぞれ1、4.5、4 (Unit) だけ反射するのに対して、Bの黄色に見える四角形は1、5、9 (Unit) だけ反射する。次に、中波長の光の強さをわずかに強く、長波長の光を2倍以上に強くして、緑色の四角形Aが反射する光が、黄色の四角形と全く同じように調節する。このとき、Aの四角形は黄色に見えるだろうか？

のものには「色彩」情報が欠けていることを示しています。眼に入る光の波長成分が大きく変化しても、対象物の「色」が同じように知覚されるのは、「色」が目の網膜から大脳皮質に達するまでの神経結合の連鎖によって創り出されているからです。「色」を生み出す神経系の働き(色彩感覚)は、生まれながらに備わっていると考えられてきましたが、実際の神経回路

網の構造と働きはまだ明らかになっていないのです。

サルによる「色彩感覚」実験

生まれて間もないサルを、1年間、単色光の照明だけで飼育し、色を認識できないようにして育てました。このとき、網膜にある3種類の色受容細胞(錘状体)を全て賦活(活性化)できるように、単色

「味わい」を脳で見る

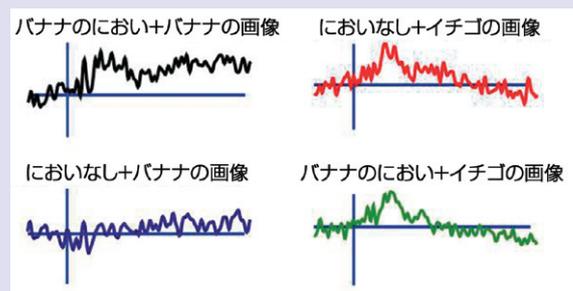
大阪大学 大学院 人間科学研究科 教授
山本 隆

食べ物の味わいを脳のしくみとして捉える研究が進められています。実験を単純にするため、甘くておいしい砂糖水や苦くてまずいキニーネ溶液を用いることが多いのですが、味の識別を行う第一次味覚野(前頭弁蓋部から島にかけての領域)では、味の質に応じて異なった部分が活動します。そして、おいしいと思うときは後部眼窩前頭皮質と前部帯状回が、まずいときは扁桃体と前部眼窩前頭皮質が強く活動します。

味わいでは匂いも重要な役目をします。匂いと味や食物像との組み合わせは、食経験を通じて決まっています。被験者にバナナなどの食べ物の匂いを嗅がせたあとでバナナやイチゴなどの画像を見せ、MEGの測定をすると、バナナの匂いでバナナの画像、イチゴの匂いでイチゴの画像という組み合わせのとき、つまり予測通りのものが現れたとき、後頭葉や側頭葉での活動が増強されます(図)。

このように、プーンといい香りがして食べ物を見て、口に入れ

ておいしく味わうとき、脳のいろいろな場所が活発に働きます。味質の識別性、おいしさ・まずさの情動性の脳内機序がもっと明らかになれば、味わいの客観的な評価が実用化され、おいしい食べ物の開発にも応用できるのではないかと期待されます。



後頭部から得られたMEG応答波形。同一被験者(20歳、女性)から得られたそれぞれ100回の加算データ。解析時間は縦線で示す画像提示の前200ミリと後1000ミリ秒である。

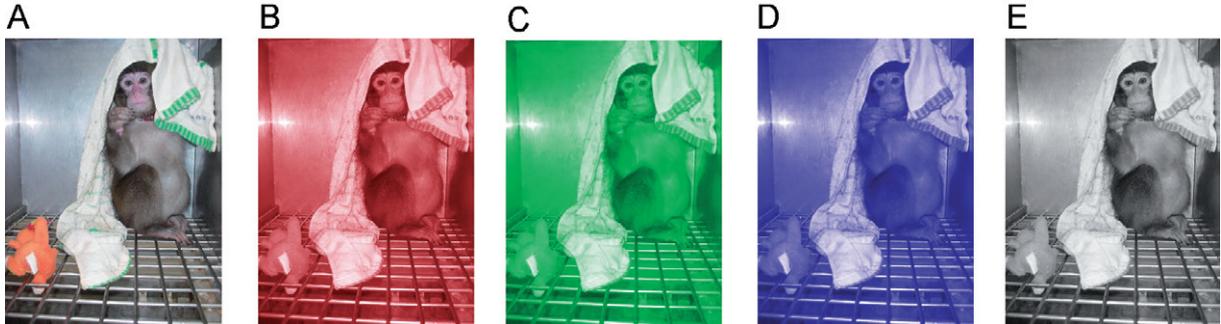


図2 単色光照明のイメージ写真

(A) : 通常の照明条件下の写真。(B) : 長波長 (赤)、(C) : 中波長 (緑)、(D) : 短波長 (青) の光照明のイメージ写真。単色光で照明されると、(E) : 白黒写真と同じように、サルの色、赤い首輪、タオルの模様の色あるいは人形の色は全く識別できない。

光の波長を1分間ごとに赤・緑・青に変化させました。その後、これらの単色光で育てたサルの色彩感覚を検査したところ、色の類似性判断と色の恒常性に障害があることが明らかになりました。単色光で育てたサルは、見本の色と同じ色の対象物を選ぶという見本合わせの課題では、長い訓練によって正常なサルと同じ成績が得られるようになりましたが、見

本の色によく似た対象物を選ぶという類似性判断の課題では、正常なサルとはきわめて異なる結果が得られました。

この結果は、単色光で育てたサルが、正常なサルとは異なった方法で色を分類していることを示しています。さらに、いくつかの色の中から一つの色を選択するという課題の結果は、照明の条件によって大きく変化し、単色光で育てたサ

ルに「色の恒常性」が備わっていないことが明らかになりました。

これは、「色彩感覚」が生得的なものではなく、経験によって獲得されることを示しています。今後、これら色覚障害のあるサルの神経活動を丹念に調べることによって、「色の恒常性」を実現している神経回路網の構造と働きを明らかにすることができると期待されます。

上りと下りのせめぎ合い

東京大学大学院 人文社会系研究科 教授

佐藤 隆夫

視覚のメカニズム、つまり「ものを見るしくみ」というと、目から入ってきた情報を順々に処理していくものと考えがちです。しかし、そのような処理だけではものは見えてこないのです。脳の中には、視覚情報処理を担う領野よりもより上部、より高次の情報処理を担う部分に、外界の事物や環境などに関する知識や仮定といった情報が蓄えられています。ものを見る時には、下から、つまり目から脳に上ってくるボトムアップの情報と、より上部にあるデータベースから下ってくるトップダウンの情報が出会い、せめぎ合い、何らかの折り合いを見つけ、そこで初めてものが見えてくるのです。

例えば、お面の内側を両眼で眺めれば凹んで見えますが、片眼で眺めていると、初めは凹んでいても、すぐに、それが出っ張って見えてきます。両目で見ている時には十分に存在していた奥行き情報(両眼立体視情報)が、片目で見ることによって働かなくなり、奥行き情報が不十分になります。そうなる「顔は出っ張っ



てるものだぞ!』というトップダウンの情報が優勢になり、凹んでいるはずのお面の内側が出っ張って見えてくるわけです。

私自身は、心理実験を通じて、視覚のメカニズムを解明しようとしていますが、こうした複雑なメカニズムを解明するためには、脳の実体を扱う大脳生理学、脳イメージングの研究、理論的にメカニズムを追求するモデリングの研究、さらには人工的な視覚システムの構築を目指すコンピュータビジョンなど、さまざまな領域の研究者と議論を重ねることが大切です。

世界で初めて室温の アイスナノチューブを発見

ナノメートルスケールでの水分子の挙動解明につながる成果

産総研ナノテクノロジー研究部門と東京都立大学理学研究科は、単層カーボンナノチューブ（SWCNT）内の水の構造を、KEK（大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構）の放射光施設を用いた X 線構造解析により詳細に調べ、低温でチューブ状の水（アイスナノチューブ：Ice-NT）が形成されることを明らかにした。Ice-NT の融点は、SWCNT の直径により大きく変化し、SWCNT の直径が細いほど融点が高いという、既知の規則とは逆の傾向を示した。特に、直径が 1.17 nm の SWCNT 内の水の場合、300K 以下で結晶化、つまり室温で Ice-NT が形成されることが明らかとなった。さらに、SWCNT 内の水は約 45℃で気化し噴出することがわかり、これからナノサイズのインクジェット等への応用の可能性も考えられる。

はじめに

ナノメートルスケールの空間に閉じこめられた分子の挙動は大変興味深い。特に水分子の場合、分子間に働く相互作用について未知の部分が多く、その挙動の解明は、ナノテクノロジーやナノバイオテクノロジーの観点からも極めて重要である。水は、真空中に噴霧すると、水分子同士が弱い水素結合で結ばれる、クラスターを形成することが知られているが、液体中においても動的に類似のクラスター構造をとる可能性が議論されており、その観点からも興味深い。

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）は、直径が 1nm 程度の中空構造で、内側に直径 1nm 以下の空洞を持っている。そこには、フラーレンや有機分子など多彩な分子が内包されることが知られているが、水分子も大量に吸着される。この吸着された水の構造を調べれば、ナノ空間に閉じこめられた水の挙動に関して知見を得ることができると考えられるが、水分子は水素と酸素という軽元素から構成されているため、電子顕微鏡観察等により直接分子を観察することは困難である。ナノ空間での水の構造は、これまでは計算機シミュレーションによる研究が主流であり、SWCNT 内に生成されるアイスナノチューブ（Ice-NT）は、2001 年に計算機シミュレーションにより、高圧力下という条件のもと、予測されていた。

SWCNT は、一般にバンドルやロープと呼ばれる束構造をとる。この束構造は試料の純度が増すに従って

太く成長し、高純度試料では束の直径が 100 nm を超える程度になる。SWCNT の直径が均一であれば、束構造は擬似的に 2 次元結晶としてふるまい、X 線回折にバンドル構造由来のパターンが観測されるようになる。これまでの研究から、この回折パターンを詳細に解析することにより、SWCNT だけでなく、内部に吸着した水の構造をも詳細に調べることが可能であることが見いだされ、2002 年に初めて、1 気圧以下の圧力、- 38℃以下の温度で SWCNT 内に Ice-NT が形成される事を明らかにした。

産総研では、SWCNT の非線形光学素子への応用を目指して、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の産業技術研究助成のもと、精密な直径制御技術の開発を行っている。今回、その成果を応用して、新たに平均直径の異なる 6 種類の高純度 SWCNT を準備することにより、Ice-NT の生成と構造が SWCNT の直径にどのように依存するかを詳細に調べることにした。石英のキャピラリーにキャップを取り除いた SWCNT 試料を飽和水蒸気と共に封じ込め、KEK の X 線構造解析装置を使用し、90K から 360K の範囲で回折パターンの温度依存性を測定した。測定と解析は都立大・JST グループによって行われた。

SWCNT 内部の水の構造

精密 X 線構造解析によって、水分子吸着が SWCNT の内側か外側か、及びその密度分布等がわ

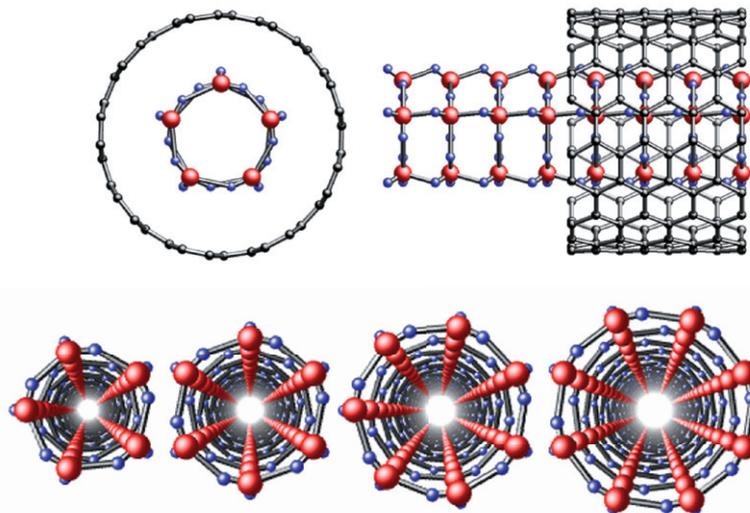


図1 Ice-NTの模式図

上：SWCNT 内部に形成された 5 員環アイスナノチューブ。

下：左から 5 員環、6 員環、7 員環、8 員環 Ice-NT。赤：酸素、青：水素、黒：炭素。

かる。300K 付近においては、すべての試料において、SWCNT 内側に水分子が充填されていることを確認した。密度は通常の水とほぼ同等であり、また、水分子は SWCNT 内空洞の直径に比して小さいため、比較的自由に動くことが可能で、1次元性はそれほど顕著ではない。この点は分子サイズの大きなフラレンが SWCNT 内で典型的な 1次元性を示すのとは異なる。

試料を冷却すると、すべての試料において内部の水が筒状の結晶、すなわち Ice-NT となることが明らかとなった。SWCNT の直径が変化すると、それにつれて Ice-NT の直径も変化し、4 種類の直径の

異なる Ice-NT が観測された。図 1 に Ice-NT の模式図を示す。Ice-NT は、整数個 (N 個) の水分子が水素結合により環を形成し、それが積み重なった筒状の構造をとると考えられている。環同士は、水分子の残りの水素原子を使って結合しており、結合のルールは通常の 3次元水の結晶と同様である。ただし、Ice-NT の環内と環間の分子結合の角度は 90 度となり、孤立水分子の水素-酸素-水素の結合角 104.5 度や 3次元水における酸素-酸素-酸素の結合角 109.5 度と比較してずっと小さくなる。そのため、Ice-NT 内の水分子間の結合が通常の水より弱いことが予想される。環の大きさは水分子の数 N で決まり、

