

産 総 研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

10

2005 October

Vol.5 No.10

特集

02 その場で測る技術 その場を診る技術

トピックス

- 10 自由自在なレーザー微細加工の実現に向けて
レーザー誘起背面湿式加工法による透明材料の大面積・深溝加工

ニュース

- 14 「ものづくり日本大賞」優秀賞を受賞
15 新しい「展示会向けの統合情報支援システム」

リサーチ・ホットライン

- 16 適応学習型動画認識の新方式
18 正確な周波数の光を作る
20 光を使った新しい細胞操作技術
22 マルチ細胞ソーティングチップの開発
24 脆化相の生成をおさえた新しいステンレス鋼の開発

パテント・インフォ

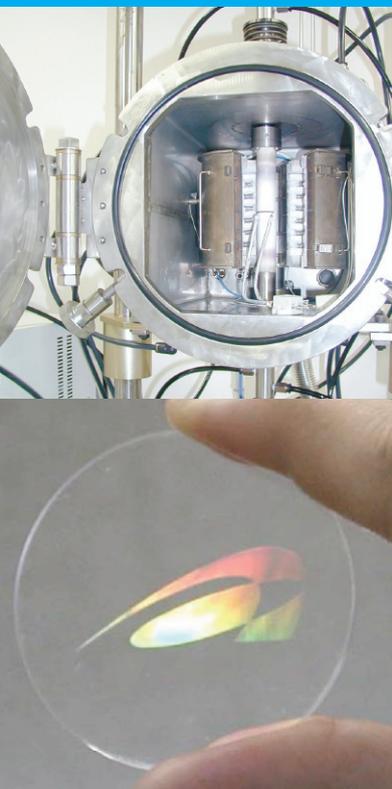
- 26 二酸化チタン被覆アパタイト 高効率な有機物の吸着-分解を実現
27 アルコール選択透過膜 層状ケイ酸塩から創る新しいゼオライト膜

シリーズ

- 28 ナノテクノロジーの社会的影響：第1回
ナノテクノロジーの社会受容促進に関する科振費プロジェクト

テクノ・インフラ

- 32 NMR 表面スキャナー コンクリートの新しいメンテナンス技術の提案
34 重金属分析用 ABS 樹脂標準物質 RoHS 指令に対応する認証標準物質の頒布を開始



制御するための計測

研究コーディネータ（標準・計測担当）
小野 晃

制御のための計測、それは実際の使用環境で、リアルタイムに状況の把握と診断をするためのものです。

ものづくりの現場あるいは一般の生活の場で、とりまく実際の環境に応じた計測技術・診断技術の開発が求められています。状態の把握とそれに対する対処を考えるための情報取得技術の研究開発は、

多くの産業を、そして私たちの社会生活そのものを、今よりも効率的にするだけでなく、さらに豊かで、そして安全なものへと導くために、今後も重要度を高めていく研究分野と言えるでしょう。

産総研の「標準・計測分野」においても、新しいテーマとして「実環境計測・診断」への取り組みが本格化しています。

九州地域における生産額は日本の約1割を占め、その規模はオランダと比肩します。半導体・エレクトロニクス、自動車、食品、環境リサイクル等、多くの産業が集積するこの地域でも、その現場では計測・診断技術等に関するさまざまな課題の解決が求められています。

産総研九州センターは、ものづくり、

実環境計測・診断技術の新展開を製造拠点の九州から 立ち上げた産学官連携組織はニーズ解決の場

九州センター所長
伊ヶ崎 文和

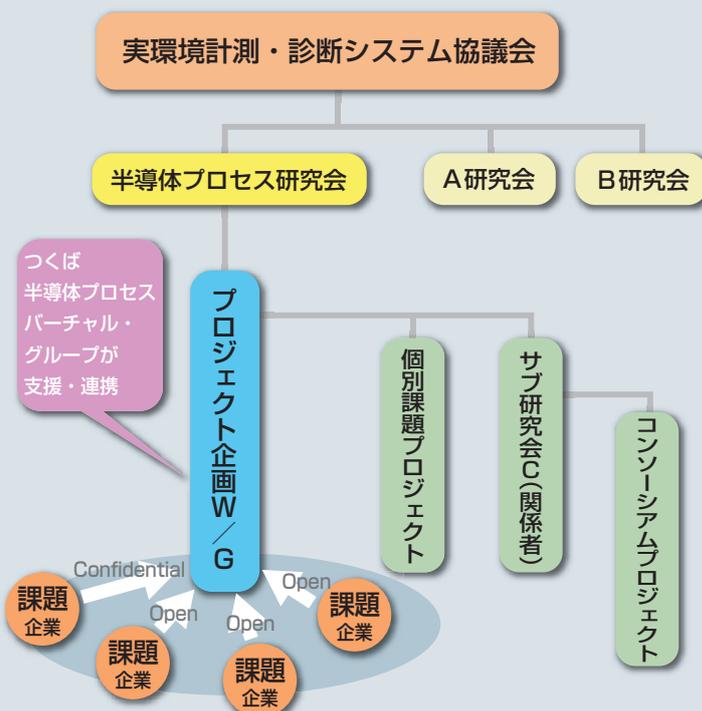
九州センターでは、2005年4月に産学官連携組織「実環境計測・診断システム協議会」を設立しました。

協議会の設立目的は二つあります。一つめは、地域の産学官連携組織として、九州地域の企業が直面している技術課題の解決を図ること、二つめは、ものづくり・生活の場で役に立つ計測・診断技術（実環境計測・診断技術）に関して、全国の企業が抱えている技術課題を解決していくことです。産総研の研究開発力を結集すると同時に、九州地域の大学・公設研・行政機関等との連携をさらに強めていきたいと考えています。会員となった企業や団体には、それぞれに九州センターから担当者を割り当て、日常的に交流する体制をとっています。

協議会は、次のような活動を行っています。

- (1) 年2回の全体会
- (2) 月刊機関誌の発行
- (3) プロジェクト提案等を行う研究会活動

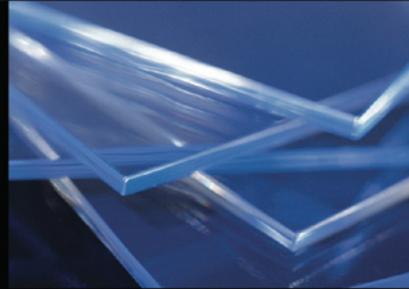
研究会活動では、九州地域で産業集積のある半導体に関して「半導体プロセス研究会」を作り、その研究会を支援・連携するために、つくばセンターに「半導体プロセスバーチャル・グループ」を立ち上げました(右図参照)。



その場で測る技術 その場を診る技術

実環境での計測・診断システムの高度化と標準化をめざして

生活の場で役に立つ計測・診断技術（実環境計測・診断技術）に、高い実績とポテンシャルを有しています。そこに地域の特性を活かし、実環境計測・診断技術分野での研究拠点化を目指しながら、地域企業との連携を図っていきます。今後はさらに微量化学計測など広範な分野での技術開発を進めていきます。



実環境計測・診断技術に関する調査結果(2004年度実施)から

計測・診断技術には確かなニーズが存在します。その解決はそれぞれの企業では難しく、公的な機関による支援が求められています。

● 計測・診断技術のニーズが多い業種・分野・技術内容

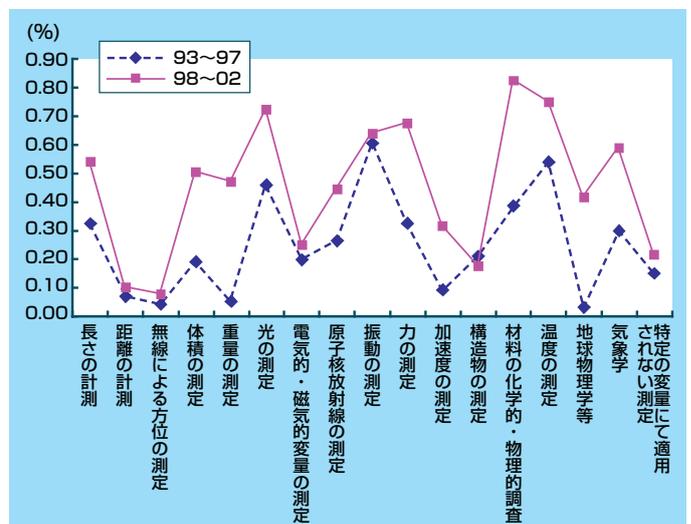
- 業種・・・電子デバイス、電機関連、化学関連
- 分野・・・ロボット、半導体・エレクトロニクス、医療・製薬・福祉・環境
- 技術内容・・・超微量成分計測、効率の向上、インライン・オンサイト計測

● 特に解決が求められている計測・診断に関する課題

- 対象・・・材料・構造体
- レベル・・・高精度・微量計測(分析)
- 方法・・・形状保持・簡便計測

● 九州センターの保有する計測・診断技術の知的財産としての分析

- オリジナリティー・・・成長・開拓領域
(産業界に対して主導権を持って研究開発を行うことが可能)
- 成長分析・・・時代のニーズにマッチした技術
- 全産総研のポジション・日本の知財リーディング機関



全産総研の計測・診断分野での知財ポジショニングの高まりを示す出願率の増加

高温域での状態把握 500℃以上で圧力と振動を測る

実環境計測・診断研究ラボ
野間 弘昭

なぜ高温圧力・振動計測か？

産総研では、センサ材料技術の中核技術とし、これに計測・制御技術との異分野融合を発展・強化させることによって、私たちの生活や産業のさまざまな分野で必要とされている実環境計測及び診断技術を開発し、産業の高度化と社会的な価値の多様化に貢献することを目標とした研究が行われています。

実環境の中でも、特に苛酷な環境として高温環境があります。高温での圧力と振動の計測技術については、国内外で広く研究されていますが、センサ素子の耐熱性に問題があり、最高使用温度は400℃程度に留まっています。また、計測デバイスが高価となるため、社会的ニーズの大きさに反し、実環境での計測に向けた取り組みは世界的に進んでいません。

たとえば現在の自動車エンジンでは、シリンダ毎の燃焼制御は行われていません。一部の車ではノッキングセンサが、異常燃焼によるエンジン全体の異常振動を検出していますが、シリンダの外部からの間接・総合計測になっています。もしシリンダ内部の圧力をその場で計測できるようになれば、シリンダ毎の直接計測が可能となり、シリンダ毎の燃焼制御の最適化が可能となります。これにより燃料削減が可能となり、温室効果ガス排出削減や、排ガスのクリーン化が見込まれています。自動車エンジンの燃焼圧が計測できる高温圧力計測技術の開発は、早急に解決が望まれる課題の一つです。

また、最近、発電所や化学工場などでの事故が相次いで発生したことから、高温環境での監視システムの必要性に対する認識が高まっています。プラントの異常振動や材料内部の破壊により発生した微小な弾性波であるアコースティック・



写真 高温圧力計測評価装置
(左：全体像、上：電気炉内部)

エミッション (Acoustic Emission : AE) を検知することで、プラントの状態を監視する、振動・AE計測診断技術が、事故防止のために期待されています。振動・AEセンサの検知材料には、一般的にはジルコン酸チタン酸塩 (PZT) 系の圧電体が使われています。圧電体とは、応力を加えるとその表面に電荷を発生する材料です。この電荷を計測することで、応力の計測が可能となります。PZT系の圧電体は焼結によりバルクの形態で使用されるため、衝撃に弱いだけでなく、圧電性が消失する温度 (キュリー点) が300℃程度と低いという問題がありました。この材料を高温環境で使用する場合は、導波棒や冷却器などが必要となり、精密な測定を難しくしています。300℃以上で使用可能な、高温振動・AE計測技術の開発が強く望まれています。

これらの様々な課題の解決をめざし

て、産総研では独自の薄膜法により、高耐熱圧力・振動センサデバイスを開発し、それを用いた500℃以上での高温での実環境計測・診断技術の確立に取り組んでいます。

高耐熱圧電素子の開発

高温環境で計測するには、高温で計測できるセンサ材料が必要です。私たちは、高温に耐えるセンサ材料として窒化アルミニウム (AlN) に着目しました。AlNは圧電体ですが、その特性は圧電定数 d_{33} が5.6pm/Vで、融点が2790℃であり、1200℃でも圧電特性が失われません。つまり、AlNは冷却不要な高耐熱圧力・振動センサの検知材料として有望な材料といえます。しかし、AlNは通常の圧電体と異なり、作製後に分極方向を制御することができないため、多結晶体であるAlN焼結体は一般に圧電性を示しません。

このことがAlNの圧電体としての実用化を妨げていたのですが、私たちは高周波マグネトロンスパッタリング装置を用いて、高配向性のAlN薄膜の作製に成功し、その実用化の目処を付けることができました。さらに半導体プロセスによる低コスト化を目指しています。

高温での圧力・振動計測

AlN薄膜素子の開発に続いて、この素子が高温での圧力センサ、振動センサとしてどの程度の特徴を示すものか評価する必要があります。

私たちは、まず常温でAlN薄膜の周波数特性・圧力応答の直線性についての評価を行いました。水晶を素子とする圧力センサと比べてもほぼ同等の特徴が得られたことから、AlN薄膜が圧力センサとして十分な性能を持つことが実証できました。さらに、高温での特性を調べるために、写真に示すような高温圧力計測評価装置を試作して、現在、高温での圧力特性の評価を進めているところです。電気炉は雰囲気調整でき、窒素ガス下で評価を行なっています。500℃以上で信号の検出を確認でき、高温での圧力計測

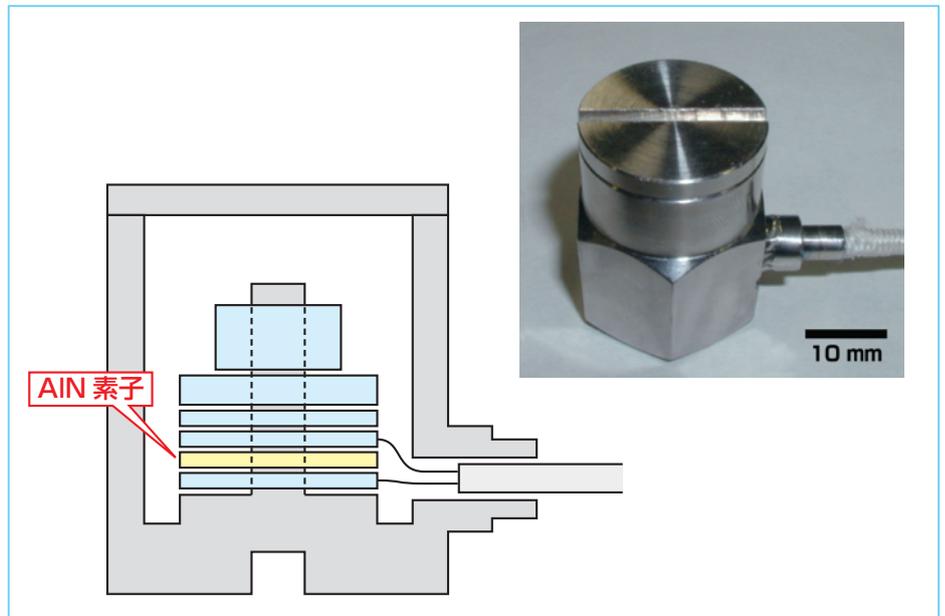


図1 高耐熱 AE センサ

が可能であることがわかりました。現在、燃焼ガスによる圧力応答の計測、また圧力センサのパッケージ化の検討を進めています。

振動・AEセンサとしては、AlN薄膜素子が1MHz以上の広帯域まで平坦な周波数特性をもつことを実証でき、振動・AEセンサとして有望であることがわかりました。さらに、図1に示すような高

耐熱AEセンサを試作し、高温での特性評価を行いました。図2に、600℃での300kHzの正弦波を連続的に加えた時の加振の波形とAEセンサで計測した受信波形を示します。600℃に昇温してもシグナルが検出でき、600℃に昇温後、冷却してもセンサ性能の低下がないことが確認されました。

以上、500℃以上の高温環境で圧力と振動の計測が可能であることを示してきました。まだ、感度・周波数特性・耐酸化性など検討すべき課題は多いのですが、今後改良を加え、開発した素子やデバイスの規格化・標準化を進めながら、さらに計測した信号から制御、診断技術へ展開をはかることによって、エンジン燃焼圧の計測システムの開発や、プラント配管・ガスタービンの診断計測システムの開発に結びつけ、省エネルギーと安心・安全な社会への貢献を進めていきたいと考えています。

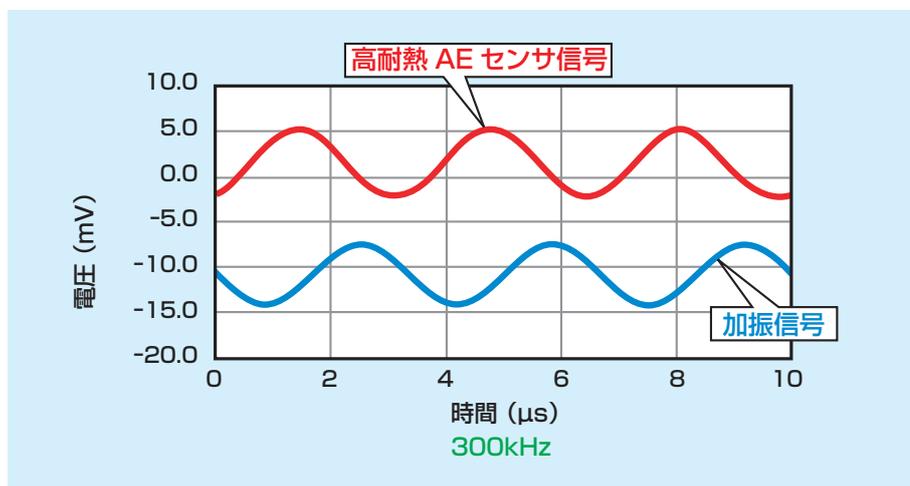


図2 試作した高耐熱 AE センサの信号 (600℃)

人に優しく 日常生活における生体機能計測

実環境計測・診断研究ラボ
上野 直広

健康管理のための生体機能計測

少子高齢化が急速に進行する中において、社会の活力を維持しながら一人一人が長く健康的な人生を送るためには、個人の自律的な健康管理や家庭内の安全・安心を支援・実現していくことが必要であり、私たちの関心や意識も高まりつつあります。実際に、日本のみならず米国、欧州各国では生活習慣病が深刻化する中、個人が家庭で自らの健康を管理するホームヘルスケアや、日常の生活環境で計測した毎日の健康情報を医療の現場で活用し、それらの予防と疾病管理を行うホームメディカルケアへのニーズが急速に高まっています。一例として、ある血圧計メーカーの2003年度の売り上げを見てみると、国内だけでも対前年比10%超の伸びを示しています。

しかし、現在のところ家庭内で手軽に使用することのできる健康情報の計測機器は、体重・体脂肪計、血圧・脈拍計などに限られ、なおかつ自らが計る意識を

持つ必要があり、長い期間におけるデータの履歴を知るためには多くの努力を必要とします。また、結果は数字のみで示されるため、それがどのような意味を持つのか、なかなかピンとこないのが実情です。

このような背景を踏まえて、産総研では、私たちの身近な生活環境を主なターゲットとして、日常生活における人に優しい生体機能計測技術の研究開発を行っています。一つは計測対象である生体への干渉を極力排除した計測技術であり、もう一つはこれまで医療機関でしか行えなかった体の内部を手軽に可視化する計測技術です。

箔状フレキシブル圧電センサ

前者において要求されるセンサの仕様は、できるだけ薄く、柔軟で、かつ熱などの耐環境性に優れたものとなるでしょう。この要求仕様に応えるものとして、私たちの研究ラボでは、優れた耐熱性を

持つ圧電材料を、金属やガラス、高分子フィルムといった様々な基板上に薄膜化する技術を用いて特徴的な圧電素子を形成し、これを用いた薄くかつ柔軟なシート状圧電センサを開発しています。

アルミ箔や高分子フィルムを基板とした、紙のようにしなやかな箔状フレキシブル圧電センサは、これまでのシート状センサに比較して耐久・耐熱性に優れており、試作したサンプルは世界一の薄さを達成しています。これによって様々な生活環境において、その存在を意識されることがなく脈拍などの生体情報を取得することが可能です。例えば、トイレの便座にセンサを貼り付けることによって、便座カバー越しに脈拍情報を検出可能であることを実証しています。さらに、身体への圧迫をほとんどかけることなく、睡眠時の呼吸を検出することにも成功しています。これらは、長期間に渡る経過の観察が必要な動脈硬化症や睡眠時無呼吸症候群の診断データを与えるものとなるでしょう。

