

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

11

2010
November

Vol.10 No.11

特集

02 本格研究 理念から実践へ

座談会：広く研究を駆動する人型ロボット

形態を活かした移動能力獲得を目指して
ヒューノイドのコンテンツ開発を支援する全身動作作成技術
ヒューノイドによる人らしい動作の実現



リサーチ・ホットライン

- 14 スピンRAMの大容量化を目指す垂直磁化TMR素子
5 Gbitを超えるスピンRAM(MRAM)の設計が可能に
- 15 調光ミラー薄膜を用いた水素ガスセンサー
水素ガスの拡散を可視化
- 16 レーザー走査超音波映像化探傷への空中探触子の適用
目で見てわかりやすい超音波探傷を非接触で実現
- 17 薄膜の熱拡散率を測定する新しい実用器を開発
薄膜の熱物性を誰でも手軽に測定できる

パテント・インフォ

- 18 金属と糖鎖を組み合わせて生体分子を検出
タンパク質の直接センシングやアフィニティセンサーの応答増大に寄与
- 19 二重絶縁ゲートMOSトランジスタを用いた回路
XDXMOS：高速動作と待機時の低電力化を両立

テクノ・インフラ

- 20 強化磁器の縁部の衝撃試験方法
給食や外食産業で使われる強化磁器食器の強度の測定
- 21 20万分の1地質図幅の全国整備達成
国土の均一な地質情報の完備
- 22 前立腺がんの安心な治療を支える計測技術
諸外国よりも高感度な新標準器の開発

シリーズ

- 23 進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第11回)
地域センターにおける産学官連携

リサーチ・トピックス

- 24 第21回 つくば賞


National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

技術を社会へ
Integration for Innovation

座談会：

広く研究を駆動する人型ロボット



野間口 有

理事長

西脇 光一
中岡 慎一郎
三浦 郁奈子

デジタルヒューマン工学研究センター
知能システム研究部門
知能システム研究部門

小野 晃
瀬戸 政宏
石井 武政
藤田 茂

副理事長
理事・広報部長（司会）
広報部 審議役
広報部 出版室 室長

2010年6月23日開催

瀬戸 今回の産総研の若手・中堅研究者と理事長が本格研究を語り合う座談会では、二足歩行ロボットの研究を最先端で進めている3人の研究者にお集まりいただきました。まず西脇さんから、人型（ヒューマノイド）の形態を活かした自律移動技術についてご紹介してください。

とてもよく歩くようになった

西脇 私は大学院の博士課程の時にヒューマノイドの設計と制作に携わり、2004年4月に産総研に入所しました。自律移動を中心に、これまで10年ちょっと、一貫してヒューマノイドの研究をしています。

当初は、広くて平らな舞台の上を毎回同じように歩くだけでした。これでは実際に役立つまでほど遠いと思い、そこをどうにか解決したいと思って研究を進めてきました。二足歩行の形態を活かして狭いところを歩いていたり、知らないステージにのぼったり、車輪では行けない目的地まで自律的に動いたりさせたい。そのために、不整地に適応可能な歩行制御の研究と、その上位として、自律移動のための環境の認識や経路計画を立てる課題に取り組んできました。

「動歩行」では、今の動きを決める

のに、どこに足を着くかなど未来の目標が必要です。ヒューマノイドのダイナミクスはとても複雑で計算量も大きいので、最初の頃は事前に何らかの方法で転ばない運動軌道をつくって、それを再生することにしました。

その後、転ばない運動軌道をオンラインでつくれるように工夫しました。3秒の動作に対してその軌道を60mm秒くらいでつくれる方法を開発しました。それによって、いろいろな姿勢や、もった荷物を振りながらも、そのダイナミクスを考慮して歩くことができ、またボールを追いかけられるようなデモをつくりました。これは2001年から2002年の頃です。

その後、それを不整地での歩行に適用したいと考えました。オンラインでの歩行軌道生成の頻度は、それまでは一歩に1回くらいでしたが、それを1秒間に50回するわけです。しかも、実際のセンサーフィードバックで環境になじむように運動が変わったら、その変更を反映して、そこからうまく歩ける方法をつくるというわけです。

こうすると、歩行の継続がきちんと力学を考慮した軌道生成によって成り立ちます。一方、センサーフィードバックでは、足が地面から離れないようにするという動作を実現したいと考えました。これにより予想外に受ける反力

に適応し、テーブルを押しながら歩いて行けるようになりました。

でも本当にやりたかったのは、でこぼこした不整地での歩行です。足の力センサーを使って地面の形状にならない、その上できちんとバランスをとる、という方法をいろいろ試みたのですが、なかなかうまくいきませんでした。そこで少し考え方を变えて、ようやくうまくいくようになったのが、2009年から2010年にかけてです。

一方で、環境認識と経路計画というテーマがあります。まず環境を認識して周囲の地形がわかったら、どこに足を置いたらゴールまで行けるかという問題を解くのが経路計画です。人間にとっては直感的な問題ですが、ロボットに直感を教えるのは難しいので、探索的に解いていきます。

ヒューマノイドの本格研究で、きちんとインテグレーションをしようとするとき、個々の要素技術も大変ですが、やはり、つなぐところがとても大変です。個々の要素も完璧ではないので、何がよくて何が悪かったのかわからない。ロボットが世界をどう見ているか、その中でどう計画しているかを実世界の映像に重畳して提示してやると、認識が悪くてうまくいかなかったのか、計画が悪くてうまくいかなかったのか、計画まではよかったけれど最後に

新しい研究と開発の定義

―第2種基礎研究を軸に本格研究へ―

産総研では、経済・社会ニーズへ対応するために異なる分野の知識を幅広く選択、融合、適用する研究(第2種基礎研究)を軸に、「第1種基礎研究」から「製品化研究」にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進することを組織運営理念の中核に捉えています。

足がずれたのが失敗の原因だとか、そういうことがわかるようになります。

私たちはこれを開発用のツールとしてつくってきましたが、最近はロボットの考えていることを表示して、それを元にして何をするのかを教えるインタラクションのツールとしての研究も進めています。

人間研究のプラットフォーム

理事長 複雑な経路とかでこぼことかいうところまでくると、あとは重心の方向とかを調整して転んでも常に立ち上がるのを期待しますよね。

西脇 そのとおりだと思います。転んでも壊れない、転んだところから常に起き上がるというのは、とても重要な技術だと思っています。

理事長 介護支援ロボットへの期待は大きいけれど、例えば災害現場で活躍するとか、人間の活動領域を広げるという意味で可能性があると思います。それから、ロボットの研究は、これから私たちの生活環境に関わる研究のプラットフォーム的な要素がありますね。

西脇 はい。私たちの方法論は、使えるよい技術はできる限り取り入れて、システムとして使えるようにしていくものです。個人的にもそこがとても楽しいのです。

理事長 イメージングなどをずっと研究している人もいますが、そういう人もこういう場に成果を提供して次のステップに進展するという研究のプラットフォーム的な可能性も感じますね。

小野 技術的に言って全部ができるわけではないですから、現実的に妥当な目標はどのように設定していますか。

西脇 私たちは、この5年は「隣の部屋に行って物を取ってくる」という作業が、皆で共通認識できるゴールだと思ってやっています。ロボットにそれができないのかと聞かれると、「いま現在ではできない」と答えるしかありません。

知っている部屋の形の中に知らない物が置いてある環境をきちんと見ながら、地図をつくり、ドアまで歩いていく必要があります。「部屋のだいたいここにドアがある」というマップがあって、「隣の部屋というのはここだ」と。でも、その中で机の位置は変わっているかもしれないし、障害物の位置も変わっているかもしれない。まずは観測して、オンラインで行き方を決めて、観測限界以下のでこぼこがあっても転ばない。このようなインテグレーションができればいいなということを考えてやっています。

小野 そういうふうにと考えると、現在

ロボットが自分の動きの変化を知り、そこから転ばない運動を作っていく、という方法で、でこぼこのある不整地でも歩けるようになりました。

西脇 光一
にしわき こういち



	定義	活動	成果物
「第1種基礎研究」	未知現象を観察、実験、理論計算により分析して、普遍的な法則や定理を構築するための研究をいう。	発見・解明	学術論文
「第2種基礎研究」	複数の領域の知識を統合して社会的価値を実現する研究をいう。また、その一般性のある方法論を導き出す研究も含む。	融合・適用	手法論文 特許 実験報告書 データベース
「製品化研究」	第1種基礎研究、第2種基礎研究および実際の経験から得た成果と知識を利用し、新しい技術の社会での利用を具体化するための研究。	実用	事業価値

は何が一番重要な技術で、あるいは何が一番足りない技術なのですか。

西脇 現状で重要だと思うのは、手のつけられていない「安全」の技術です。でもその前に重要だと思っているのは、数cmの段差とか10度の斜度の克服といったテーマです。今のレーザーファインダーやカメラでは、歩きながらではなかなか正確に測れません。そういう計測限界以下のものにきちんと、事前の観測ではなくて歩いた結果として対応していく。そこが至上命題で、キーだと思っています。

瀬戸 西脇さんから研究での所内のほかの研究ユニットとの協力や連携はどうですか。

西脇 2009年度は予算の措置があって、特に知能システム研究部門の中岡さんと連携して研究しました。今お話ししたような技術と彼らの舞台でのモーションづくりや、ロボットの基盤となる実時間OSの研究に関して一緒にやっています。風通しはよいので、お互いがどんなことをやっているかはよく聞いて、「すごいな」と感じています。一方で、競争意識も重要なところがあります。ヒューマノイドというのは確実にこれを積んでいったら最後まで行けるとわかっている技術ではないと思うのです。やはりいろいろな無駄とか、うまくいかない結果を生むものもあると思うので、政策的に「これとこれをやってつなごう」というようにはなかなかいかないので、お互いのやっていることは知っているし尊重もするけれど、やはりどこかでは競争意識ももちながら、仲よくやらせていただいています。

理事長 競争意識というのは大切なことですね。協調と競争ですね。

キーポーズから動作を作り出す

瀬戸 続いて、知能システム研究部門の中岡さんから、ヒューマノイドのコンテンツ開発を支援する研究についてご紹介をお願いします。

中岡 私のテーマは、ヒューマノイドのコンテンツ開発を支援する全身動作の作成技術です。

私が学位を取得した研究では、お師匠さんの踊りをロボットに真似させてみました。実際にはモーションキャプチャーという装置であらかじめ撮ってからデータを入れるわけですが、人とロボットでは体の構造が違って、単純に当てはめてもうまくいきません。人がどういう動きをしているかを認識し、その結果に基づいてロボットが自分の動きを再構成するという枠組みで進めました。