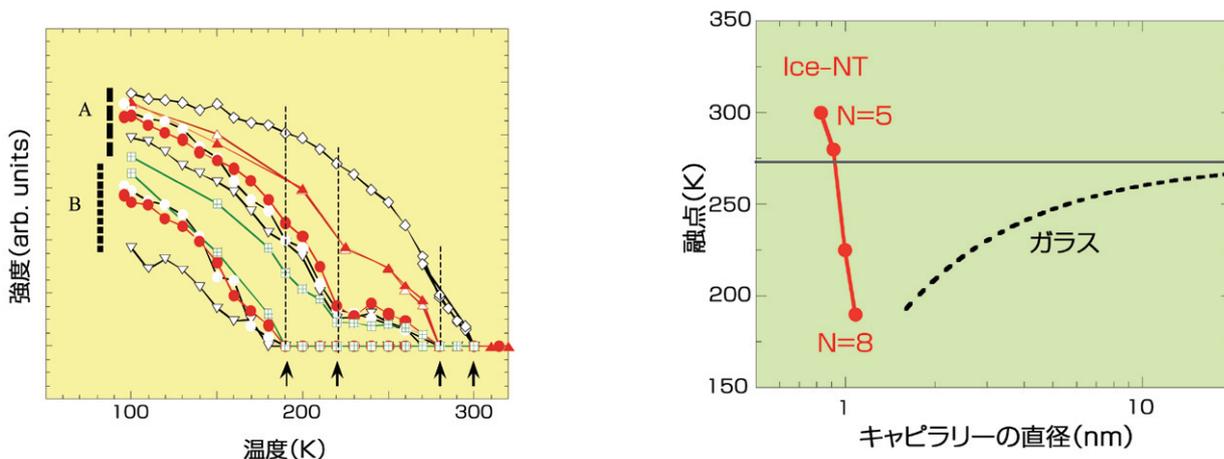


図2 Ice-NTの融点の直径依存性

左：結晶化ピーク強度の温度依存性。右：Ice-NTの融点。点線はガラスの細管中の融点の直径依存。

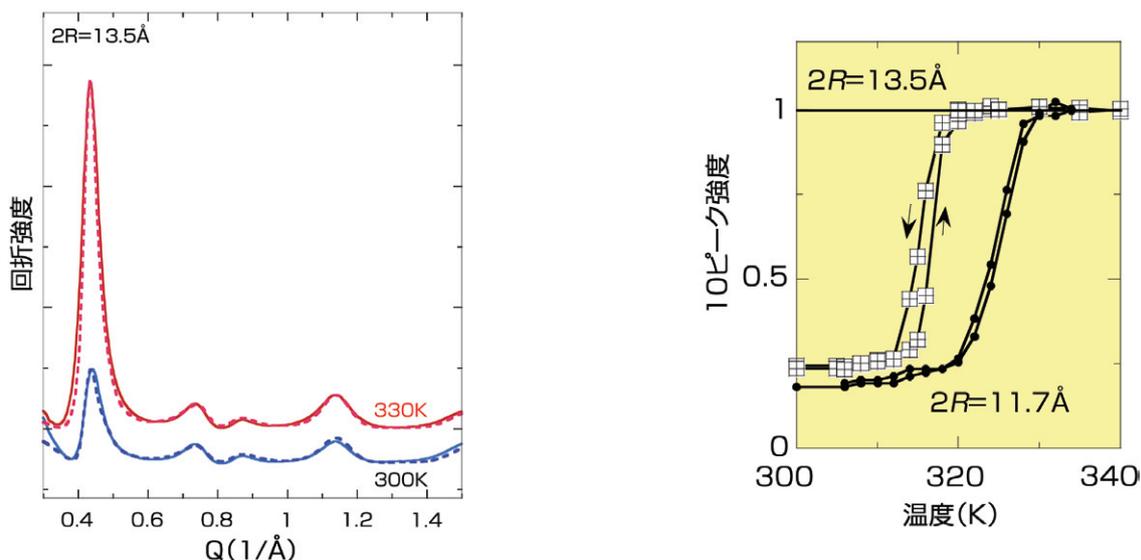


図3 室温の飽和水蒸気 (0.036 気圧) 中の開口 SWCNT 試料の X 線回折パターン
 赤 :330K、青 :300K。実線は実測値。点線はシミュレーション。右は、 $Q \sim 0.45(1/\text{Å})$ のピーク強度の温度依存性。

我々は N 員環 Ice-NT と呼んでいる。図 1 は今回観測された 5 員環から 8 員環の Ice-NT を示している。Ice-NT と SWCNT の壁との間隔はほぼ一定の値を保っているため、太い SWCNT 内には N の大きな Ice-NT が、細い SWCNT 内には N の小さな Ice-NT が生成される。

Ice-NT の不思議

Ice-NT の生成は、結晶化を示す固有の回折ピーク (アイスピーク) の出現によって検出することができる。図 2 (左) はアイスピークの強度を温度の関数として示してあるが、図から 4 種類の融点が存在することがわかる。図 2 (右) には Ice-NT の融点と SWCNT 直径の空洞の大きさの関係を示してある。8 員環 Ice-NT の融点は 190K (-83℃) となり、普通の氷よりずっと低いですが、これだけでは特に不思議はない。細管中で氷の融点下がることは良く知られている事であり、数 nm 程度までの空洞内部の水について同様の傾向が観察されている。不思議なのは、細い Ice-NT ほど融点が高くなるという結果で、これは既知の傾向と全く逆である。特に興味深いのは、直径 1.17 nm の SWCNT 内に形成された 5 員環 Ice-NT で、その融点は 0℃ を超えて、27℃ に達している。通常のサイズの 3 次元氷でも室温氷は実現できるが、それには 10 万気圧程度の高圧が必要となる。5 員環

Ice-NT は、1 気圧以下の圧力で生成していることから、既知の室温氷とは全く違う状態であることが想像される。

この異常に高い融点の起源はまだ明らかになっておらず、その解明は今後の研究にゆだねられているが、おそらくはクラスター形成と大きな関わりがあることが想像される。真空中で形成される水のクラスターには様々な形状のものがあるが、その中でも 5 員環のリング状クラスターは比較的安定な構造であると考えられている。今回、もっとも高い融点を示した 5 員環 Ice-NT は、この 5 員環が積み重なってできたチューブ構造であり、SWCNT 内の空洞のサイズが、ちょうど構造的に安定な 5 員環クラスターにフィットしたために、室温で容易に結晶化したものと想像される。

そしてナノジェットへ

以上は、主に低温での内包水の挙動であるが、温度を上げると、別の興味深い現象が観測された。図 3 に 300K と 330K における SWCNT の X 線回折パターンを示す。 $Q=0.45(1/\text{Å})$ 付近に観測される 10 ピークの強度が大きく変化していることがわかる。このピーク強度は水の内包と直接関係しており、SWCNT 内に水が内包されると、強度が小さくなる。精密なシミュレーションの結果、300K では SWCNT

は水で満たされているが、330K では空になっている事がわかった。挿入図は 10 ピーク強度の温度依存性を示している。2 種類の SWCNT の結果が示されているが、どちらの場合もおよそ 315 ~ 320K 付近でピーク強度の急激な変化が観測されている。これは、315K 付近で、水の気化が起こっていることを示している。つまり、SWCNT を加熱すると、45℃ 付近で気化し、SWCNT から噴出する事を示している。水を吸蔵した SWCNT の小片を真空容器に入れ、一部を軽く加熱するとガスが噴出し、SWCNT 小片が飛び上がるという現象はこれまでも観測されていたが、今回の実験でその原因が SWCNT 内部からの水分子の噴出であることが確認された。

この現象は、ナノサイズのインクジェットとして応用が可能であると考えられる。今回観測した SWCNT は最大でも空洞の直径が 1 nm 程度と色素分子等を充填するには細いが、より太い SWCNT を用いて同様の特性が利用できれば、色素だけでなく、金属粒子等も一緒に吹き出す事も可能であると期待される。Ice-NT の融点が直径に大きく依存するのと異なり、気化の現象は直径にはあまり依存しない可能性が高い。

吹き出す位置の制御は、SWCNT の性質をうまく使うことにより可能になる。SWCNT は、近赤外の波長域に、1 次元構造に由来した非常に強い光吸収構造があり、その吸収波長は螺旋度（炭素原子の配列）の違いによって変化する。従って、螺旋度の異なる SWCNT を整列して配置し、光照射により加熱すれば、光を 1 本の SWCNT に集光する必要はなく、「単色光」を SWCNT 集合体全体に照射するだけで、その中の特定の SWCNT だけがその光を吸収するため、特定の SWCNT だけを加熱する事が可能になる。この原理を用いれば、インク吹き出しの位置を SWCNT の直径レベル、つまりナノメートルスケールで制御可能である。図 4 にその概念図を示す。

終わりに

室温で Ice-NT の形成を確認し、ナノジェットのインクジェットへの応用の可能性を示した。しかし、未知の部分も数多く残されており、研究としてはまだまだ初歩の段階である。今後も継続して基礎研究に重点を置く必要があるが、将来、応用上大きな発展を遂げる研究課題であると確信している。

本研究は、産総研・東京都立大学・JST の研究グルー

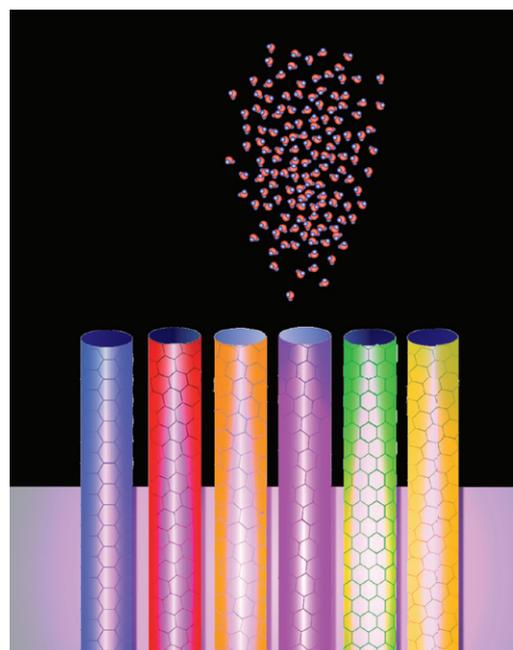


図 4 ナノジェットの模式図

照射した光を吸収する SWCNT だけが加熱され、水分子が噴出する様子を示している。SWCNT の光吸収は近赤外の波長域であるが、ここでは便宜上可視光の波長（色）で示してある。

プにより成されたもので、平成 15 年度の NEDO の産業技術研究助成事業の補助金による成果を活用した。本件に関する詳しい内容は、Chemical Physics Letters 401 (2005) pp. 534-538. に「Ordered water inside carbon nanotubes: Formation of pentagonal to octagonal ice-nanotubes」というタイトルで掲載されている。

●問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所
ナノテクノロジー研究部門 自己組織エレクトロニクスグループ
グループ長 片浦 弘道

E-mail : h-kataura@aist.go.jp
〒 305-8562
茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 4

東京都立大学理学研究科物理学専攻
助教授 真庭 豊

E-mail: maniwa@phys.metro-u.ac.jp
〒 192-0397
東京都八王子市南大沢 1 - 1

プロフィール比較法の更なる発展

世界的規模のタンパク質立体構造予測コンテストで第3位

これまで開発を行ってきたプロフィール比較に基づくタンパク質の立体構造予測システムを更に発展させ、その性能検証のために昨年実施されたタンパク質立体構造予測コンテストに参加し、世界最高水準の評価を得た。今回のわれわれの成果は、実際的なタンパク質立体構造予測技術の発展と向上に大きく寄与したものとえよう。われわれの開発したシステムは、今後ゲノム配列データの生み出す大量遺伝子情報の解析に広く応用されていくものと考えられる。

ゲノム解析におけるプロフィール比較法のメリット

近年のゲノム配列データの急激な蓄積は、計算機によるタンパク質の構造/機能推定に対する切迫した需要を生み出している。予測対象のタンパク質と構造既知のタンパク質との配列類似性の検証は、実際的な立体構造推定の根幹をなすものである。そのため、配列からの情報抽出の効率が非常に重要な鍵となる。

本誌上で既報の¹⁾通り、これまでに我々は、より効果的な配列情報の活用と既知構造情報の有効利用を目指し、プロフィール比較と呼ばれる手法に基づくタンパク質の立体構造予測システム²⁾ FORTE1を開発してきた。FORTE1では、予測対象タンパク質と構造既知タンパク質の両方についてプロフィールが作成され、それら相互の比較を通して、明らかな配列類似性を欠く場合でも、タンパク質の立体構造類似性が検出される。ここでプロフィールとは、進化的に関連があると推測されるタンパク質配列群のマルチプルアラインメントでの各残基位置におけるアミノ酸種毎の出現頻度をスコア化したものであり、一般に配列データの増大につれてその信頼度も上

昇し、予測結果の質、量の向上に寄与するものと考えられる。また、構造ゲノムプロジェクトの進展による構造情報の増大につれ、構造予測におけるFORTE1をはじめとするプロフィール比較法の貢献もますます大きくなるものと考えられる。

比較法の発展とコンテストにおける成果

このような背景から、タンパク質立体構造予測において既知構造情報の利用を更に推進するために、FORTE1の技術を応用した複数のシステムの開発を行った。FORTE1システムは、様々な手法で作成されたプロフィールを無理なく使用できる柔軟性を持つ。この利点をいかし、FORTE1による立体構造類似性の検索結果を利用したFORTE2と、マルチプルアラインメント作成に別手法を使用したFORTE1Tという2手法を新たに構築した。FORTE2では、FORTE1によって検出された、より遠縁もしくは類似構造をもつタンパク質のアミノ酸配列情報をプロフィールに含めることで、より遠縁の構造類似性を検出することが期待される。FORTE1Tでは、より良い精度をもつマルチプルアラインメントがまず作成され、それらを種としたプロフィールを構築することで、より広範な構造類似性検出能力と、より正確なアラインメント作成能力を有することが期待される。FORTE1, FORTE2, FORTE1Tの3手法に加え、タンパク質の2次構造情報を考慮したFORTE-H、ローカルアラインメント用のFORTE-SSという2手法を更に準備し、これら開発した技術の性能の検証を行うためにCASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction) と呼ばれるタンパク質立体構造予測コンテスト³⁾に昨年参加した。

CASPは、タンパク質立体構造予測法の発展および、

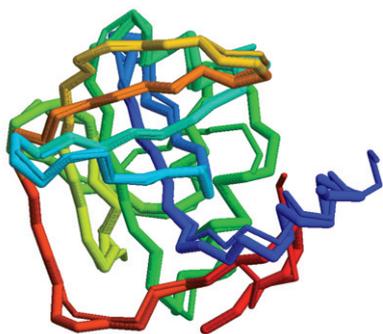


図1 CASP6においてFORTE法を用いて行った予測の一例 (PDB ID:1WGB)

太線は予測構造を示し、細線は実際の構造を示す。

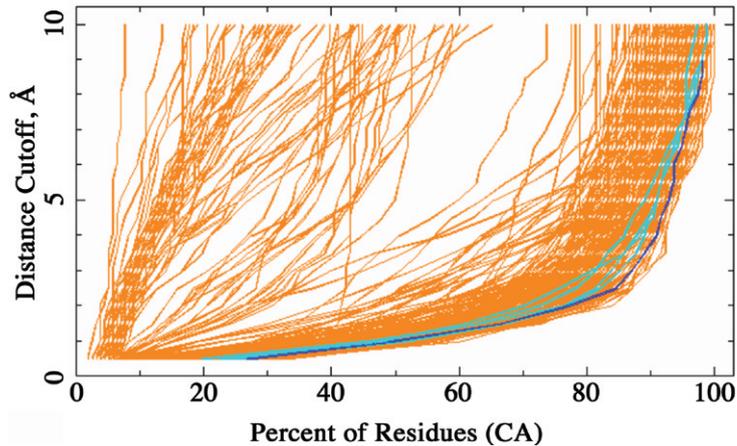


図2 図1の結果の他種法との比較

縦軸は予測構造と実際の構造との類似度の閾値を示し、値が小さい程類似度は高い。横軸は縦軸の閾値の範囲内で、全体の何%が重ね合わせ可能であるかを示す。実線が右下に傾くほど予測構造と実際の構造が一致していることを示す。濃青線が、図1の結果を示す。薄青線は、我々の提出した図1以外の結果を、橙色線は他種法の結果を示す。

予測法に対する客観的評価の場の提供を趣旨として、1994年から2年に一度開催されている。今回はその第6回目であり、2004年の6～8月の約3ヶ月間で、実験的に立体構造が解明される寸前の76タンパク質についてアミノ酸配列からの立体構造予測実験が、世界中の200を超える研究グループによって行われた。我々のグループは、FORTE1の技術を応用して開発した上述の5手法と、構造モデリングおよび検証ツールを統合したFORTE-SUITEシステムを用いて予測を行い、相同性を有する構造認識(Fold Recognition/Homology)と呼ばれる部門において第3位という高い評価を受け、12月4日から8日にイタリアで開催された結果発表会において招待講演を行った^{3)~5)}。フォールド認識部門では、構造既知タンパク質との類似性を配列相同性解析や構造認識技術などを用いていかに感度良く発見し正確にモデル構築するかが競われる。上位2チームは多数の他技術の予測情報を二次的に使うメタサーバーと呼ばれる方式であるため、単独技術としては世界最高の成績と言っても過言ではない。