現在、センサの高感度・高機能化のため、シート状の他にワイヤ状のセンサの開発にも取り組んでおり、極細化の実現によって服への縫込みも可能となります。さらに、箔状フレキシブル圧電センサを用いて、体の動揺など身体機能計測にも取り組んでおり、だれでも、どこでも使いやすい計測装置の開発に取り組もうとしています。

ユビキタス・エコー

身体機能計測技術開発の一つとして、私たちは、自らの体の内部を手軽に知ることができる小型超音波エコー装置(Ubiquitous Echo)の開発を進めており、人間福祉医工学研究部門や株式会社グローバルヘルスとの密接な連携の下、製

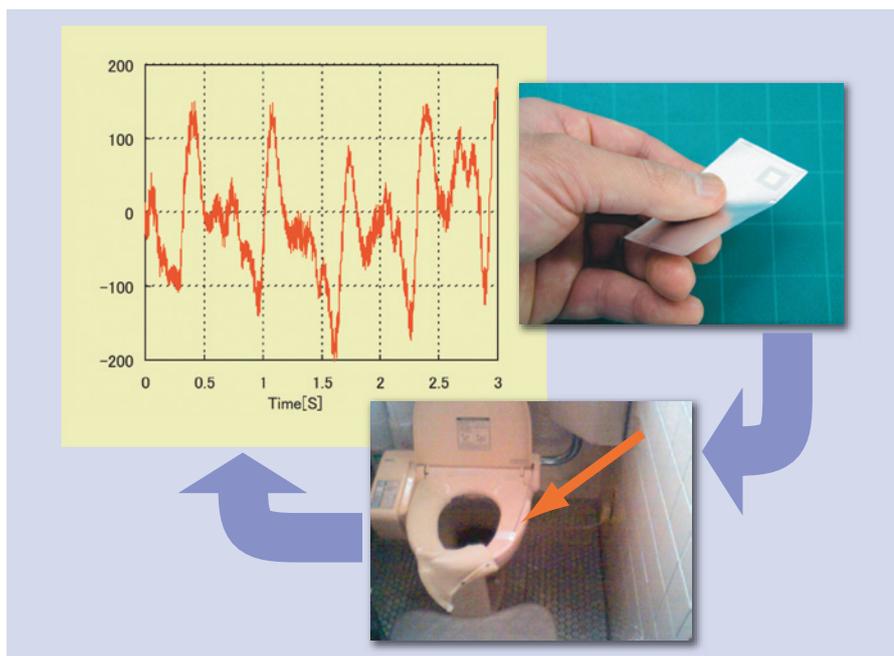


図1 箔状フレキシブル圧電センサと脈波計測例



図2 コピキタス・エコーとその展開

品化を実現しています。「ビジュアル・ヘルス・プロモーション」をそのコンセプトとし、これまで数字でしか与えられなかった身体の情報、画像によって視覚的に提示し、自らの健康状態への関心をより効果的に喚起することを狙っています。例えば、皮下脂肪の厚さを視

覚的に認識することによって、ダイエットへの意識を格段に高めることができるとともに、トレーニングなどの結果を直接「見る」ことができるのでモチベーションの高揚に効果的です。さらにこの超音波エコー装置を用いて皮膚・筋肉・皮下脂肪などの内部組織ごとの「硬さ」を測定

し、肩のこりや皮膚のハリなどの正確な計測を行う技術開発に取り組んでいます。

生体機能計測技術の今後

私たちの研究の特徴は、単に新しいセンサーや装置を開発するのにとどまらず、大学および企業との連携を組むことによって、これを現場に持ち出して多くの方々の身体情報を計測しているという点です。他の地域に比べても高齢化が進んでいる九州地域での計測会を実践しており、高齢化と筋肉の衰えの関係などを現場のデータによって解き明かしつつあります。

私たちの研究開発は、センサ材料技術から始まりセンサデバイス、計測システムそして現場での計測という一連のストーリーの中で展開しています。現場での計測から得られたデータをさまざまな形での製品化を通して社会に役立てる、それが私たちの目標です。



図3 延岡市における計測会
広島工業大学佐藤広徳助教授および(株)IsLabo 三戸氏との連携。

マルチスケールの計測診断

外部応力に反応し発光する圧光型センサ

実環境計測・診断研究ラボ
徐 超男

マルチスケール計測のコンセプト

信頼性と安全性の観点から、材料や構造体にかかっている応力分布の状態を瞬時に把握することはきわめて重要です。しかし、材料や構造体の応力分布を簡単にかつダイナミックにモニターする手法はまだ開発されていません。現状では計測できる対象のサイズはセンサデバイスの大きさによって制限され、さらに計測診断に掛かる時間や費用などの面に多くの課題が残されています。そこで産総研は、マイクロからマクロにわたるマルチスケールに対応する全く新しい計測方法を提唱しました。これは応力によって発光するセンサを用いる「圧光計測」という技術です。

図1にマルチスケール計測技術のコンセプトを示します。物体に加わるひずみエネルギーを直接光に変換する応力発光体をセンサとして活用します。例えば、応力発光体を対象物の表面に均一に塗布し、対象物に力が加わった時の発光をカ

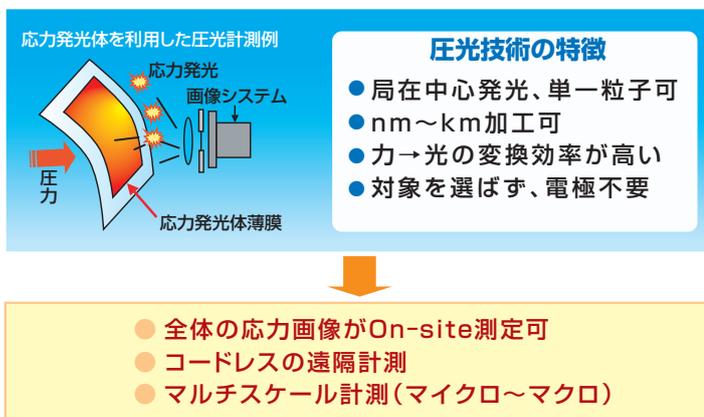


図1 マルチスケール計測のコンセプト

メラなどで観測することで、物体表面に生じている応力の面分布や応力異常をその場でモニタリングすることができます。圧光計測では、応力発光体をセンサとして利用するため、リード線や電極が不要であり、対象物を選ばない遠隔モニタリングが可能となります。また、応力発光体が局在中心発光であり、単一粒子でも発光すること、nm~kmの広範囲に加工が容易であること、力から光への変換効

率が高いこと、さらに、マルチスケールの広域計測が可能という特徴を圧光計測は有しています。

応力発光体を利用した圧光型センサの特性

機械的なエネルギーにより繰り返し発光する「応力発光体」は、私たちが世界に先駆けて開発に成功した物質です。非常に強い力が加わった時に発生する物質の破壊に伴う発光現象はこれまでも広く知られていました。私たちの開発した新規な応力発光体は、比較的弱い応力を加えた弾性変形領域においても観測できる、物質の破壊を伴わない発光現象です。図2に応力発光の特徴を示します。応力発光の特徴として、発光強度と加えた機械エネルギーの間に線形的な関係のあることが明らかになりました。試験片に繰り返し応力を加えたときに発生する発光強度は、加えたひずみエネルギーに比例します。このような比例関係は圧縮や引張り力を加えた時だけでなく、曲げやねじりなど他の種類の力においても、同様な相関関係の存在が確認されています。

これまでに、数種類の結晶構造を有するセラミックスが優れた応力発光性を示すことがわかってきました。これらの応力発光セラミックスは、結晶構造を高度

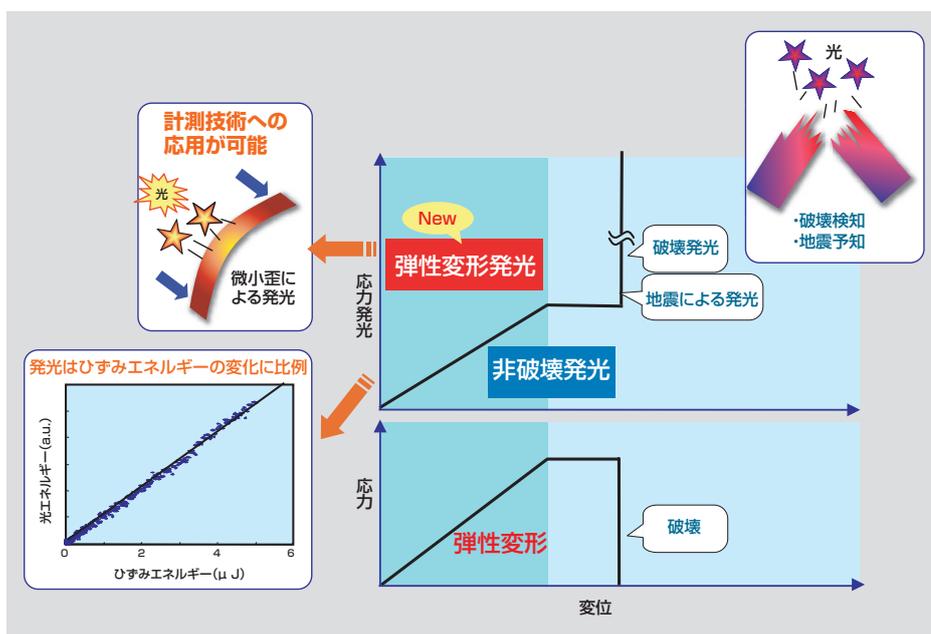


図2 新規な応力発光の特徴

に制御した無機結晶（母体材料）の骨格の中に、発光中心となる元素を固溶した材料です。無機母体材料や発光中心の元素を選択することにより、紫外～可視～赤外の様々な波長で発光する応力発光体が得られます。図3は典型的な応力発光の画像例です。私たちは電磁波干渉に強いファイバー状センサ、シート状センサ、ブロック状センサ、微小圧力検知に強いダイヤモンド型センサデバイス、など多種多様な圧光型センサデバイスを開発しました。

応力発光体は、単一の局在発光中心原子が発光単位であるために、ナノ領域での計測が可能となります。私たちは、応力発光体の微粒子化にも成功し、広範なスケール（nm～km）でのセンシングにおいて、応力解析の空間分解能を飛躍的に高めることが可能になりました。

マルチスケールの計測診断の展開

応力発光体をベースにした圧光計測診

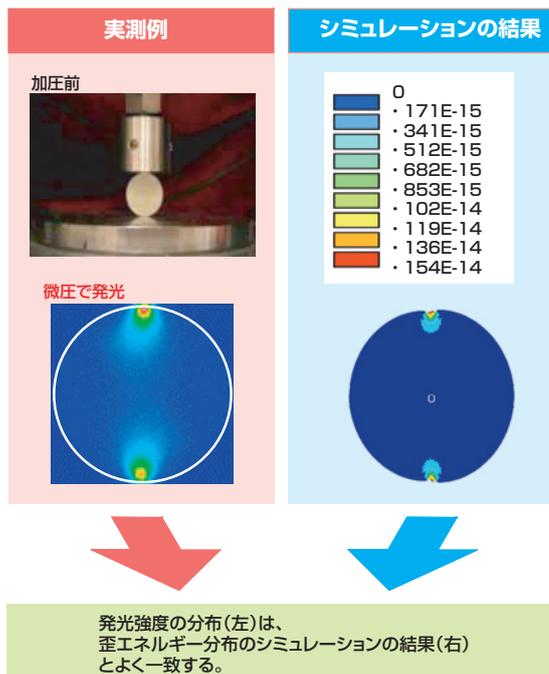


図4 応力発光体を塗布したアルミ円盤の応力分布の可視化と数値計算の比較例

断技術は単一粒子で活用する方向と、連続体で活用する方向の両方面に研究開発を展開しています。

応力発光単一粒子を活用する圧光計測では、バイオ分子や細胞、各種流体に分散すると共に、応力発光の遠隔計測性を活かし、今までにできなかったマイクロ・ナノスケールの計測診断の実現を目指しています。最近では超微粒子の表面修飾に成功し、分散性・安定性を高めた応力発光ナノ粒子を用いた圧光計測技術の開発は広い応用展開が期待できます。

一方、連続体を用いた計測技術は、応力発光体の様々なセンサ形態を活用する圧光計測技術です。たとえば、応力発光体塗料は塗布して使用することができるため、塗料に新機能を発現させるスマートコーティングを始め、新規なセンシング技術としていろいろな分野への応用が期待できます。図4に、応力発光体塗料を均一にコーティングしたアルミ金属板に、荷重をかけたときの発光画像の例を示します。応力発光画像はリアルタイムに肉眼で確認できます。また、発光強度の分布は、有限要素法による応力分布の数値解析の結果とよく一致していることから、発光画像から応力分布を直接可視化できることが実証されました。マルチスケールでの計測の1つとして、このような画像による計測は非破壊検査分野をはじめ、未知なるマイクロ領域の応力分布計測への応用が期待できます。

以上のように、圧光型センサを活用する圧光計測は、リモート性と共に、電源不要の自発光であること、マルチスケール対応の広域性、取り扱いの容易性

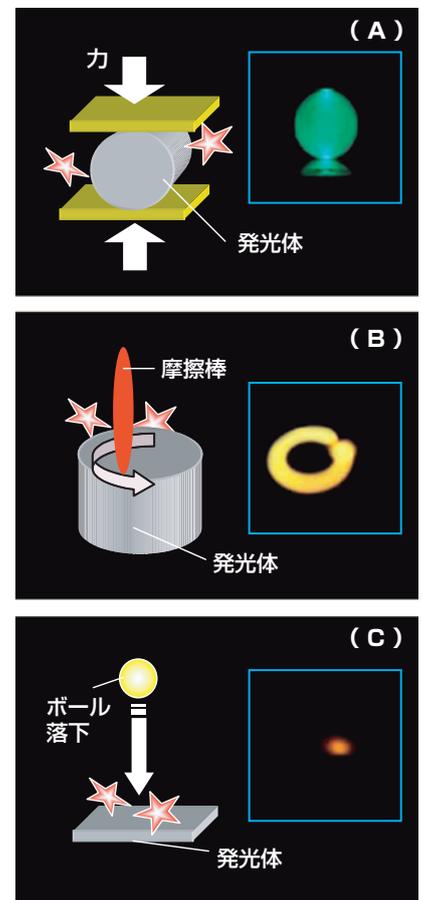


図3 応力発光画像の例
(a)変形発光の例 (b)摩擦発光の例 (c)衝撃発光の例

などは、ナノ・マイクロサイズの製造過程や、産業施設等の大規模マネージメントまで、さまざまな用途に活用できる計測技術として期待されています。そのためには他の要素技術、例えば、計測されたデータから必要な情報の抽出や双方向での情報の送受信ができるための情報処理・通信技術、大量のセンサ情報を解析し、異常・寿命を予測するための診断・シミュレーション技術などを統合することが必要不可欠となります。今後幅広い分野との連携を進め、計測の標準化や規格化、情報のデータベース化などを視野に入れた統合的なセンシング技術を確立していきたいと考えています。

自由自在なレーザー微細加工の実現に向けて

レーザー誘起背面湿式加工法による透明材料の大面積・深溝加工

石英ガラスなどの透明材料表面を微細加工する技術は、光デバイス研究開発のキーテクノロジーの1つであるが、一般的にフォトニクス材料は硬質で加工が難しく、また、大面積での加工が求められる。今回開発した装置は、産総研が独自に開発したレーザー誘起背面湿式加工法(LIBWE法：Laser-induced backside wet etching)という高品位表面加工法を用いたもので、寸法精度の高い露光マスク縮小型と、試作品の加工が簡単にできるレーザー走査照射型の二種類である。これらの装置により、従来のリソグラフィ加工では不可欠であった保護膜層を用いずに石英ガラスの大面積迅速試作加工が可能となった。

Two types of new apparatuses for surface micro-fabrication of UV transparent materials, based on AIST-original LIBWE (laser-induced backside wet etching) method, have been developed. One is an excimer laser mask projection system, and another is a diode-pump solid state laser beam scanning system. Both systems can micro-fabricate a silica glass surface of large area rapidly, and high aspect ratio of 60 was attained in a deep trench fabrication. Unlike conventional lithography methods, these apparatuses need no photo-resist, and can be operated under atmospheric pressure. The projection system attained 0.75 μ m resolution and the beam scanning system can fabricate prototypes rapidly.

研究の背景

石英ガラスなどの透明材料は広く光学素子などに利用されており、微細加工による光デバイスの微細化・高集積化は光技術応用の上でキーテクノロジーの1つになっている。産業界ではこれまで石英ガラスの微細加工を光リソグラフィ技術と強酸水溶液あるいはプラズマを用いたエッチングで行ってきたが、保護膜層であるフォトレジストの塗布、露光、エッチング、フォトレジスト除去等、多段階にわたる工程が煩雑であるなど大きな問題点を抱えており、簡便な微細表面加工法が求められてきた。

産総研では、LIBWE法(Laser-induced backside wet etching)と名付けた独自のコンセプトに基づく紫外パルスレーザーを用いた石英材料の微細加工技術を研究してきた。これは、紫外レーザー照射で誘起される溶液の光化学作用(アブレーション)によって石英基板表面を微細加工するレーザー間接励起加工法である¹⁾。これまで、レーザー照射光学系の改良ならびに溶液組成の最適化を行ってきた。



図1 LIBWE法による大面積加工の一例(基板5cmφ)
着色して見えるのは透過型回折格子からの散乱光の干渉現象。

LIBWE法の特徴

LIBWE法は、紫外光をよく吸収する色素溶液を加工対象に接触させた状態で、紫外レーザーを照射し、色素溶液のアブレーションによって間接的に石英ガラス表面を微細加工するレーザー加工法である。LIBWE法では高濃度の色素溶液を用いるので、溶液層に数 μ m程度しかレーザーは侵入できず、この薄い層内で完全に吸収される。したがって、レーザー照射による色素分子の高密度励起状態は石英の極近傍の表面のみに形成され、溶液中の過渡的な高温高圧状態によって石英ガラス表面層が所定量エッチングされる(1~30 nm・pulse⁻¹)と考えている(図2)。その特徴は、

- 1) 大気圧下の直接描画型微細加工手法。
- 2) 加工部位の周囲にクラックなどのダメージが発生しない高品位な微細加工や高アスペクト比加工が可能。
- 3) マスク縮小露光法やガルバノ鏡走査法を用いることで、任意形状の大面積一括微細加工が可能。

などが挙げられる。他手法と比較して、フォトレジスト保護膜層形成工程や除去工程、あるいは真空装置などが不要であるため、前処理や後処理が著しく簡便である(図3)。

LIBWE法は、海外研究機関においても注目され、スイス・ポールシラー研究所、ドイツ・ライプツヒヒ表面科学研究所、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、台湾科学院等において、この手法を用いた微細加工研究が活発化している。われわれはLIBWE法の高度化技術の開発に関して、他研究機関に先行して大面積微細加工(図1)と深溝加工に成功した。これらの研究成果に基づく研究発表が、2005年4月米国にて開催されたLPM2005(第6回レー

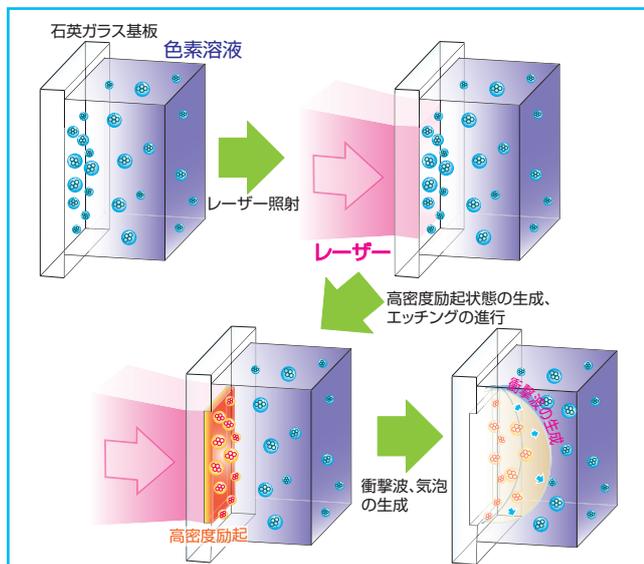


図2 LIBWE法による加工機構概念図

ザ精密加工に関する国際会議)において、「The LPM2005 Outstanding Oral Paper Award」に選ばれた。

加工装置の開発と加工特性

今回、エキシマレーザー露光マスク縮小型(図4a)と全固体紫外レーザー/走査鏡照射型(図4b)の二種類の加工装置を完成させた。これらの装置では、焦点位置を連続的に表面(固液界面)から内部方向に補正しながらレーザーパルスを多数照射すると、高アスペクト比の深溝加工が可能である。図5は幅7 μm 、深さ420 μm の深溝加工を行った試料断面の顕微鏡写真で、世界一の高アスペクト比加工が達成されている。これは、溝加工が進むにつれて深溝部分に色素溶液が入り込むにもかかわらず、光活性化領域(モデル図中オレンジ色の部分)が数 μm 厚しかないために、加工済の溝壁表面に損傷を与えないことに起因していると