この研究の結果、HRP-2ロボットによる会津磐梯山踊りも実現でき、有効な技術だと考えています。一方で、必ずしも人の真似というわけではなく、ロボットの動きを一から自由に作れることも必要だと考えるようになりました。そのような中、私が産総研入所以来取り組んできたのは、キーポーズベースの動作作成インタフェースというものです。ロボットの動作を自由自在につくっていく時に、一つの有効な方法は、このようなキーポーズ、動きを構成する主要な姿勢をいくつか最低限与えて、それをつなぐことで動きをつくる方法です。

この手法自体はCGのアニメーション作成で一般的な手法の一つなのですが、これをロボットに適用しようとすると、バランスとかロボットの制約などを考えないといけません。実際にロボットがやろうとすると、1秒も立ってられない状況もすぐ生まれます。この枠組みでロボットの動きをつくれるようにしたいと考えて、キーポーズ

を入れていくのですが、それらの間はロボットのバランスを考えた安定な期間にする必要があります。その際に、ユーザーが入れたキーポーズにバランス的に無理がある場合、自動補正を随時かけていく。その結果として動きのつながりもすぐに確認することができます。ユーザーは補正を意識しなくてよいというのはこれまでなかったことで、CGの感覚で動作をつくっていくと実際のロボットが実行可能な動きができるという技術を目指しています。

これを実現するに当たって、ほかに必要な要素技術としては、シミュレーションがとても重要です。二足歩行というのはとても転びやすいのです。多様な動作をつくる時にはかなり際どい動作もつくりますので、開発した手法がきちんと安定した動作をつくれるかどうか、確認する必要があります。何かちょっとした間違いがあるだけで、ロボットは簡単に転んでしまいます。

シミュレーションがロボットの動作を正確に再現してくれれば、シミュレーションで転べばロボットも転ぶし、シミュレーションで転ばなければロボットも大丈夫ということです。その機能も私のソフトに統合されていますので、シミュレーションを使って効率的に技術の開発を進めていくことができます。

そのような取り組みをしてきたので、製品化という点では、今後「ヒューマノイド・モーションクリエータ」といったソフトウェアとして出しているのではないかと思います。あとは、これをつくる中で構築してきたシミュレーション技術がロボット一般においても有用なので、これを東京大学、ゼネラルロボティクス株式会社と共同でロボットシミュレーター「OpenHRP3」という形でまとめて、オープンソースソフトウェアとして公開しています。

多様なコンテンツやサービスを構築

可能な一種のメディアのような存在として、ヒューマノイドを使っていけるのではないかと考えています。当面の用途としてはアートやエンターテインメントが中心になると思います。

今後特に重要と考えているのは、実際にクリエイターと呼ばれるような人たちが、ロボットの専門知識がなくてもコンテンツを作成できるようにすることです。このため、現在プロのダンスクリエーターでもあるSAMさんと共同で、HRP-4C（未夢）が歌って踊るパフォーマンスを実現する取り組みを進めています。

人間らしさとは何かを追う

理事長 ロボットというのはいろいろな技術研究のプラットフォームだから、いろいろな要素技術を吸収して、それに対してまた「こうあるべきだ」という要求を出すためのすごくよい研究テーマだと思います。それが、いろいろな機関がやっている理由だと思います。そういう意味では、中岡さんの場合はコンテンツ技術も要素技術となりますね。

中岡 はい。例えばリアルな歌声を合成する“VOCALOID”という技術をもつヤマハ株式会社とのコラボレーションも行っています。

理事長 CEATEC2009で発表された未夢が歌うデモではたくさんの観衆を集められましたね。

中岡 ありがとうございます。私たちもこのような技術がすごく必要だったのですが、これは、ヤマハさんのほうからの提案で始まりました。お互いに本当に楽しみながら進めています。

小野 二つのことがとても特徴的だと思います。一つは、シミュレーターで

す。すごくデジタルヒューマン的ですよ。転ばせてみることもできる。しかもそれを公開している。ダウンロードの件数はどのくらいですか。

中岡 現在までに4,400件ほどです。

小野 それは大したものですね。多くの研究者や技術者にサービスするのが産総研の役目だと思います。それから質的なジャンプがあるという感じがしますね。前のHRP-2なら許されていたことが、HRP-4Cでは許されないという、見る人のほうからの評価レベルがものすごく上がっていると思います。

中岡 例えば人はじっとしていても微妙に動いているのです。

小野 あまりに静止しすぎると人らしくないですね。

中岡 今の私の技術でもそのような動作をつくることはできますが、それをつくり込むのはとても大変で、そういう部分を自動化していく必要があります。意図した動作は人がつくりますが、勝手に動くところは自律化させるということです。

小野 人間らしさとは何か、とてもリアルにわかってしまうので、より高いレベルに挑戦せざるをえなくなりま

すね。

中岡 ロボットで人間らしい動きをしようと思ったら、人の動きをそのまま取り込むのでなければ、プログラムをつくって動かさないとはいけません。それがうまくいけば、必然的に人間らしいというのはどこにポイントがあるのかが見え、とてもおもしろいと思いますね。

瀬戸 「ヒューマノイド・モーションクリエータ」が完成に近づいたことによって、ダンスクリエーターなどとの協力が視野に入ってきたということですか。

中岡 はい。最初にお話ししたモーションキャプチャーを用いる手法も、一つ考えられるのですが、まだ人とHRP-4Cの身体能力の差がかなりあります。

瀬戸 ダンサーでもあるSAMさんのダンスはかなり複雑な動きですよ。

中岡 複雑で、しかも速いし、ジャンプが入ったり。そういうものは実際に難しいです。でも、SAMさんがこのロボットが可能な動きを知りつつ、ロボット用の動きを最初からつくるほうが、よりよい結果が出るのではないかと考えています。

全身を自在に動かせる
二足歩行ロボット技術を活かし、
ロボットが歌って踊る
パフォーマンスを実現したい。

中岡 慎一郎
なかおか しんいちろう



モデルのような動きをロボットに

瀬戸 続いて、三浦さんにヒューマノイドによる人らしい動作の実現についてご紹介をお願いします。

三浦 私は、東北大学の機械航空工学科を卒業後、大学院ではビジュアルサーボとって、画像を使ってロボットを制御することをしていました。

その後1年間、東北大学でポストクをやって、2005年にNTTドコモの総合研究所で2年間、遠隔で遅延が発生するような環境でロボットを操作する時にどう制御するかとか、目の前にバーチャルにロボットが出現するというような通信を介したアプリケーションを研究していました。2007年に産総研に入所し、4年目が始まったところです。自己紹介する時は「一人産学官」と言って笑いをとれます。

ヒューマノイドの研究をしていると、歩行ができて何の役に立つのかとよく言われます。すぐに何かのサービスになるのか。そんな話が出てくることがあります。

それは結局、特にHRP-4Cなどはそうなのですが、見た目が人らしいと、人と同じことができて当然だろうというふうに思われがちで、それに対して機能が追いついていないために、今はまだ、ある意味「死の谷」のどん底という形なわけです。

今できる機能で何ができるか見せて

ほしいということで考えられるのは、まさしく先ほどの話に出た人という形であること。それから、歩行という移動形態が人と同じであること。私たちのヒューマノイド研究グループでは、用途としてはエンターテインメントがあるだろうということで、HRP-4Cを開発しました。

その中で、私は今まで人らしい動作をどうやったら実現できるかをメインに研究してきました。

まずHRP-4Cをつくる前に、どこにどういうモーターを何個配置すればよいかという話から始めました。HRP-2と同じ関節の構成にした場合と、実際にHRP-4Cは腰に上半身を横に揺らせるようなモーターが追加されているのですが、それをやってみたらどうなるかとか、今回は鎖骨のところには関節は入っていませんが、入れたらどのくらい表現力が上がるかということ解析して、今のHRP-4Cの形ができあがっています。

それから、産総研のホームページのプレスリリースに載っているようなロボットの動作もつくりました。もう一つ、私が同時に取り組んでいるのは、体のターンの仕方です。現状のロボットというのは方向転換する時に、基本的に足踏みで回ります。プロのモデルさんに回ってくださいと言うと、上手に足を滑らせて回るので。この滑らせる動作は、ホンダさんが特許を取っているのですが、等身大のロボットで

は誰も実現していなかったのです。仮説を立てて検証実験を重ね、予測される理論上の値と実際に実験でやってみた値が合うというところまでできました。例えば「90度、回れ」と指令を送れば、足を滑らせて90度回ることができます。

瀬戸 自分でできるのですか。

三浦 はい。足を前後に動かすと、実際の足の位置はその場からあまり動かないので体が90度回ります。ただ、足の位置は完全に固定されるわけではなくて、ある法則に乗ってちょっとずれるのですが、それを考慮した上で、どのくらい回るかということ数を数式化しています。これを等身大のロボットできちんとやっているのは産総研が初めてだと思います。

フランスとの研究協力

理事長 産総研と連携しているフランスの国立科学研究センター（CNRS）のロボット研究チームは10人以上いるでしょう。あのチームとの協力、役割分担はどうなっているのですか。彼らはどのような研究をしているのですか。

三浦 彼らは基本的には、動作計画で、例えばそこに物があるときにどう歩いていって、どう手を伸ばすのかという研究をしています。

理事長 ヒューマノイドを前提として、そういう動作計画をやっているのですか。

三浦 はいそうです。また私たちの研究チームからフランスに行って何か月間か一緒に研究するというのもしています。

理事長 CNRSの幹部の方が来られ



外観が人間に近いゆえに期待をかけられるヒューマノイド。期待通りファッションモデルのように美しく動けることを目指しています。

三浦 郁奈子
みうらかなこ

て、CNRSとして最高ランクに位置付ける研究で世界の20カ所に連携研究体をもっており、そのうちの二つが日本にあって、一つが産総研の皆さんのところと一緒にやっている研究チームだから、とても期待していますと言っていました。

中岡 ヨーロッパでも研究は活発になっています。フランスから来る研究者や学生さんの中には、日本のマンガやアニメが好きの方も多いです。日本の文化に触れてヒューマノイドロボットが好きになっている面もあるかもしれませんね。

三浦 確かに今は情勢が大きく変わっていますが、私がフランスに行ってビジョンの研究をしていた時は、「ヒューマノイドに関してはもう既に日本がずいぶん先に行っちゃって、今から始めるのはちょっとね」という意見が多かったように思います。

理事長 確かに、日本が圧倒的にリードしているかもしれませんね。

ロボットの研究の魅力

小野 このヒューマノイドに人権はありますか？ たぶん、感情移入があると思うのです。そうすると、単なる機械として扱えなくなりませんか？

三浦 私はむしろ、中を知ってしまっているんで、人権は感じません。車やバイクに感じるような愛着というのはとてもありますが、わが娘みたいな感情が湧いてくるわけではないです。