図3 イタリアで開催された評価会議での招待講演の様子(富井)

プロジェクトの今後

構造ゲノムプロジェクトの本格的稼働によりタンパク質立体構造情報が急増している現状を考慮すると、実験と相補的な形でモデルを提供する我々の手法の利用価値は、例えば創薬の新規ターゲット探索やその検証、あるいはドラッグデザインにおける比較的高精度な予測構造の提供などといった様々な場面を通じますます増大し、ゲノム配列データの生み出す大量遺伝子情報の解析に広く応用されていくものと考えられる。現在FORTE1のウェブサービス^{6,7)}は、非商用の学術的利用に限り一般公開されている。

◆ 関連情報

- 1) 富井健太郎：AIST Today Vol.3, No.5, 19 (2003) .
- 2) 特許出願番号：2002-377704 「蛋白質立体構造予測システム」(富井 健太郎) .
- 3) <http://predictioncenter.llnl.gov/casp6/Casp6.html>
- 4) AIST Today, Vol. 5, No. 1, 35 (2004) .
- 5) プレス発表： http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041202_2/pr20041202_2.html
- 6) K. Tomii, Y. Akiyama：Bioinformatics, Vol. 20, No. 4, 594 - 595 (2004) .
- 7) <http://www.cbrc.jp/forte/>

● 問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所 臨海副都心センター
生命情報科学研究センター
分子設計チーム 富井 健太郎
分子設計チーム 研究チーム長 広川 貴次
生体膜情報チーム 本野 千恵

E-mail : k-tomii@aist.go.jp

〒135-0064

東京都江東区青海 2-42

半導体製造プロセスの開発コストを遺伝的アルゴリズムにより削減

高精度自動合わせ込み 次世代トランジスタモデル HiSIM の

当研究センターでは、LSI開発などで回路シミュレーションに用いる次世代トランジスタモデルHiSIM (Hiroshima-university STARC IGFET Model)の、遺伝的アルゴリズムを応用した高精度自動合わせ込み技術の開発に成功した。

トランジスタモデルとは、回路シミュレーションにおいて、トランジスタの回路特性を正確に予測するモデル(近似式)のことで、LSI開発において最も重要で基本となる技術である。従来のトランジスタモデルでは、極微細トランジスタの記述が極めて複雑なため、設計技術者から新しいトランジスタモデルの出現が強く望まれていた。

現在、広島大と株式会社半導体理工学研究センター (STARC)が共同で開発しているトランジスタモデルHiSIMは、現行のスタンダードであるBSIMとは異なり、表面ポテンシャルに基づいたトランジスタモデルである。モデルパラメータの数が少ないこと(およそ70個)、SOI (Silicon On Insulator)など構造が複雑なトランジスタのモデル化についても柔軟に対応できること、高周波領域でのシミュレーションが容易であること、などの特徴があり、次世代のトランジスタモデルとして期待されている。

しかし、HiSIMによるシミュレーション結果が正確であるためには、複数のモデルパラメータを、あらかじめ計測したトランジスタの電気特性と一致するように調整する必要がある。この工程は「合わせ込み」と呼ばれ、合わせ込みが

十分にできていないと計算精度が低下してしまい、回路シミュレーションで正確な予測をすることができない。HiSIMはモデルパラメータの数が、BSIM (約400個)と比較してかなり少ないが、原理的にすべてのモデルパラメータを一括して合わせ込むことが必要であり、そこでは従来のBSIMにおける合わせ込みのノウハウが使えないため、合わせ込み工程の効率化がHiSIM普及の鍵を握っていた。

本研究開発では、人工知能の遺伝的アルゴリズムを応用することで、熟練者でも数日かかることのあるHiSIMの合わせ込み工程を、およそ数時間程度で自動化することに成功した。最先端の製造プロセス(90nmルール)で試作したトランジスタの実測値によりその有効性を検証した結果、本技術によって合わせ込んだHiSIMのシミュレーション結果と実測値との誤差は平均2.5%以内でほぼ一致した。これにより、極微細トランジスタの性能予測、回路シミュレーションが短時間で可能となり、HiSIMの普及が加速し、最先端半導体製造プロセスの開発コスト削減に貢献できると期待される。次世代トランジスタモデルに関しては、標準化を推進する民間組織CMC (Compact Model Council)において、現在標準化活動が行われている。HiSIMは、アジアからの唯一の標準モデル候補として現在検討されており、本研究開発の成果がHiSIMの標準化を推進することが期待される。

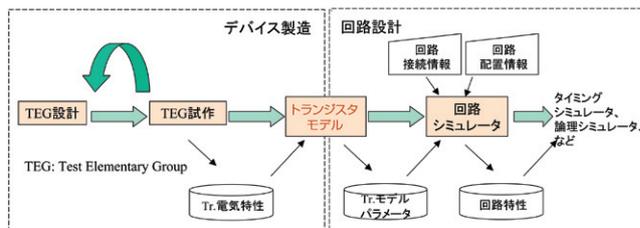


図1 トランジスタモデルの位置づけ
トランジスタモデルには複数のモデルパラメータが存在し、それぞれがトランジスタの物理的サイズ、基本特性値、物理現象の係数などを定める定数である。このモデルパラメータの数値が実際にデバイスを生産する工場などから提供され、そのパラメータ値を用いて回路設計が行われる。

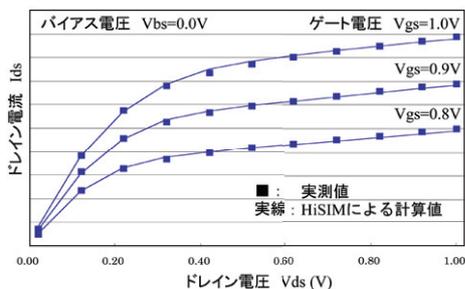


図2 提案手法によるチャンネル長 100nm、チャンネル幅 2.0 μm の MOSFET におけるドレイン電流-ドレイン電圧特性の合わせ込み結果

実験では、HiSIMの主要なモデルパラメータ 32 個を、トランジスタの電流特性値群 (STARC 提供) に一致するように合わせ込みを行った。熟練者でも数日かかる工程が、1 台の PC を使用しておよそ 23 時間、8 台の PC を使用した PC クラスタではおよそ 3 時間で自動化できた。

関連情報

- 共著者：樋口 哲也, 三村 周(次世代半導体研究センター)
- 新聞記事：日刊工業新聞(平成16年11月26日), 日経産業新聞(平成16年11月26日), 化学工業日報新聞(平成16年11月26日)
- 村川正宏：AIST Today, Vol. 4, No. 10, 21 (2004)
- 本研究は、国立大学法人広島大学との共同研究である。
- 本研究は、半導体MIRAIプロジェクトの一環としてNEDOからの委託により実施している。



むらかわまさひろ
村川正宏
m.murakawa@aist.go.jp
次世代半導体研究センター

従来の3倍を超える性能（磁気抵抗）を実現

高性能トンネル磁気抵抗素子を開発

厚さ1~2ナノメートル(nm)の非常に薄い絶縁体(トンネル障壁という)を2枚の強磁性金属の電極で挟んだ素子を、「トンネル磁気抵抗素子(TMR素子)」という。2つの強磁性電極の磁石の向きが反平行なときの素子の電気抵抗(R_A)は、磁石の向きが平行なときの電気抵抗(R_P)より高い値を示す。この現象はトンネル磁気抵抗効果(TMR効果)と呼ばれる。この素子抵抗が変化する割合を百分率で表したものを磁気抵抗比($= (R_A - R_P) \div R_P$)という。TMR素子は情報を不揮発(電源を切っても記憶が消えない性質)に記憶できるため、これを用いた新しい不揮発性メモリ(MRAM)の研究開発が世界規模で精力的に行われている。このように固体中の電子スピンを利用した新しいエレクトロニクス分野は「スピントロニクス」と呼ばれており、急速な発展を見せている。

MRAMは将来的には不揮発・高速・大容量といった理想的な性質を兼ね備えた究極のメモリになるものと期待されているが、大容量化が最大の課題となっている。アモルファス酸化アルミ(AI-O)をトンネル障壁に用いた従来型のTMR素子では磁気抵抗比が70%程度(室温)しかないことが、MRAMの大容量化の障害となっていた。ギガビット級の大容量MRAMを実現するためには、室温で少なくとも150%を超える磁気抵抗比の実現が必要となる。

我々は、Al-Oに代わる画期的なトンネル障

壁の材料として酸化マグネシウム(MgO)に着目した。アモルファスAl-Oと異なり、MgOは低い材料合成温度でも結晶になる物質(原子が規則的に配列した物質)であり、電流を運ぶトンネル電子が散乱されにくいため巨大な磁気抵抗が得られることが理論的に予測されてきた。我々は超高真空蒸着法やスパッタ法を駆使して高品質の結晶MgOトンネル障壁を持つ新型TMR素子を作製し、室温で200%を超える巨大な磁気抵抗比を実現した。これは従来型TMR素子の3倍を超える世界最高の性能である(図1)。さらに(株)アネルバと共同で、この新型TMR素子を大面積基板上に量産するための製造プロセスの開発にも成功した。MgOトンネル障壁を用いた高性能TMR素子は、次世代の大容量MRAMや超高密度ハードディスク磁気ヘッドを実現するための切り札になるものと期待される。

さらに我々は、MgOのトンネル障壁では厚さに対して磁気抵抗比が周期的に変動するという新しい現象の観測に成功した(図2)。これは、電流を運ぶトンネル電子がブロッホ波のコヒーレンシーを保ったまま素子内を伝導していることを示す証拠であり、巨大なTMR効果の発現機構と密接に関係した現象である。今後、このような新現象を利用した新機能の開発も期待される。

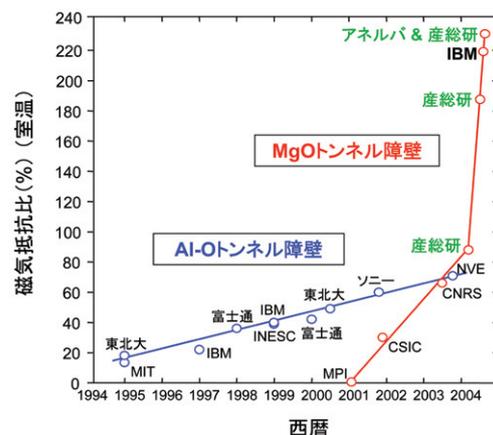


図1 TMR素子の磁気抵抗比(室温)の向上の歴史

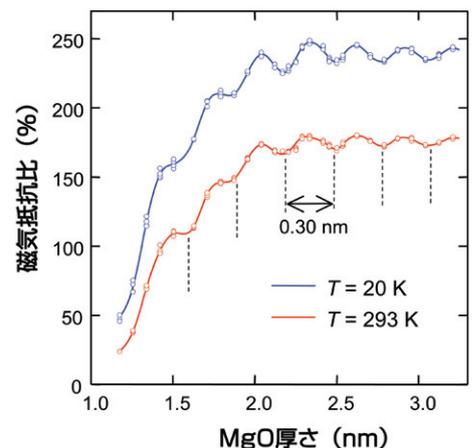
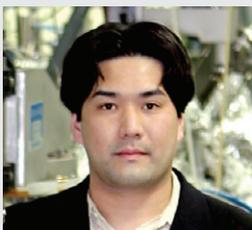


図2 磁気抵抗比のMgOトンネル障壁厚さ依存性



ゆあさしんじ
湯浅新治

yuasa-s@aist.go.jp
エレクトロニクス研究部門

関連情報

- S. Yuasa, T. Nagahama, A. Fukushima, Y. Suzuki, K. Ando : Nature Materials, Vol. 3, 868 - 871 (2004) .
- プレス発表, 平成16年11月1日 : http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041101/pr20041101.html

廃熱発電を利用してNO_xを浄化するセラミックリアクターを開発

自動車の排ガスなどの高温排ガスに含まれるNO_xは、公害を引き起こすガスとして排出規制が年々強化されている。これに対して、自動車用エンジンでは化石エネルギーの使用量の低減と排出CO₂の削減を目的として、ハイブリッドシステムが利用されるとともに、燃料の希薄燃焼技術によるリーンバーン型やディーゼル型の高燃費エンジンへの転換が進んでいる。しかし、その燃焼過程では高い酸素濃度が必要なため、排出される排ガス中の酸素濃度が高く、触媒方式によるNO_xの連続分解は技術的に難しい。そのため、高燃費エンジンの酸素濃度が高い排ガスの浄化に利用できる浄化技術の開発が世界的にも求められている。

当研究グループでは、イオン伝導性セラミックスを用いた電気化学リアクターによるNO_xの電気化学的な浄化技術の研究を進めており、酸素3%以上のNO_x含有ガスを電気化学リアクターによって低電力で選択的にN₂とO₂に連続分解することに成功している^{1, 2)}。この技術は、還元剤などを組み合わせた従来の触媒方式による浄化法に比べて、直接的にNO_xを電気分解して浄化するた

め、ゼロエミッションのガス浄化法として注目されている。

しかし、触媒方式と比較した場合、電気化学リアクターシステムでの問題は、リアクター作動のために電力を必要とすることであった。この問題の解決の一つとして、熱を電気に変換するセラミックス材料(熱電変換セラミックス)を利用することにより、排ガスとともに排出される廃熱と外気との温度差を利用して電力を発生させ、それを電気化学リアクター用の電力として利用することを検討した(図1)³⁾。その結果、酸化亜鉛と酸化コバルトセラミックスを素子として用いた熱電変換セラミックスモジュールを利用し、400ppmNO_x-4.7%O₂のガス条件で、500℃の温度差を形成することにより、熱電セラミックスの発電による電力で、電気化学セルで約20%のNO_xの分解を連続的に行うことができた。これにより外部からバッテリーなどで電力を供給せずに、熱電変換材料による電力だけを利用する電気化学デバイスの自立作動を世界で初めて実証することに成功した(図2)⁴⁾。

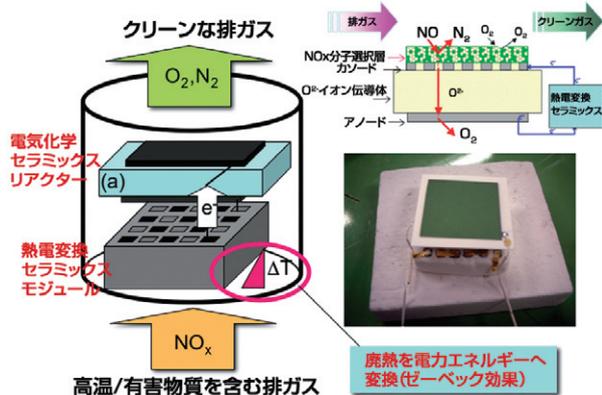


図1 廃熱発電を利用してNO_xを浄化するセラミックリアクター

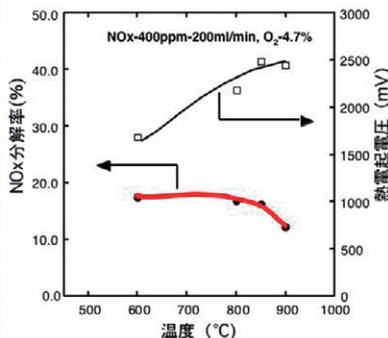
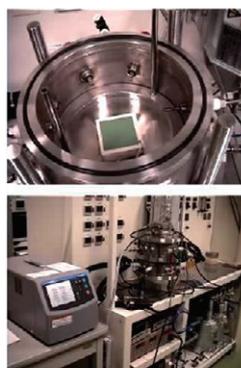
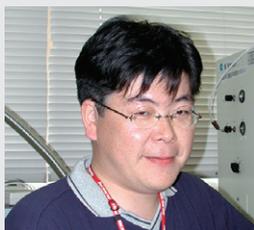


図2 開発した廃熱発電を利用するセラミックリアクターによるNO_xの浄化



ふじしろよしお
藤代芳伸
y-fujishiro@aist.go.jp
先進製造プロセス研究部門

関連情報

- 1) 淡野正信：AIST Today, vol. 1, No. 11-14 (2001) .
- 2) 藤代芳伸：AIST Today, vol. 3, No. 9, 13 (2003) .
- 3) 日刊工業新聞 (2004年11月11日) .
- 4) Y. Fujishiro, et al.: J. Ceram. Soc. Jpn., 112[5], 1075-1078 (2004) .