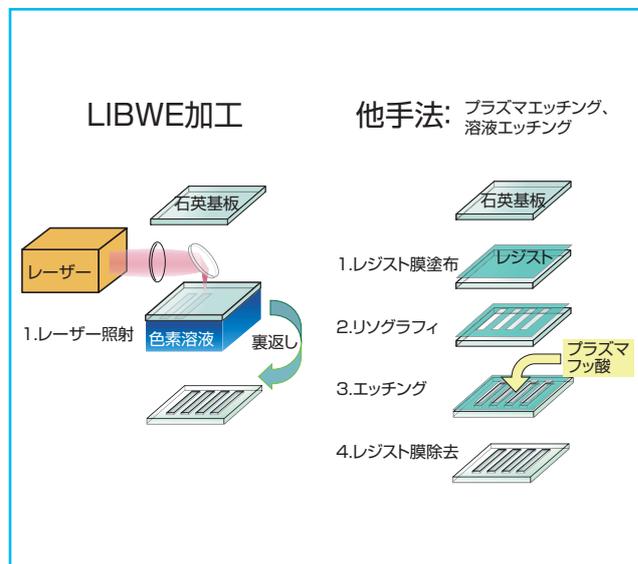


図3 LIBWE法の特徴:他のエッチング法との比較

考えられる。背面方向からのレーザー照射が有利であることを示す実験結果である。

また、図5の深溝加工には1 J $\cdot\text{cm}^{-2}$ の強度で、25,000パルスのレーザー照射が必要であったが、80 Hzの繰返し周波数で照射しているので、約5分間の照射時間で作製できる。従来法ではこのような高品位な深溝加工は不可能であるとともに、比較的浅い溝の加工でも数時間を要していることから、この加工技術の先進性は明らかである²⁾。

マスク縮小型では投影露光法の特長である高い寸法精度が得られ、平面分解能の最高値として、1 μm サイズの正方格子状の微細加工や0.75 μm 間隔の回折格子を1 \times 1mmの面積に一括作製することができた(図6、7)。

走査鏡照射型ではCADデータから直接、高速転写加工ができるため、パターン・マスクなどを作製せずに5cm \times 5cmの大面积の迅速試作加工が行える。図1は産総研

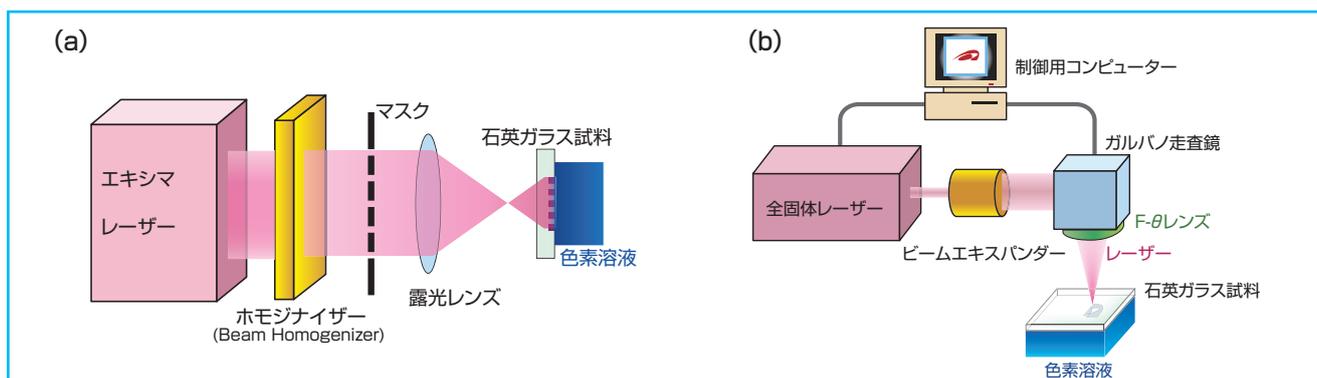


図4 実験装置図 (a) エキシマレーザー露光マスク縮小型、(b) 全固体紫外レーザー/走査鏡照射型

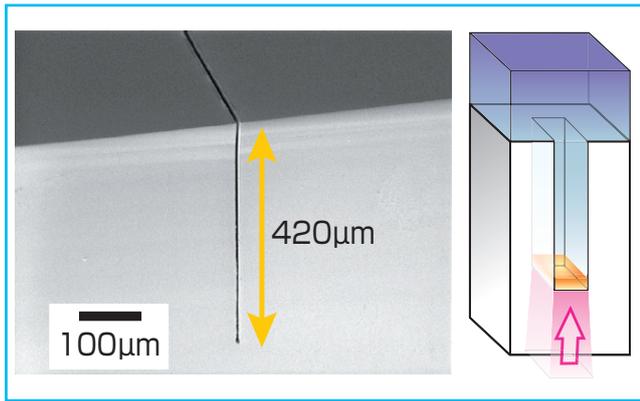


図5 深溝加工後の断面顕微鏡写真とモデル図

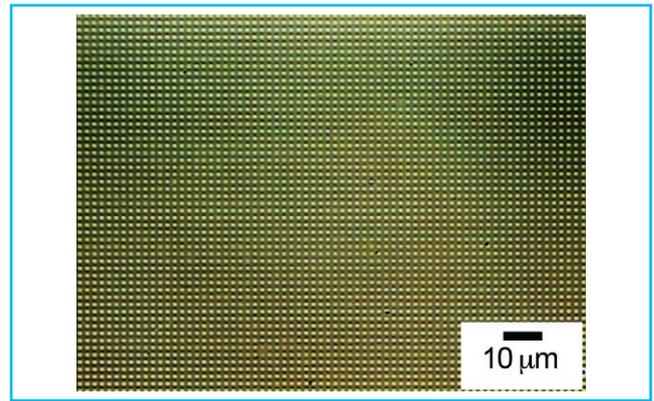


図6 石英ガラス上の格子状1ミクロン微細加工

マーク形状の透過型回折格子を作製したもので(照射時間: 6分)、表面の微細な縞構造から散乱された可視光の干渉・散乱により着色して見える。加工設計図がコンピュータ上にあるので、容易に加工パターンの修正が可能であり、製作期間の短縮に大きく貢献できる。

なお、LIBWE法は、石英ガラスだけでなく、フッ化カルシウム、サファイア、フッ素樹脂などの紫外線に透明な材料なら、加工部周囲にクラックなどの損傷のない高品位な微細加工が行える。

応用例：ガラス表面修飾法の開発

応用例として、ガラス表面の機能化を試みた。シランカップリング処理により自己組織化単分子膜 (SAM) を作製した石英ガラス基板にLIBWE加工を行うと、石英表面層の加工と同時にSAMのパターニングができた³⁾。レーザー加工部位はガラス表面が露出しており、加工後の基板を色素溶液等に浸せきすると、色素分子とSAMやガラス表面との相互作用によって色素薄膜の微細パターニングができる(図8)。SAM分子と色素の組み合わせの最適化によって、最高10μm分解能までの微細パターニングが可能である。また、タンパク質分子やポリマー微小球(図9)でも適した

SAMを選ぶことで微細パターニングが可能である。

レーザー加工後の石英基板は熱エンボス法やインプリント法の金型(マスター)としても利用可能なので、高分子部材の鋳型表面加工にも使用することができる(図10)。

加工機構：溶液アブレーションの観測

パルスレーザー照射下で誘起される溶液アブレーションは未解明な点が多い。そこで、シャドグラフ法や過渡圧力測定法を用いて、加工機構の検討を行った。シャドグラフ法で側面方向からKrFエキシマレーザー照射(パルス幅 30ns)によるトルエン溶液アブレーションを観察した(図11)。レーザー照射100ナノ秒後、衝撃波の伝播が観測され、10マイクロ秒後にはトルエン気泡が膨張/収縮した。このような気泡の膨張・収縮現象によって生じる衝撃波が、硬い石英ガラスを削ることができる。この現象を詳しく解析した結果、エッチング速度とレーザー照射エネルギーの間に直線関係があることがわかった。

また、高速応答型液浸用圧力センサーを使い、レーザー照射時の過渡圧力測定を行った。圧力ピーク信号はレーザー照射直後と気泡崩壊時に観測された。2つのピーク信号の時間間隔 τ は、入射レーザーエネルギーの1/3乗に

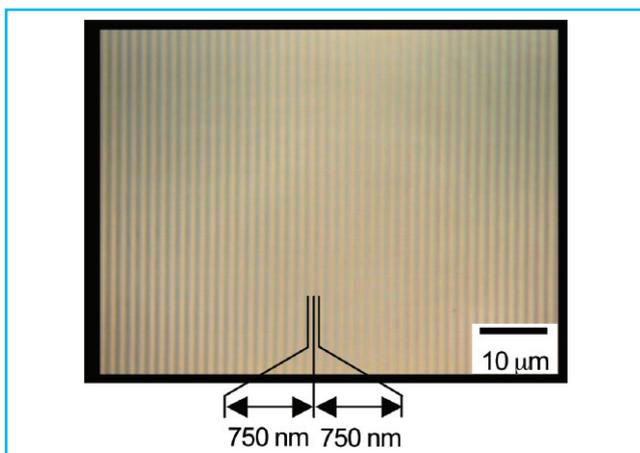


図7 0.75ミクロン間隔の回折格子加工

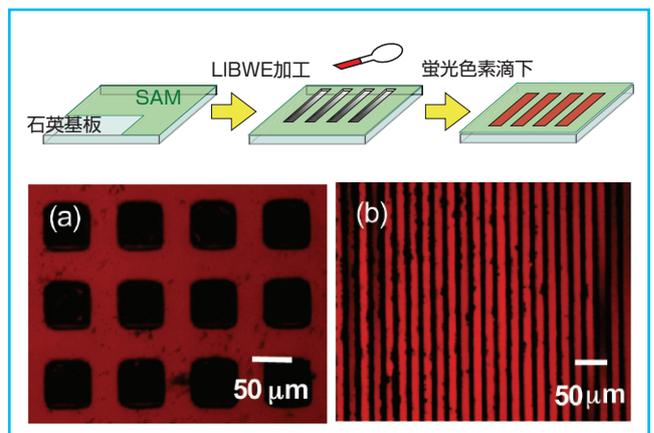


図8 色素薄膜蛍光パターン像

(a) ローダミン色素、(b) 蛍光色素標識アルブミン蛋白質

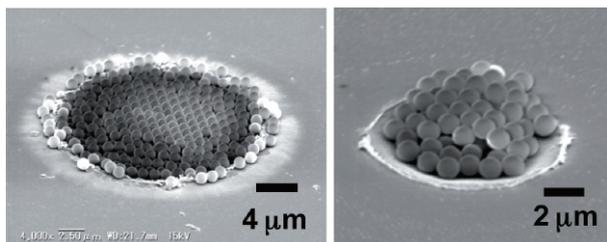


図9 ポリスチレン微小球集合体のSEM写真

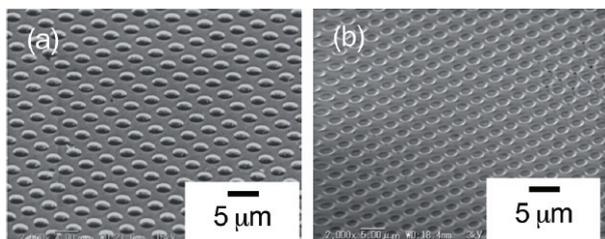


図10 石英ガラス基板を鋳型とするポリマー微細加工
(a) ポリスチレン加工表面、(b) 石英鋳型(2μm径)。

比例することを見出し、入射エネルギーを絞ることで τ 値を20 μ s程度まで小さくすることができることを確認した。全固体レーザーはパルス高繰り返し照射が可能であり、ビーム品位が高いのでフルエンスを確保する高集光ビームを簡便につくることができる。これらの知見に基づいて、40 kHzまでのパルス繰り返し周波数で走査鏡照射型でのLIBWE加工が可能であることを実証できた。

まとめ

レーザーによる光加工は、高い加工精度を要求される産業分野で着実に応用の幅を広げ始めている。現在は、数 μ mの分解能の加工をcmサイズの基材で行うことが主流であるが、高集積化や高密度実装の要求は年々大きくなっており、さらに微小なナノサイズの微細加工の切り札の一つとしての期待は大きい。光と物質の相互作用は、本質的には光子と分子・原子との相互作用であることから、ナノサイズの

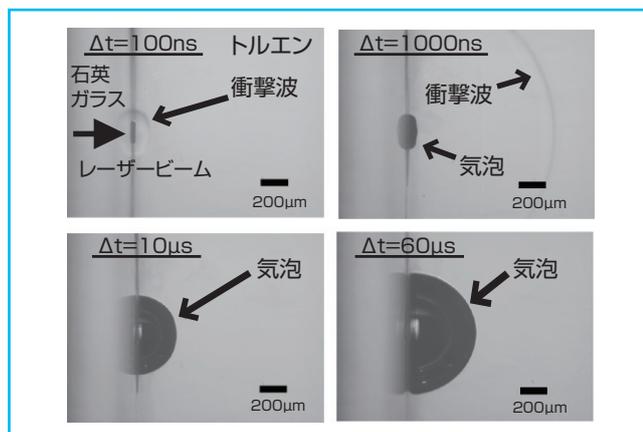


図11 遅延時間 Δt での溶液アブレーション像、側面方向からの観察、KrFエキシマレーザー照射



光技術研究部門レーザー精密プロセスGメンバー（前列中央 新納G長）エキシマレーザー露光型実験装置（後方）、LPM2005表彰盾。

現象といえる。近年の光源開発の急速な進歩、および、分子・原子の構造や励起状態の理解が深まることで、固体のように複雑な緩和過程が起こる反応場においても、徐々に位置制御性が向上し、ナノサイズの極微反応場で微細表面加工が行える環境が整いつつある。今後、オプトエレクトロニクス用石英ガラス製微小光デバイスの開発、バイオ・化学センサー等への応用などを進めていく予定である。

用語解説

◆アブレーション

アブレーション（Ablation）は高出力パルスレーザーを材料に照射した際に、照射部位が瞬間的に蒸散する現象で、固体や液体などの凝縮した物質相で観測される。照射条件を最適化すると固体表面の照射周囲に熱損傷やひび割れを生じさせることなく、高品位な微細加工を高速で行うことができるので、電気回路基板等の精密穴あけ加工や視力矯正手術などに応用されている。

◆アスペクト比

要素の縦横比のことで、この場合は加工溝の幅と深さの比のこと。

◆CAD（キャド）

Computer Aided Design（コンピュータ支援設計）の略で、コンピュータを用いて工業製品の設計を行うシステム。製図作業・図面作成など、これまで人の手に頼っていた作業がコンピュータの利用によって短時間で正確に処理できるようになった。設計作業の大幅な効率化を達成している。

参考資料

- 1) J. Wang, H. Niino, A. Yabe, Appl. Phys., vol.A68, p.111 (1999) ; 日本国特許 3012926号 (他に、米、英、独、仏国特許) .
- 2) Y. Kawaguchi, et. al., Jpn. J. Appl. Phys., vol.44, p.L176 (2005) .
- 3) 新納 他、AIST Today, vol.4, no.6, p.17 (2004) .

● 問い合わせ先

独立行政法人 産業技術総合研究所

光技術研究部門 レーザー精密プロセスグループ

グループ長 新納 弘之

E-mail: niino.hiro@aist.go.jp

〒305-8565 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第五

「ものづくり日本大賞」 優秀賞を受賞

第一回「ものづくり日本大賞」の受賞者が8月2日に決定されました。

「ものづくり日本大賞」は、我が国産業・文化の発展を支え、豊かな国民生活の形成に大きく貢献してきた「ものづくり」を着実に継承し、さらに発展させていくため、ものづくりの中核を担う「脂の乗った」中堅人材や、伝統的・文化的な「技」を支えてきた熟練人材、今後を担う若年人材と各世代に渡り、特に優秀と認められる人材（「ものづくり名人」）に対して、内閣総理大臣が表彰を行うものです。

産総研からは先進製造プロセス研究部門で、デスクトップナノファクトリ（超小型ナノ製造システム）の開発に力を注ぐ、前田龍太郎氏、石川雄一氏、高橋正春氏、後藤博史氏の4名が、製品・技術開発部門で優秀賞を受賞しました。

● 受賞テーマ 「デスクトップナノファクトリ（超小型ナノ製造システム）」



ナノファクトリー

前田さんたちの「デスクトップナノファクトリ」は、従来大きなクリーンルーム内で、数10億円もする巨大な装置により行われてきた超微細な加工（ナノ製造）を、机の上に載るほどの小さな工場で行おうとするものです。

これまで使われてきた半導体製造装置は大型で高価であり、専用装置であることから決められた部品を大量生産することには向いていましたが、多品種少量生産には向きませんでした。

専用の小型装置を、マイクロファクトリー（小さな機械、装置を集めた小型の工場）化することで、ベースユニットに各工程に応じたユニットを組み合わせ一連の加工が行えます。また多品種少量生産に高効率（省エネルギー、省スペース、省資源）に対応します。さらに、小回りが利くので、試作・開発期間の短縮・短納期化を実現できます。設備投資とランニングコストの両面にわたる圧倒的な低コスト化も可能です。このようなことから特にMEMS分野の製品開発に威力を発揮することが期待されます。

● 受賞者からひとこと

この種の受賞は小学校時代に父親に描いてもらった夏休みの宿題が学校に張り出されて以来のことであり、「ものづくり名人」の称号には冷や汗のにじむ思いがします。

本プロジェクトは先進製造プロセス研究部門が発足して、最初の重点課題として2004年にスタートしました。「プロジェクトX」では、プロジェクトリーダーは志半ばで去ってしまい、残ったメンバーが奮起するというのが成功への方程式です。本プロジェクトは製造業者さんとの連携により、1年というきわめて短期間にコンセプト設計とプロトタイプ開発が進みました。リーダーが去る暇もなかったというのが実情です。

今後もユーズ、装置製造や材料供給メーカーと連携し、産総研の製造システムとして普及に努めたいと考えております。関係各位のご貢献に感謝いたします。



前列：(左) 前田龍太郎 (右) 石川雄一 後列：(左) 後藤博史 (右) 高橋正春

産総研つくばセンター「サイエンス・スクエアつくば」では、今回の「ものづくり日本大賞」の受賞テーマの一部（関東地域の経済産業省関連テーマ）をパネルやビデオ、サンプルなどで紹介する特別展を、8月27日から9月4日まで開催いたしました。ご来場いただいた皆様ありがとうございました。また、同様の展示会を、きたる10月24日から28日まで、産総研臨海副都心センター別館（バイオ・IT融合研究棟）1階ロビーにて、開催する予定です。ご来場賜れば幸いです。



新しい「展示会向けの統合情報支援システム」

展示会式のイベントは、いろいろな場所で、さまざまなテーマで開催されています。そこには説明者の配置が難しかったり、来場者ごとの見学ペースが違ったりということから、十分な説明を付することが難しいという現状がありました。産総研では、展示会での説明を充実させるためのシステムとして、これまで、協奏計算アーキテクチャ「CONSORTS（コンソーツ）」やカード型情報端末「Aimulet（アイミュレット）」などを開発してきました。

カード型情報端末 Aimulet（アイミュレット）GHは、愛・地球博：EXPO 2005 AICHI JAPAN のテーマ館「グローバル・ハウス」において、全開催期間中、来場者への自動音声ガイドサービスや、来場者の入出場管理・来場者の流動解析などで、展示会場の運営を支援しました。