中岡 HRP-2がテレビの取材で本番の撮影中に失敗して転んでしまったことがあったのですが、HRP-2でも、転んで横たわっていると本当に死んじゃったみたいで、すごくショックで

した。確かにそんな時、人間のような感覚をもちますね。

三浦 中岡さんのほうが、私より愛着が深い（笑）。

中岡 テレビ局の人に、転ぶ可能性もあるという話をしたら、「ロボットが転んだら、面白いじゃないですか」と言っていたのですが、たまたまそれが起こったら、皆シーンとなってしまいました。そのくらいのインパクトはあります。

理事長 そのくらいの思い込みでやらなければいけないけれど、そこを混同してはいけないですね。やっぱりドライにならないと。

「人はなぜロボットを研究するのか」ということについて、何の役に立つかすぐには言えない。企業がなぜロボットを研究するのか、なぜ途中でやめるのかを考えたら、まだはるかに遠いターゲットを目指してやっているからでしょう。でも、私が前に民間の研究所長をやっているとき、ロボットをやりたいという研究者がとても多かった。ホンダさんは日本のロボット研究にとっては大功労者だと思う。だいぶ前ですが早稲田大学で人工知能学会があり、アシモの先輩が歩いて見せたら、

すごく注目を集めていました。

ロボットの研究をすること自体が、とても大きな研究の推進役になるようです。だから、先ほどから出ている情報処理の問題とか、メカのいろいろな制御の問題とか、それから電源などの問題とか、それから通信もありますね。あらゆる技術を必要とするし、とても魅力ある研究テーマです。工学的研究に興味をもつ人なら、ほとんどの人が一度はやってみたいと思う。

それを皆さんが担当して成果をいろいろ発表しているというのは、恵まれたハッピーな研究者だなと思います。

したがって、あまり「これに使えませぬ」ということで焦らずに、ヒューマノイドロボットは食べ物以外で動く人間だというくらいのことで追究していくことが、成果の副産物をどんどん産み落とすことにつながりそうですね。リサーチ・ドライバーというような役割をしているのではないかと思います。企業ではなかなか続けられないでしょう。公的研究機関がやるのがとても重要なので、皆さんも、無理に「第2種基礎研究」「本格研究」と思わずに進めてほしいですね。

瀬戸 本日はどうもありがとうございました。

ロボットは技術研究のプラットフォーム。さまざまな要素技術を吸収して、「こうあるべきだ」という提案も出せる分野ですね。

野間口 有
のまくちたもつ



自律移動ヒューマノイドを目指す本格研究 形態を活かした移動能力獲得を目指して

はじめに

人に近い形をした等身大のヒューマノイドは、階段、荒れ地、狭い屋内などを含め、人間が行くところにはどこにでも行ける形態として期待されています。90年代後半に株式会社 本田技術研究所の「P2」や早稲田大学の「WABIAN」といった等身大ヒューマノイドの実現例が発表されました。また二足歩行制御については、それ以前にも多くの研究が行われてきました。

スマートアシスト技術研究チームでは、「等身大の人型の機械が歩ける」という段階から「複雑な地形を自律的に移動できる」という段階を目指し、この実現に必要な環境認識・動作計画・運動制御技術の開発およびインテグレーション方法を研究しています。

自在歩行そして不整地歩行へ

歩きながら周辺の地形の形状を正確に知ることはとても困難です。また、踏んだ地面が変形したり崩れたりすることもあります。そこで、踏んで初めてわかる数cm程度の凹凸があっても、転ばずに歩き続ける能力の獲得を目指して歩行制御の研究を行っています。

私たち人間は動的にバランスをとりながら歩いているので、歩行中の各瞬間の姿勢で静止させるとバランスが保



図1 未知の凹凸路面に適応する歩行制御

てません。これを動歩行といいます。動歩行において、次の瞬間の姿勢を決定するには、数歩先までの動作目標が必須となります。そのため初期のヒューマノイドの動歩行では、歩き始めから停止までの運動軌道を、ロボットの力学モデルを用いてコンピューター上であらかじめ生成しておき、それをロボット本体で再生していました。しかし、それでは歩きながら動きを変えることができません。そこで、この問題を解決するために、動作時間の約2%の計算時間で歩行軌道を高速に生成する方法を開発し、1歩ごとに3歩先までの運動目標を設定して軌道を生成することで、オンラインで与えられた指令に従う歩行制御を実現しました。

このオンラインで運動軌道生成を行う方法を拡張して、未知の凹凸へ適応させようと研究開発を行っています。ロボットで実路面を歩行する際には、生成時に想定した路面と現実の路面の差に対応するために、力センサーや姿勢角センサーを用いたセンサーフィードバック制御により生成軌道を修正して再生しています。この方法では、当初の生成軌道そのものは変更されないため、生成時に想定した路面と現実の路面の間の差が大きいと対応することは困難でした。

そこで、現在の運動状態を反映した軌道生成を頻繁に行うことで、ロボットのバランス維持を図る枠組みを考案しました。現在では、姿勢角センサーなどを用いてロボットの運動状態を推定し、推定した運動状態を初期条件とする運動軌道を1秒間に50回繰り返し生成できるようになっています。さらに、未知の凹凸に対して適応性の高いセンサーフィードバック技術として、足部の期待される速度と床反力を制御する手法を開発しました。高頻度の軌道生成手法と適応性の高いセンサーフィードバック技術の組み合わせにより、現在までに未知の20mm程度の段差、10度程度の傾斜を含む路面の歩行



2002年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。2004年産総研入所。JSK-H6(2000年)、JSK-H7(2001年)の2体の等身大ヒューマノイドシステムの開発を始めとして、大学院時代から一貫してヒューマノイド研究に携わってきました。近年では、特に自律移動機能実現に取り組んでおり、二足の脚型が車輪型に負けない頑健性で、車輪型では難しいさまざまな場所を移動できるようになることを目指しています。

西脇 光一 (にしわき こういち)

k.nishiwaki@aist.go.jp

デジタルヒューマン工学研究センター

スマートアシスト技術研究チーム(臨海副都心センター)

に成功しています（図1）。

環境認識と歩容計画

階段などを含む、より大きな凹凸を移動するには事前にその形状を知っておく必要があります。また、目的地まで自律的に移動するためには、地図をもち、地図の中で自分がどこにいるのかを知る必要があります。これらを実現するための環境認識技術と、獲得した地図の中での動き方を計画する経路計画技術の研究開発も行っています。

ヒューマノイドは不連続な接地領域で移動できるという特徴があります。経路計画に関してはこの特徴を活かす技術を開発しています。1歩ごとの足の動きの候補をもち、それを接続してゴールまで到達する経路を探します。手法の工夫と計算機の性能向上により、オンラインで1歩に1回程度の頻度で計画できるようになってきています（図2）。



図2 歩容計画と未知凹凸路面適応制御の統合による自律移動

インテグレーション志向の本格研究

ヒューマノイドを実現させる研究は、各種の要素技術をヒューマノイドに適合するように開発すると同時に、それらの統合（インテグレーション）も大きなテーマです。ここでは、複雑なシステムの開発を支援する複合現実環境を紹介します。環境認識、歩容計画といった各技術は実際のロボットを用い、実世界でその性能を評価する必要があります。そこで認識や計画の結果をカメラ画像に重ねて表示するシステムを開発しました（図3）。現実世界の座標系に合わせてこれらの結果を表示するため、例えば自律移動実験中に、現実世界をどのように認識したのか、認識結果からどのように計画したのか、計画の結果どおりに歩行制御ができたのかといった評価が簡単にでき



図3 複合現実感技術を用いたロボットの内部状態提示

るようになります。また、ロボットの「頭の中身」を直観的に示せるこのツールを、開発用途だけでなく、人間とロボットのインタラクションのツールとしても役立てるべく、研究を展開しています。

今後の展望

将来、日常生活を支援するサービスロボットの基盤技術とすべく、まずはここで紹介した技術を統合・発展させ、

屋内外の日常生活環境で転ばない、迷子にならない自律性の実現を目指していきます。ここでは自律移動技術について紹介しましたが、ヒューマノイドは、モーター、センサー、計算機を始めとするさまざまなハードウェアおよびソフトウェアの先端技術のインテグレーション研究です。各種技術の発展とともにヒューマノイドの能力を向上させていけることを楽しみに、研究を続けていきたいと考えています。

ヒューマノイドロボットにおける本格研究

ヒューマノイドのコンテンツ開発を支援する 全身動作作成技術

ヒューマノイドの「動き」の価値

ヒューマノイド（人間型）ロボットは、ロボットの究極的な形態であるが故に、さまざまな用途への利用が期待されています。その中でまず確立すべきことは、ロボットが動くこと自体に意味がある用途に利用していくことだと考えています。人に似せて作られたロボットが人のように動くことは、動き自体がもつ価値に加えて、それをロボットが行うことによる面白さや、さまざまな情報技術と融合できるというメリットもあり、より大きな価値をもつことにつながると期待できるのです。これはほかのロボットにはない、ヒューマノイドの存在意義に直結するものです。特に等身大の二足歩行ヒューマノイドは、脚も含む全身の動作を人と同じスケールで行うことが可能なため、このような応用において大きな優位性をもっています。

「死の谷」を超えるために

ヒューマノイドが動くこと自体の価値は大きな可能性をもっているものの、現在までにそれが技術プロモーションや趣味のレベルを超えて広く利用されるまでは至っていません。

理由はいくつか考えられますが、最

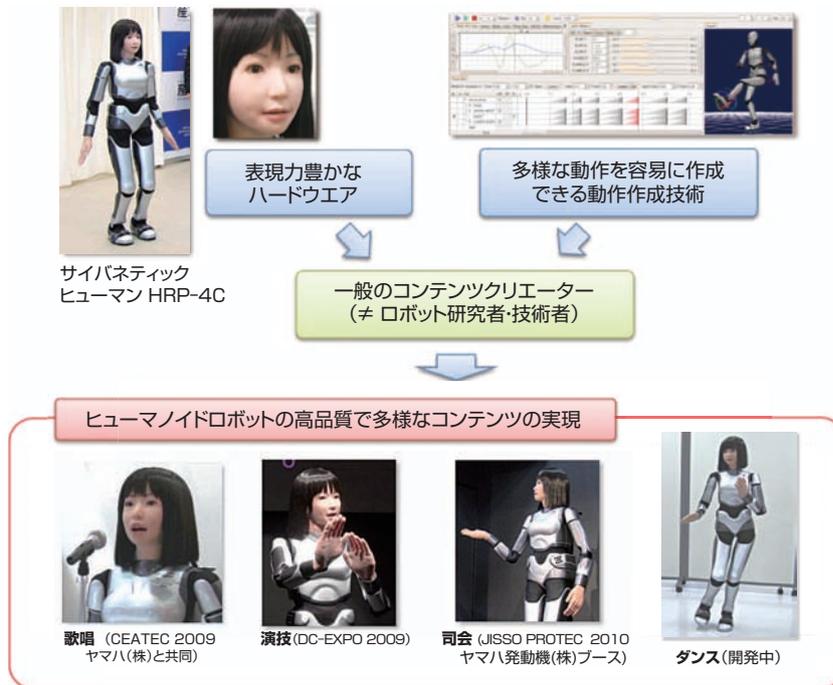


図1 この研究の目標

大の問題はロボットにさまざまな動作を教えるための手法が不十分であった点だと考えられます。等身大の二足歩行ヒューマノイドでは、バランスなどの制約が厳しくロボットの利用者が既存のソフトウェアで実現しやすい動作はシンプルな歩行などに限られており、それを超える複雑な全身動作を自由に作成することは困難だったのです。