リチウム二次電池の低コスト化に道を拓く

マンガン系酸化物正極材料の開発

リチウムイオン二次電池は、現行二次電池の中で最も高いエネルギー密度を有するため、10年ほど前から急速に普及してきた。現在では、携帯電話、ノートパソコンなどの携帯型電子機器のほとんどにバッテリーとして搭載されており、情報化社会を担う必須の電源として定着している。今後は、燃料電池自動車、ハイブリッドカー搭載用などの大型電池としても実用化されるものと期待されており、その重要性はますます高まっている。従来、リチウムイオン二次電池用の正極材料としては、主として LiCoO_2 が使われていたが、コバルト原料の資源量および価格高騰の問題から、代替材料の開発が必要とされていた。

一方、我々は、正極材料酸化物について、単結晶試料を用いて精密な結晶構造、電子構造、物性の解析を行い、特にマンガン系正極材料に対して求められている構造安定性について基礎的な立場から検討してきた。その結果をもとに、高効率製造技術のひとつである低温合成プロセスによって、新しい正極材料の研究開発を行ってきた。

今回、ナトリウム化合物を出発原料に用いて、低温溶融塩中でイオン交換合成法により作製した $\text{Li}_{0.44}\text{MnO}_2$ (図1)が、4 V領域に

おいても充放電が可能であり、リチウム金属を負極とした電池においては、平均放電電圧3.61 V、初期放電容量168 mAh/gを達成できることが明らかになった(図2)。特に、4 V領域の放電電圧は、既存の LiCoO_2 よりも0.3 Vほど高く、また、マンガン酸化物系化合物の中で最も高い作動電圧である。これは、Liイオンの挿入・脱離反応を阻害する原料であるナトリウム化合物を起源として残存するナトリウムを、大幅に低減することに成功して得られたものである。さらに、マンガンの一部をチタンに置き換えることにより、高容量化(177 mAh/g)できることが明らかになった(図2)。

この材料は、資源量が豊富で安価なマンガン酸化物とチタン酸化物を活用するので、正極材料の価格を大幅に低減することができ、より大型で高性能なものが必要とされる燃料電池自動車やハイブリッドカーなどの車載用電池としての応用が期待できる。

今後は、今回得られた材料について、粒径制御、化学組成の最適化を行い、実用化に向けて炭素負極を使用した場合についての検討を行うとともに、さらなる充放電特性の改善を目指していく予定である。

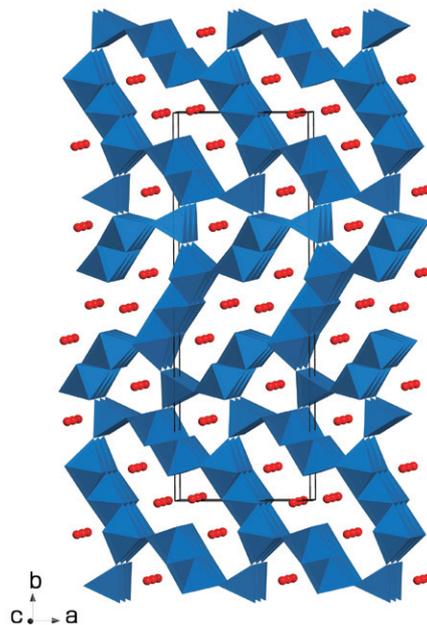


図1 $\text{Li}_{0.44}\text{MnO}_2$ の結晶構造

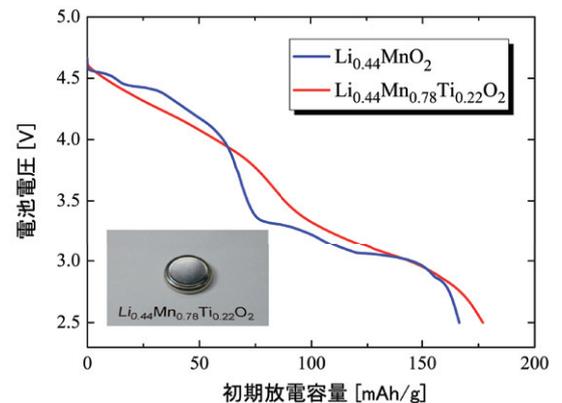


図2 本開発品の電池特性とチタン置換による高容量化

開発した新規 $\text{Li}_{0.44}\text{MnO}_2$ およびそのチタン置換体 $\text{Li}_{0.44}\text{Mn}_{0.78}\text{Ti}_{0.22}\text{O}_2$ を正極材料として、負極に金属リチウムを用いた 30℃における 4.8 V 充電後の初期放電曲線。

図中の写真は、試作したコイン型電池 (2032 セル)。



あきもとじゅんじ
秋本順二

j.akimoto@aist.go.jp
先進製造プロセス研究部門

関連情報

- 共同研究者：田渕光春、辰巳国昭(ユビキタスエネルギー研究部門)。
- AIST Today : Vol. 3, No. 7, p. 14 (2003)。
- 日経産業新聞, 日刊工業新聞, 化学工業日報, 科学新聞 : 2004.11.24 ~ 12.10
- プレス発表, 平成 16 年 11 月 22 日 : http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041122/pr20041122.html
- 本研究は、NEDO受託研究「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発(平成14~18年度)」により実施された。

Li金属極の充電性能を格段に高めるイオン液体を開発

最近のポータブル型電子機器の機能の向上は著しく、エネルギー密度の高い電池への要求は、ますます強くなっている。リチウム金属二次電池は、現状のリチウムイオン二次電池の2倍以上のエネルギー密度が期待できる究極の二次電池として世界的に研究開発が進められている。しかし、現在用いられているリチウム電池用の有機電解液中では、負極のリチウムが樹枝状形態に析出してしまふ(図1下)。このため、電池が内部短絡を起こしやすく、また化学的に活性なリチウム金属と可燃性有機溶媒が混在することで、実用化に耐え得る安全性を確保することが困難であり、リチウム金属二次電池の実用化には安全性を確保するために新規な難燃性電解質の開発が不可欠であった。

正と負のイオンのみからなる塩でありながら常温で液相であるイオン液体は、不揮発性でかつ広い温度範囲で化学的にも安定な液体であることから、難燃性電解質の候補の一つとして期待されるが、従来、リチウム金属と反応しないだけの耐還元性をもつイオン液体は存在しな

かった。

我々が開発したの環状4級アンモニウム-イミド塩からなるイオン液体電解質(図2)は、リチウム金属極に適用可能な耐還元性(図3)を持つとともに、本電解質中でリチウム金属極は有機電解液と同等の充放電効率を示すことが分かった。さらに図1下のとおり、溶解析出を繰り返したリチウム金属基板上へのリチウムの析出形態は、有機電解液の場合のような樹枝状ではなく、平滑であることが見出され、このイオン液体はリチウム金属極の性能と信頼性を格段に高めることが明らかになった。

さらにこのイオン液体も熱安定性が高く難燃性・難揮発性を示し、リチウム金属二次電池の安全性を格段に向上させ得ることから、リチウム金属二次電池の実用化に道を拓くと考えられる。

今後、厳しい充電条件下での安全性の検証を進めるとともに、イオン液体の純度や組成の最適化を進め、リチウム金属極の更なる効率の向上を目指していく。

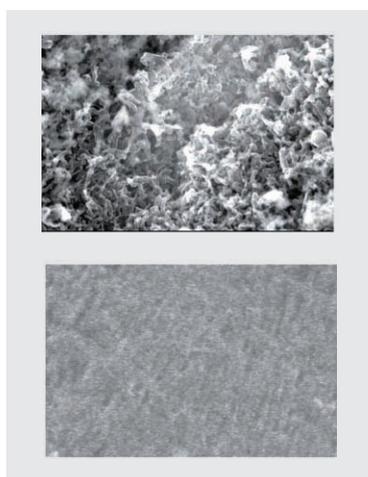


図1 リチウム析出形態
(上) 有機電解液中
(下) イオン液体中

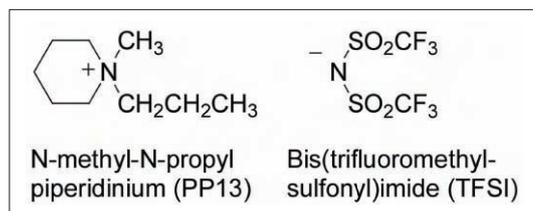


図2 本開発の非対称4級アンモニウム-イミド塩

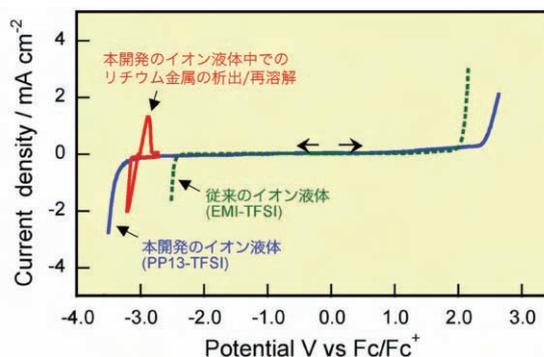
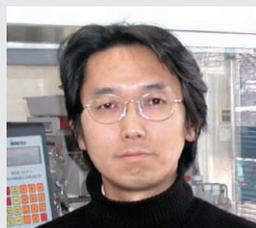


図3 本開発のイオン液体と従来品との使用可能電圧範囲の比較

関連情報

- 共著者：榮部 比夏里(ユビキタスエネルギー研究部門)。
- プレス発表、平成16年12月2日：http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041202/pr20041202.html
- H. Matsumoto, H. Sakaebe, K. Tatsumi : J. Power Sources in press.
- H. Sakaebe, H. Matsumoto : Electrochemistry Communication, Vol. 5, 594-598 (2003) .
- 特許第2981945号「常温溶解塩」(松本)。
- 本研究開発は新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託事業「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発-高性能リチウム電池要素技術開発(2002~6年度)」により実施。



まつもと はじめ
松本 一
h-matsumoto@aist.go.jp
ユビキタスエネルギー研究部門

17世紀の運動型地震後に海岸は数十年かけて隆起した

北海道で発生した巨大地震後の地殻変動

北海道東部の太平洋沿岸の検潮記録によると、過去100年間に年間約1cmの割合で海岸が沈降している。一方、同地域に分布する海成段丘は過去10万年の間に海岸がゆっくりと(年間平均0.02~0.05cm)隆起してきたことを示している。この測地的な時間スケール(100年程度)と地質学的な時間スケール(10万年)の矛盾する地殻変動の傾向は、歴史上知られていない海岸の隆起が発生したことを示唆する。

釧路支庁浜中町において行ったボーリング調査によって、海の泥が堆積する過去の入り江環境が、津波による堆積物が堆積した後で、泥炭層が堆積する淡水湿地環境に変化したことがわかった。この津波の前後の環境の変化は、地震に関連した海岸の隆起を示す。また、津波堆積物のすぐ上に堆積した火山灰層から、地震とそれに関係した海岸隆起は17世紀に発生したことが明らかになった。

当時の海岸隆起量を推定するために堆積物中の珪藻化石を調べると、津波堆積物が堆積する前には、海岸は沈降し続けていたことがわかった。津波堆積物の堆積以降は、この沈降傾向が逆転して隆起傾向となる(図1)。火山灰層と泥炭層の層厚から判断して、海岸は地震と同時に隆起したのではなく地震後にゆっくりと隆起したと考えられる。このような調査を、釧路支庁厚岸町から根室市までの12地域で行ったと

ころ、海岸の隆起量は1~2mと推定された。

海岸が隆起した原因を調べるために、プレート間の断層運動による地殻変動を計算し、珪藻化石から推定した海岸の隆起量の比較を行った。断層モデルとして、「通常のプレート間地震が発生する深さ(地震発生帯深さ15~55km)の部分ですべるモデル」と、「地震発生帯より深部(深さ55~85km)の部分ですべるモデル」を想定した。計算によると、地震発生帯の断層運動では海岸はほとんど変動せず、それより深部の断層運動では約1.5mほど隆起する。珪藻化石から推定された海岸の隆起は、地震発生帯より深部の断層運動によってのみ説明できる(図2)。

以上の結果は、17世紀に起きたプレート間地震の後に大規模な余効変動(地震後の地殻変動)が発生したことを示している。海洋プレートが陸側プレートの下に沈み込む地域では、プレート間において蓄積した歪は、地震動を伴った断層運動だけではなく本震後数日から数年の規模で継続する余効変動によっても解放される。

1960年のチリ地震(Mw 9.5)、1964年のアラスカ地震(Mw 9.2)では、地震後から現在まで数十年規模で余効変動が継続している。これらのようなM9クラスの超巨大地震に匹敵する規模の余効変動が北海道でも発生していたことが地質学的な痕跡から明らかになった。

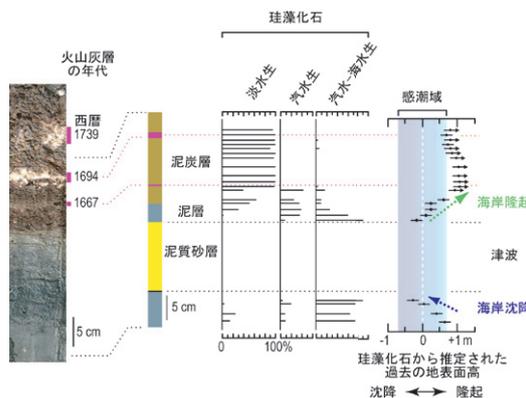


図1 海岸付近の地層(左の写真)に含まれる珪藻化石(中央の図)から、海岸の標高の時間変化(右図)を推定した。
Sawai et al., 2004 を改訂

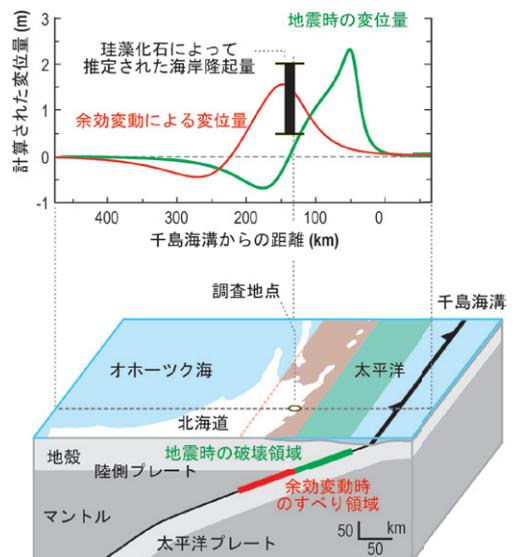


図2 珪藻化石から推定した17世紀の海岸隆起は、プレート間地震に伴う地殻変動(緑線)では説明できず、震源域より深部の余効すべり(赤線)によってのみ説明できる。
Sawai et al., 2004 を改訂



さわい ゆうき
澤井 祐紀
yuki.sawai@aist.go.jp
活断層研究センター

関連情報

- Y. Sawai, K. Satake, T. Kamataki, H. Nasu, M. Shishikura, B.F. Atwater, B.P. Horton, H.M. Kelsey, T. Nagumo, M. Yamaguchi: Science Vol. 306, No. 5703, 1918-1920 (2004).