今回、これまで使われてきた Aimulet（アイミュレット）GHに、アクティブRFIDとPDAを追加した新たな来場者向けサービスを開発し、8月20日からは愛・地球博の会場で提供いたしました（写真1）。

● 新しいサービスの特徴

今回の新サービスが備えた新しい機能は次のようなものです。

1. 音声に加えて画像・テキストでの説明コンテンツの視聴が可能
2. 説明コンテンツの視聴履歴や、来場者の移動履歴に応じた、説明コンテンツの選択が可能
3. 混雑した展示物の近くでも、全ての来場者に同等なサービス提供が可能

新しいサービスでは、アクティブRFIDとPDA（Personal Digital Assistance）とを統合した端末装置「Aimulet GH+」を用います。インフラ側で稼働するCONSORTSが個々の来場者の位置・移動軌跡・コンテンツの視聴履歴を見守っており、来場者にとって適切であると推定される複数のコンテンツを来場者が所持する端末装置に配信します。来場者は配信された複数のコンテンツの中から「聞きたい・見たい」コンテンツを選択して視聴できます。コンテンツは、音声・画像・テキストで配信されます。

統合情報支援システムでは、協奏計算アーキテクチャ「CONSORTS（コンソーツ）」が、端末装置に内蔵されたアクティブRFIDからの情報をもとに、来場者の動きを検出・分析する流動解析を行っており、個々の来場者の概略位置を見守っています。

PDAへのコンテンツ配信という今回の新しいサービスの導入においては、会場ですでに稼働している展示会統合情報システムをそのまま使い、ネットワークやアクティブRFIDを用いた位置測位システムなどのインフラへの変更はほとんど必要ありません。産総研が開発したCONSORTSをベースとした展示会統合情報支援システムの拡張性の高さを示すものです。

こうした来場者の位置情報の把握は、より良いサービスの提供のために重要ですが、一方でプライバシーへの配



サービス提供のためのアクティブRFID付きPDA

慮の視点が不可欠です。統合情報支援システムでは、来場者の氏名や住所等の個人情報登録しないため、プライバシー侵害の心配は全くありません。

● 今後の展開

産総研では、展示会統合情報支援システム上での新たなサービスの運用により、マルチエージェント技術の有効性の実証を進め、来たるべきユビキタス情報社会における、「安全・安心・便利」の調和のとれた公共空間の設計に貢献すべく、さらなる技術の創出を目指しています。

用語の解説

◆PDA

個人情報端末。手のひらに収まるくらいのもので、PCのもつ機能のうちいくつかを持つもの。液晶表示装置や外部との接続端子を搭載し、電池や専用バッテリーで駆動する。

◆流動解析

人や物・自動車など対象物の移動する流れを、データマイニングなどの手法を使って解析し、またシミュレーションの結果との照合などを行って、混雑の原因を解明して流れを良くするための改良案や、より多くの顧客に興味を持ってもらう展示方法を作成するマーケティングなどを行う技術。

適応学習型動画像認識の新方式

人および動作の認識で世界最高性能を達成

防犯カメラなど、ビデオサーベイランスで最も重要な鍵となる「人およびその動作の自動認識」の新方式を開発した。これは、これまで2次元の静止画像に対して開発した高次局所自己相関（HLAC）特徴抽出を用いた適応学習型認識方式を、動画像にまで拡張したもので、非常に汎用的で高速・高精度であることが特長である。

A new scheme has been developed for automatic recognition of persons and movements out of a monitored video image, a key step of automatic video-surveillance such as an anti-crime camera. The method is an extension of adaptive learning recognition scheme based on the Higher-order Local Auto-Correlation (HLAC) feature extraction developed for two-dimensional static images. To cover the feature extraction of "target's movements" in motion images, HLAC was extended to Cubic HLAC (CHLAC). The technology is characterized by enhanced versatility, high speed and high accuracy.

動画像認識の現状

ロボットの視覚など、これまで多くの動画像認識の研究が行われてきた。特に近年、犯罪やテロの増加に伴い、監視カメラによるビデオサーベイランスの研究が盛んである。監視カメラの知能化のためには、映像中の人とその動作の認識や異常行動の検出を自動的に行う技術が重要であり、実用化のニーズはきわめて高い。しかし、従来の手法の多くは、まず動画から個々の動く物体を切り出し、あらかじめ用意したモデルに照らして対象の認識や、動作の認識を行う手法である。そのため、精度に限界があり、計算量も膨大となってしまう、実用に足る認識性能が得られていなかった。

新方式

我々は、これまで特徴抽出の理論的

な視点から、2次元静止画像からの汎用的な「高次局所自己相関特徴抽出法（HLAC）」と多変量解析手法を用いた適応学習型画像認識方式を開発し、顔認識などさまざまな応用を行ってきた。今回、これをさらに動画像にまで拡張した立体HLAC（CHLAC）に基づく汎用的で高速・高精度な「対象および動き」の認識方式を開発した。

動画像から対象（例えば歩く人）を認識するには、対象の位置に依存しない特徴の抽出が望ましい。この「位置不変性」を持つことで対象の切り出しが不要となる。また、複数の対象がある場合、全体の特微値が個々の対象の特微値の和になる「加法性」を持つと、以後の認識処理が容易になり精度が向上する。さらに、特徴抽出は計算量が少なくリアルタイム処理ができることが望ましい。HLACとCHLACは、これらの

大津 展之 Nobuyuki Otsu
otsu.n@aist.go.jp
フェロー

パターン認識と学習、画像処理、多変量解析など、知能情報処理の理論と応用の研究に従事。旧通産省のRWC（Real World Computing: 実世界情報処理）プロジェクト（1992-2001）の策定と推進を行った。その延長として、現在、「高度ビデオサーベイランス（文部科学省都市エリア産学官連携促進事業）」、「交通事故対策技術（科学技術振興調整費・重要課題解決型研究等の推進）」、東京大学大学院情報理工学系研究科の「実世界情報システム（21世紀COEプログラム）」などのプロジェクトの推進と研究を行っている。

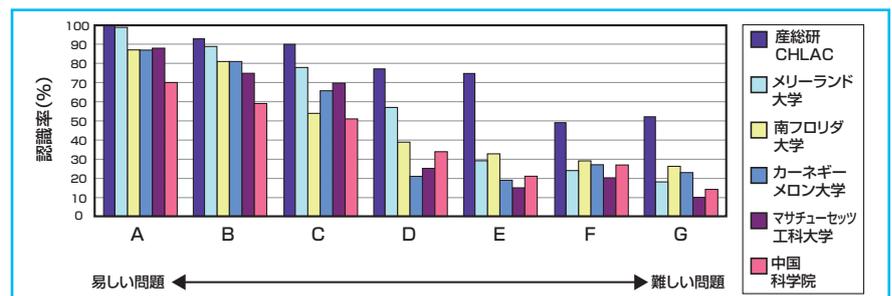


図1 Gait 認識テストデータにおける従来手法との比較

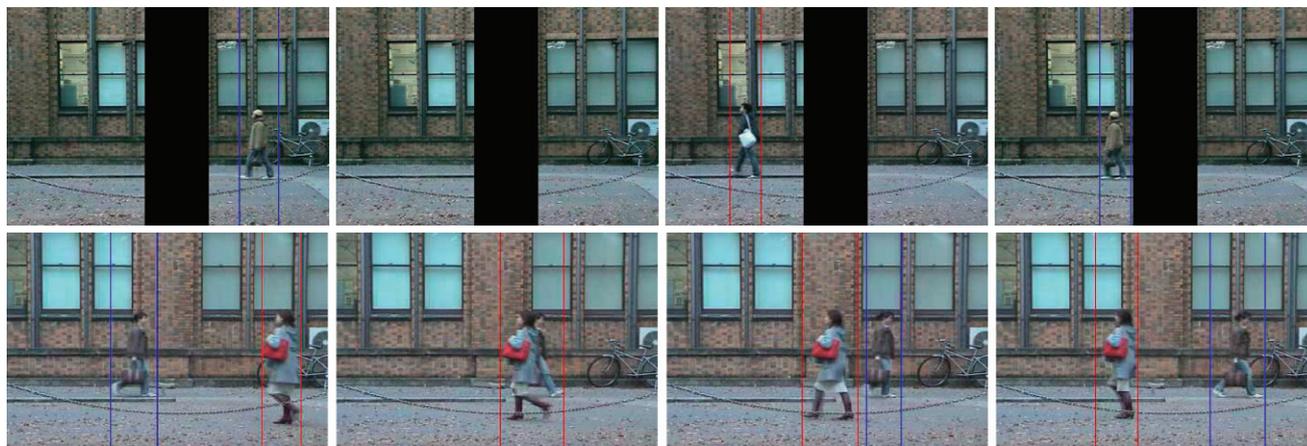


図3 移動体の頑健で安定な自動追跡への応用例

要請を全て満たす基本的で汎用的な特徴抽出方式である。

いくつかの応用例

この新しい方式による認識性能は、米国のHumanIDプログラムの一環としてNIST（米国立標準技術研究所）が取りまとめているGait認識コンペティション（71名の歩き方から個人を識別）のためのテストデータセットについて、従来の手法を大幅に上回る世界最高の性能をもつことが実証された（図1）。

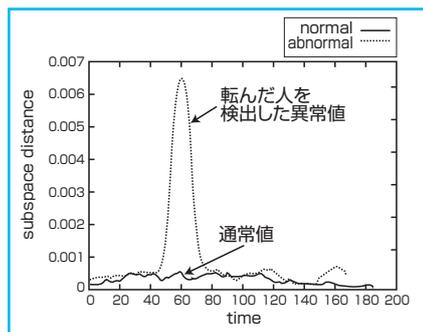


図2 異常検出の応用例

ここでは、歩くが正常、転ぶが異常

また、この方式では、動画像から異常行動を直ちに検出することができる。CHLAC特徴は加法性を持つので、正常（通常）動作からなる動画像の特徴ベクトルは、特徴空間（251次元）のある部分空間（通常動作部分空間： S_N ）に分布する。従って、異常な（通常ではない）行動は、常時学習によって得られる S_N からの逸脱（ S_N からの距離を異常値の指標）として、高速かつ高精度に検出される（図2）。複数人の場合でも、異常値の検出力は同じである。ここでも、対象の切り出しや対象のモデル・知識はいっさい不要である。計算量も人数によらず一定で少なく、実時間処理で検出ができる。

さらに、画面を分割してHLAC特徴の加法性を利用することにより、移動体の自動追跡も可能である。追跡には、

対象の形情報に加えて色情報も重要な要素となるので、HLAC特徴をカラー画像に対応できるように拡張した。従来の手法と異なり、この方式は移動対象の「特徴レベル」での同定・認識に基づく追跡法であり、対象が一度物陰に隠れたり、他の対象と交差した場合などでも、確実に安定した実時間追跡ができる（図3）。

実用化に向けての今後の展開

このように、新方式は、非常に汎用性が高く高速・高精度な「対象および動き」の認識方式である。こうした特徴から、知的防犯カメラなど、セキュリティ分野における自動（無人）ビデオサーベイランスをはじめ、ロボット視覚など、さまざまなコンピュータビジョンの応用に大きく貢献するものと期待される。

関連情報：

- プレス発表 2005年5月24日：http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050524/pr20050524.html
- N. Otsu：Towards Flexible and Intelligent Vision Systems - From Thresholding to CHLAC - IAPR Conf. on Machine Vision Applications, Invited paper, pp.430-439, May 2005.
- 特願 2003-321962 「3次元データからの特徴抽出方法および装置」 大津展之、小林匠（東大、現東芝）。
- 特願 2004-261179 「異常行動検出装置および異常行動検出方法」 大津展之、南里卓也（東大）。
- 特願 2004-349244 「追跡装置および追跡方法」 大津展之、河合正明（東大）。
- 本研究は、兼任先の東京大学（情報理工学系研究科知能機械情報専攻）での卒論指導として行ったものである。同大学院学生、小林匠、南里卓也、河合正明の諸君の努力と検証実験の貢献は大きく、ここに記して感謝します。

正確な周波数の光を作る

光周波数シンセサイザによる超高分解能分光

マイクロ波周波数と光周波数をつなぐ広帯域光周波数コムと、光出力のための広帯域周波数可変光源である連続波光パラメトリック発振器 (cw-OPO) を組み合わせることによって、広帯域にわたる連続発振光の出力が可能な「光周波数シンセサイザ」を開発した。ここでは、この光周波数シンセサイザの原理とそれを用いた超高分解能分光について述べる。

A continuous-wave optical frequency synthesizer was developed using a monolithic type continuous-wave optical parametric oscillator (cw-OPO) and an optical frequency comb. The cw-OPO was phase-locked to an optical frequency comb that was phase-locked to an atomic clock. The output frequency of the cw-OPO was frequency-shifted with an electro-optic modulator (EOM), which made it possible to tune the frequency continuously over 10 GHz. Furthermore, Doppler-free spectroscopy was performed using the optical frequency synthesizer for a cesium D1 line at 895 nm.

光周波数シンセサイザ

光周波数シンセサイザとは、周波数標準に基づいた正確なマイクロ波周波数から任意の光周波数を合成する装置で、長い間望まれてきた夢の装置であった。20世紀末に、フェムト秒モード同期レーザーとフォトニック結晶ファイバを利用した光周波数計測技術が出現し、1オクターブ以上にわたる広い波長域で、周波数の絶対値が確定した、くし状のスペクトル(光コム)を発生することが可能となった。光コムはそれ自身「光周波数シンセサイザ」と呼べるものである。しかし、発生したコムの1本1本のパワーはnW (10

億分の1ワット)程度しかなく、その1本を抜き出すことも難しいため、周波数計測以外の計測用途に応用することは困難である。もし、コムのスペクトル域にわたって波長可変な連続発振光源があれば、それを光コムに位同期することにより、「連続発振光周波数シンセサイザ」を実現できる。このようなシステムができれば、学術的には多種の原子の分光、操作や基礎物理定数の決定、応用としては長さ標準や光パワー標準などへの応用、大気中の微量分子の分析や環境計測などさまざまな精密計測への利用が可能となる。

稲場 肇 Hajime Inaba
h.inaba@aist.go.jp
計測標準研究部門
時間周波数科 波長標準研究室

1993年に旧工業技術院計量研究所に入所して以来、連続発振光ファイバレーザーの安定化およびモード同期レーザーが発生する光コムを用いた光・マイクロ波リンク技術の研究などに従事してきた。夢は、「光周波数シンセサイザ」を武器として、欲しい光周波数をいつでもどこでも供給するシステムの構築であり、同時に基礎物理定数の決定・物理法則の検証などに寄与していくことである。

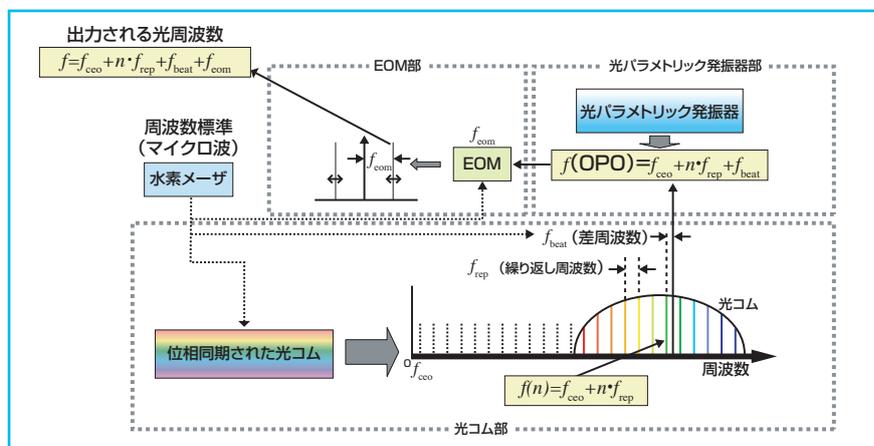
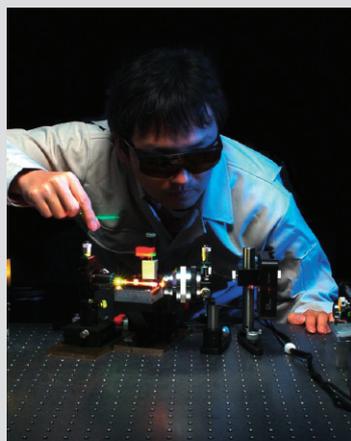


図1 光周波数シンセサイザの構成

モード同期レーザーが発生する光コム部、連続発振光の出力段となる光パラメトリック発振器 (OPO) 部および連続周波数可変を実現する電気光学変調器 (EOM) 部から構成される。正確なマイクロ波から、光周波数を合成する。

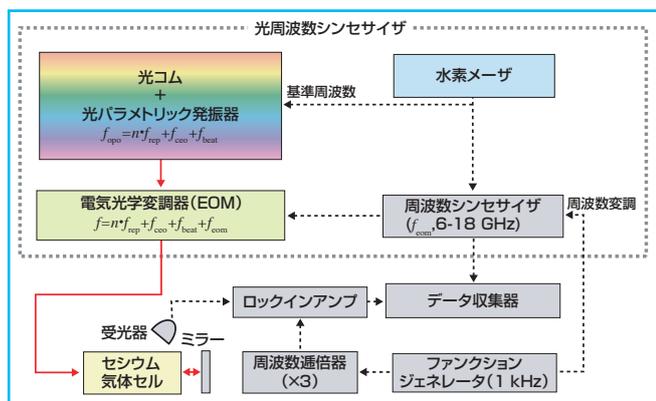


図2 光周波数シンセサイザを用いたセシウム原子の高分解能分光
光周波数シンセサイザの周波数を少しずつ変えながら、セシウム原子が発する蛍光の三次微分信号を検出し、飽和吸収分光を行う。

連続発振光周波数シンセサイザ

これまでに、われわれは広帯域にわたり連続発振が可能な光パラメトリック発振器 (OPO) を用いて、光コムへの位相同期¹⁾ およびいくつかの原子の線形吸収の観察²⁾ を行ってきた。ごく最近、電気光学変調器を併用することで、10 GHz以上の広帯域にわたる連続周波数同調を実現した。

まず連続発振光周波数シンセサイザを実現するために、図1に示すようなシステムを開発した。このシステムは、水素メータと呼ばれる高安定発振器、マイクロ波周波数に基づいた光周波数帯に発生させる光コム、光コムに位相同期させることができる広帯域連続発振光源であるOPO、そして広範囲にわたり連続的に周波数を可変するための電気光学変調器 (EOM) により構成されている。

水素メータは国際原子時^{*}と常に比較されており、それ自身を周波数標準源として利用することができる。光コムでは、この基準信号を用いて、図中の繰り返し周波数 f_{rep} とキャリアエンベロープオフセット周波数 f_{cco} を固定する。すると、 f_{cco} をゼロ本目として n 本目の光コムの周波数は $f(n) = f_{cco} + n \cdot f_{rep}$ となる。そして、OPOを n 本目の光コムに位相同期することにより、このOPO

が発生する光周波数もまた、水素メータから合成されたものとなる。さらに、この出力をEOMに入力することにより、10 GHzを超える範囲での連続的な周波数可変ができる。これらを一つのシステムと考え、正確無比な水素メータのマイクロ波周波数 (10 MHz) を入力すると、同じように正確無比で、かつ好きな波長帯 (色) の光周波数が出力できるということになる。

超高分解分光の実現

このシステムを用いた分光実験系を図2に示す。光周波数シンセサイザで発生した光をセシウム原子の入った気体セル中に入力して往復させる。これは、飽和吸収分光と呼ばれ、高速で運動する気体原子の吸収周波数における吸収信号がドップラー効果の影響を受けないようにする方法である。そして、光周波数シンセサイザの出力周波数を少

ずつ変えながら、セシウム原子が発生する蛍光を観察する。この場合、S/Nの面で有利なロックイン検出が一般的であり、ここでは三次微分信号を観察した。その結果を図3に示す。図中の各点がある光周波数に対応しており、その周波数の正確さは13桁以上である。測定された線幅は約5 MHzで、セシウム原子の自然幅である。光周波数シンセサイザの正確さや分解能にはまだまだ余裕があるということであり、より線幅の狭い対象の測定も可能である。

今後の展開

今後、パワーの増大、光コムのファイバレーザ化が実現できれば、ほかの光源では得られない波長帯において、光周波数が正確で、狭い線幅を持ち、かつ常につけっぱなしが可能な究極の光源を目指すことができるものと考えている。

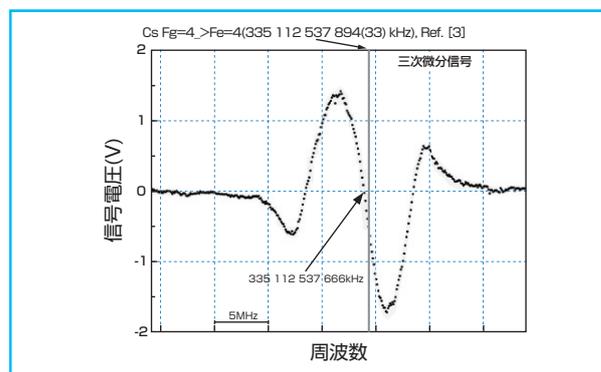


図3 観測されたCs-D1線 (895 nm) からの蛍光の三次微分信号
波長 895 nmにあるセシウム原子のD1線中にある4つの超微細構造の一つを観測したものである。周波数同調にはEOMを用いた。中心値は過去に報告された値³⁾と300 kHz以内で一致している。

用語解説^{*}

- ◆ 国際原子時：世界各国の原子時計の平均を、一部の先進国のみが保有する一次周波数標準器により校正された時系：周波数標準

関連情報

- 共同研究者：池上 健、洪 鋒雷、大苗 敦、美濃島 薫、尾藤洋一、シプリ・トーマス、大嶋新一、松本弘一 (計測標準研究部門)。
- 1) H. Inaba et al., IEEE J. Quantum Electronics, Vol.40, No.7929-936 (2004).
- 2) 池上 健: AIST Today5月号 (2005)。
- 3) Th. Udem et al., Physical Review Letters 82, 3568-3571 (1999)。

光を使った新しい細胞操作技術

生細胞の基材接着を思いのままにオンデマンド制御

光照射によって細胞接着性が大きく変化する培養基材を開発した。これにより、接着している生細胞に対して、どのタイミングで、どの細胞の接着性を、どのように変化させるかを、オンデマンドに制御することが可能となり、新しい細胞操作技術としてその応用が期待されている。

A new photo-responsive cell culture substrate has been developed. The substrate was based on photo-responsive polymer, and cell adhesion to the substrate can be modulated by irradiation of lights with specific wavelengths without affecting cell viability. This substrate enables us to control the adhesion (capturing or removing) of individual adherent cells on our demand by irradiating spot light under a microscope, and is expected to provide an innovative technique to manipulate living and adherent cells.