また、動きの価値を高めるにあたっては、ロボットのハードウェア自体の表現能力も重要ですが、これまでの二足歩行ヒューマノイドはロボットらしさを表面に出した設計となっていて、表現能力の点で人には及ばないものでした。これに対する一つの解として、私たちは外観や構造をこれまで以上に人に近づけたとともリアルなロボットである「サイバネティックヒューマン HRP-4C」（以下 HRP-4C）を開発しました。

この研究では、図1に示すようにロボットが表現可能な動作のバリエーションを広げる技術として HRP-4C と新たな動作作成技術を開発し、それをロボットの技術者ではない人々にも開放し、多様なアイデアやスキルを取り込んでロボットの価値ある動きのコンテンツを開拓していくことを目標としています。



博士課程ではヒューマノイドに人の舞踊を模倣させる研究に取り組み、HRP-2による会津磐梯山踊りを実現しました。その後2006年に産総研に入所し、主に今回紹介した取り組みや、ロボット用動力学シミュレーターの開発などを進めてきました。もともと画像や音声扱うようなプログラミングをするのが好きなのですが、ロボットの動作に関わる研究はそのような技術を大いに活用できるという点でもたいへん魅力を感じています。

中岡 慎一郎 (なかおか けんいちろう)
s.nakaoka@aist.go.jp
知能システム研究部門
ヒューマノイド研究グループ (つくばセンター)

全身動作作成技術の開発

この目標を達成するため、本研究では等身大二足歩行ロボットの脚も含む全身の動作をシンプルな操作と高い柔軟性をもって作成可能なソフトウェアを開発しました^[1]。このソフトウェアの概要を図2に示します。この図に示された姿勢列のそれぞれの姿勢はユーザーが与える「キーポーズ」と呼ばれるものであり、これらをつなぎ合わせることで全体の動作を構成します。与えるキーポーズ次第で多様な動きを作成でき、ロボットの能力を最大限に活用することができます。ただし、ユーザーの入力したキーポーズを単純につなぎ合わせただけでは実際のロボットが転倒せずに動ける動作とはなりません。これを解決するため、ユーザーがキーポーズの入力や修正を行う度に、動作が安定に実行可能となるようなキーポーズの補正とつなぎ合わせを自動で行う手法を開発しました。この技術により、HRP-4Cの複雑な全身動作も自由に作成できるようになりました。

キーポーズによる動作の作成は、CG

アニメーションの作成において広く用いられている「キーフレームアニメーション」と同様の手法です。これをHRP-4Cのように等身大で足裏が小さくバランスを崩しやすい二足歩行ロボットに対してもCGと同様の感覚で利用可能とし、図2に示すような脚を十分に活用する動作も作成できるようにしたことは、ヒューマノイドの動作利用を実用的にする上で大きな意味を持つ重要な成果といえます。

コンテンツ制作実験の取り組み

この研究においては、開発した技術を用いて実際にロボットのコンテンツを制作する実験を行い、技術の検証と改良、およびプロモーションを進めることが重要です。これにはプロのクリエイターの方々の協力を得ることが有効であり、現在ダンスクリエイター/ダンサーとして著名なSAM氏と共同でHRP-4Cのエンターテインメントコンテンツを開発するプロジェクトを進めています。図1に「演技」として示したのは、動作作成技術の開発初期

において作成した上半身動作のデモです。特徴的な身振り手振りに表情の変化と喋りも加わったHRP-4Cのリアルな演技を実現することができ、キーポーズによる動作作成の基礎を構築することができました。また、ヤマハ株式会社と共同で、同社の歌声合成技術「VOCALOID」と連携する技術も開発し、HRP-4Cによる歌唱コンテンツも実現しました(図1「歌唱」)。現在は、全身動作作成技術の本格的な検証のためHRP-4Cが全身を使って歌って踊るコンテンツの作成を進めています^[1]。

社会におけるヒューマノイドの活用に向けて

この技術により、図1に示したようなヒューマノイドによる各種コンテンツサービスを産業化し、さらに音楽・映画・アニメ・ゲームといった既存のコンテンツ分野との連携により、コンテンツ産業全体の活性化にもつなげていければと考えています。また、この取り組みを、ヒューマノイドの動作を扱う総合的な技術の発展やハードウェアの更なる改良にもつなげていくことで、動きのアーカイブ(無形文化財の保存など)や、スポーツ・医学における運動の解析、生身の人間が対応しづらい実験のための人体シミュレーターなどに、ヒューマノイドを役立てることも期待できます。

ヒューマノイドにさまざまな動作をさせることは、研究をする上でとても面白く、狙った動きがうまくできた時は大きな喜びがあります。この面白さを社会の中での活用につなげていけたら、これ程すばらしいことはありません。

参考文献

[1] http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20101016/pr20101016.html

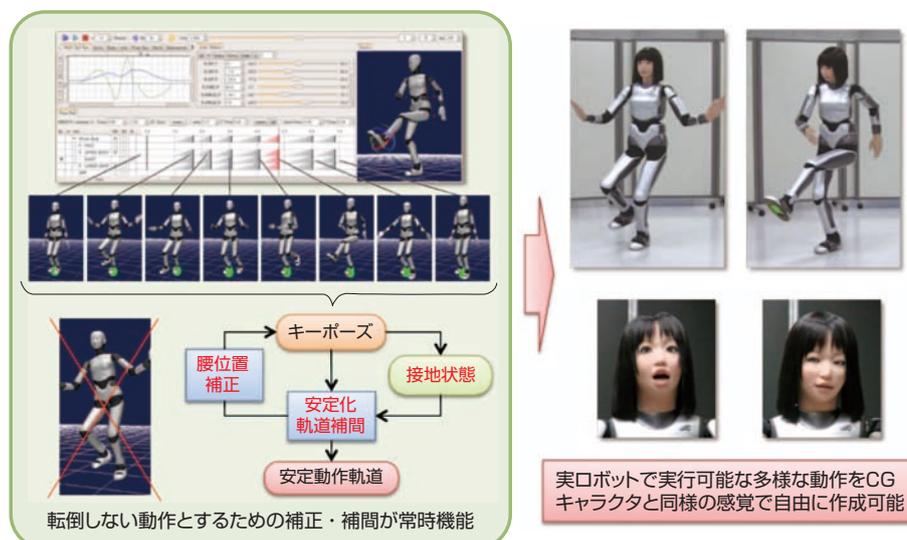


図2 動作作成ソフトウェアの概要

ヒューマノイドロボットの実用化を目指した本格研究 ヒューマノイドによる人らしい動作の実現

ヒューマノイドロボット動作の「見た目」

1996年、株式会社 本田技術研究所によりヒューマノイドロボット「P2」が発表されて以来、ヒューマノイドが熱心に研究開発されてきました。しかし、その歩行動作は歩行安定性を重視して膝を曲げた、人としては不自然な歩き方が主流となっています。近年では、早稲田大学の「WABIAN-2R」や韓国KAISTの「HUBO2」のように、膝を伸ばして歩行できるヒューマノイドが出てきましたが、自然で美しい歩行動作には、まだまだ改善の余地が残っています。

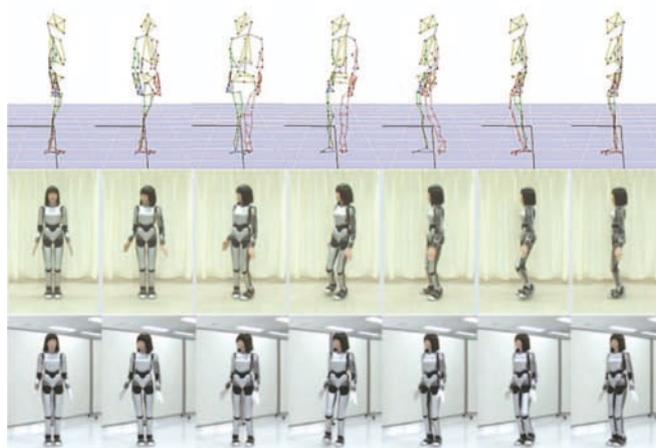


図1 人の動作をアレンジしてヒューマノイドの動作を生成した結果

人らしい動作を目指す

ヒューマノイドに人らしい動作をさせることが、私のメインの研究テーマです。その一つの方法として、プロのウォーキング・モデルの歩行動作をモーションキャプチャーという装置で計測し、そのデータからロボットの歩行動作を生成する手法を開発しています。ロボットと人の体形は異なり、また関節の可動範囲や最高速度も人に比べてロボットの方が劣っている場合が多いので、それに合わせて人の動作をロボットが実現できる動作へと変えることが必要です。そこで、上半身の動作と脚の一部のみに人の

動作データをそのまま利用し、残りの部分で人とロボットの差異を補償することで、もとの動作の「その人らしさ」はそのままに、回転角度や移動距離などをアレンジする技術を開発しました。この成果は、「サイバネティックヒューマンHRP-4C」(以下HRP-4C)のプレスリリースページ^[1]において、右90度方向転換の動画で紹介されています(図1)。

また、すばやく足を滑らせて方向転換する動作も目指しています。これまでヒューマノイドロボットは足踏み

しながら方向転換していましたが、人は足の裏を滑らせて向きを変えることがあります。ヒューマノイドロボットが足を滑らせる際に、摩擦によって両足裏で発生する仕事率が最小になるような回転が起こると仮定することにより、正確に回転角度を予測することができることを解明しました。これにより、足裏全体の滑りを用い、狙った角度にくると方向転換を決めることができました(図2)。