薄膜物性の新しい測定方法

薄膜の密度を決めるには、その薄膜の質量と体積を測定する必要がある。質量は天秤を用いて測定できるが、薄膜の体積の測定は一般に困難である。当研究部門では、これまで圧力浮遊法による固体試料の超精密密度差測定技術の開発を行ってきた。今回紹介する方法は、薄膜の体積を測定する代わりに、薄膜を基板上に作製する前後の密度差を圧力浮遊法によって測定するものである。薄膜作製の前後の質量差と密度差の測定によって薄膜の密度を直接決めることができる(図1)。薄膜の密度が決まれば、それを作製した基板の表面積から、薄膜の膜厚も求められる。

二つの固体間の密度差を精密に測定する方法として、圧力浮遊法がある(図2)。固体試料をその密度と等しい密度の液体中に浸す。ここで液体の密度は液体自身にかかる重力により下にいくほど静水圧を受け重くなり、上下にごく僅かな密度勾配ができていますので、液体中の固体試料はちょうど液体の密度と釣り合う高さで浮遊静止する。この浮遊した高さ(静水圧)の違いから、固体試料間の密度差を精密に測定することができる。これが圧力浮遊法である。図3に当研究部門で開発した圧力浮遊装置を示す。実際の測定では、試料が浮遊した高さを測るとともに、液体に圧力を加えて液体を圧縮するこ

とにより液体の密度を制御している。測定は、液体の熱膨張による密度変化を防ぐため、室温近傍で $\pm 60 \mu\text{K}$ の精度で温度制御を行っており、シリコン単結晶での相対密度差測定では不確かさ 4×10^{-8} を達成した。

今回の測定では、シリコン基板の上にスパッタリングにより作製したモリブデン薄膜について、密度と膜厚の測定を行った。薄膜を作製する前の基板と薄膜付き基板との密度差を圧力浮遊装置によって測定し、質量差の測定は加重交換装置付きの電子天秤を用いて精密測定した。質量差の測定には空気浮力補正も含めてその不確かさは $\pm 5 \mu\text{g}$ である。今回提案する方法で測定したモリブデン薄膜の密度は相対不確かさ3.8%であった。この結果と薄膜の面積とから、約10ナノメートルのモリブデン薄膜について4.0%の不確かさで膜厚を決めることができた。モリブデン薄膜の密度はシリコン基板の密度より数倍大きいですが、基板の密度により近い密度の薄膜について測定を行えば、膜厚の密度測定の不確かさをより小さくすることができる。

この方法は質量測定と密度測定というきわめて信頼性の高い計測によって、薄膜の密度と膜厚を求めることができるので、バルクと薄膜の物性の違いを定量的に評価する方法として注目されている。

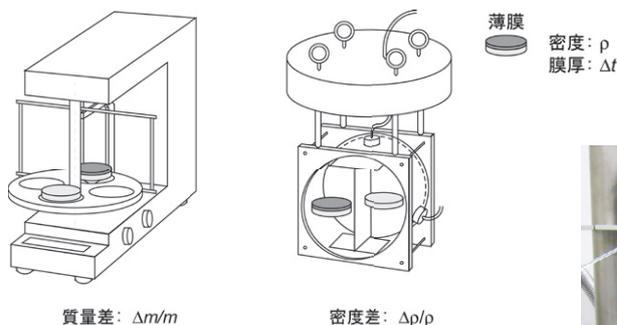


図1 密度差と質量差測定による薄膜の密度と膜厚の測定

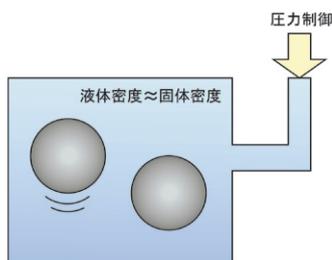


図2 圧力浮遊法による固体密度差の測定原理



図3 圧力浮遊装置
固体試料が入った圧力浮遊セルを真空断熱恒温槽から取り出した状態



わせた あつし
早稲田 篤
wasedaatsushi@aist.go.jp
計測標準研究部門

関連情報

- 共同研究者: 藤井賢一, 竹歳尚之(計測標準研究部門)。
- 特願 2003-406632「薄膜の膜厚及び密度の測定方法並びに測定装置」(早稲田, 藤井)。

温度定点による磁場中温度センサの評価

磁場中での測温技術の信頼性高まる

温度は日常生活でもごく身近な物理量で、生産現場をはじめ広い分野でその測定が求められている。最近、数T(テスラ)程度の磁場の導入が進んでいることから、そのような磁場中でも数mK程度の不確かさで温度を測定する技術の開発を進めてきた。最近、温度標準にも用いられる温度定点の磁場中における実現が可能となり、従来不可能であった高い精度の評価、様々な知見の蓄積が行われてきた。

身近で強い磁場といえば医療現場で使われているMRI(磁気共鳴画像)であろう。MRIはすでに国内で5000台を突破し、その多くは超伝導マグネットで1.5 T程度の磁場を発生している。また、10年ほど前からは冷凍機のみでマグネットを冷却し液体ヘリウムを必要としない超伝導マグネットの普及が始まっており、国内ですでに累計300台程度が出荷された。この場合の磁場は最高15 Tにのぼり、スイッチ一つで磁場を発生できることから生産現場など広い分野での応用が期待されている。

このような磁場の使用にあたり、磁場中で使用される温度センサに対する磁場の影響の評価が必要とされている。当研究部門ではこのニーズに応えるべく評価技術の開発を行っており、最近、温度標準を実現する技術である定点技術を磁場中で適用し、従来よりもはるかに高い信頼性での評価ができるようになった。現在、水の三重点(0.01 °C)と希ガスのアルゴンの三重点(83.8058 K)が定点として稼動中である。

図1は超伝導マグネットの細い強磁場空間で

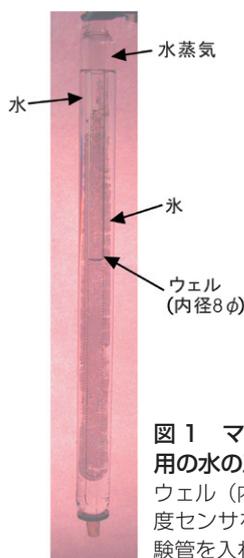


図1 マグネットポア用の水の三重点
ウエル(内径8φ)に温度センサを封じた極細試験管を入れ評価する。

使うために試作したガラス製の極細の水の三重点セルの写真で、ほぼ長さ30 cmである。暗く見えているのが氷(固相)でありその周りには水(液相)、上部の空間には水蒸気(気相)というように三相が共存する。これら三重点では様々な磁場の影響を考慮しても、15 T程度なら1 mK以内にウエルの温度が一定に維持されることから温度計の精密評価が可能となる。

図2は、白金抵抗温度計の評価例である¹⁾。白金抵抗温度計は広く使われている温度センサであり、使用可能温度域も極低温(14 K)から銀の融点(約962 °C)近傍にいたる。このセンサに対する磁場の影響は個体差などにより数10%程度異なることが知られており、磁場中での使用にあたり評価をあらかじめ行う必要がある。この評価を様々な温度で磁場中評価することに代えて水の三重点での測定のみから他の温度・磁場での影響を予測する手法を確立できれば、磁場の補正をはるかに効率的に行うことができる。図2がその例であり、水の三重点で決定した補正式(赤線)がアルゴン点での実験結果(■)を良く予測しており、事実上液体窒素温度以上のすべての温度域に適用可能であると期待される。

この定点を用いた評価技術は当研究部門において、磁場の影響が比較的小さい温度計に対し、その評価を精密に行う試みや²⁾、磁場に依存しない温度センサの開発などに生かされており、磁場中でも数 mK程度の精度で温度を測定するための技術的基盤が整いつつある。

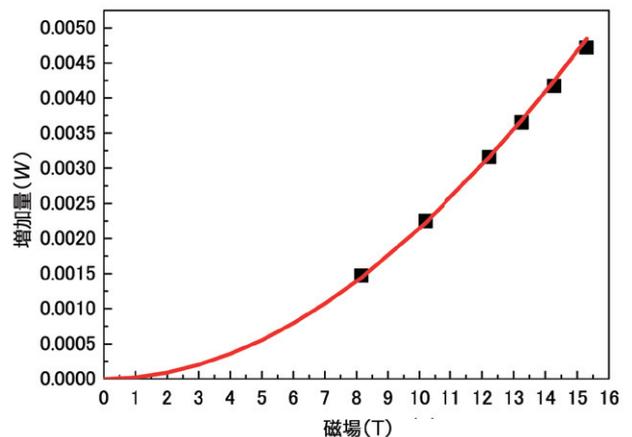
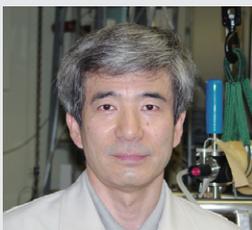


図2 アルゴン点における磁場の影響の予測(赤の実線)と実測値(■)



なら こういち
奈良広一

koichi-nara@aist.go.jp
計測標準研究部門

関連情報

- 1) K. Nara : IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol. 14, No. 2, 1798-1801 (2004) .
- 2) K. Nara : to be published in JJAP, Vol. 44, No. 3 (2005) .

フェムト秒光パルスを用いた分子配向のコヒーレント制御

気体や液体の物性を計測する場合、分子はランダムな速度、配向(分子軸)で飛び回っているため、測定結果は速度分布や配向分布を伴うことは避けられない。分子の運動状態(並進、振動、回転)を単一化してやれば解析可能な情報量は飛躍的に増え、高度な計測が可能となる。反応制御や物質合成の場合にも状況は類似しており、低収率、低選択性の原因は原子分子の運動状態の分布によるところが大きい。分子の運動状態の単一化操作は、高効率性、高選択性、機能性材料の創生にとってのキーテクノロジーとなる。

レーザー光を用いた分子操作は、ある特定の量子状態に遷移させてやることによって、多数個からなる分子集団に対して特定の運動状態だけにできるという特徴をもっている。これまでの代表例として、レーザー冷却による並進運動の制御が挙げられる。しかし、分子の回転状態を制御して気体や液体分子を配向整列させるといった分子操作は困難であった。それは、光による分子操作は分子のもつ双極子と光電場との相互作用に基づいているため、時間的に方向が反転しながら振動する通常の光電場では分子双極子の方向を一定の向きに揃えることができないからである。

我々は、位相制御光と呼ばれる特殊な光を用いることによって気体分子の頭と尻尾を区別した分子配向制御を世界に先駆けて実現した^{1,2)}。位相制御光とは、異なる波長のレーザー光の相対位相を精密に制御して重ね合わせた

光を指す。例えばレーザーの基本波とその第二高調波の相対位相を0または π に固定して重ね合わせれば、その光電場は正負に対して図1(a,b)のように異方的な波形となる。位相制御された光電場が分子の双極子を動的に配向させることにより、通常の光では不可能な(頭と尻尾を区別した)分子配向を識別することが可能となる。このように光の位相によって物質を制御する手法はコヒーレント制御と呼ばれている。我々は、これまでに位相制御されたフェムト秒光パルス(パルス幅:130fs、波長800nm+400nm)を用いて分子配向のコヒーレント制御を行い、光分解生成物の前方放出成分と後方放出成分の比から分子配向を観測した(図2)。そして本手法が、(1)共鳴遷移を必要としないため光の波長を変える必要がなく、物質の種類に依存しない手法であること、(2)2原子分子だけでなく複雑な多原子分子でも配向制御が可能であり、適応範囲の広い汎用的な手法であることを実証した。

さらに我々は本手法を応用して、気体分子を配向整列させることにより、質量だけでなく分子構造の同定までできる質量分析装置の開発へと発展させている³⁾。コヒーレント制御で分子を配向整列させ、分子の立体構造の情報を保ったまま光イオン化と光分解をフェムト秒の時間スケールで瞬間的に行い、その分解生成物の飛び散り方から質量だけでなく構造決定まで行うこれまでにない高度な計測装置の開発を目指している。

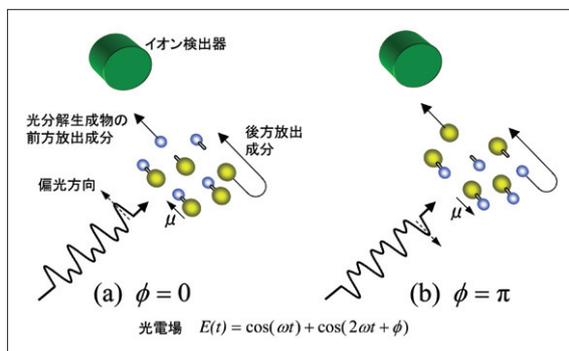


図1 位相制御されたフェムト秒光パルスによる分子配向のコヒーレント制御とその観測法

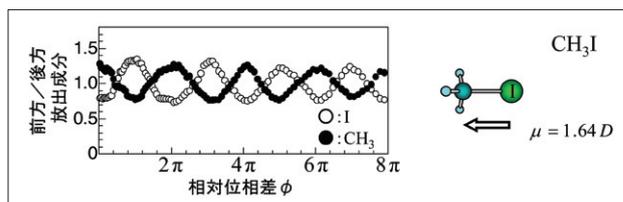
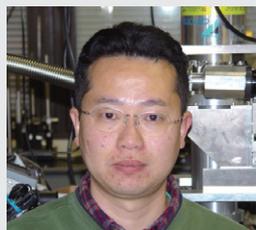


図2 分子配向のコヒーレント制御の観測例



おおむらひでき
大村英樹
hideki-ohmura@aist.go.jp
計測フロンティア研究部門

関連情報

- 1) H. Ohmura, T. Nakanaga, M. Tachiya : Phys. Rev. Lett. Vol. 92, 113002 (2004) .
- 2) H. Ohmura, T. Nakanaga : J. Chem. Phys. Vol. 120, 5176 (2004) .
- 3) 特願 2004-157488 「配向分子質量分析装置」(大村英樹) .