光で細胞接着を制御

近年、急速な進歩を遂げている細胞工学の研究分野では、多くの細胞操作手法がさまざまな形で駆使されている。このような状況でわれわれは、研究現場でのニーズの多様化に応えるため、光を使った全く新しい細胞操作技術を提案し、実用化に向けた研究開発を進めている。この技術は、独自に開発した細胞培養基材が、光照射にตอบสนองしてその細胞接着性を大きく変化させる

ることに基づいている。

この基材上で培養された生細胞のうち、ある波長の光が照射された領域にあるものは、この基材によって下からしっかりと「つかまれる」(図1-1)。その結果、基材表面を洗い流す操作によって、これらの細胞は基材表面に残る一方で、それ以外の細胞はほぼ完全に除かれる(図1-2)。また、光照射によって亢進した細胞接着性は、別の波長の光の照射でリセットされ、特定の領域の細胞だけをはがして回収することもできる(図1-3、4)。また、これらの細胞接着操作は繰り返し行うこともできる。この技術を用いることによって、播種・培養した生細胞に対して、どのタイミングで、どの細胞の接着性を、どのように変化させるかを、オンデマンドに制御することが可能となる。

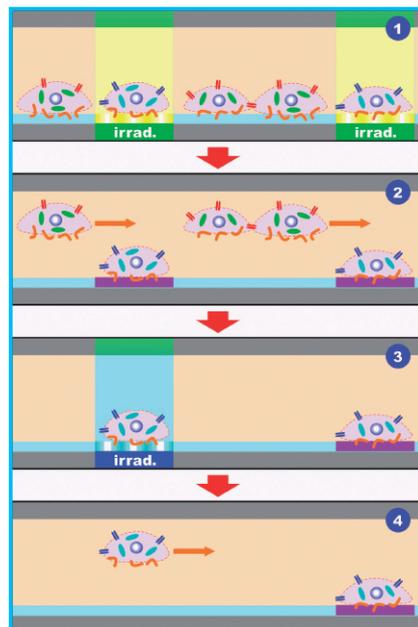


図1 光細胞接着制御の原理

細胞パターンニングによる実証

われわれは、光応答性分子と機能性ポリマーの種々の組み合わせの探索を行い、光によって細胞接着性が著しく変化する培養基材表面(光応答性ポリマー材料)の開発に成功した。この基材表面に生きた動物細胞を一様に播種し、しばらくインキュベータ内で静置

須丸 公雄 Kimio Sumaru

k.sumaru@aist.go.jp

バイオニクス研究センター

バイオナノマテリアルチーム 主任研究員

専門は高分子物理化学、光機能性有機材料、物質移動論。入所後は主に光機能性化合物のシステム化とその応用に関する研究に従事、フォトクロミック色素を用いた光ニューロコンピューティングシステムの設計・開発や、光誘起表面レリーフ形成現象の解析などを手がける。ここ数年は共同研究者と共に、スピロピランを含む新規光応答性ポリマーの設計・合成、物性解析、応用化技術の開発に取り組んでいる。異なる分野の技術や知見の集約に基づいて全く新しい技術シーズを創出し、それを実用化に結びつけることを目標に研究を進めている。



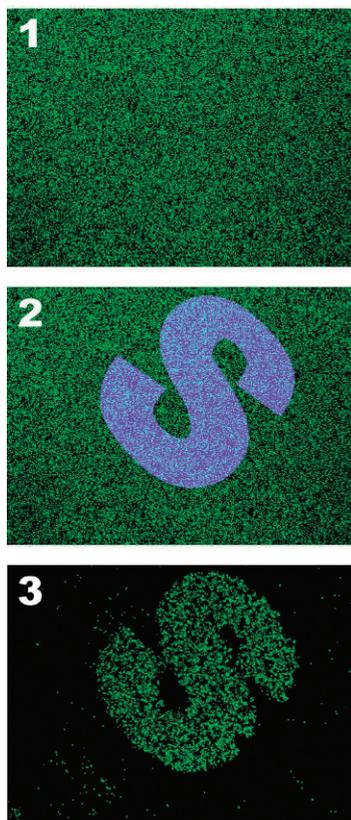


図2 光照射及び洗浄前後における接着細胞の様子

した後（図2-1）、基材表面の特性変化を誘起する光で局所照射を行うと（図2-2）、その領域のみで細胞接着性が大きく亢進し、その後の洗浄操作によって非照射領域のほとんどの細胞が除かれるのに対して、照射領域では多くの細胞が残存することが確認された（図2-3）。また、光照射と洗浄を含む一連の操作の後も、細胞が十分な活性を維持しており、正常に増殖すること、亢進した接着性が別の波長の光照射で元に戻ることを確認した。そして現在までに、一様に播種・培養した細胞がその後の局所光照射により、線幅100 μ mのパターンに沿って抜き出せることも実証している（図3）。細胞のパターン培養技術はこれまでも盛んに研究されてきた。しかし、前もって固定パターンが刻まれた培養基材を用いる従来の技術とは大きく異なり、本開発技術では生細胞が存在しているその場で基材



図3 一様播種・培養後の局所光照射によって一部の細胞が抜き出された基材表面

の接着性を自在に制御できるため、複数種類の細胞を用いたバリエーション豊かなパターンニングが実現できる。

細胞操作への応用

一方、細胞に対して操作を行う従来技術としては、光ピンセット法、フローサイトメトリー、磁気ビーズ法などが広く使われているが、いずれも細胞を浮遊状態では扱えず、足場依存性細胞*にとっては操作の際の負担がかなり大きい。従来の細胞研究では、比較的強い株化(不死化)細胞が用いられることが多かったが、細胞工学の進展に伴って、生体組織から採取したデリケートな初代細胞を扱う研究が年々増加している。所望する細胞のマーカ

多く、このような細胞操作に適した新しい道具立ての開発が強く求められている。本技術は、マーカーを用いることなく顕微鏡下で観察された細胞の形状に基づいて、接着状態にある細胞を低侵襲条件で操作することを可能にするものであり、デリケートな細胞やマーカーのない細胞などの操作においてその特徴を発揮することが大いに期待される。

以上に述べたように、われわれが開発した新しい細胞操作技術は汎用性が高く、企業・大学・公的研究機関を問わず、細胞を扱う研究現場で広く活用されるものと期待されている。今後も実用化に向けた研究を引き続き進めていきたいと考えている。

用語解説*

◆ 足場依存性細胞：
接着状態でのみ機能を発現し増殖することが可能な細胞で、動物細胞のほとんどを占める。

関連情報：

- 本研究は平成14年度 NEDO 産業技術研究助成事業の助成を受け行われた。
- 共同研究者：金森 敏幸、高木 俊之、枝廣 純一、多田 裕一。
- J. Edahiro et al. Biomacromolecules 2005, Vol.6, No.2, p.970-974 (2005)
- 2005年6月29日 産総研プレス発表：「光を使った新しい細胞分離技術 - 狙った細胞を傷めずに基材上で自由にハンドリング -」
- 特許：特開 2003-339373「細胞の分別法」（須丸 公雄、亀田 光淑、金森 敏幸、新保 外志夫）。

マルチ細胞ソーティングチップの開発

光圧力とマイクロ流体チップで多種類の細胞を一度に分離・回収

セル（細胞）ソーティング技術は、基礎研究から臨床検査まで広く用いられている細胞の分離・回収技術である。従来の技術に代わって、レーザーの光圧力とマイクロ流体チップを用いた、新しいソーティング技術を開発した。この技術は、従来法では不可能だった多種類の細胞を一度にソーティングでき、装置の小型化とともに低価格化が可能であり、早期の実用化が期待されている。

We have developed a new method of particle retrieve for a chip-based multi-cell sorter. Optical gradient force can change direction of target dielectric particles, such as cells, and retrieve particles against hydrodynamic force by irradiation of a laser in a microfluidics device. We are putting the developed method to practical use of a multi-cell sorter in a chip for applications of life science and medical technology.

セルソーティング技術と現状

細胞を個々に判別し、選り分けて回収するセルソータは、がん細胞診断、再生医療、医薬品開発など基礎研究から臨床検査まで広く用いられている。現在用いられているソーティング技術は、細胞に抗体などを介して蛍光色素を付け、その蛍光によって目的の細胞を検出して、図1のように細胞を含む水流が水滴に分かれる寸前に、プラスまたはマイナスに帯電させることで、落下する途中に配置した電極に引き寄せて、分離・回収するというものである（液

滴荷電方式）。しかし、現在この手法を用いた市販の装置では、一度に弁別できる細胞の種類は4種類程度に留まり、さらに装置が数千万円以上と高価で大型であるため、容易に利用できる機器とは言い難い状況である。

そこで、もし数10種類以上の細胞を同時に分離・回収することができれば、研究・検査の効率が飛躍的に向上すると考えられる。更に小型化・低価格化が実現すれば、共同利用設備をもつ大学や大規模病院ではなく、研究室や開業医院といった小規模の単位でもセ

平野 研 Ken Hirano

hirano-ken@aist.go.jp

健康工学研究センター
生体ナノ計測チーム 研究員

レーザーや静電気力を用いた微粒子やDNA1分子の物理的操作、1分子蛍光イメージングの技術を用いて、表題の研究開発の他、1分子ハプロタイピングなど生命科学や健康工学分野での新しい計測技術の研究・開発に取り組んでいる。また、この技術を活用してJST さきがけ「核酸ポリメラーゼ解析とDNA1分子シーケンス」の研究も進めている。学生時代に「テスターでは瞬時に電圧が測定できるのに、電気泳動の解析は何で何10分もかかるんだ!」と感じたのをきっかけに、現在は生命科学分野の測定・解析を、ボタンを押せば瞬時に結果が出るようにしたいという夢を抱いている。

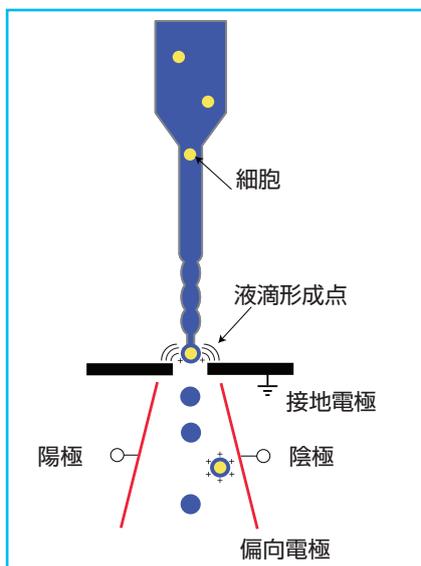


図1 従来法（液滴荷電方式）の原理

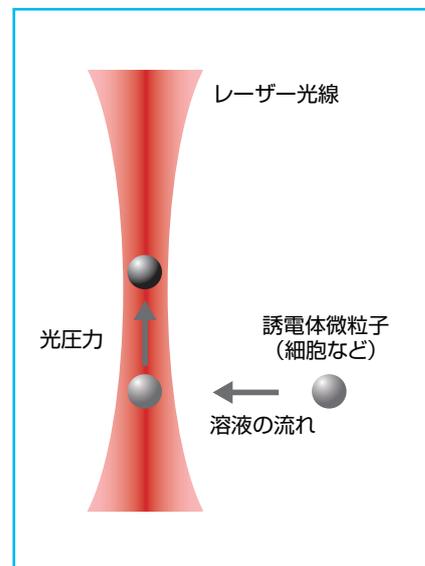


図2 光圧力ソーティングの原理

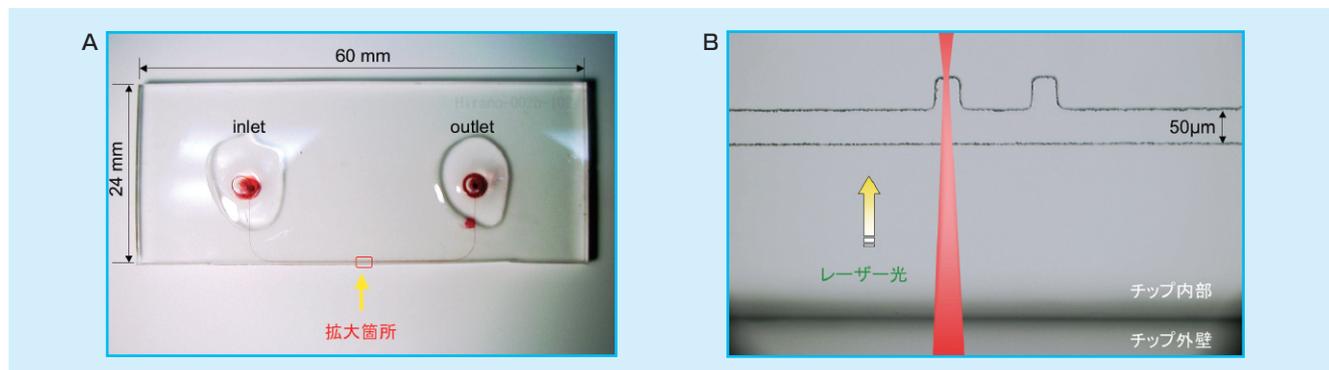


図3 マイクロ流体チップの外観 (A) と内部のチャンネル構造の拡大像 (B)

ルソータを導入できるようになり、研究競争力や医療サービスの向上につながるものと考えている。

光圧力とマイクロ流体チップとの融合

多くの種類の細胞を同時に選別・回収し、さらに小型で安価なセルソータを実現するために、私たちはレーザーの光圧力とマイクロチップの技術を融合させた研究開発を進めている。レーザー光を急激に絞り込むと、その焦点にマイクロメートルからナノメートルサイズの細胞などの誘電体微粒子を引きつける光圧力を作用させることができる。この力を利用して、図2のように細胞が流れてくる方向と直角の方向にレーザーを照射すると、細胞の運動方向を変化させ、目的の細胞の回収ができる。光圧力は、微粒子の表面に対する効果が大きいため、体積に比べて表面積の大きいマイクロメートル以下の微小空間で特に有効である。細胞のソーティングを目的とした微小空間を得るには、マイクロ流体チップデバイスが最適である。マイクロ流体チップは、ガラスなどのチップ上に、微細加工技術を用いて微小流路のネットワークを形成したもので、流路や、さまざまな化学・生化学の反応操作や検出などを1枚のチップ上に集積し並列化できる特徴がある。そのため、マイクロ流体チップ技術を用いることで、装置の小型化

や低価格化などが期待できる。

図3では、光圧力によるソーティングを実証するためのマイクロ流体チップを示している。ガラスの性質に近いPDMS（ポリジメチルシロキサン）で作製されたチップには、微粒子を輸送する幅50 μ mのチャンネル（微小な溝）とその側壁に設けられた2つの回収用の35 μ m角の凹みが作られている。このチップを用いて光圧力で回収操作を行い、図4のように光圧力を作用させた凹みだけ目的物質が回収されていることを実証した。このように、流れてきた目的の細胞に、回収場所でレーザーを照射すれば、細胞の分離・回収ができる。

実用化に向けた今後の展望

このセルソーティングでは、マイク

ロ流体チップを基礎としているため、回収場所を高度に並列化・集積化することができ、従来のセルソータによる4種類程度の分離・回収に比べて桁違いに多くの種類の細胞を分離・回収できる。また、光圧力は、誘電体微粒子に作用するため、細胞に限らず、マイクロメートルからナノメートルサイズの無機材料や高分子材料を回収することも可能であり、医療・生命科学以外の分野でも広く応用できるものと考えている。現在は、多種類の細胞をソーティングする技術の実証と装置の開発を進めている。近いうちに国内だけで100億円弱と言われ、また外国製品に席巻されている細胞ソーティング市場に影響を与えることができるのではないかと期待している。

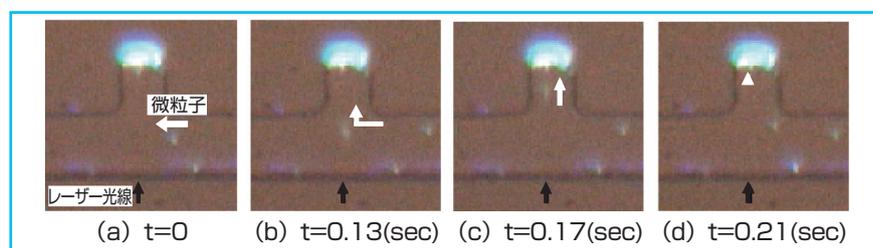


図4 光圧力ソーティングの様子

関連情報：

- 日経産業新聞：2005年7月12日
- 特開2004-167479「微粒子の分別回収方法および回収装置」(平野 研、馬場嘉信)。

脆化相の生成をおさえた新しいステンレス鋼の開発

粉末冶金法による高耐食性鉄合金

鉄粉末とクロム粉末を重量比 53.8 : 46.2 (以下 Fe-48at%Cr) に配合してメカニカルアロイング法で合金化し、パルス通電焼結により固化成形した。溶解プロセスを経た場合には脆い相 (以下 σ 相) が生成するが、この方法で作製された成形体は σ 相を含有しておらず、しかも微細な結晶粒で構成されていた。また、室温における引張強度が 1 GPa を超え、伸び率 10% 以上を示す高強度・高延性の材料であった。

Fe-48at%Cr alloy has been synthesized using mechanical alloying (MA) of Fe and Cr powder and consolidated using pulsed current sintering (PCS). The obtained Fe-48at%Cr alloy has consisted of fine grains without a brittle sigma phase, which precipitated inevitably in Fe-48at%Cr cast alloy. Fe-48at%Cr alloy fabricated by the newly proposed process (MA-PCS) has showed a high strength of over 1GPa and a high elongation more 10% at room temperature.