コンテンツ産業への貢献を目指す HRP-4C

TVや舞台で華々しく活躍しているように見えるヒューマノイドロボットですが、裏では開発担当者が技術の粋を集めて動作を製作しています。一般の人たちには「もうすぐそこにある未来」のように思われていますが、実際には、市場に出して、専門家ではない人たちがボタン一つで動かせるレベルには到達していません。そのような意味で、ヒューマノイドロボット技術は、実用前夜の「死の谷」に入り込んでい



2004年東北大学大学院情報科学研究科修了、同年フランス Université Louis Pasteur 博士課程修了。東北大学で11ヶ月、株式会社NTTドコモ総合研究所で2年1ヶ月の勤務を経て、2007年に産総研入所。現在は人間の動作解析、ヒューマノイドロボット動作計画などの研究に従事。

三浦 郁奈子 (みうら かなこ)

kanako.miura@aist.go.jp

知能システム研究部門

ヒューマノイド研究グループ (つくばセンター)

ます。それでも現時点での可能性を示すことが、私たち産総研の研究者の使命だと考えています。

現時点でのヒューマノイドロボットの応用分野を考える時、「人のような外見で人目を引く」ことが最大の特長であり、「平らな場所で歩き、簡単な動作を行うこと」が実用的な機能として挙げられます。特長を活かし、使える機能の範囲でできることとして私たちが考え出した方向性は、「コンテンツ産業」への貢献でした。HRP-4Cは、この責を担うために開発されました。実際に、HRP-4Cは発表から半年も経たないうちに、ファッションショーでの司会役や、桂由美氏のブライダルショーでモデルとしてウエディングドレスを

まとってキャットウォークを歩くなど、実際の現場で活用されています(図3)。

人らしいヒューマノイドロボットが活躍する未来

人らしい外観をもつヒューマノイドロボットが、人らしく動くようになれば、その応用分野はファッション業界以外にも、人が使う機器の評価の自動化や、人の身体を扱う職種(医療や介護など)におけるリアルな訓練機器などに広がります。

このような応用分野での実用化を現実のものとするには、やはりロボットの専門家ではない人が簡単にロボットを扱えるようにすることが必要だと考えています。このためには、私の研究

テーマの、より人らしい動作を自動的に生成する技術だけでなく、本格研究座談会でも紹介された、不整地の自律的な踏破技術やロボット工学の知識をもたない人にもロボットの動作がプログラムできる技術など、まだまだたくさんの研究課題があります。多くの研究者との協力のもとこれらの技術を統合していった先に、SF映画のように家庭に入って人を手伝うヒューマノイドロボットや、宇宙基地開発に携わるヒューマノイドロボットなど、新しい分野での実用化が可能になると考えています。

参考文献

- [1] http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090316/pr20090316.html

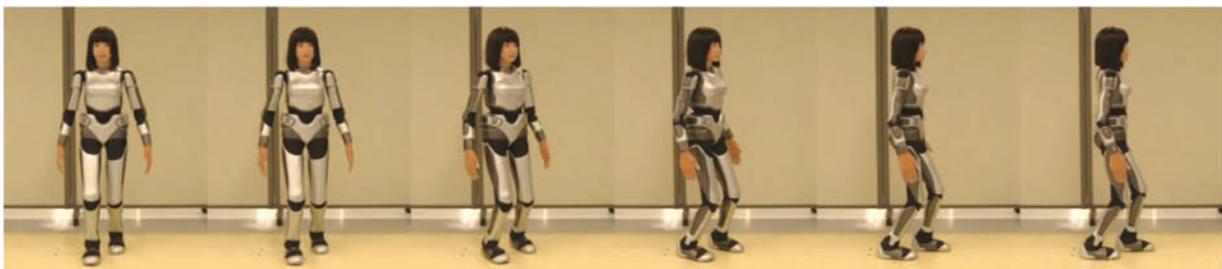


図2 HRP-4Cが両足裏を滑らせながら左90度に方向転換する様子



イベントの司会として(2009.3.23)
東京発 日本ファッション・ウィーク
シンマイ クリエーターズ コレクション



ファッションモデルとして(2009.7.22)
2009年 ユミカツラ パリ
グランドコレクション イン 大阪
ドレスデザイン/桂 由美

図3 HRP-4Cのエンターテインメント産業における活用事例

スピンRAMの大容量化を目指す垂直磁化TMR素子

5 Gbitを超えるスピンRAM(MRAM)の設計が可能に



薬師寺 啓

やくしじ けい

k-yakushiji@aist.go.jp

ナノスピントロニクス研究センター
金属スピントロニクスチーム
主任研究員
(つくばセンター)

東北大学金属材料研究所助手を経て、2006年7月産総研入所。スピンRAMの製品化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

猿谷 武史、久保田 均、福島 章雄、長浜 太郎、湯浅 新治、安藤 功兒（産総研）

● 参考文献

K. Yakushiji *et al.*: *Appl. Phys. Express* 3, 053003 (2010).

● プレス発表

2010年5月13日「スピンRAM (MRAM) の大容量化を可能にする垂直磁化TMR素子」

スピンRAMの大容量化

省エネルギーの観点からパーソナルコンピュータ、携帯電話などの電子機器に多く使われている半導体メモリー（DRAM）の不揮発化（情報の書き込み、読み出しだけに電力が必要で、記憶保持には電力を使わない）が強く求められています。TMR素子をベースとするスピンRAMは、これまでの半導体メモリーを上回るユニバーサルメモリーとして開発が進められています。これまでに、面内磁化TMR素子を記憶素子とする数十メガビット（Mbit）の小容量スピンRAMが試作され、高いポテンシャルが実証されています。しかし、コンピュータ内部で使われているDRAMを置き換えるため、垂直磁化TMR素子を用いたGbit級大容量スピンRAMの実現が強く求められています。

今回開発した技術

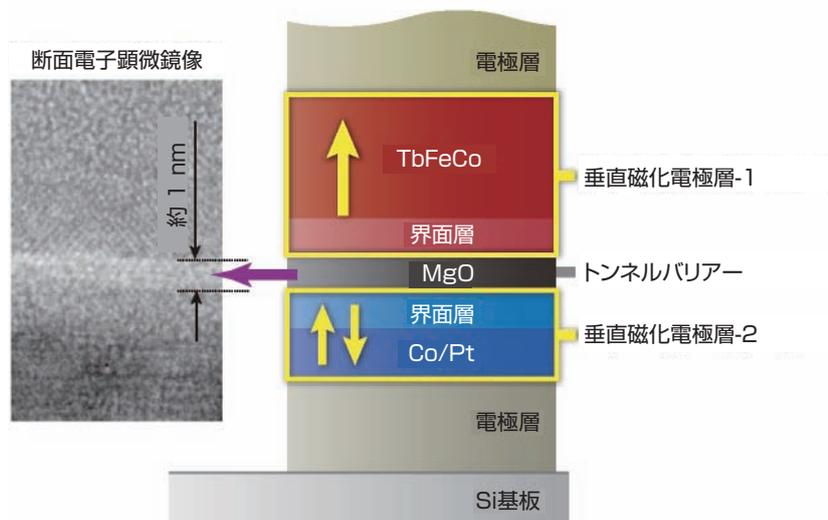
1 Gbit級スピンRAMに要求される読み出し性能である素子抵抗値（RA値）が、 $30 \Omega \mu\text{m}^2$ 以下で、磁気抵抗比（MR比）が50%以上の垂直磁化TMR素子を世界で初めて開発しました。下図（右）に、開発した垂直磁化TMR素子の積層構造の概略を示します。垂直磁化電極層-1は、テルビウム鉄コバルト（TbFeCo）層と界面層、トンネルバリアー（MgO）層、垂直磁化電極層-2はコバルト/白金（Co/Pt）層と界面層から構成され、垂直磁化電極層-2の磁化の向きによって情報を記憶できます。

積層と界面層から構成され、垂直磁化電極層-2の磁化の向きによって情報を記憶できます。

$30 \Omega \mu\text{m}^2$ 以下のRA値を実現するためには、トンネルバリアーとして用いる酸化マグネシウム（MgO）層の厚さを、1.3 nm程度以下に薄くすることが必要です。私たちは、原子レベルで平坦な表面の垂直磁化電極層-2、および、極薄かつ均一な膜厚（約1 nm）のトンネルバリアー層（MgO層）の形成に成功し（図左）、これにより垂直磁化TMR素子のRA値として世界最高レベルの約 $4 \Omega \mu\text{m}^2$ を達成しました。また、結晶性のコバルト鉄（CoFe）合金とアモルファス合金であるコバルト鉄ボロン（CoFeB）合金を組み合わせた界面層を開発し、同時に高いMR比（85%）を実現しました。この技術により、5 Gbit以上の大容量スピンRAMの回路設計が実現可能となりました。

今後の展開

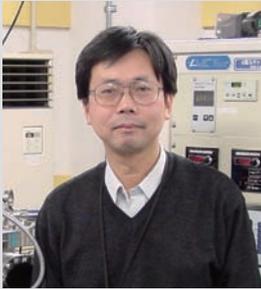
高性能垂直磁化TMR素子の作製技術を確立したことにより、今後は大容量スピンRAMの開発が大きく前進すると期待しています。この技術をベースにさらに高いMR比の実現に努め、大容量スピンRAMの量産化技術の確立を目指します。



開発した垂直磁化TMR素子の断面構造の電子顕微鏡写真（左）と断面構造の模式図（右）
超薄膜平坦化技術と高スピン分極界面層の開発により、超低RA値と高MR比の両立に成功。

調光ミラー薄膜を用いた水素ガスセンサー

水素ガスの拡散を可視化



吉村 和記

よしむら かずき

k.yoshimura@aist.go.jp

サステナブルマテリアル研究部門
環境応答機能薄膜研究グループ
研究グループ長
(中部センター)

入所以来、調光薄膜を中心とする機能性薄膜の研究に取り組んでいます。2001年から調光ミラー薄膜の研究を始めました。これまでは主として調光ミラー薄膜の光学的な変化を応用する研究を行ってきましたが、今後、水素化に伴うほかの物理的、化学的な変化にも着目した研究を行っていきたくと思っています。

関連情報：

● 共同研究者

松田 直樹 (産総研)

● 共同研究企業

株式会社アツミテック、九州計測器株式会社

● 参考文献

K. Yoshimura *et al.*: *Japanese Journal of Applied Physics*, 43, L507-509 (2004).

K. Yoshimura *et al.*: *Vacuum*, 83, 699-702 (2009).

● 特許

登録番号 3769614 「マグネシウム・ニッケル合金薄膜を用いた水素センサー及び水素濃度測定方法」

特願 2009-053341 「水素センサー」

水素ガスセンサーの現状

水素ガスは、次世代の自動車燃料として注目されていますが、引火など取り扱いに注意が必要です。この水素ガスを検出するセンサーは、現状では加熱が必要で、また電気回路を用いたものでは着火源になる恐れもあり、簡便で広い検知範囲で発火の恐れのない水素ガスセンサーが求められています。