湿度標準の現状と供給範囲の拡大

計測標準研究部門 北野 寛

湿度の標準

空气中、或いは一般的に気体中の水蒸気濃度を表す湿度は、温度と並ぶ環境の重要なパラメータであり、気象現象や日常生活と密接に関係している。このような身近な環境ばかりではなく、各種の産業で生産工程の環境管理などでも重要になってきている。さらに高温高湿での材料試験や、乾燥ガス中の極めて少ない水分の測定など、湿度測定の範囲は拡大している。

これらの湿度測定の要求に応えるために、産総研計量標準総合センター (NMIJ) では、1998年に露点 -10°C から 23°C の範囲について計量法に基づくトレーサビリティ制度による湿度標準の供給を開始し、その範囲を低湿側 -70°C と高湿側 85°C に順次拡大してきた。高湿度への拡張については、2004年10月13日の経済産業省計量行政審議会計量標準部会の承認を経て11月25日に官報告示された。

高湿度標準の範囲拡大

高温高湿度の正確な測定は環境試験の分野で必要とされている。試験の対象となる製品は多岐にわたるが、代表的なものは電気・電子部品

である。これは湿度と温度のストレスを加えることにより電子部品等の試験をするもので、電子機器の信頼性を確保する上で重要である。

図は標準の湿度を発生させる装置である。発生の原理は2圧力2温度法と呼ばれるもので、水蒸気の飽和を基準として、正確に湿度の定まった気体を発生させるものである。温度と圧力を制御して水蒸気で飽和した空気を作り、この空気の温度を変えることと圧力を下げることで任意の湿度を発生させることができる。この装置は -10°C から 23°C の露点を発生させるものと同じであるが、高温、高湿度の発生のために、前置飽和槽や途中の配管の加熱・温度制御を強化している。この装置により露点 23°C から 85°C の範囲を不確かさ 0.09°C から 0.12°C で標準供給することが可能となった。

湿度標準の国際動向

計量標準の分野の国際的な動向として重要なものに、国際相互承認 (MRA)への対応がある。湿度分野でも世界各国の国家標準の同等性確保が急務であり、現在 CCT (測温諮問委員会)による露点 -50°C から 20°C の範囲の国際比較が、露点計を仲介

標準器として持ち回り測定することで進行中である。NMIJはこれに参加しており、1回目の測定を2003年9月に実施した。高湿度の領域や -50°C 以下の領域のCCTによる国際比較については現在のところ計画がない。

標準供給の国内状況

1998年に湿度のJCSSを立ち上げたが、最初の認定事業者が誕生したのは2001年10月である。その後順調に認定事業者は増加し、2005年3月現在では4事業者が露点 -10°C から 23°C の範囲について、一般ユーザへ湿度標準を供給している。今後は認定事業者の供給範囲が低湿度と高湿度へ拡大することが期待される。

湿度の認定事業者はNMIJで校正された露点計を標準器とし、温度の標準とともに相対湿度の目盛りを組み立てて、一般の湿度測定に広く使われる相対湿度目盛りのついた電子式湿度計の校正に応じている。

今後の展開

NMIJの湿度標準は露点 -70°C から 85°C にわたっており、世界的に見ても広い範囲を供給できるようになった。しかし、例えば半導体製造の分野ではさらに露点 -100°C に達する低い湿度を正確に測定する必要があるとされ、現在これについては、微量水分の標準の開発を進めている。一方、露点 100°C を超えるような加圧された状態での湿度についても最近では標準が議論されるようになってきた。この領域ではまだ合意された標準がなく、標準の定義も含めた研究が必要となっており、今後研究を開始する予定である。

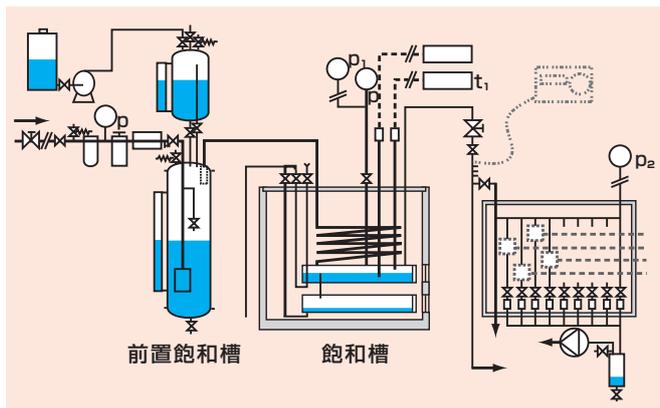


図 標準湿度発生装置の概要

地質図情報のコードを示す標準仕様書

地質図-記号, 色, 模様, 用語及び地層・岩体区分を示すコード群

地質調査総合センター 産学官連携部門工業標準部

JIS化を見据えた地質図記号類

TS (標準仕様書)は、将来のJIS化を前提に広く意見を求めるために公表される資料で、これまでのTR (標準情報)に替わるものである。TS A 0019「地質図-記号, 色, 模様, 用語及び地層・岩体区分を示すコード群」は、産総研地質調査総合センターが中心となってまとめたもので、2005年2月に日本工業標準調査会の調査審議を終え、5月初旬に経済産業大臣から公表される予定である。

TS公開の背景と目的

現在、政府は、国際標準に準拠した国内地理情報標準に基づいて国土空間情報提供を進めており、地質図についても国土空間情報のひとつとして公開される予定である。産総研では、これに合わせて、地質図の属性データ処理・高度利用を可能にするために必要となる規格の整備を急いでおり、今回公開されたTS A 0019もその一つである。

このTSでは、主題属性を利用者が理解できる表現形式や言語に変換可能なベクトル数値地質図で用いる主題属性コードを規定している。数値地質図にはラスタ形式のものもあるが、ラスタ形式では印刷された地質図と同様に主題属性の表示方式が固定されているので、そのままでは主題属性変換はできない。

地質図の主題属性のうち、記号、色、模様、用語については、国内で統一された基準として、日本工業規格JIS A0204:2002 (地質図-記号, 色, 模様, 用語及び凡例表示)がある。しかし、主題属性の表現形式については、海外においては元より、国内においてさえ異なっており、また、地質図以外の図と合わせてデータ処

表 地質記号のコードの例

地質記号	対応する記号 (JIS A 0204)	コード							
		1	0	5	0	0	1	1	0
実在活断層		1	0	5	0	0	1	1	0
伏在活断層		1	0	5	0	0	1	3	0
実在地震断層		1	0	5	0	0	2	1	0
実在背斜		3	0	1	0	2	0	1	0
推定転倒活向斜		3	0	1	0	3	1	2	0
水蒸気井		5	2	3	0	0	0	0	0
油・ガス徴		5	2	0	0	0	0	0	0

理する場合は、異なった表現形式をとらざるをえないこともある。

作成者の間で表記(言語を含む)が異なると、地質図から必要とする情報を読みとる際の妨げとなる。理解できる表記に変換するためには、間にコードを介在させるか、シソーラス(意味で整理した辞書)を用意する必要がある。主題属性コードは、それが指定する対象さえ定義しておけば、表現方式や言語を問わず互換可能であるだけでなく、シソーラスに比べて統計処理が迅速に行える利点がある。

公開されたTSの内容

コードを規定した主題属性は、基本的にはJIS A 0204に従って、地質学的属性の記号、色、模様、地質時代、地層・岩体の区分単位、岩石の種類と岩相、鉱物の種類、鉱産物の種類及び化石の種類の9項目とした。これらをコード化するには各項目を系

統的に分類しておく必要があり、また、必要に応じて追加や削除、あるいは転換できるようコード自体も体系化しておく必要がある。各項目の分類体系は広く流布しているものが望ましいとの立場から、例えば、火成岩及び変成岩の種類については、国際地質学科学連合勧告の定義と分類体系に基づいて岩石コードを規定した。各項目のコードは組み合わせ可能で、個々の地層・岩体の詳細は、時代コード、岩石コード、岩相コードを組み合わせることで表現することができる。

今後の課題

地質図及びその属性データの利用を促進するには、主題属性コードだけでなく、地質図の印刷技術・情報処理技術及び地質要素についての適切な標準(分類、定義及び記述法を含む)を可能な限り整備することが必要となる。

河川流域化学物質リスクの評価システム 産総研-水系暴露解析モデル(AIST-SHANEL)の公開

化学物質リスク管理研究センター 石川 百合子

AIST-SHANELとは?

2001年のPRTR法の施行以降、化学物質の排出量の詳細なデータが入手できるようになった。これらの排出量データから、暴露濃度との関係を調べることで、化学物質のリスク評価やリスク管理を行うことが求められた。水系においては、化学物質の観測データが非常に少ないため、暴露濃度を推定するモデルが必要とされる。産総研では、PRTRの排出量データをもとに、流域における化学物質の水系暴露濃度を推定し、生態系への影響や排出源の対策効果の評価を行うことのできるシステムを開発した。このシステムは、「産総研-水系暴露解析モデル“National institute of Advanced Industrial Science and Technology - Standardized Hydrology-based Assessment tool for chemical Exposure Load (AIST-SHANEL)”」として、2004年9月にVer. 0.8βが、同年11月にVer. 0.8が公開された。

AIST-SHANELの構成と機能

AIST-SHANELは、SHANELとTurbo-SHANELの、2つの解析ツールで構成されている。流域における暴露濃度について、前者は時空間的に詳細な推定を行うために用いられ、後者

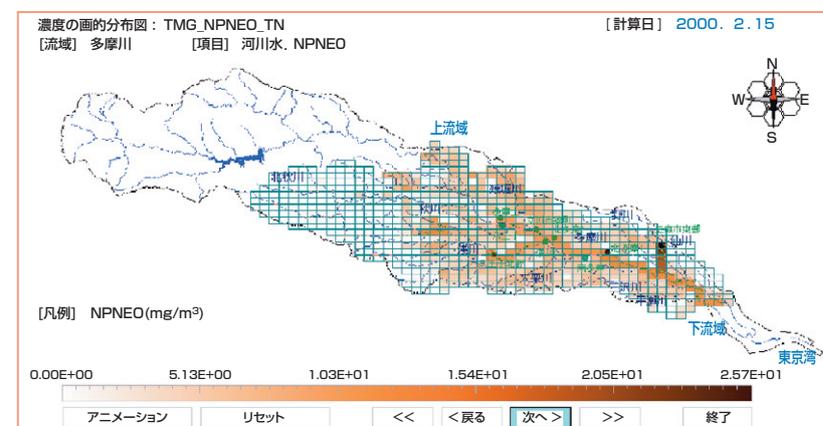


図1 2000年2月15日のノニルフェノールエトキシレートの河川水濃度の面的分布

は短時間で任意の流域全体の大まかな暴露濃度を推定するために使われる。

SHANELでは、多摩川(東京都、神奈川県)、日光川(愛知県)、石津川(大阪府)、大聖寺川(石川県)の4つの流域について、1998年から2000年の3年間の1×1kmメッシュの日単位の河川水および河川底泥の暴露濃度を計算することができる。解析機能として、暴露濃度の面的分布(図1)、時系列図、河川縦断面図や、生態リスク評価(図2)のほか、物質の流出特性や物質収支などがある。

Turbo-SHANELでは、任意の流域における晴天時の河川水中濃度を大まかではあるが即時に計算できる。ユーザーは、対象とする化学物質のPRTRのデータに基づいた全国の水域への排出量、有機炭素水分配

係数、河川水における半減期、対象とする流域の流域面積と都市化度を入力するだけで、対象流域の晴天時における暴露濃度のレベルを知ることができる。

AIST-SHANELの支援内容

AIST-SHANELは、化学物質の水系リスク評価の普及を目指して、次のような支援を行う。

- ある業種の企業が自社製品の自主管理をする場合、排出量を削減した場合の効果を暴露濃度で評価する。
- 地方自治体などで化学物質の管理を行う部局やNPOが、地域のリスクを推定する。
- 教育研究機関において、水系における化学物質のリスク評価の教材として利用する。

今後の計画

2005年度には、AIST-SHANEL Ver. 0.8を全国の主要な広域水系へ拡張し、さらに、小規模の水系暴露解析ツールも搭載してVer. 1.0として公開する予定である。AIST-SHANELに関する情報は、当研究センターのホームページ <http://www.riskcenter.jp/SHANEL/> でご覧いただきたい。

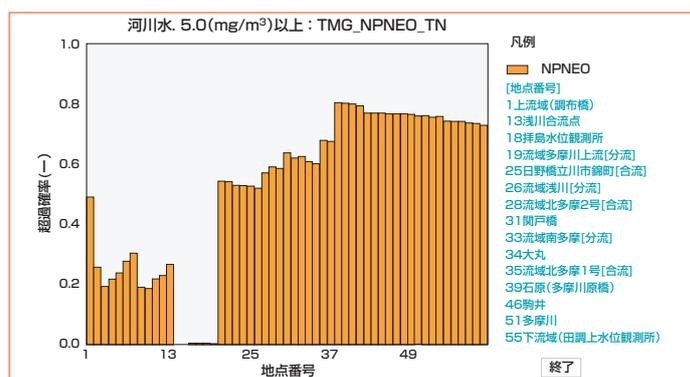


図2 多摩川本川の上流から下流におけるノニルフェノールエトキシレートの河川水濃度および5.0 (mg/m³)以上の超過確率

DAI-PACKの開発による海底調査の発展 世界最大の海底溶岩流の発見

地質情報研究部門 岸本 清行

海底の地質構造を精度よく調べる

地質の調査においてもツールの開発は重要である。産総研の前身である工業技術院の地質調査所に海洋地質部が発足して30年以上経過するが、今も、音波(低周波～高周波)は、海域(水圏)での地質調査で主要な調査ツールのひとつである。水中では光や電波が伝わりにくい一方で、音波はよく伝わるといった性質があり、海洋調査における音波探査装置は我々にとっての目であり、ものさしとなっている。音波探査が利用する原理は、医療診断で用いる超音波エコーやCTスキャン技術と同じと考えてよい。我々のグループは海底および海底下の地質構造の探査精度(分解能)を向上させるために、『海底に近づいて測定する』というシンプルな発想のもとに技術開発と改良を続けてきた。一方、海洋研究の進展により、研究手法が高度化・精密化するとともに、有人深海潜水船や水中無人探査機(ROV: Remotely Operated Vehicle)の開発・利用に

よって海底近傍での高度な観測・実験が可能となっている。

DAI-PACKの開発

“Deep sea Acoustic Imaging Package”のイニシャルから名付けたDAI-PACKという装置は、有人潜水船やROV等に搭載し、音波で「海底面を写真で見えるように観察する(サイドスキャンソナーによる面的調査)」、また「海底下の地質構造をできるだけ詳細に測定する(サブボトムプロファイラーによる地下構造探査)」ツールである。日本語で言えば「深海底精密地質構造探査装置」であろうか。

DAI-PACKの外観を図1に示す。この装置利用に関連した特許も取得した。

世界最大の海底溶岩流の発見

2004年7月、産総研、静岡大学、海洋研究開発機構および米国の大学による共同研究「南部東太平洋海膨におけるオフリッジ海底火山の研



図1 深海底精密地質構造探査装置(DAI-PACK)の構成

究」による調査航海が有人潜水船「しんかい6500」とその母船「よこすか」を用いて実施された。

しんかい6500に搭載されたDAI-PACKは海底直下の堆積層の連続地層断面図を取得することに成功した。潜水船の窓からの目視観察では、堆積物が雪のように覆っているため段差地形や崩落崖として所々に顔を出す溶岩流しかその存在が認識できないが、DAI-PACKの記録には厚さが数十cmしかない非常に均一な堆積物の下に、これまでに知られている世界最大の海底溶岩流の存在が確認された。観測された溶岩流の産状や地形と、堆積層の厚さから推定される年代などの情報を総合して、約2万年～3万年前に一気に噴火したと推定された。この成果は2004年10月の日本火山学会と同年12月の米国地球物理学会で発表され大きな反響を与えた(図2)。