新しいステンレス鋼

耐食性が優れた工業用材料としてステンレス鋼が普及している。しかし、溶接時の割れなどを防ぐには高温での耐酸化性を改善する必要があり、クロム含有量の多いフェライト系ステンレス鋼の開発が望まれている。鉄とクロムで構成されるフェライト系ステンレス鋼は、クロム含有量が増加すると硬くて脆い σ 相が生成することが知られており、従来のプロセス技術では実用的な合金を開発することができなかった。そのため、「ナノメタル」プロジェ

クト (NEDO) などでのこのテーマが取り上げられ、超高純度溶解技術を利用したプロセスの開発が進められている。

われわれは、粉末冶金法を利用した Fe-48at%Cr 合金の新しい合成技術とパルス通電焼結技術を用いた非溶解の固化成形技術を開発し、この合金の機械的特性を明らかにしてきた。なお Fe-48at%Cr 合金は二成分で構成される高クロム含有のフェライト系ステンレス鋼であり、SUS430 (Fe-Cr-Ni系) などの多成分系の合金に比べてリサイクルが容易である。

西尾敏幸 Toshiyuki Nishio
t-nishio@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門
相制御材料研究グループ 主任研究員

金属を溶解してそれに形状を付与する鋳造技術において、材質向上に関する研究を中心に研究開発を行っている。特に急冷凝固法による組織微細化や非平衡相化、さらに粉末冶金技術を組み合わせた超微細組織化などを中心に、材料開発と成形技術を一体化した研究に従事してきた。ここで紹介したテーマの他に、鉛フリー銅合金の開発やマグネシウム基複合材料の開発などに注力している。

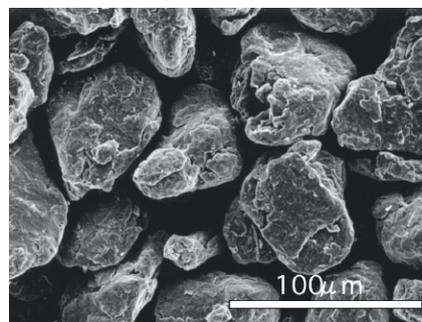
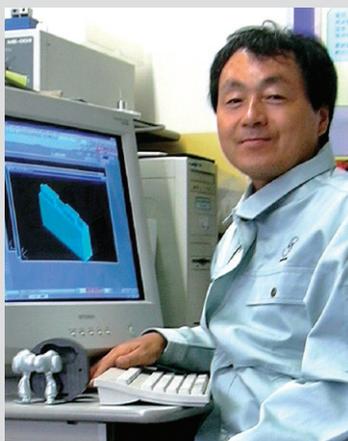


図1 360ks のメカニカルアロイング処理で得られた Fe-48at%Cr 合金粉末の走査型電子顕微鏡写真



図2 パルス通電焼結で得られた焼結体と加工した引張試験片の外観

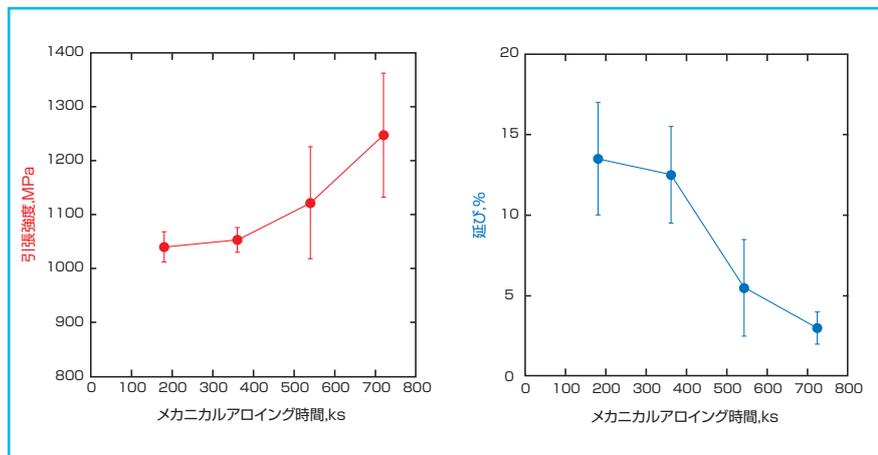


図3 種々のメカニカルアロイング時間で合成した Fe-48at%Cr 合金の機械的特性

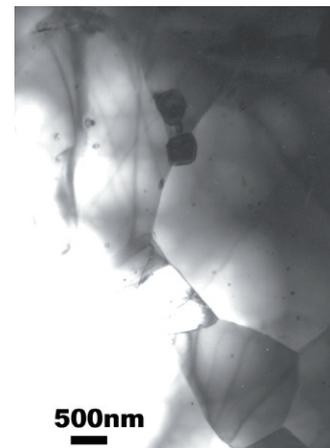


図4 Fe-48at%Cr 合金の透過型電子顕微鏡による観察組織

合金の作製法

Fe-48at%Cr合金粉末は、目的組成の鉄粉末とクロム粉末を容器に粉碎球とともに入れ、メカニカルアロイング法によって減圧不活性ガス中で合成した。メカニカルアロイング法は金属の展延性を利用して合金を合成する方法で、容器や粉碎球への溶着が問題となる場合が多い。しかし、この合金組成では720ks (200時間) の処理を行っても、原料粉末の90%以上を回収することができた。容器や粉碎球への付着が少ないことから、スケールアップによる量産化も比較的容易ではないかと考えられる。360ks (100時間) のメカニカルアロイング処理で得られた粉末は、図1に示すように50 μ m程度の粉末であり、FeとCrの固溶体となっている。得られた粉末をパルス通電焼結装置によって、33MPaの加圧下で800~900 $^{\circ}$ Cまで加熱すると、緻密な成形体を作製することができた。図2 (上) に得られた成形体の外観 (5mm \times 5mm \times 30mm) を示す。

合金の機械的特性

この合金を図2 (下) のような引張試験片の形状に加工して測定した機械的特性を図3に示す。メカニカルアロイング時間が長くなると、強度が上昇して伸びが低下することがわかる。これは、処理時に雰囲気から微量に混入する酸素や窒素などの固溶による影響である。360ks間の処理で合成されたFe-48at%Cr合金は強度と伸びのバランスが優れており、室温での引張強度が1050MPaで12%の伸びを示すことがわかった。得られた焼結体の組織は、図4に示すように1 μ m程度の微細な結晶粒で構成されている。このため高強度で高延性を実現できたものと考えられる。

複雑な形状の合金の成形

メカニカルアロイング法で合成された粉末を複雑な形状の黒鉛型に充填すれば、3次元の複雑な形状の成形を行うことができる。Fe-48at%Cr合金を板状引張試験片の形状にパル

ス通電焼結で成形した試料を図5に示す。パルス通電焼結時の黒鉛型と焼結体の熱膨張の差により、複雑形状の成形体ではクラックが発生する機会が多いが、この合金は強度が高く、延性があるためクラックを発生することなく成形体を作製することができた。そしてこの合金は、パルス通電焼結による小さな複雑な形状の成形体に適した材料であることが確認できた。今後、より複雑な形状の成形体の作製をめざして、型技術と連動した研究開発を行う予定である。

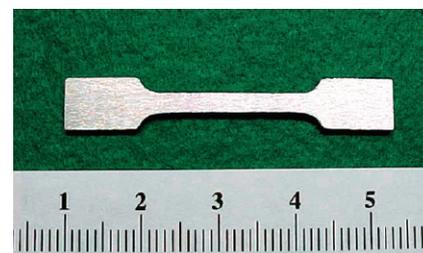


図5 パルス通電焼結で成形した Fe-48at%Cr 焼結体の外観

関連情報：

- 小林慶三, 松本章宏, 西尾敏幸, 尾崎公洋, 杉山明: 粉体および粉末冶金, 47, 1097-1101 (2000).
- 特許第 3054703 号 「強度に優れる鉄クロム合金の製造方法」

二酸化チタン被覆アパタイト 高効率な有機物の吸着-分解を実現

特許 第3550652号 (出願2000.3)

● 関連特許 (登録済み: 国内1件)

目的と効果

有機物吸着特性に優れたアパタイト (HA) と、光触媒反応によって有機物を分解する二酸化チタンの複合体には、有機物の吸着-分解を繰り返す作用メカニズムが期待されています。その実現のためには、精密なHAと二酸化チタンの繰り返し構造が必要です。

本発明で利用する二酸化チタン被覆アパタイトは、上記作用メカニズムを効率化できるHA、二酸化チタン混合様式を提供します。

[適用分野]

- 水処理
- MRSA 対策
- メンテナンスフリー建材
- タンパク選択吸着・分離

技術の概要、特徴

本発明は、チタン含有リン酸カルシウムを加水分解することにより、二酸化チタンがa面に複合化されたHA単結晶を提供するものです。HA単結晶のc面側においては、数ミクロン内に必ずHAと二酸化チタンを同居させることができます (図1)。また、HA単結晶のa面側においては、二酸化チタンのすを通してHAが露出しています (図2)。

二酸化チタンはアナターゼ型であり、紫外線により強い酸化・還元力 (光触媒反応) を生じるため、水中や大気中の有害物質を分解・無害化することができます。HAはウイルス、バクテリア等の有機物を吸着します。それによって、本発明の提供するHA/二酸化チタン複合体は、高効率な有機物の吸着-分解を実現することができるのです。

また、HA/二酸化チタン複合体からHA部分を除去すれば、六角断面二酸化チタンチューブを形成することもできます。

発明者からのメッセージ

本発明品の機能は、メチレンブルー分解試験において、HAと二酸化チタンの単なる混合粉末を上回っており、例えば、図2に示すような作用モデルが予想できます。

用途開発が目下の課題です。

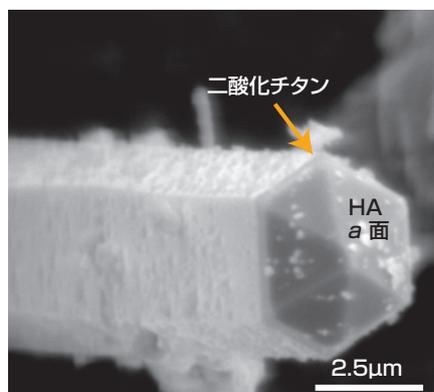


図1 二酸化チタン被覆アパタイトの電子顕微鏡画像

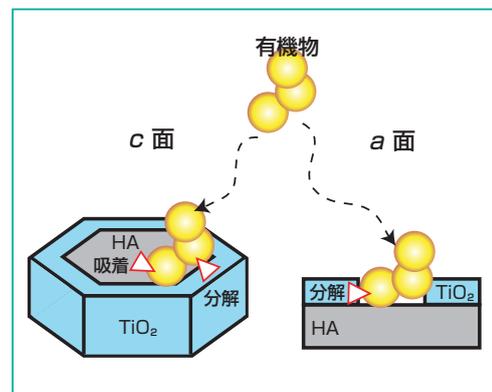


図2 二酸化チタン被覆アパタイトの有機物補足・分解模式図

IDEA

産総研が所有する特許
のデータベース
[http://www.aist.go.jp/
aist-idea/](http://www.aist.go.jp/aist-idea/)

アルコール選択透過膜

層状ケイ酸塩から創る新しいゼオライト膜

特許 第3530926号 (出願2000.7)

● 関連特許 (登録済み: 国内1件)

目的と効果

無機膜の持つ構造安定性、耐熱性、耐薬品性に着目した膜分離技術が開発されつつありますが、ゼオライト膜は分子レベルの細孔や固体酸を持っているため、分子ふるい効果や反応と分離を同時に行える「触媒膜」として注目されています。私たちは、層状ケイ酸塩を前駆体として用い、その層間に存在するSi-OH基を縮合させることにより、新しい細孔構造を持つゼオライトを合成する手法を開発すると同時に、この新しいゼオライトをムライトやアルミナの支持体表面に膜化することにも成功しました。

[適用分野]

- バイオマスアルコールの濃縮
- 有用有機酸の膜回収プロセス
- ガス分離膜

技術の概要、特徴

本技術は、合成が容易でコスト的にも安価な低次元の層状ケイ酸塩を前駆体として、構造相転移によるゼオライト化が可能のため、これまで水熱合成法では得られなかった新規なトポロジーのゼオライトがより経済的に構築できるものと期待されます。

製膜の方法は、ムライトやアルミナの多孔質中空管 (10mm φ、80mm長) の外表面に前駆体であるPLS-1を種晶として塗布し、その種晶を二次成長させることで緻密なPLS-1膜を作製した後、400℃および600℃で空気中にて10時間焼成することで、CDS-1膜に転換します。浸透気化法による水/エタノールの分離を行ったところ、600℃焼成の膜はアルコール選択透過膜 (分離係数 [エタノール/水] =53、透過流束=0.5kg/m²・h)の性質を示しました。

このCDS-1膜は、骨格構造がAll-Silicaで八員環というゼオライトの中でも比較的小さな細孔構造を有するため、900℃まで構造が安定であり、酢酸や塩酸などの耐薬品性にも優れていることが確認されています。

発明者からのメッセージ

本技術により製膜したCDS-1は、縮合の仕方 (加熱条件) を調整することで、膜の性質をアルコール選択透過膜 (疎水性) から水選択透過膜 (親水性) に変えることも可能であることもわかっています。

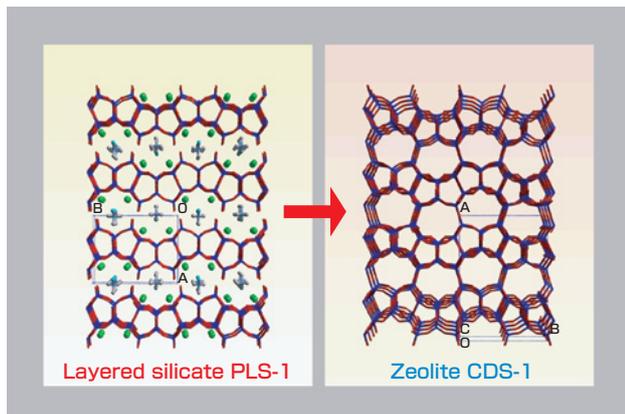


図1 層状ケイ酸塩PLS-1から新規ゼオライトCDS-1が構築されるモデル

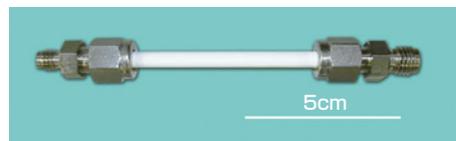


図2 ムライトチューブに製膜したCDS-1膜

ナノテクノロジーの社会受容促進に関する科振費プロジェクト

技術情報部門 関谷瑞木、根上友美、石橋賢一、阿多誠文

ナノテクノロジーは豊かな未来社会を担う新技術として期待される一方、ナノテクノロジー素材の健康や環境への影響の懸念があり、欧米ではベネフィットとリスクの両面からの議論が進んでいます。日本では平成5年からフラールレンの生体影響研究が行なわれ、優れた研究実績があります。私共はこのような研究情報の共有を目的に、昨年より討論会「ナノテクノロジーと社会」をすすめ、今年2月には産総研、物材研究機構、国立環境研、国立衛生研の共催で、日本で初めてのナノテクノロジーの社会的影響に関するシンポジウムを開催しました。また本年は4公的研究機関で「ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究」を行なっており、ナノテクノロジーの責任ある健全な発展のための政策提言にむけて活動を進めています。アスベスト問題が顕在化している中、ナノテクノロジー素材に関してもリスクを含めた議論がこれから必要です。

1.はじめに

平成17年度、技術情報部門ではシニアリサーチャー阿多誠文をプロジェクトリーダーとして文部科学省科学技術振興調整費プロジェクト「ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究」を進めています。本プロジェクトは、ナノテクノロジーの健全で責任ある発展を促進するために、本技術の社会受容の促進にかかわる政策提言をまとめる事を目的として進められています。ここでは昨年度の技術情報部門の取り組みを要約し、現在我々が取り組んでいる科振費のプロジェクトを紹介します。

2.プロジェクトの背景

ナノテクノロジーは他の技術による代替の不可能な、ナ

ノテクノロジーならではの特性を活かすことで現在の社会の抱える諸問題を解決し、豊かな次世代を担う大きな経済効果を生む新技術として期待されています。既に化粧品やスポーツ用品など、一部にナノテクノロジーを利用した商品が市場に出回り始めています。近い将来にはナノテクノロジーにより情報技術や医療技術、エネルギー技術等に画期的な変革がもたらされ、今後10年間に世界のナノテクノロジー市場の規模はナノマテリアルを中心に急速に膨らむとの予測もされています。

一方で、ナノテクノロジーは革新的な新技術であり、未経験の技術であるが故に社会に及ぼす影響もよく分っていません。現在のところ顕在化したリスクは認められてはいないものの、一部のナノマテリアルの毒性についてのデー

ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究

ナノマテリアルのリスク管理
手法に関する調査研究

ナノマテリアルの健康影響
に関する調査研究

ナノマテリアルの環境影響
に関する調査研究

ナノテクノロジーの倫理・
社会影響に関する研究

ナノテクノロジーの社会受容性促進のための技術
評価、経済効果の調査研究

4公的研究機関、大学、民間の連携による初めての包括的調査研究

人体・健康影響および環境影響に関するリスク評価、管理のありかた、倫理面の対応について調査研究
⇒ 漠然としたリスク不安の解消

技術的・経済的波及効果の評価と、社会・将来ニーズに基づく研究のあり方を政策提言としてまとめる
⇒ 健全で責任ある我が国のナノテクノロジーの発展に貢献

科学的見地から漠然としたナノリスク不安を解消し、責任あるナノテクノロジーのあり方を政策提言することで、豊かで安全な社会の実現に向けナノテクノロジーの社会受容を促進する



2005年2月1日のシンポジウム「ナノテクノロジーと社会」基調講演

タが大きく取り上げられるなど、健康への影響や環境への影響等を懸念する声もあります。そのため欧米諸国を中心に本技術が社会に与える様々な影響（経済、環境、健康、倫理）を評価する活動が活発になっています。

米国では、ナノテクノロジーを国家の重要戦略と位置付け、2000年に国家ナノテクノロジー戦略（National Nanotechnology Initiative（NNI））を策定しています。発表された計画では、ナノテクノロジーの研究開発において、社会的影響にかかわる事項は研究基盤の整備などと並んで重要な課題とされました。本計画に参加する全ての研究センター、ネットワークが社会的影響に関する研究プログラムを備えており、資金が提供されています。

欧州では、2005年6月に欧州委員会が「ナノサイエンスとナノテクノロジー：欧州の行動計画2005-2009年」を発表しました。本行動計画では、第7次フレームワークプログラムのもとでEU域内の研究・技術開発支援のナノテクノロジー関連の予算が、以前の第6次フレームワークプログラムの予算額よりも大幅に増額されています。行動計画の実施にあたっては、研究開発だけでなくナノマテリアルが人の健康や環境へ及ぼす影響の研究も重要視され、健康・安全・環境へのリスク評価はナノテクノロジーの全過程に亘り行われることが要請されています。

日本においても、IT・エレクトロニクスを中心としてナノテクノロジー市場の急速な拡大が予想され、2010年には

27.3兆円規模になるとの試算もされています。しかし社会的影響に関する研究への体系的な取り組みの遅れや、情報共有のためのネットワークの整備不足などは否定できません。

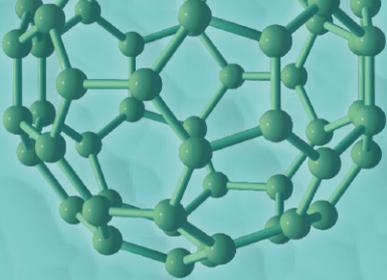
このような状況を変える役に立つことを期して、技術情報部門では2004年度ナノテクノロジーの社会影響を包括的に話し合う場として討論会「ナノテクノロジーと社会」を8月より月1回のペースで開催いたしました。討論会は広く一般に公開され、幅広い参加者を得ることができました。またホームページにて討論会で得られた情報を提供し情報の共有を図るとともに、分散して活動している研究者、政策立案の関係者、民間企業、市民等の間の交流を促しネットワークの形成が図られました。本討論会は、最終的には日本で初めてのナノテクノロジーの社会的影響に関する包括的なシンポジウムの開催へとつながりました。

本シンポジウムが、省庁の枠を超え産業技術総合研究所、国立環境研究所、物質・材料研究機構、国立医薬品衛生研究所の4つの公的研究機関が共催し、各研究所の所轄省庁、日経ナノテクノロジー、ナノテクノロジービジネス推進協議会の後援という形で開催されたこともきわめて意義のあることでした。

3. プロジェクトについて

本年度は、このような昨年度の活動の枠組みを継続、発展させて1年間の調査研究を行います。本プロジェクトは、5つのワーキンググループからなり、総勢約70名の参加者により進めています。実施期間が1年間と短いのは、政策提言型の調査研究であるということもありますが、世界的に見てもこの問題が急速に進展しているという状況に 대응するためでもあります。新技術が社会に受け入れられるためには、市民が抱く漠然としたリスクに対する不安を解消することが求められます。