調光ミラー薄膜

当グループでは、「調光ミラー」を省エネルギー窓ガラスとして用いるための研究を行っていますが、この調光ミラー薄膜は、水素を含んだ雰囲気と接すると光学状態が変化するため、その性質を水素ガスの検知に用いることができます。

水素ガスセンサーとして用いる場合の基本的な構造は、ガラス基板の上に、厚さ約40 nmのマグネシウム-ニッケル(Mg-Ni)合金薄膜、その上に厚さ約4 nmのパラジウム(Pd)薄膜を蒸着したものです(図1)。水素を含んだ雰囲気と接するとMg-Ni合金が水素化して透明になり、その光学的な変化で水素ガスを検出します。水素ガスセンサーとしての特徴は、加熱なしで水素の検知ができ、水素にだけ反応すること、検知部では光のみを用い電気的な回路がないこと、100%から1 ppmという広い検知範囲をカバーできることなどがあります。光学的変化の

検出には裏面からの反射を用いるのが最も適しており、この構造を光ファイバーの先端部に形成するだけで水素ガスセンサーとすることができます。また産総研で開発された光の検出方法である「スラブ光導波路」を用いることで、より高感度の水素ガス検知が可能であることも見いだしています。

水素可視化シート

この調光ミラー薄膜材料ならではの水素ガス検知として、調光ミラー薄膜を蒸着したシートを用いると、無色透明な水素ガスの存在が直接目で確かめられるようになるということがあります。水素ガスが発生しているかどうかを、リトマス試験紙のようにかざして簡単に確認することができますし、水素ガス配管の継ぎ目に貼り付けて安全を確認することもできます。また、もう少し大きなシートを用いると、水素ガスの拡散の様子を直接観察することもでき(図2)、水素ガス拡散に関するシミュレーションの検証に用いることもできます。

今後の展開

調光ミラー薄膜とスラブ光導波路を用いた水素ガスセンサーについては、現在企業で商品化するための研究が行われています。水素可視化シートについては、新たな用途を開拓し、それぞれの用途に合わせて高性能化を図っていく予定です。

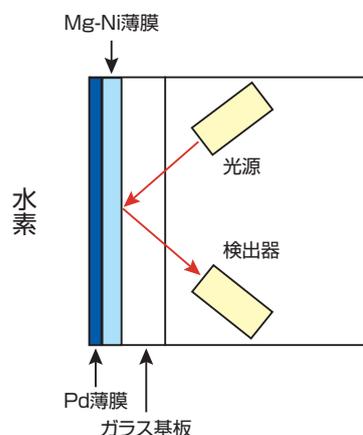


図1 調光ミラー薄膜を用いた水素ガスセンサー

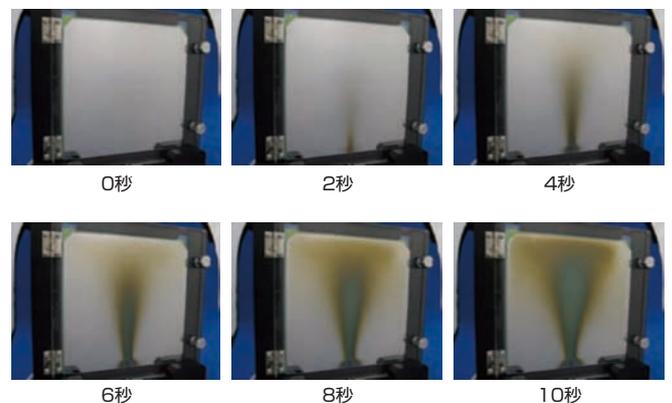


図2 水素ガス拡散の可視化

調光ミラー薄膜の後ろ下部中央にパイプを上向きに置き、そこから水素ガスを流した場合の変化の様子(シートの大きさ140×130 mm)

レーザー走査超音波映像化探傷への空中探触子の適用 目で見えてわかりやすい超音波探傷を非接触で実現



ト部 啓

うらべけい

urabe-k@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門
構造体診断技術研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

以前は、主にマイクロ波・ミリ波などの高周波電磁波を複合材料の非破壊検査に応用することについて研究開発を行っていましたが、4年ほど前から今回紹介するような非接触超音波による非破壊検査法の研究開発を行うようになりました。わかりやすく使いやすい非破壊検査法の実現に貢献して、安心安全、環境適合、低コスト化といった大きな社会的要請に多少とも役に立つことができると考えています。

関連情報：

- 共同研究者

高坪 純治、遠山 暢之、津田 浩、永井 英幹（産総研）、王 波（つくばテクノロジー（株））

- 用語説明

*板波（Lamb波）

物体を伝搬する超音波振動のうち、波長と同程度以下の厚さの板で板面に垂直な振動が板面方向へ伝搬していく振動を板波（Lamb波）と呼ぶ。伝搬速度の異なるさまざまな振動モードがあるため一般に受信波形が複雑になるが、比較的長距離を伝搬するので構造体の損傷検出に有効である。空中探触子で受信する場合、探触子を物体中での伝搬速度と空気中の音速の比から決まる臨界角に設定することで、単一の振動モードを効率的に受信できる。

超音波映像化探傷

発電所や輸送機関など、社会を支える構造体や工業製品の損傷・劣化の状態を的確に把握することは、社会の安心・安全の確立とともに長寿命化により廃棄物を減らすためにも有効です。そのためには、物を壊さずに損傷や劣化の状態を調べる非破壊検査が重要です。その代表的な手法の一つが超音波を使う方法です。

私たちの研究グループでは、パルスレーザーで被検査体を走査して局所的な加熱で超音波を発生させ、それを固定点の探触子（センサー）で受信して被検査体表面での超音波伝搬の様子を動画映像にする「レーザー走査超音波伝搬映像化」の研究開発を行ってきました（産総研 TODAY 2007-07 および 2010-09）。これは、これまでの超音波非破壊検査に比べて損傷や劣化による超音波伝搬の変化の様子を簡単にわかりやすく表示でき、複雑な形の物体にも適用可能で、短時間で広範囲を探傷できるという特色をもっています。

空中探触子による非接触受信

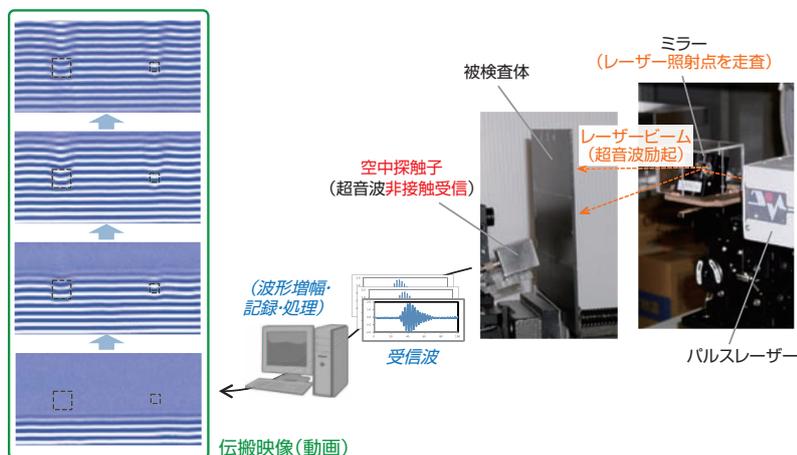
レーザー走査超音波映像化探傷では、超音波信号の受信側では探触子を被検査体に接触させていますが、もしここを非接触化すれば、完全に非接触で映像化探傷を行うことができます。そうすると探傷がより簡単になり、探触子の接

触状態や被検査体の表面状態の影響を受けにくくなるとともに、受信点や受信角度を簡単に動かせるといった利点が生じます。

そこで、被検査体に接触せずに超音波を受信できる空中（空気結合）探触子を使用することにより、受信側の非接触化を試みました。非接触で超音波を受信する方法はほかにもありますが、感度、コスト、被検査体表面状態、材質や距離の影響などの観点から、空中探触子が適していると考えています。

図の左側の画像は、表面からは見えない^{はくり}剥離がある炭素繊維強化プラスチックの超音波伝搬映像を、空中探触子受信で取得したものです。剥離部分での超音波伝搬の変化が明確に検出できています。この映像では、受信点の移動が簡単であることを利用して、レーザーの走査と被検査体の移動を組み合わせることで、接触探触子のような放射状に伝搬する映像に代わり、直線的に伝搬する超音波の映像を得ています。このほか、金属の亀裂や厚みの変化なども検出できます。

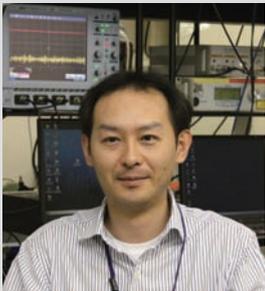
このように非接触受信による映像化が可能になりましたが、まだ接触探触子に比べると感度が低く、測定に時間がかかるなどの問題があります。課題解決に向け、さらに研究を進めています。



空中探触子受信による超音波映像化探傷の概略と伝搬映像の例

左側の伝搬映像は、内部に剥離のある炭素繊維強化プラスチックのもの。映像化範囲は 50×100 mm で、受信周波数 320 kHz、受信角度 14.6°で板波*（Lamb波）非対称基本モード（A₀モード）の伝搬を映像化。剥離部（左側 10 mm 平方、右側 5 mm 平方）を破線で示す。

薄膜の熱拡散率を測定する新しい実用器を開発 薄膜の熱物性を誰でも手軽に測定できる



八木 貴志

やぎ たかし

t-yagi@aist.go.jp

計測標準研究部門
物性統計科 熱物性標準研究室
研究員
(つくばセンター)

薄膜の熱拡散率標準を担当し、計測技術の高度化や薄膜の標準物質の開発に従事しています。今回の実用器は、標準開発を進める中でひらめいたアイデアを実現しました。今後は、実用器と標準とのトレーサビリティを確立していきたいと考えています。

関連情報：

- 共同研究者

Firoz Shakhawat、竹歳 尚之、馬場 哲也 (産総研)

- 参考文献

[1] 竹歳 尚之：産総研 TODAY, 3(11),13(2003).

[2] 八木 貴志：産総研 TODAY, 8(5), 31(2008).