今後、この装置を精密地質調査が必要なあらゆる現場で用いてその成果を役立てていきたいと考えている。

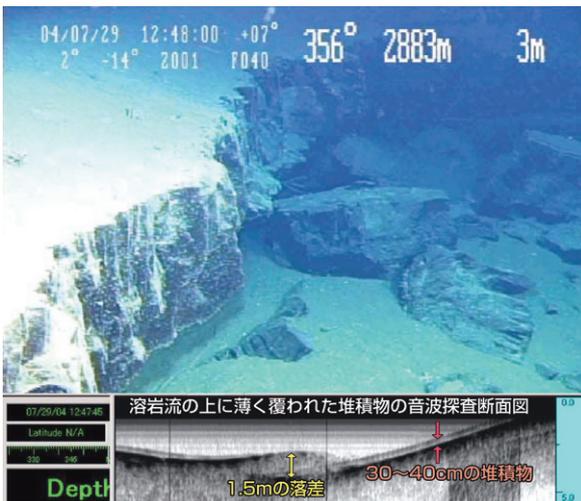


図2 しんかい6500から撮影された海底溶岩流の崩落崖とDAI-PACKの記録例

関連情報

- Nishimura, K., Kisimoto, K., Kuramoto, S. and Oda, K.: Development of deep-tow sub-bottom profiling system, TECHNO-OCEAN2000 International Symposium, 2000.11.10
- 特許第3561881号, 2004年6月11日, 「水中移動体の測位装置」(西村清和)
- Kisimoto, K., et al. Largest Off-axis Lava Flow Field From the Southern East Pacific Rise at 14deg S - Preliminary Results of NIRAI-KANAI Cruise leg 1, YK04-07 Yokosuka/Shinkai6500 Dives, AGU, 2004. 12

酵素触媒機構データベース：EzCatDB

酵素触媒機能の理解から創薬へ

生命情報科学研究センター 長野 希美

従来の酵素分類DBの問題点

酵素の立体構造、リガンドの化学構造、酵素とリガンドの相互作用など様々な角度から酵素の触媒機構を詳細に理解することで、酵素に特有な阻害剤・活性化剤などをデザインすることが可能になると考えられる。しかし、酵素にまつわる情報はまだ十分に整理されているとは言えない。従来の酵素の分類であるEC番号は、主に基質・産物の化学構造や触媒反応に関わる補酵素などに基づいて分類が行われており、触媒機構において重要であるタンパク質の配列情報や立体構造に関する情報が全く考慮されていない。

例えば、異なるフォールドやスーパーファミリーに属する酵素でも、類似の反応を触媒するのに対して、同じ配列ファミリーに属する酵素でも異なる戦略で触媒機能を担うこともある。

EC番号では、そのような詳細な触媒機構を反映することは難しい。また、酵素によっては1種類の反応だけでなく複数の基本反応(加水分解反応、転移反応、解離反応など)を組み合わせた複雑な反応を触媒することもあり、そのような場合も、

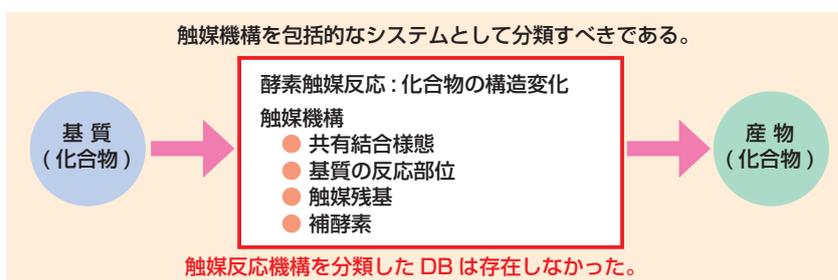


図1 酵素触媒反応に関わる要因

一つのEC番号だけで触媒機構を表現するのは困難である。

立体構造DBの現状

他方で、タンパク質の立体構造のデータは、現在、Protein Data Bank (PDB) に2万エントリー以上登録されているが、PDBの酵素立体構造データには、タンパク質のみならず、基質・産物・補酵素あるいは反応中間体そのもの、あるいはそのアナログ化合物や遷移状態のアナログなど重要なリガンド情報も多数含まれており、PDBそのものが創薬を行う上でリード化合物候補の宝庫となっていると考えられる。それに関わらず、PDBを含めて従来の立体構造関連のデータベースでは、酵素タンパク質とリガンドとの関係がアノテーションされていない。また、創薬を目指す観点から

は、立体的な機構を考慮することも重要であると考えられる。

酵素触媒機構DBの構築から創薬へ

上記のような問題点を踏まえて、図1に示すような触媒機構を決定する要因を考慮しながら、酵素とリガンドの反応部位に特に注目して、酵素立体構造のPDBデータにおけるリガンドのアノテーションから酵素触媒機構の系統的な分類まで行う酵素触媒機構データベース：EzCatDBを開発した。

このデータベースでは、次のように酵素触媒機構を4つの階層に分類している。

- 基本反応
 - リガンドの反応部位の構造
 - 触媒機構の種類
 - 酵素側の触媒残基、補酵素の種類
- これは、世界的にも新しい試みである。

また、酵素触媒反応におけるネイティブな化合物(基質、産物、補酵素)以外に反応中間体化合物やそれらの類似化合物(アナログ化合物)の解析も行っている。こうしたアナログ化合物のデータから創薬におけるリード化合物のデザインに貢献できるのではないかと考えている。

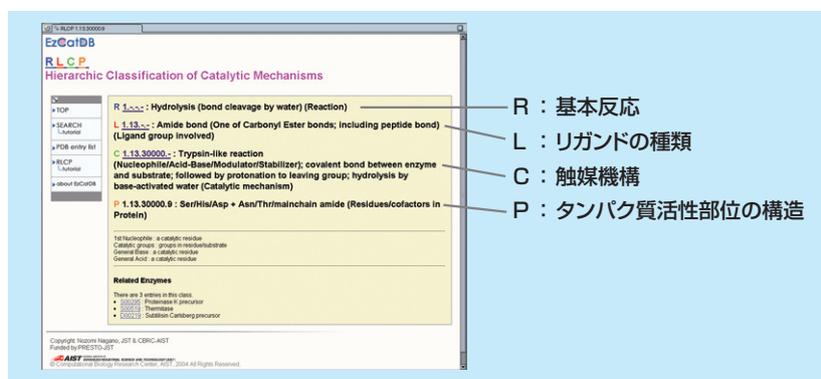


図2 階層的触媒機構分類；RLCP (トリプシン型触媒機構の分類例)

関連情報

- (1) Nozomi Naganu: Nucleic Acids Research, 33 Database Issue, D407-D412 (2005)
- (2) 触媒機構データベース EzCatDB の URL: <http://mbs.ebrc.jp/EzCatDB/>

表 アウトプットとアウトカムの分類

アウトプットの整理	アウトカムの整理			
	種類 貢献分野	直接アウトカム	間接アウトカム	期待アウトカム
		直接的	波及効果のイメージ	将来への期待
1. 技術開発 ・メカノケミカル法による高純度β-TCPの製造技術 ・微細粉末の鑄込み成形技術 ・焼結による高強度化技術 2. 技術基盤 ・組織培養法による生体適合性評価技術 3. 技術移転 ・共同研究（企業） 「β-TCPの多孔質化技術」 ・技術指導 「セラミックス関連企業を中心」 ・学会、委員会活動	研究開発力向上 (学術貢献)		・セラミックス協会生体関連材料部会を主導	
	技術波及 (産業・経済貢献)	・β-TCPの高純度製造技術の波及 ・β-TCPの多孔質化技術の開発	・他企業における機能性セラミックスの技術開発促進	・共同研究企業での骨組織再生加速技術への展開
	経済効果 (産業・経済貢献)	・製品化と販売 ・人工骨市場の拡大 (約10億円/年)	・他企業での製品化への波及 (歯科用セメント製品など)	
	国民生活・社会レベルの向上 (社会貢献)		・人工骨の利用による治療期間の短縮 ・国民の健康維持への貢献	
	政策へのフィードバック (国・自治体への貢献)		・ナショナルプロジェクト主導による福祉技術開発の促進	
特に国際的な波及 (国際貢献)		・韓国におけるナショナルプロジェクト設立支援 (高齢化対応技術開発)		

でも特許出願から製品化まで14年間かかっており、その間の持続的な事業化意欲が重要となっている。

③ 産業・社会の動向

少子・高齢化社会の到来により、人工骨に対するニーズが高まっている時期と重なった。また、人工骨に対する臨床医の理解も従来より深まりつつあり、人工骨市場の拡大に繋がっている。

5.特許分析によるアウトカム追跡

産総研が開発した技術の波及効果を特許の分析を通して追跡調査した^{注2)}。人工骨補てん材の特許出願動向から知財系譜図を作成し、技術開発の経緯と其中で産総研が果たした役割を明らかにすることをめざした。

人工骨の技術開発の流れは図2の

ようにまとめられた。特許出願動向の分析から、産総研は、生体吸収性、骨置換性に優れた第4世代の人工骨の開発で大きな役割を果たしたことが明らかになった。また、共同研究先企業が細胞増殖能に優れた再生医療材料開発についても産総研(他研究グループ)と連携するなど、企業との連携拠点として産総研が活用されている状況が明らかとなった。



図2 人工骨に関する技術開発の流れ

注1：混合や攪拌などの機械的な力で化学反応が進み、新たな化合物が生成する反応をメカノケミカル反応と呼ぶ。

注2：「特許を活用したアウトカム追跡手法に関する調査(3)骨補てん材」技術情報部門報告 2005年1月。

お問い合わせ

技術情報部門

- E-mail : tid-geneaff@m.aist.go.jp
- URL: <http://unit.aist.go.jp/techinfo/>

特許

第 2884073 号 (出願 1997.3.7)

超耐熱性のケイ素系ポリマー T₈-ジイン及びその関連ポリマー

●関連特許(特許: 4件 出願中: 国内1件、海外2件)

1. 目的と効果

耐熱性ポリマーは、その使用条件が厳しくなるにつれ、より高度な性能を要求されつつあります。しかし、従来の有機ポリマーでは限界があるため、本来的に耐熱性の高い無機ブロックを導入した有機・無機ハイブリッドポリマーを合成し、その可能性を試験しています。

本研究では、特に、有機ケイ素ポリマーに注目し、耐熱性が期待できるオクタキス(シルセスキオキサン)ブロックと、ジイン、ジエン等不飽和二官能性有機モノマーのヒドロシリル化共重合により、高機能な有機・無機ハイブリッドポリマーを開発しました。

[適用分野]

- 耐熱膜 ● 絶縁膜 ● レジスト膜 等

2. 技術の概要、特徴

オクタキス(ヒドリドシルセスキオキサン) (T₈)と1,3-ビス(フェニルエチニル)ベンゼンの共重合体(T₈-ジイン)は、熱重量分析TGAで窒素中5%重量減温度(T_{d5})が1000℃を超え、また空气中T_{d5}が584℃と、高い熱安定性を持つもので、有機溶媒可溶であり、スピンコート等で薄膜とした後、熱硬化することにより、密着性の良い硬い透明膜となります。この膜は吸湿性が無く、比誘電率は2.4~2.6の値を示します。

また1,3-ジビニル-1,1,3,3-テトラメチルジシロキサンとの共重合体(T₈-ジエン)は、100℃程度の融点を示し溶融成型が可能であり、いったん硬化した物は融解しなくなります。耐熱膜、絶縁膜、レジスト膜等の用途を期待しています。

3. 発明者からのメッセージ

本ポリマーは高い耐熱性と溶媒可溶性を併せ持つ、特徴あるポリマーと考えています。ポリマーの合成法は確立していますが、共同研究等によって用途開発をして下さる方を募集しています。

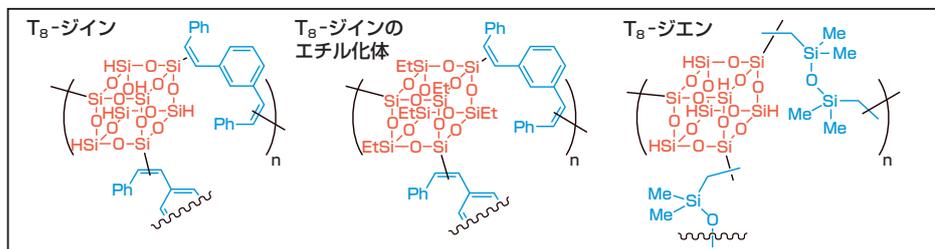


図1 T₈-ジイン及び関連ポリマー

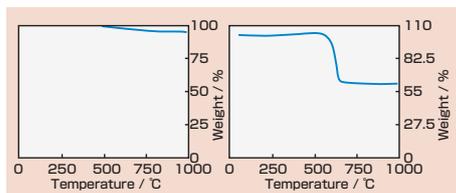


図2 T₈-ジインの熱重量分析
(左:窒素、右:空気)

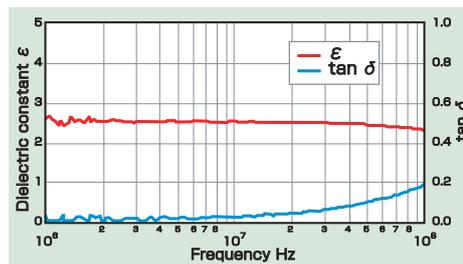


図3 T₈-ジインの比誘電率

特許

第 3600856 号 (出願 2001.2)

ナノポーラス薄膜を利用したガスセンサー 表面光電圧型 NO_x ガスセンサー

● 関連特許(出願中: 3件)

1. 目的と効果

従来の分析機器は、高価であるうえに大きな設置スペースが必要であり、データ取得に手間や時間がかかるなどの問題点がありました。また、従来のガスセンサーの研究は、金属酸化物など酸化還元反応を利用した感応膜を用いられていましたが、作動温度が高くて、室温の検出が難しく、環境センサーとして一般に感度が不十分でした。

この技術は、周期的なナノサイズの細孔構造と高い比表面積を有するナノポーラス酸化物の、半導体デバイスとの融合によって得られたもので、環境汚染ガスである NO、NO₂などを ppb-ppm の範囲で、コンパクト、かつ簡便・迅速な検出が可能なガスセンサーを開発するのに利用できます。

[適用分野]

- 機能性多孔質薄膜
- ガスセンサー
- 分析機器

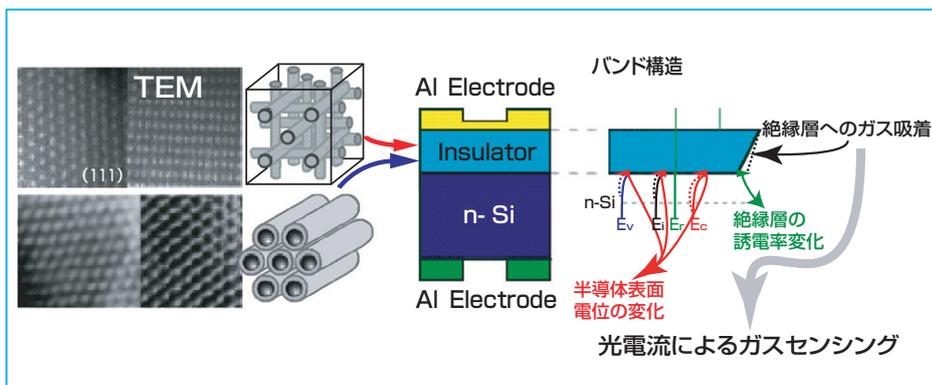
2. 技術の概要、特徴

界面活性剤のミセル構造を超分子鋳型として利用し、ゾルゲル反応によりシリカを、そのミセル表面上にフレームワークとして生成させ、分子鋳型を焼成除去することによりナノポーラス薄膜を作製しました。均一かつ3次的に数ナノ細孔を有するナノポーラス薄膜を金属-絶縁体-半導体(MIS)デバイスと融合して、新型表面光電圧(SPV)ガスセンサーを開発しました。