そこで本プロジェクトでは、ナノテクノロジーの健康・環境影響や倫理等の課題を科学的見地から調査研究し、漠然としたリスク不安を解消し、健全で責任ある発展を促進するとともに、社会に受け入れられるために必要な課題の整理および改善案を提示します。特にナノマテリアルの安全性について懸念する声が、国内外であがり始め社会的影響にかかわる議論においても中心を占めるようになっていきます。そこでナノマテリアルの健康・環境影響については、言葉の定義、計測技術の開発なども含めてリスク評価手法



等を具体的に検討し、今後の影響調査の枠組みを提案します。また、ナノテクノロジーが社会にどのようなパラダイムシフトをもたらすのか、社会や産業が抱える諸問題をどのように解決するのかについても考えていきます。昨年度の活動に引き続き府省横断・産学官の協力体制でプロジェクトを実施し、科学技術の発展と産業の創生に資する調査研究としたいと考えています。

各研究参加者は、下表にある5つのワーキンググループに分かれてプロジェクトを進めます。各ワーキンググループの研究内容を簡単に紹介すると、①国内外のナノマテリアルのリスク管理の事例を検討し、有効なリスク管理を行うことができると考えられる手法を提示、②解決すべきナノマテリアルの健康影響に関する課題の整理、体内分布や慢性影響に関する検査手法の基礎的調査研究、③ナノマテリアルのリスク評価のための手法を検討し、健康・環境影響調査の枠組みを提示、④コミュニケーションによる合意形成のためにデータベース化することを念頭においた社会・倫理影響に関する情報の収集調査、⑤ナノテクノロジーの市場化事例の調査や国内外の産学官の有識者との討論を通じて、どのような技術でいかなる課題が解決できるのかという視点からの技術の評価及びその経済効果の調査となります。

4. ワークショップについて

本プロジェクトでは、研究の一環として、ネットワーク作りと情報の共有のために5つのワーキンググループごとにワークショップの開催を行っています。9月2日には、「ナノ

テクノロジーの社会受容促進のための技術評価・経済効果」というテーマで、第1回目のワークショップが第5ワーキンググループの担当で開催されました。約100名近くの参加者は、大学、公的研究機関、民間研究機関、民間企業、出版社、新聞社と多岐に渡るものとなりました。

本プロジェクトの趣旨説明並びに第5ワーキンググループ担当の研究項目の紹介に続き、「カーボンナノチューブと実用化への課題」日機装株式会社八名純三氏、「医薬品としてのフラーレンの可能性 そのリスクとベネフィット」共立薬科大学増野匡彦教授、「経済産業省のナノテク戦略」経済産業省花輪洋行氏、「Present-Pushモードの問題点 技術開発・リスク対策戦略の現状を問う」同志社大学石黒武彦教授、「ナノテクノロジーと新規事業創造—社会的受容との関係で—」横浜国立大学岡田依里教授、「ナノテクノロジー：公衆衛生上の課題」静岡県立大学松田正巳教授の講演が持たれました。最後に全講演者をパネリストに迎え総合討論が行われました。

本ワークショップでは、政策、リスク対策、倫理的側面への取り組み等、ナノテクノロジーを取り巻く状況やナノテクノロジーが社会に受け入れられるために取り組むべき課題について、具体的方法の提案や倫理的示唆等を交え、様々な角度から討論が行われました。質疑応答の際には、ナノマテリアルの製造、分析、加工、計測方法等について、あるいは毒性の検査方法や安全性の担保の方法についての質問が相次ぎました。またロードマップの妥当性、改善すべき点、さらにはナノテクノロジーに関する政策が大企業中心となっており中小企業への目配りが欠けている等の指

表 ワーキンググループ一覧

	担当機関	調査研究内容
第1ワーキンググループ	化学物質リスク管理研究センター（産総研）	ナノマテリアルのリスク管理手法に関する調査研究
第2ワーキンググループ	厚生労働省国立医薬品食品衛生研究所 安全性生物試験研究センター	ナノマテリアルの健康影響に関する調査研究
第3ワーキンググループ	国立環境研究所 化学物質環境リスク研究センター及び産業医科大	ナノマテリアルの環境影響に関する調査研究
第4ワーキンググループ	物質・材料研究機構 エコマテリアル研究センター、名古屋大学、横浜国立大学	ナノテクノロジーの倫理・社会影響に関する調査研究
第5ワーキンググループ	技術情報部門、計測標準研究部門、ナノテクノロジー研究部門（産総研）、ナノテクノロジービジネス推進協議会 など	ナノテクノロジーの社会受容促進のための技術評価と経済効果の調査研究



2005年9月2日の第1回ワークショップ



摘もなされました。

第2回ワークショップは、第4ワーキンググループが担当し、「倫理・社会影響に関する研究」というテーマで9月15日に開催されました。本ワークショップでは、日本では議論の機会の少ないナノテクノロジーの倫理的・社会的側面について、名古屋大学黒田光太郎教授（「ナノテクノロジーのあり方について」）と金沢工業大学札幌順教授（「ナノテクノロジーと倫理－ユネスコでの議論を中心に」）が、また革新性のあるナノテクノロジーのあるべき姿を見据えた研究開発のためのロードマップ作成について三菱総合研究所亀井信一氏（「技術ロードマップとナノテクノロジー」）がそれぞれ講演を行い、また参加者との質疑応答・議論により新たな視点から新技術の社会受容について考察を深めることができました。

なお広く情報の共有を図るため、各ワークショップの内容は昨年度同様随時プロジェクトのホームページに掲載される予定です。

5. 今後の予定

第3回ワークショップは、国立環境研究所（第3ワーキンググループ）が担当し、10月中に開催の予定です。また第4ワーキンググループではテーマ（医薬品、エネルギー等）を絞ったワークショップの開催も予定しています。また来年

2月1日には本プロジェクトの主催で国際シンポジウムを開催します。会場は国連大学ウ・タントホールで、アメリカのNational Nanotechnology Initiative (NNI) のMichael Roco氏、National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) のAndrew Maynard氏をはじめ、内外の有識者が参加します。

各ワークショップ、シンポジウムともに公開かつ無料です。多くの方の参加を期待しています。来年はじめには真にナノテクノロジーの社会受容を促進し、豊かで安全な社会の実現に貢献する政策提言をまとめたいと考えています。

参考資料

- ・ "Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009", European Communities, June 2005. (<http://www.cordis.lu/nanotechnology/actionplan.htm>)
- ・ 「ナノテクノロジー政策研究会中間報告 ナノテクノロジーによる価値創造実現のための処方箋」、経済産業省ナノテクノロジー・材料戦略室、2005年3月
- ・ National Science Foundation (<http://www.nsf.gov/>)
- ＊プロジェクトホームページ
産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/> から組織⇒技術情報部門⇒本格研究 http://unit.aist.go.jp/techinfo/ci/www/honkaku/project/nanotech_society/index.html

NMR表面スキャナー

コンクリートの新しいメンテナンス技術の提案

コンクリートメンテナンスの重要性

コンクリートは、他の建築材料と同様、いつかは耐用年数を迎えて崩壊する。コンクリートブロックの崩落事故は1999年ころ新幹線トンネルで頻発して社会問題になったが、今後さらなる崩壊が起こる可能性が指摘されている。高度経済成長期以降に建設された多くのトンネル、橋梁、およびマンションが2006年以降次々と寿命を迎えるからである。言うまでもなく、コンクリート建造物の崩壊は、国民の生命と財産を脅かす深刻な危機であり、事故を未然に防ぎ建造物の寿命を延ばすため、保守点検によって欠陥を早期発見し適切な補修工事を施す必要がある。そのため、より精度の高いメンテナンス技術の新規開発が社会から求められている状況にある。

種々のコンクリート欠陥の中でも、水を含む空洞や亀裂は、凍結による亀裂進展、雨水や地下水の浸透によるセ

メント水和物や鉄筋の変質を引き起こすので、早期に検出しなければならない危険性の高いものである。しかし、赤外線や打音等の従来の検査技術では、水を含む欠陥を定量的に評価・検出できない場合がしばしばある。このような社会的、技術的状況をふまえて、産総研では、プロトン核磁気共鳴分光学を応用して、水を定量計測できる物理探査装置(図1)の開発を行っている。今回は、その開発の進捗状況を報告する。

NMR表面スキャナー

核磁気共鳴 (Nuclear Magnetic Resonance、以下NMRと略記)とは、磁石とコイルを用いて原子核の状態を測定する方法である。コンクリート欠陥の評価においては、コンクリート中の空洞や亀裂中の水分子中の ^1H 核(水素原子の原子核)を測定する。このように、NMRは水分子を非破壊で直接的に計測できる

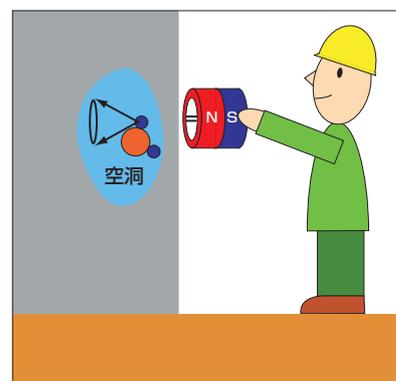


図1 NMR表面スキャナーによるコンクリート壁の検査のイメージ

水で満たされた空洞中の水分子の水素原子核を、磁石で歳差運動させコイルで検出する。

ことを最大の特長としており、弾性波や電気伝導度を用いた他の物理探査技術に比べて水の定量能力で抜きん出ている。

図2aは、NMR表面スキャナーのセンサー部分である。円筒形の磁石の端面に「背中合わせ状態」のD型コイルが一對載せてある。このコイル表面から1.5 cm離れた空間がセンサーの感度領域であり、探査深度は1.5 cmということになる。このセンサーは、信号の増幅・変調・検波などを行う分光器本体に同軸ケーブルで接続されている。

計測手順としては、まず、センサーをコンクリートに押し当てて(図2b)、コイルから ^1H 核の共鳴周波数(3.5MHz)のラジオ波パルス照射する。次に、パルスの照射によって励起されたスピンの系が熱平衡に回帰する過程(横緩和過程)を、同じコイルを用いて計測する。この横緩和波形データの振幅は、感度領域中の水分子の数に比例するので、コンクリートの空隙に潜む水の量に換算できる。

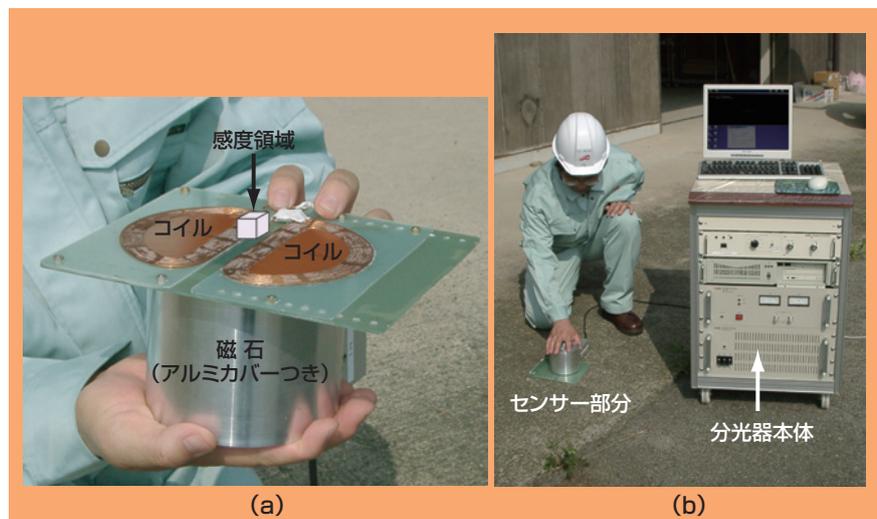


図2 NMR表面スキャナーシステム

(a) センサー部分(磁石とコイルからなる)。センサーの感度領域の概形を立方体で図示。
(b) 屋外での試運転風景。(a)のセンサー部分をコンクリートに押し当てて、表面から1.5 cm奥にある水を計測中。右隣のラックは分光器本体。

開発の進捗状況

現在、基本的なシステム構築は完了し、屋外での試運転(図2b)を開始したところである。また、水の定量能力を確認するための室内キャリブレーション実験も併行して行っている。一例として、コンクリート中の含水亀裂の開口幅の定量計測を目的としたキャリブレーション実験データを紹介する。2つのコンクリートブロックで模擬亀裂を作製して(図3a)、¹H核の横緩和波形データを取得し、時間積算してシグナル強度を求めた(図3b)。図3bの一つのデータ点の取得に必要な時間は、5分であった。亀裂幅1.5 cmまではほぼ比例関係が成立しているのですが、この計測システムは開口幅1.5 cm以下の水を含む亀裂の定量計測ができると考えられる。

今後の展開

図3に示した実験により、探査深度が1.5 cmのプロトタイプながらも、コ

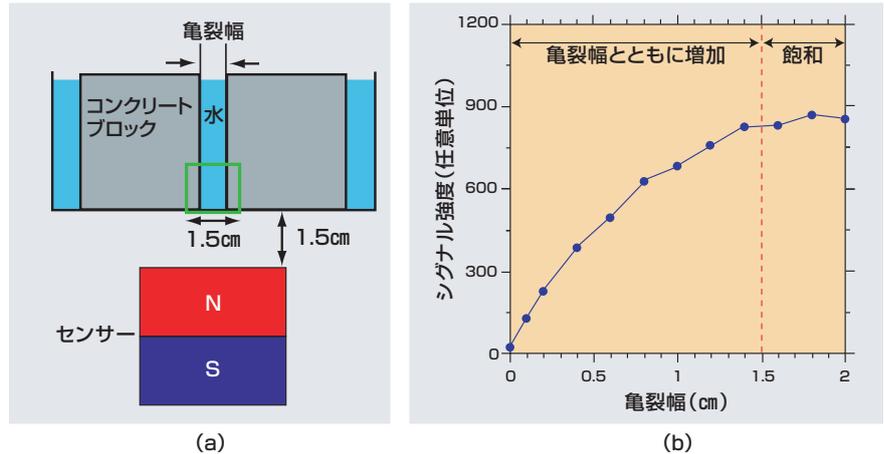


図3 亀裂幅の定量計測室内実験

(a) 試料とセンサーの位置関係。センサーの感度領域を緑色の枠で示す。

(b) 亀裂幅と NMR シグナル強度との関係。

感度領域サイズが 1.5 cm なので、亀裂幅 1.5 cm 以上ではシグナル強度は飽和しているが、1.5 cm 以下では右上がりの関係を確認できた。

ンクリート中の亀裂幅を定量的に計測できることが確認できた。今後は、トンネル等での実地試験を計画している。また、コンクリート表面には現れない深部の空洞または亀裂を検出するため、探査深度5 cm 以上のNMR表面スキャナーも別途開発中である。

NMRは間隙水の量だけでなく、水分子の物理化学的な状態も定量計測できる。例えば、スピンの緩和時間は空隙サイズや固体表面との相互作用の情報をもっている。したがって、緩和時間データと併用することで、単なる亀

裂や空洞検出以外にも以下の応用が期待できる。

- (1) 欠陥のない多孔質コンクリートの空隙サイズ・透水係数の非破壊測定
- (2) コンクリートの養生過程のモニタリング

産総研では、これらの方面への研究展開も計画中であり、企業との共同研究を視野に入れながら、NMR物理探査技術の社会への提供を今後も進めていく予定である。

関連情報

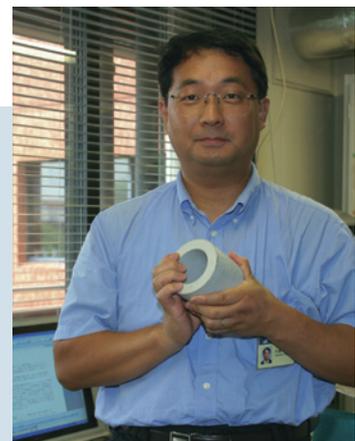
参考文献：小林 一輔「コンクリートが危ない」岩波書店(1999).
 中島 善人・宇津澤 慎：地質と調査(2005)(印刷中)
 Utsuzawa et al.: J. Magn. Reson. (2005)(投稿準備中)
 共同研究者：宇津澤 慎(筑波大学)

地図資源環境研究部門

中島 善人

E-mail: nakashima.yoshito@aist.go.jp
<http://staff.aist.go.jp/nakashima.yoshito/myhome.htm>

NMRを用いて、野外調査および地質試料の室内分析実験を行う業務に従事。今回紹介した自主開発装置による土木構造物スキャンの他、NMRによるボーリング坑壁の調査、粘土・堆積岩のプロトン緩和特性の計測、NMRデータ解析手法開発などを行っている。手に持っているのは、図2aの円筒形ネオジウム磁石(重さ3.0kg)。



重金属分析用 ABS 樹脂標準物質

RoHS 指令に対応する認証標準物質の頒布を開始

本標準物質の開発の背景

欧州指令 (EU Directive) の1つである RoHS 指令 (Restrictions of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronics equipment、日本語では、電気電子機器中の特定有害物質の使用禁止令) が2006年7月から発効することになっている。RoHS 指令をクリアしないと電気電子機器の欧州への輸出ができなくなるため、日本国内で大きな問題となっている。RoHS 指令の目的は、電気電子機器への有害物質の使用制限に関する EU 加盟国の法規制の格差をなくすことや、使用者の健康の保護、廃電気電子機器の処理・処分者の健康の保護、環境負荷や資源負荷の削減、資源回収を進めるためである。また欧州指令に限らず、国内法にも有害物質の使用規制や、製品の品質表示を求める法律があり、将来的には有害物質を使わないことが基本原則になりつつある。したがって、製品中の有害物質の含有量測定への要求は将来的に増加する方向にあると考えられる。

RoHS 指令の対象物質は、Cd、Hg、

Pb、Cr (VI)、ポリ臭化ビフェニール [PBB]、ポリ臭化ジフェニルエーテル [PBDE] である。規制の閾値 (最大許容濃度) は、Cd が 100 mg/kg、他の物質が 1000 mg/kg となる見込みである。特にプラスチック中のこれらの物質の分析に多くの関心が寄せられており、プラスチックをマトリックスとする認証標準物質 (CRM) が求められている。プラスチック CRM が求められている背景としては、電気電子機器中にはプラスチック部品が多く使われていること、歴史的に着色や難燃化の目的で規制対象物質がプラスチック中に添加物として意図的に混入されてきたことがあること、現在では意図的な混入はほとんどないとしてもリサイクル過程での古いプラスチックの混入が考えられること、プラスチックをマトリックスとする CRM がほとんどないこと等がある。また、市場のグローバル化、ボーダレス化に伴って、化学標準においてもトレーサビリティ要求が高まってきており、試験所等における分析値に対して国際相互承認できる分析証明書が必須となる。したがって、計量標準の

国際相互承認協定 (グローバル MRA) に対応できる国家標準と呼べる CRM の供給が重要である。

本標準物質の特徴と使い方

現在、国家標準と呼べるプラスチック CRM は、欧州連合 (EU) の IRMM (標準物質計測研究所) が認証した重金属分析用の BCR 680、BCR 681 及び VDA 001~004 のシリーズくらいしかない。これらの樹脂の材質はいずれもポリエチレンである。今回産総研から頒布を開始した CRM は、パソコン



写真2 乾式灰化用の電気炉
値付けのための試料分解方法の一つとして採用した乾式灰化に用いた電気炉で、石英ビーカー中の ABS 樹脂試料を 350 °C で分解した。



写真1 重金属分析用 ABS 樹脂 CRM

左: NMIJ CRM 8102-a (低濃度) 右: NMIJ CRM 8103-a (高濃度)

表1 NMIJ CRM 8102-a (低濃度) の認証値

	認証値 (質量分率 (mg/kg))	拡張不確かさ (質量分率 (mg/kg))
Cd	10.77	0.20
Cr	27.87	0.35
Pb	108.9	0.89