- 用語説明

*サーモフレクタンス現象：物質の反射率が温度により変化する現象。反射率変化の大きさは金属では1 Kあたり1万分の1から10万分の1程度である。

- 特願 2007-235520
「薄膜熱物性測定装置」

エレクトロニクス材料の熱物性データの必要性

微細化の進む電子デバイスでは、発熱の制御が性能や寿命を決める重要な課題となっています。そこでは微細化の主役となる薄膜材料について熱伝導率や熱拡散率などの熱物性値の評価が必要となります。これまでの測定装置^[1]では高価なパルスレーザーやパルス間隔の精密制御機構が用いられており、大きくて取り扱いが難しい上に専門的な知識が必要でした。

薄膜の熱拡散率を測定する新しい実用器

今回開発した実用器(図1左)では加熱にパルスレーザーを用いますが、温度検出には一般的な連続光の半導体レーザーを使います。図1右のように、2 nsのパルスレーザー光によって薄膜の裏面を瞬間的に加熱すると、薄膜内を熱が伝わり反対面へと到達します。反対面の反射率はサーモフレクタンス現象*により変化し、連続光レーザーの反射光のわずかな強度変化として検出されます。薄膜の熱拡散率が大きいほど、また膜が薄いほどこの変化は短時間で起こりますが、高速な応答性能をもつ光検出器によって捉えることができるようになりました。

この結果、装置をコンパクトにかつ測定を簡便化することに成功しました。

図2は、厚さ680 nmの窒化チタン薄膜の測定結果です。横軸の時間0のときにパルス光による加熱が行われます。測定所要時間は1分程度です。産総研では、薄膜の熱拡散時間を校正するための標準薄膜を供給しており、同一サンプルを校正用の標準器^[2]で測定した結果(青線)も示しました。この装置で得られたデータ(赤線)は標準器と比べても遜色がないことがわかります。図中には熱拡散率の解析例として、バルク材料を対象とするレーザフラッシュ法で一般に用いられるハーフタイム法を適用した結果を示しました。

将来の展望

この実用器により、誰でも簡単に薄膜の熱物性測定を行えるようになります。産総研では薄膜の熱拡散に関する標準供給も行っており、将来は実用器と標準および標準化を組み合わせることで、より信頼性の高いSIトレーサブルな測定体系を実現したいと考えています。

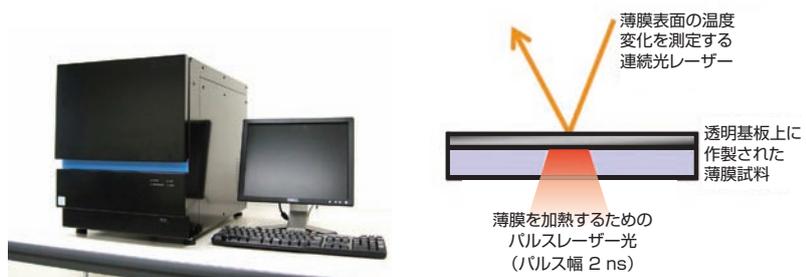


図1 薄膜の熱拡散率を測定する実用器の外観(左)と測定の概略図(右)

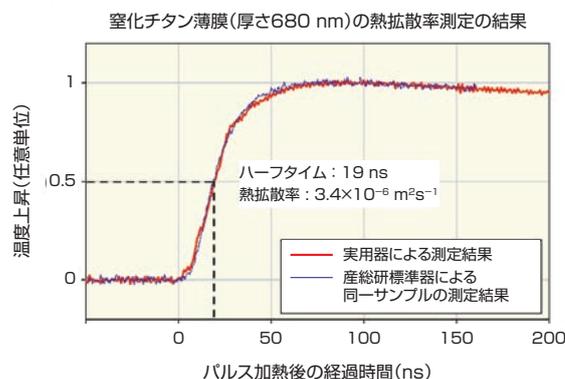


図2 実用器で測定した窒化チタン薄膜(膜厚680 nm)の測定結果(赤線)パルス幅2 nsのレーザーで薄膜面を加熱し、反対面の温度が上昇する様子

金属と糖鎖を組み合わせて生体分子を検出

タンパク質の直接センシングやアフィニティセンサーの応答増大に寄与

特許 第4258650号
(出願2004.10)

研究ユニット:

バイオメディカル研究部門

適用分野:

- 医薬品開発分野
- バイオ分野一般
- ナノテクノロジー分野

目的と効果

人は病気になると原因解明のために病院などで診察を受けますし、病気になる前でも健康管理のために簡単な検査を受けることもあります。疾病マーカーといわれるタンパク質類や細胞類、直接の病原菌やウイルスなどを簡単に瞬時に感度よく検出するための新しい方法が望まれます。今回発明した糖鎖修飾金属（あるいは半導体）微粒子は、微粒子表面に固定した糖鎖部分と検出したい分子やウイルスなどの間のアフィニティ（親和性）を利用し、微粒子の凝集反応や色調変化で目的分子を検出するものです。金属微粒子の性質によるセンサー応答を増強させる効果も合わせて期待できます。

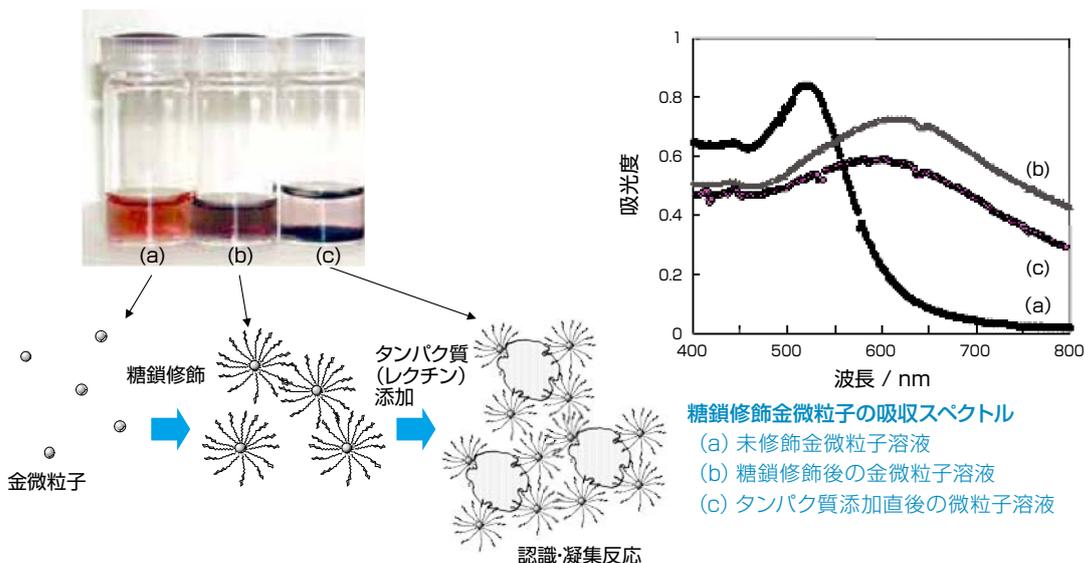
技術の概要

ウイルスなどの検出は、目的のタンパク質や細胞がもっている特有の相互作用を最大限に利用して行われています。抗原-抗体反応、さらには蛍光色素や蛍光標識タンパク質を利用して相互作用を検出する場合は圧倒的に多いのですが、蛍光標識を用いる手法では、検出したい分子との間に結合が起こっている場合だけでな

く、目的の結合が起こっていない場合でも蛍光基の影響が残り、ノイズなどの問題となる場合があります。この発明の糖鎖修飾金属（あるいは半導体）微粒子は、調整が容易で取り扱いも簡単です。検出したい分子に適した糖鎖をもつ分子で金属微粒子を一層修飾したものを用意し、応答検出には微粒子間の相互作用の変化や溶液の濁度などを追跡する方法が採れるので、簡単に高感度でタンパク質や細胞などの検出を行うことができます。

発明者からのメッセージ

金属や半導体微粒子がもつ性質と、糖鎖がもつ高度なタンパク質認識能を組み合わせて、生体分子を検出するための修飾微粒子を作りました。できるだけ簡単な糖鎖を、化学結合により、金属や半導体微粒子の表面に安定に固定し、溶液内に分散できるようにしました。微粒子表面の糖鎖とタンパク質などが結びつくと、微粒子間距離が変化し、反応の有無を検出できます。さらに、さまざまなセンサー応答においてこの材料を二次的な修飾に用いることで、検出したい応答のみを増強させる効果も合わせて期待できます。



糖鎖修飾金微粒子の吸収スペクトル

- (a) 未修飾金微粒子溶液
- (b) 糖鎖修飾後の金微粒子溶液
- (c) タンパク質添加直後の微粒子溶液

(a) は粒径13 nmの金微粒子の分散溶液。これに、この発明で作製した糖鎖を末端にもつ有機分子で修飾した場合、少し色調が変化し、引き続き分散状態を保つ (b)。糖鎖を認識するタンパク質 (この場合はレクチン) を入れると、認識が起こり凝集反応が起こる (c)。

知的財産権公開システム (IDEA) は、皆様に産総研が開発した研究成果をご利用いただくことを目的に、産総研が保有する特許等の知的財産権を広く公開するものです。

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/>

二重絶縁ゲートMOSトランジスタを用いた回路

XDXMOS : 高速動作と待機時の低電力化を両立

特許 第 4423392号
(出願 2004.12)

研究ユニット：

エレクトロニクス研究部門

適用分野：

● MOS 集積回路

目的と効果

この発明では、金属酸化膜半導体 (MOS) 集積回路のあるまとまった回路単位で、高速動作と、定常時または待機時における消費電力の減少を両立させることを目的とし、二重絶縁ゲート電界トランジスタを用いてこれを実現する手法を提案しています。この手法を用いると、高速動作で静的消費電力の小さな相補型金属酸化膜半導体 CMOS トランジスタ回路、記憶メモリー素子 (SRAM) セル回路、CMOS-SRAM セル回路、集積回路を実現できます。

技術の概要

二重絶縁ゲート電界効果トランジスタとはチャンネルを挟んで二つのゲート電極が対向して設けられている構造をしています。通常はこの二つの電極は接続して用いますが、この発明では図 1 の回路のように、第一ゲートには電気信号を入力し、第二ゲートは抵抗を通して一定の電位の電源に接続します。そうすると第一のゲートと第二のゲートの間の容量とこの抵抗で微分回路ができ、第二ゲートの電位は図 2 (b)

のように、図 2 (a) の第一ゲートの入力信号を微分したものとなります。その結果、過渡状態ではしきい値電圧が小さくなり、過渡電流を大きくして動作速度を速めることができ、定常状態では図 1 の一定電位の値をしきい値電圧が高くなるように設定して、漏れ電流を小さくできます。

発明者からのメッセージ

二重絶縁ゲート電界効果トランジスタは極微細 MOS トランジスタとして理想的な特性を有するものとして産総研が提案してから久しいですが、最近になって将来これを採用することを表明する大手半導体製造メーカーもでてきました。巨大な LSI 市場なので、そのインパクトは大きなものになります。ただ、製造のための新たなインフラ整備と従来素子と共通した課題も多く、産総研では微力ながらそれらの解決策を以前から探っています。この発明もその成果の一部で、国際学会 (CICC2005) で発表しています。