このガスセンサーでは、室温における ppb-ppm 範囲で、NO_x (NO と NO₂) のセンシング機能を確認しました。選択性能をアップするために、ナノフレームワークに触媒効果を有する遷移金属酸化物 (SnO₂, WO₃, V₂O₅ etc) を導入し、特定の有害化学物質に対して特異的な認識能を与えることも可能です。

3. 発明者からのメッセージ

センサー、分析などに関して、ナノテクノロジー、ナノポーラスの特徴を生かした新型環境検出素子技術開発を目指した産業化のために、現在、共同研究先と技術移転先を求めています。



ナノポーラス薄膜を利用した表面光電圧型ガスセンサーのイメージ図

－ エネルギー技術研究部門 －

PATENT

● 連絡先
産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)
紹介案件担当者 山上
〒 305-8568
つくば市梅園 1-1-1
産業技術総合研究所
つくば中央第 2
TEL 029-862-6158
FAX 029-862-6159
E-mail:
aist-innovations@m.aist.go.jp



Materials Research Society 2004 Fall Meeting で、ポスター賞を2日連続受賞

世界最大規模の材料工学・ナノテク関係の学会であるMaterials Research Society (MRS) の2004年秋季大会において、産総研のユビキタスエネルギー研究部門の研究者が、二日連続でポスター賞を受賞するという快挙を成し遂げました。2004年11月29日に市川聡氏(写真左中央)が「Electron Holographic Characterization of Nano-Hetero Interface Effect in Gold Catalysts」で受賞し、翌30日には、秋田知樹氏(写真右)が「Analytical TEM Study of the Degradation Phenomena in Proton Exchange Membrane Fuel Cell」で受賞しました。

前者は、金/酸化チタン触媒をはじめとする金属/無機

ナノヘテロ界面触媒の原子・電子構造を電子線ホログラフィー法で明らかにし、第一原理計算とも組み合わせて触媒機能のメカニズムに迫ったもの、後者は、高分子型燃料電池の劣化メカニズムを探るため、分析電子顕微鏡法により、燃料電池電極触媒のナノ構造の変化を初めて詳細に明らかにし、メカニズムの解明に迫ったものです。ポスター賞は、毎日、数百件の発表のうちから4件のみが選定されます。2日続けて同じ研究機関が受賞したことは、産総研がチャレンジングな課題で高レベルの成果を上げていることを実証し、世界にアピールするものです。

<http://unit.aist.go.jp/ubiqen/index.html>



スピノエレクトロニクスにおけるナノ加工と計測ワークショップ開催

2005年1月13日、日本科学未来館において、ナノテクノロジー研究部門、強相関電子技術研究センター、エレクトロニクス研究部門他、計6つの研究ユニットの協力により、スピノエレクトロニクスにおけるナノ加工と計測ワークショップが開催されました(共催は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)、後援は経済産業省)。

ワークショップは、材料、加工プロセス、計測、素子という要素技術ごとのパネルディスカッション、総合討論、ポスターセッションから構成されました。経済産業省製造産業局ナノテクノロジー・材料戦略室の中山室長より、ナノテクノロジー政策を中心とした講演があり、産学官の専門家によるパネルディスカッションと、民間企業からの参加10件を含む30件のポスターセッションが行われました。理論設計と実証のフィードバックループを活用した効率的な研究開発によって、当分野におけるナノ加工と計測技術を速やかに開発していく必要があることなどが示され、いずれも活発な討論となりました。

当ワークショップでは、ご参加の方々にご協力頂いて、

当分野における研究課題・開発時期に関わるロードマップ作成のためのアンケート調査も行われました。その結果は、2005年2月23日から東京ビックサイトにて開催される nano tech 2005- 国際ナノテクノロジー総合展- における NEDO ナノ機能合成技術プロジェクトブースと、下記のホームページ上にて報告される予定です。

<http://www.nanoworld.jp/SYNAF/workshop/>



産総研、農水省と共同でバイオマス・アジアワークショップ 2005 を開催

産総研は、バイオマス日本事務局との連携により1月19～21日、東京・つくばで国際ワークショップ「バイオマス・アジアワークショップ 2005」を開催しました。

バイオマスは、再生可能な生物資源として注目を集めています。その利活用を進めるためには、アジア諸国とのパートナーシップの強化が必要不可欠です。この具体策として、開催されたこのワークショップの目的は、バイオマス利活用に関わっている我が国の産学官関係者とアジア諸国の行政・研究関係者による政策及び技術面での交流、意見交換等を通じて今後の産業・農業政策及び研究開発の方向性を明らかにするというものです。

今回のワークショップは、バイオマスの融合分野にお

いてアジア諸国、関係省庁、及び各研究機関が連携して開催した産総研初のマルチ会議であり、ワークショップを通じてアジアにおけるネットワーク構築およびパートナーシップの確立を先導することは、アジア諸国における産総研の存在感を高めることにつながるものです。

また、このワークショップは、アジア諸国においても政府・研究機関のネットワーク化及び各国のバイオマスへの取り組みの現状と課題を把握するとともに、今後の人材ネットワークや共同研究への展開のきっかけを生んだことから、アジア各国の参加者から本会議のイニシアティブに高い評価が寄せられました。



シンポジウム「ナノテクノロジーと社会」開催

2月1日、東京大手町の経団連会館国際会議場において、シンポジウム「ナノテクノロジーと社会」が開催されました。主催は(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構、(独)国立環境研究所、厚生労働省国立医薬品食品衛生研究所で、後援は経済産業省、文部科学省、環境省、(社)ナノテクノロジービジネス推進協議会、日経ナノテクノロジーです。それぞれの研究所の理事長・所長による主催者の挨拶、総合科学技術会議の阿部議員からの来賓挨拶に続き、産総研の吉川理事長が基調講演を行いました。第一部では、ナノ粒子の人体や環境への影響(いわゆるナノリスク)に関する評価法や管理の手法、さらには産業化に重要なナノの標準化の動向まで含めて6件の講演が行われました。また第2部のパネルディスカッションでは、ナノテクノロジーがもたらすベネフィット、新しいパラダイムシフトは何かという視点から、民間の方を含む6名のパネリストにより議論が展開され、参加者からも質問や意見が寄せられました。

ナノテクノロジーの社会影響に関する議論が世界的に高まる中、それぞれ所管省庁が異なる4研究機関、各省庁、民間のナノテクノロジー推進母体が一堂に会したことは、

日本のナノテクノロジーの国際戦略を考える上で極めて重要な意味を持ちます。技術情報部門ではナノテクノロジーの社会影響に関して、昨年夏以降産総研東京本部で公開の討論会「ナノテクノロジーと社会」を続けてきました。今回のシンポジウムは8ヶ月に及ぶ地道な討論会活動があつてはじめて実現したもので、ナノテクノロジーの研究者と社会との係わりを考える活動の良い前例になることが期待されます。



山本経済産業大臣政務官つくばセンター視察

1月17日、山本経済産業大臣政務官がつくばセンターを視察されました。

小玉副理事長による産総研の概要説明の後、「インド洋津波シミュレーション」「エアロゾルデポジション法を用いたセラミックス薄膜の常温形成」「人工心臓の開発」など8つの研究現場をご覧になりました。また、休憩時には、メンタルコミットロボットのパロの研究説明がされた際、実際に触れてその癒し効果を体感していただきました。

政務官は、それぞれの研究分野で実際の装置などを興味深くごらんになり、時には鋭い質問を交えて研究者と意見をかわされました。



環境ビジネス議員連盟で一行がつくばセンターを視察

1月20日、環境ビジネス議員連盟の方々が、つくばセンターを視察されました。

小玉副理事長による産総研の概要説明の後、まず産総研の敷地内に設置されている太陽光発電施設をご覧になりました。ここでは、太陽光発電研究センターの近藤研究センター長から「太陽光発電の大量導入を促進するためのシステム実証と評価」と題して、産総研で行っている太陽電池の評価システムなどの説明がされました。その後、「内部熱交換型蒸留実験装置」について、環境化学技術研究部門の島田部門長から説明がありました。

各研究施設を実際に見ていただき、ご視察いただいた

皆さまに産総研の環境研究について、理解を深めていただけたかと思えます。



第4回つくばテクノロジー・ショーケース出展

1月31日、つくば国際会議場において第4回つくばテクノロジー・ショーケースが開催されました。このイベントは、つくば内外の研究者が自ら紹介する「アイデア満載：研究の産直フリーマーケット」として開催されたものです。

産総研からは9件の研究成果について、インデクシングセッション（展示内容についての1分間スピーチ）とポスター展示による発表が行われました。また、研究機関広報コーナーでは、産総研の産学官連携活動が紹介されました。

各展示パネルには技術の説明を求められて訪れる方が多数来訪し、研究発表者が積極的に対応している姿が見られました。新しい研究成果や技術シーズとニーズの合

致を求める人たちが多く訪れており、今回の参加者数は750名を超えました。今後の共同研究や実用化研究などへの進展が期待されます。



新刊のご案内

産総研シリーズ

化学物質リスクの評価と管理

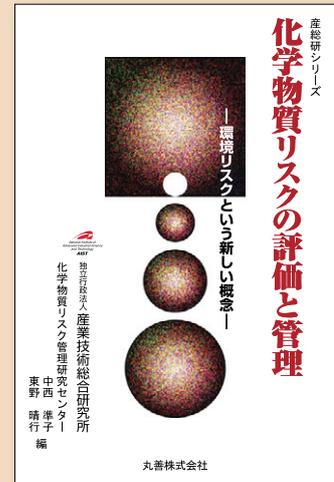
—環境リスクという新しい概念—

産総研の化学物質リスク管理研究センターでは、私たちの身近にある“リスク”について研究を行っています。本書ではリスク研究手法やリスク評価について紹介します。

- 独立行政法人 産業技術総合研究所
化学物質リスク管理研究センター
中西 準子 / 東野 晴行 編
- 発行：丸善株式会社
- 定価：1,575 円 (本体 1,500 円)
- 2005 年 1 月 15 日発行

目次

- 第 1 章 環境リスク概論—異種のリスクを相対的に評価する
- 第 2 章 リスク評価の方法—リスク管理のための定量的評価技術
 - 2.1 はじめに
 - 2.2 発生源の推定
 - 2.3 有害性評価 - 毒とは
 - 2.4 ヒト健康リスクの相互比較
 - 2.5 社会経済分析の方法
 - 2.6 生態リスク評価：個体群レベルの評価
 - 2.7 多種の生物を考慮した生態リスク評価手法
- 第 3 章 リスク評価のためのツール—環境の読み書きそろばん
 - 3.1 はじめに
 - 3.2 大気モデル
 - 3.3 海域モデル
 - 3.4 水系暴露解析モデル
 - 3.5 教育用リスク評価ツール
- 第 4 章 日本のリスク管理研究の現状と将来
 - 米国型か欧州型か、日本の進むべき方向は？



★ 3 月末発売予定 ★



時間と生命工学
—一人のメカニズムに迫る—

産総研技術開発カタログ

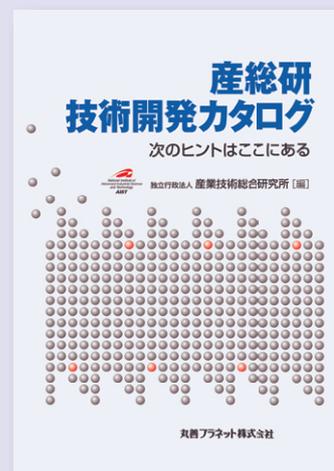
—次のヒントはここにある—

本誌「AIST Today」の情報ページ“Research Hotline”が、一冊のカタログになりました。

これまでに掲載された 400 点近い研究成果が収録されています。研究開発者はもちろん、学生、また研究にご興味をお持ちの一般の方まで、幅広くご利用いただけます。

- 全 872 ページ
- A5 版 (一色刷)
- CD-ROM 付
- 収録内容：「AIST Today」Vol.1 No.1 ~ Vol.4 No.3 までに掲載された中から、約 400 点を収録。
- 発行：丸善プラネット (株)
- 定価：2,940 円 (本体：2,800 円)

★ 3 月中旬発売予定 ★





愛・地球博では、
いろいろな場所にさまざまな形で、

A : ロボットステーション

恐竜ロボット
メンタルコミットロボット パロ
インテリジェント車いす

B : 長久手会場

ナノバブル
ナノテクノロジー
CO₂ 濃度変換

C : グローバル・ハウス

来場者支援システム
Aimulet GH / LA



EXPO 2005 AICHI JAPAN



耳に当てて展示物に向けると
音声で説明してくれる

Aimulet
音声情報サービス



働く人型ロボット
探査型ヒューマノイド
HRP-2



産総研は、愛・地球博に
さまざまな技術を
提供しています。

<http://www.aist.go.jp/>



携帯サイトもご利用下さい
<http://www.aist.go.jp/m/>

産総研の技術が使われています。

D：モリゾー・キッコロメッセ

プロトタイプロボット展 (6/9-6/19)

- 探査型ヒューマノイド
- 合体変形ロボット
- 飛行船ロボット

モノづくりランドシンフォニア (3/25-4/25)

- はんこ名人・フィッシュアイカメラ

光未来展 (6/7-6/20)

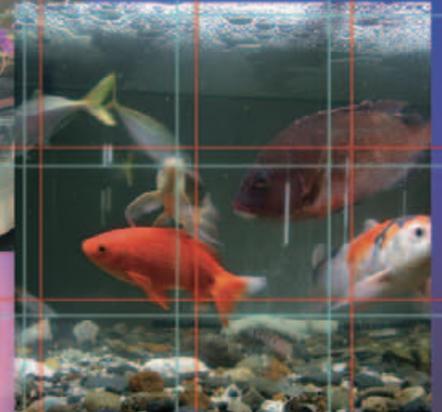
- 光触媒

E：市民パビリオン

アクセスグリッド

ギネスも認めた
世界一の癒し効果
メンタルコミットロボット

パロ



ひとつの水槽に鯛と鯉が一緒に？
水中で花がいつまでも咲いている！

小さな泡の大きな不思議

ナノバブル

状況に合わせて姿を変える

合体変形ロボット

M-TRAN III



二足歩行ロボット技術が、
現代に再現した
太古の生物

恐竜ロボット

期間	件名	開催地	問い合わせ先
3 March			
3日	デジタルヒューマン・ワークショップ2005	東京	03-3599-8356●
3~4日	第4回 界面ナノアーキテククスワークショップ	つくば	029-861-3021●
4日	プロテイン・クロストークサロン '05	つくば	029-861-6176●
16~17日	分子スマートシステム国際シンポジウム	つくば	029-861-4671●
22~23日	Computational Science Workshop 2005 (CSW2005)	つくば	029-861-2287●
4 April			
11日	パワーエレクトロニクスのニューウェーブ国際ワークショップ	東京	029-861-5815●
20~22日	第4回国際医薬品原料・中間体展 (CPhI Japan 2005)	東京	03-5296-1020
5 May			
18~20日	NMIJ-BIPM Workshop	つくば	029-861-4120●



EXPO 2005 AICHI JAPAN

産総研は、愛・地球博に
さまざまな技術を提供しています
http://www.aist.go.jp/aist_j/pr/expo/

AIST Today
2005.3 Vol.5 No.3

(通巻50号)
平成17年3月1日発行

編集・発行 独立行政法人産業技術総合研究所
問い合わせ先 広報部出版室
〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2
Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212 E-mail : prpub@m.aist.go.jp

- 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。
- 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。

産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/>