表2 NMIJ CRM 8103-a (高濃度) の認証値

	認証値 (質量分率 (mg/kg))	拡張不確かさ (質量分率 (mg/kg))
Cd	106.9	1.37
Cr	269.5	4.5
Pb	1084	9.4

やプリンタの外装に多く使われているABS樹脂をマトリックスとしており、ポリエチレンとは別種の汎用樹脂へと選択の幅を広げたことにもなる。

今回作製した重金属分析用ABS樹脂CRMは、プラスチックと添加物の二軸混練機を用いた混合によって作製されたABS樹脂のペレット（一粒約10mg）であり、高濃度と低濃度の2水準を用意した（褐色瓶中25g入り）。これらには比較的高濃度の金属を含有させることができおり、高濃度水準のCdとPbについては予想される閾値に近い濃度となっている。添加物を加えていない空試験用ABS樹脂の供給も予定している。本CRMは、分析の精度管理あるいは分析方法や分析装置の妥当性確認に用いることができる。本CRMのCd、Cr、Pbの認証値は表の通りであるが、これらの値は、同位体希釈質量分析法を含む複数の方法を用いて産総研計量標準総合センター

(NMIJ)において値付けされたもので、SIトレーサブルである。認証値の不確かさは、合成標準不確かさと包含係数 $k=2$ から決定された拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を示す。本CRMは直射日光の当たらない室温で清浄な場所に保存し、使用時の試料の採取は緩やかに倒立等を数回繰り返して試料を混合した後に行い、80℃で1時間乾燥しシリカゲルデシケータ中で1時間放冷した上で秤量して用いる。均質性の観点から一回の分析に用いる試料量は、0.10g以上とする。本CRMの有効期限は2010年3月31日であり、長期安定性の試験を継続している。

頒布状況と今後の予定

本CRMは、NMIJにおけるISO/IEC 17025およびISOガイド34に適合する品質システムの下で作成され、契約取り扱い業者を通じて2005年7月から頒布が開始されている。今回のペレットと同組成のディスク（蛍光X線分析用で、直径30mm、厚さ2mm）の認証も予定しているし、またABS樹脂以外のプラスチック種の開発も今後行う予定であり、必要とされる国家標準の開発・供給を通じて、産業界の健全な発展に寄与して行きたい。

【頒布方法等】頒布方法等のお問い合わせは下記へお願いします。

産業技術総合研究所 計量標準管理センター 標準供給保証室
〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3
電話：029-860-4026
FAX：029-861-4018

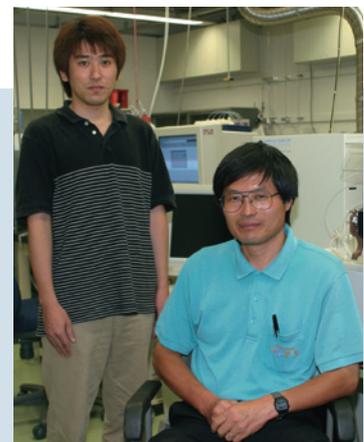
計測標準研究部門

日置 昭治 大畑 昌輝

E-mail: aki-hioki@aist.go.jp
m-oochata@aist.go.jp

一次標準測定法と呼ばれる特別な方法になる可能性をもっている滴定法、重量分析法、電量滴定法、同位体希釈質量分析法等を用いた精密な分析手法の研究を行ってきた。対象としては、金属標準液や非金属イオン標準液の一次標準および無機高純度標準物質や無機材料標準物質を扱い、研究・開発を進めてきた。今後も関連分野における標準の供給等を通じて、トレーサビリティ体系の発展に寄与したい。

共同研究者：倉橋正保



左：大畑昌輝 右：日置昭治

タイでも“パロ”が大人気! Thailand Science Tech 2005 に産総研が出展

産総研はタイ政府及び国家科学技術開発庁 (NSTDA) からの協力要請により、8月23～28日にバンコクでThailand Science Tech 2005 (タイ科学技術週間 2005) にパロ、光触媒、ナノバブル水、尿意センサー、発根促進剤、嗅覚機能代替技術、光応用細胞分離技術、ロボット (映像展示)、スマトラ沖地震津波シミュレーションの研究成果の展示、説明や実験教室を行いました。その中でもパロは、地元の報道の影響で一躍人気者となり、日本でもNHKで放送され

ました。また開催中には、NSTDAや民間企業と共同研究についての話し合いを持つことができました。

タイ科学技術週間は、タイ政府が青少年、一般国民に科学技術に関する理解を深めてもらうために行っています。1日約10万人、トータルとして約60万人もの来場者があり、特に子供達の参加が多く、写真のように大変な賑わいを見せていました。

タイ王国シリントーン王女殿下に産総研からパロの贈呈を行いました。こ



の様子はタイの新聞各紙にて紹介されました。また、殿下が産総研のブースを見られた際には、直接産総研の研究者に質問されておられました。



産総研シンポジウム「ロボットビジネス戦略」を開催

9月14日、秋葉原ダイビル・コンベンションホールで産総研シンポジウム「ロボットビジネス戦略」-効果的な技術移転で産業競争力強化- (日刊工業新聞社共催)が開催されました。ロボット大国であるわが国は、新しい市場を創造するため、産業用以外の応用分野を早急に開拓することが期待されています。このシンポジウムでは、掃除ロボットの開発などサービス分野での市場創成の取り組みや、人間型ロボット

の応用分野の開拓に向けた最先端研究成果の講演がありました。また、「ロボット産業と人間社会 “広がる夢・未来”」と題した産学官の専門家によるパネル討論があり、今後のロボットビジネス戦略について、活発な討議がなされました。

先月閉幕した愛・地球博においては、産総研をはじめとする多くの研究機関から出展された最先端のロボットの展示が大きな話題になったこともあつ



て、本シンポジウムには定員を上回る参加申し込みがあり、当日は375名が出席する盛況ぶりでした。

未来との出会いの場「明日の技術展」のお知らせ

この技術展では、ロボットの実演、実験教室なども行いますのでご家族連れで参加して頂ければ幸いです。お気軽にお立ち寄りください。

- ◆ 会期：2005年11月3日～6日
- ◆ 会場：梅田スカイビル及びウェスティンホテル大阪
- ◆ 主催：産業技術総合研究所 / 共催：読売新聞大阪本社
- ◆ 入場料：無料
- ◆ 連絡先：産業技術総合研究所 広報部 (TEL: 029-862-6214)

◆ 展示 「明日の技術展」

産総研の研究成果展示・体験イベントで、愛知万博に出展した明日の技術等を展示します。

◆ シンポジウム ～エネルギー技術最前線～「燃料電池から、明日のエネルギーを考える」

現在に至るまでの燃料電池の開発状況を総括し、燃料電池の開発を支えてきた第1号者たちによるパネルディスカッションを行い、燃料電池を含めた次のエネルギーを考えます。

◆ 実験工作教室「最新科学を体験しよう」

産総研の研究成果に関連した実験教室、工作教室を行い、家族連れ・子供たちに科学技術の楽しさを伝えます。

Gfarm Workshop 2005 を開催

9月9日に秋葉原コンベンションホールにおいて、グリッド研究センター主催、グリッド協議会協賛によるGfarm Workshop 2005が開催されました。

Gfarmは、産総研を中心に研究開発が進められている次世代ネットワーク共有ファイルシステムで、2003年11月よりオープンソースソフトウェアとして公開されています。

本ワークショップでは、開催と同時にリリースされたGfarm 1.2の最新機能の紹介、および8件の研究、活用、事業化事例の発表がありました。最新

機能では、性能向上、耐故障性向上の機能の他、Windows PC、Webブラウザからのアクセス方法が紹介され、つくば、大手町の計66台のPCで構成したGfarmファイルシステムを、会場のWindows PCで高速にアクセスするデモンストレーションが行われました。

会場には産業界、大学などから74名の参加があり、特にワークショップを締めくくるラウンドテーブルでは参加者とともにGfarmの今後に関して自由に活発な議論が行われました。また、当日の様子は、IIJ-MCおよび(株)創夢

の協力によりRealVideoで中継し、日本中に発信されました。



Bio Japan 2005 開催

9月7日～9日、パシフィコ横浜でバイオジャパン2005が開催されました。昨年バイオジャパンは毎年開催されることになり、共同研究や技術移転等を目的としたビジネスパートナーリング的な性格を強めています。

産総研のパネル展示は、ナノテク・材料、IT、計測技術等との融合領域のものが半数以上を占めました。今やライフサイエンスは総合科学技術の感を呈し、総合力を特徴とする産総研の

強みが十分に発揮できる分野になっています。また、産総研の人材育成活動（ナノバイオとバイオインフォマティクス）に関するパネル展示も行ない、異分野に精通するマルチメジャーな人材育成の重要性をアピールすることができました。さらに、今年は産総研主催のセミナー（植物バイオ、バイオインフォマティクス、ペプチドエンジニアリングの3テーマ）を開催しました。多数の参加者があり、産総研の研究に

対する関心の高さをうかがうことができました。



積極的な地域連携を目指した「産総研技術シーズ発表会」を開催

第二期中期計画で産総研は、つくばを含む地域センターの機能拡充を最重要課題の一つとしています。各地域センターを、研究拠点としての活動だけでなく、地域における研究と産業をつなぐ連携拠点とすることを目指しています。

地域の公設試、企業組合、商工・経済団体等と協力し、地域ニーズを発掘し、地域企業との共同研究や、技術移転等を促進するために地域産業の特色に即した産総研シーズの紹介と支援制度などの情報提供の場として、担当者が直接出向いておこなう発表会の形式が効果的ではないかと、9月15日、関

東経済産業局、茨城県商工労働部をはじめ県内の中小企業 支援機関などからご支援をいただき茨城県県北地域で第一回の発表会を開催しました。

当日、茨城県日立近郊の企業をはじめ県外からの参加も迎え、総参加企業・研究機関は50社を越えました。会場は企業の経営者や研究者が熱心に産総研の研究シーズに耳を傾けていました。その後、企業側が関心を持ったテーマの交流会や技術アドバイザーによる技術相談会も行ないました。同発表会は、本年度中に茨城県内の2～3地域で実施する予定であり、今後連携支援事業として相乗効果が高められるようであ

れば全国的な事業として推進していきたいと考えております。

○お問い合わせ
地域連携室 TEL：029-862-6145



九州センター

九州センターでは、研究成果の発信と青少年に対する科学への普及活動の一環として、8月6日に、一般公開を行いました。「体験型サイエンス実験ショー」、「移動地質標本館コーナー」、「つくば出展コーナー」、をはじめとして、当センターから9公開テーマを設け、わかりやすい理科実験・展示等を行いました。

体験型サイエンス実験ショーでは、小学生から中学2年生までを対象に「化学の不思議・電気の不思議」、「磁石の

不思議～フォースとともにあらんことを～」を合計4回行いました。参加者は、講師とアシスタントの絶妙な進行で、不思議な科学の世界にひきこまれてい

ました。

初めての土曜日開催ということで、お父さんと連れだっただけの子供たちが目立ち、来場者は542名を記録しました。



つくば出展コーナー



体験型サイエンス実験ショー

北海道センター

8月6日、北海道センターで、日頃の研究成果をご紹介するとともに、小中学生のみなさんにも科学のおもしろさを体験してほしいと、一般公開を開催しました。

夏休み中の土曜日とあって、「わくわくサイエンス実験ショー」や「おもしろ体験コーナー」では、たくさんの子どもたちが真剣なまなざしで取り組んでいました。実験終了後も、「来年もたのしい実験をしたい!」との声がたくさん寄せられました。

子どもたちに大人気のコーナーに加えて、今年の研究紹介コーナーには、北海道センターの3研究部門のほかに、AISTベンチャー3社も特別参加しま

した。スタッフにとっても他の部門の理解を深める有意義な一日になりました。来場者数は650名を超え盛況のうちに終了しました。



木炭電気をつくろう!



のそいてみようミクロの世界

東北センター

8月20日に「社会のためにようこそ! カガクのセカイへ」をテーマにした東北センターの一般公開を開催しました。当日は、夏らしい晴天に恵まれ絶好の一般公開日和となり、午前中で昨年の来場者数を上回る盛況ぶりを見せ、最終的な来場者数は、914名を記録しました。

“無重力を体感する”などの「Dr.産総研のおもしろ科学講座」では定員を超える参加者があり、“二酸化炭素の科学”“粘土でできた世界最大スクリー

ン”などの「実験・体験コーナー」でも長蛇の列ができるほどの人気となりました。

“化学の不思議・電気の不思議”での

楽しそうに実験する子供たちの表情や「展示コーナー」での研究成果の展示や解説を見学する真剣な子供たちの表情がとても印象的でした。



化学の不思議・電気の不思議



無重力を体感する

サイエンスキャンプ 報告

(財)日本科学技術振興財団の主催で全国から応募した高校生に科学の楽しさをつたえる「サイエンスキャンプ」に協賛して、産総研でも3つのセンターで様々なコースを実施しました。

つくばセンターでは、実際に模型を組み立てながら学ぶ「模型スターリングエンジンを作ってみよう」、「超伝導体を作ってみよう」、「微生物の正体をつきとめよう」など実習を重視したプログラムが用意されました。さらに今回は「ものづくり日本大賞」受賞者の講演もあり、科学やものづくりの大切さ、面

白さを感じることができたようです。

北海道センターでは、遺伝子組換え植物温室、メタンハイドレートの燃焼実演などを見学し、その後、昭和西山登山と、噴火から5周年を迎えた有珠山西山火口での野外実習を行いました。いまだ100度近い地熱地帯や、傾いた家屋の計測などを通じて、圧倒的な自然の力を実感したようです。また、伊達市消防防災センターでは防災体験施設などを見学しました。

中部センターでは、クリーン社会の実現を目指したセラミックスについ

て学ぶコースを用意しました。参加者は、鑄込み用スラリーを調製し、石膏型を用いた鑄込み成形、及び材料の合成とスクリーン印刷及び焼成の実習を行い、セラミックスの先端技術によるものづくりを体験しました。セラミックス製造設備の見学、電子顕微鏡による観察法の説明や、セラミックス材料の特性や用途などの講義に、興味深く耳を傾ける様子が印象的でした。

どのコースでも、研究現場や実際の機器に触れることで、科学への興味をいっそう高められたことと思います。



EVENT Calendar

9月10日現在
http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html

2005年10月 → 2005年12月

●は、産総研内の事務局です。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
10 October			
9~14日	2005 国際石炭科学技術会議 (2005 ICCS&T)	沖縄	029-861-8423●
11~14日	ライブセルイメージング講習会	つくば	029-861-5555●
12日	ハイテクものづくりシンポジウム -迷える基礎科学を出口に導く研究方法論-	東京	029-862-6043●
13~14日	北陸技術交流テクノフェア 2005	福井	0776-36-8284
14~16日	きたのくに いきいき福祉健康フェア 2005	札幌	011-867-2005
20~21日	第2回システム検証の科学技術シンポジウム	大阪	06-4863-5022●
21日	東京工科大学・産総研リサーチ・フォーラム 2005	東京	0426-37-5987●
25日	産総研 研究講演会 in 中部	名古屋	052-736-7063●
26日	サイバーアシストコンソーシアムシンポジウム 2005	東京	03-5298-4728●
26~28日	特許流通フェア中部 2005	名古屋	052-951-2774
31~11/2日	15th German-Japanese Forum on IT as Part of the Year "Germany in Japan"	東京	029-862-6600●
11 November			
2~4日	第5回 マイクロ波効果・応用国際シンポジウム	つくば	03-5689-6361
3~6日	未来との出会いの場「明日の技術展」	大阪	029-862-6214●
3~6日	ジャパンロボットフェスティバル in TOYAMA	富山	076-442-7400
15~18日	第25回 INCHEM TOKYO 2005「プラントショー」	東京	03-3434-1391
30日	ライフサイクルアセスメント研究センターシンポジウム「LCA手法の地域施策への展開」	東京	029-861-8105●
30~12/2日	2005 産学官技術交流フェア	東京	03-5644-7221
12 December			
1~2日	第1回日本LCA学会研究発表会	つくば	029-861-8105●
5~6日	第31回 (2005年) 感覚代行シンポジウム	東京	029-861-6716●

安心と安全のための計量標準研究

計量標準の研究としくみ作り

産業科学技術に関する広範囲なジャンルで研究開発を推進する産総研ですが、標準・計測分野には産総研のもう一つの顔があります。それは研究開発によって日々精度が高められていく計測技術に見合った「ものさし」(計量標準)を社会に広めていく大切な役目です。産業においてもあるいは日常生活においても「ものさし」は正しくなければなりません、自分の「ものさし」だけがいくら正確でも社会は成り立ちません。社会の全ての「ものさし」を(実際には必要とされるレベルによって一致の程度は変わりますが)同じに揃えることが大切なのです。

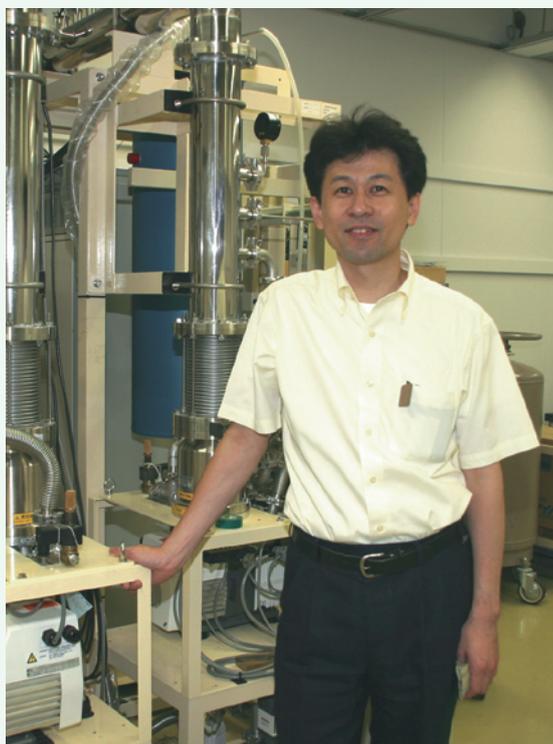
産総研の計量標準総合センター(NMIJ)は、7つの基本単位(長さ、質量、電流、時間、温度、光度、物質質量)すべての「ものさし」のおおもとを保有しています。ここでは、最先端の科学技術で必要とされる高精度な「ものさし」の研究開発に加えて、国内の計量器や計測器が共通に正しい値を示すように社会に行き渡らせるための活動を行っています。さらに、国内の「ものさし」が国際的にも通用するためにとっても重要な国際相互承認という国際的なしくみ作りにも力を入れています。

計測標準研究部門 有機分析科有機標準研究室 主任研究員の井原 俊英氏は、自らの研究分野である「有機標準」の研究開発に加えて、計量標準管理センターで計量標準の普及活動を推し進めてきました。同氏は、米国標準技術研究所(NIST)での研究経験を踏まえ、この6月から国際度量衡局(BIPM)にも席を置き、また、経済産業省産業技術環境局知的基盤課とも調整役として計量標準のさらなる発展・普及に向けて力を注いでいます。

井原氏よりひとこと

生活に密着しすぎていてその重要性に気がつくことは少ないのですが、私たちの暮らしは大変多くの計量標準に支えられています。電気・水道・ガス等のユーティリティメーターや、体温計・体重計など、我が国では正確であることが当たり前になっていますし、航空機や自動車の整備に使う計測器が正しい値を示さなければ大変なことになります。実はこれらの値は全て産総研が開発した計量標準を元にしています。産総研の計量標準(国家計量標準と言います)の質が良くなければ、世の中すべての計量標準の精度が低くなるわけですから、社会的に大きな責任を負っていると同時にやりがいのある仕事だと思っています。

21世紀になり、科学技術の進歩だけでなく社会の持続可能性に対する意識がますます高まっているなか、必要とされる計量標準についても長さや質量といった産業を支える基盤的な分野から、人の安心・安全の確保に必要な健康(医療)、環境、食品分野へと拡がりを見せています。私たちは今年から、国際度量衡局と共同で臨床検査項目の一つであるホルモン関連(17β-エストラジオールやテストステロンなど)の計量標準の開発を始めました。臨床検査そのものは既に確立されたシステムであり、健康状態の確認や病気の診断に大きな支障はありませんが、検査データの互換性が乏しいために病院(検査室)間でのデータの相互利用を困難にしています。共通の「ものさし」を提供する計量標準は、この問題の解決にはなくてはならないものです。私たちの取り組みがその一助となることを期待して、新たな分野における計量標準の開発にチャレンジしています。



産総研
TODAY

2005 October Vol.5 No.10

(通巻57号)

平成17年10月1日発行



独立行政法人
産業技術総合研究所

編集・発行
問い合わせ

独立行政法人産業技術総合研究所
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

ホームページ

<http://www.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。



全紙割合率100%の
再生紙を使用しています。