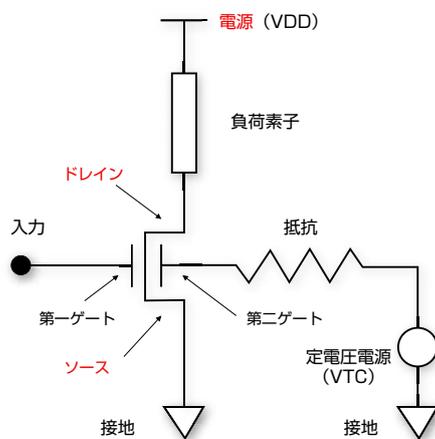


図1 二重絶縁ゲート電界効果トランジスタを用いた回路構成
抵抗を通して第二ゲートを定電圧電源に接続する。

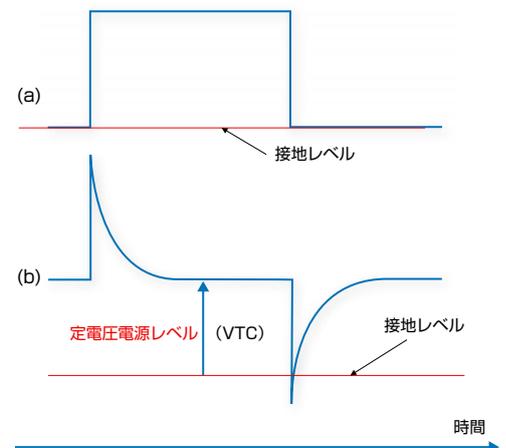


図2 (a)は第一ゲートへの入力波形、(b)は第二ゲートでの波形で入力波形が微分されたもの。第二ゲートの定常状態の電位レベルはVTCで、過渡状態のときのみVTCより高くなるか低くなる。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

知的財産部技術移転室

〒 305-8568

つくば市梅園 1-1-1

つくば中央第 2

TEL : 029-862-6158

FAX : 029-862-6159

E-mail : aist-tlo@m.aist.go.jp

強化磁器の縁部の衝撃試験方法

給食や外食産業で使われる強化磁器食器の強度の測定



杉山 豊彦

すぎやま とよひこ

sugiyama.toyohiko@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門
セラミックス応用部研究グループ
研究グループ長
(中部センター)

1984年に工業技術院名古屋工業技術試験所に入所後、陶磁器に関連する研究に従事してきました。赤外線放射セラミックスの研究、磁器素地やうわぐすりの光学的解析や新素材の開発などです。最近は、それらの技術を活かして省エネに役立つ建材の研究などを進めています。

強化磁器と強度

強化磁器は、普通のお茶わんなどに使われる磁器に比べ、高い強度を有します。アルミナなどを添加し高温で焼成するので、高価で若干重いですが、割れにくいという特長があります。一般家庭ではあまり使われませんが、大量に同じ形の食器を使う給食や外食産業で使われているので、牛丼チェーン店やホテルのランチバイキングなど、多くの方が一度は手にしたことがあると思います。とくに近年は、学校給食への導入が進んでいます。

強度をセールスポイントとして大量に売買されるので、強度測定値は重要です。しかし、日本では統一された試験方法がありませんでした。強度を試験する方法としては、米国材料試験協会 (ASTM) の食器の衝撃試験法があり、多くの公的機関が、これに準拠した試験を行って成績書を出していましたが、各機関で試験方法に少しずつ違いがあり、測定結果が異なることが問題となっていました。

試験法の研究

2002年に、産業技術連携推進会議の窯業部会(現ナノテクノロジー・材料部会セラミックス分科会)に強化磁器食器分科会が設置され、こ

の問題に取り組むことになりました。全国の15の公的機関が集まって、測定値に影響を及ぼす因子の解析、強化磁器の強度や使用状況の調査、適切な試験・評価方法の検討を行いました。

強化磁器の衝撃試験は、シャルピー試験機に似た装置を使い、食器の縁をハンマーでたたいて行います(写真)。この方法では試験片を切り出す必要がなく、製品をそのままの状態で評価できます。研究の結果、この試験による食器の破壊挙動などが多方面から解明されてきました。そして、試験片の固定方法やハンマーの重さなどと測定値の関係が明らかにされました。2006年からは産総研標準基盤研究を実施し、装置や測定手順を統一するとともに、最近の高強度の製品にも対応した測定法の整備を行いました (JIS S 2402「強化磁器食器の縁部衝撃試験方法」)。

この試験法により一つの基準が定まりました。しかし、この縁欠けによる試験のみでは、食器の割れにくさをすべて表しているとは言えません。単純な回転対称の製品以外は試験できないという問題点もあります。今後さらに業界・大学・公設研の方々のご意見を伺いながら、縁以外の部分の衝撃試験、落下試験法などの整備を検討し進めていきたいと思っています。



食器の衝撃試験装置の一例

食器が割れるまで、ハンマーを少しずつ高いところから繰り返し振り下ろす。

20万分の1地質図幅の全国整備達成

国土の均一な地質情報の完備



宮崎 一博

みやざき かずひろ

kazu-miyazaki@aist.go.jp

地質情報研究部門
副研究部門長
(兼務)
地質情報研究部門
地殻岩石研究グループ
研究グループ長
(つくばセンター)

陸域地質図を作成するプロジェクトリーダーを務めています。専門は地殻深部で形成される変成岩の研究で、陸域地質図の作成を行うとともに、地殻深部で起こる地質現象の解明を目指しています。

関連情報：

地質情報総合センター 地質図
カタログ 20万分の1地質図
幅 URL (<http://www.gsj.jp/Map/JP/200k.htm>)

20万分の1地質図幅の整備

地質図幅は、ライフラインの構築・産業立地・廃棄物処分場・資源エネルギー開発・観光資源開発・地質災害対策などのさまざまな社会的課題を解決するための基盤的な情報の一つとして利用されます。産総研 地質調査総合センターは、日本列島陸域の5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅、および20万分の1日本シームレス地質図の整備を行っています。とくに20万分の1地質図幅は、地層・岩体・火山・断層・鉱床の広域的分布と地質構造との関係を統一的に理解するのに欠かせません。

1954年に作成を開始した20万分の1地質図幅は、産総研の第2期中期計画期間の最終年度にあたる2009年度に北方領土を除く日本全国の整備を達成しました。20万分の1地質図幅は、旧地質調査所あるいは地質調査総合センターで発行された地質図、学術誌などに公表された地質図、都道府県など行政機関が発行した地質図を最新の地質学的知識をもとに編集し、必要な野外調査を補足的に行い作成されます。見方を

えれば、20万分の1地質図幅の全国整備は日本でなされた地質学的研究の蓄積があってはじめて達成できた事業とも言えます。

地質情報の体系的整備に向けて

地質調査総合センターでは、現地調査を行い作成する5万分の1地質図幅、既存の地質図の編集に必要な野外調査を行い作成する20万分の1地質図幅、さらに、日本全国を同一の凡例で示した20万分の1日本シームレス地質図の3種類の地質図を組織的・体系的に整備しています。それぞれ、重要地域の地質標準の確立(5万分の1地質図幅)、地域ごとの詳細な地質情報の完備(20万分の1地質図幅)、地質情報の利便性の向上(20万分の1日本シームレス地質図)という役割を担っています。20万分の1地質図幅の全国整備は達成されましたが、1960年代から1970年代初期に作成された地質図幅の中には、最新の地質学的知見が反映されておらず、早急に改訂の必要があるものがあります。今後は、そのような地質図幅の改訂を優先的に行っていきます。



産総研 第2期中期計画期間で作成された20万分の1地質図幅

右上から左下へ、「白河」、「静岡及び御前崎」、「小笠原諸島」、「長岡」、「新潟」、「名古屋」、「伊勢」、「西郷」、「山口及び見島」、「中津」、「窪川」、「小串」、「八代及び野母崎の一部」、「屋久島」、「中之島及び宝島」、「徳之島」、「与論島及び那覇」、「石垣島」、「魚釣島」の各図幅。

前立腺がんの安心な治療を支える計測技術

諸外国よりも高感度な新標準器の開発



海野 泰裕

うんの やすひろ

y.unno@aist.go.jp

計測標準研究部門
量子放射科
放射能中性子標準研究室
研究員
(つくばセンター)

ヨウ素 125 密封小線源の標準開発、放射能標準の開発・供給などに従事しています。産総研に入所する前は、東北大学でさまざまな放射線計測技術について学びました。今後は、標準供給により放射線利用を支えるとともに、従来の枠を超えた標準技術開発に積極的に取り組み、放射線利用の拡大に貢献していきたいと考えています。

正確な線量で安心ながん治療

現在、高齢化などに伴い、がん患者は増え続けています。それに対して、治療後の生活の質（Quality of Life）を維持しやすいとされる放射線を用いたさまざまながん治療法が開発されてきました。前立腺がんに対しては、ヨウ素125密封小線源を利用した治療法が近年全国で広がっています。この治療法では、体内の前立腺がん患部に密封小線源が刺入されます。安心な治療により十分な効果を得るためには、密封小線源の強度（線量率）を正確に知ることが重要です。産総研では、医療機関で使われる線量測定の基準となる線量標準を開発しました。

新たな標準器の開発

線量測定のための標準器では、国際放射線単位・測定委員会で定義された量が安定して測定されなくてはなりません。しかし、ヨウ素125密封小線源の線量率はとて低く、既存の標準器では測定できません。そこで、産総研では微弱な線量率まで測定できる高感度の標準器を新

たに開発しました。新たな標準器では、入射放射線ビーム上にある薄膜電極が対向しており、電荷収集領域が飛躍的に大きくなる構造にしました。（図1、図2）

それでも、実際にヨウ素125密封小線源で測定される電流は 1.0×10^{-14} A ~ 4.0×10^{-14} A程度ととても微小です。このような微小電流を安定して測定することは難しく、標準器開発上の工夫に加えて、微小電流測定環境の最適化を図りました。その結果、これまでの標準器の場合よりもさらに微小な電流測定を実現しました。

今回開発された標準器は、国内ではヨウ素125密封小線源からの線量率を絶対測定できる唯一の測定器です。また、その微弱な線量率に対して諸外国よりも高感度な測定環境が整えられました。この標準器の開発により、国内の医療現場の要求に十分応えられる測定器の線量校正ができるようになりました。今後、校正事業者と連携して、標準器から医療機関で使われる測定器まで校正のトレーサビリティの構築・普及を進めていきたいと考えています。

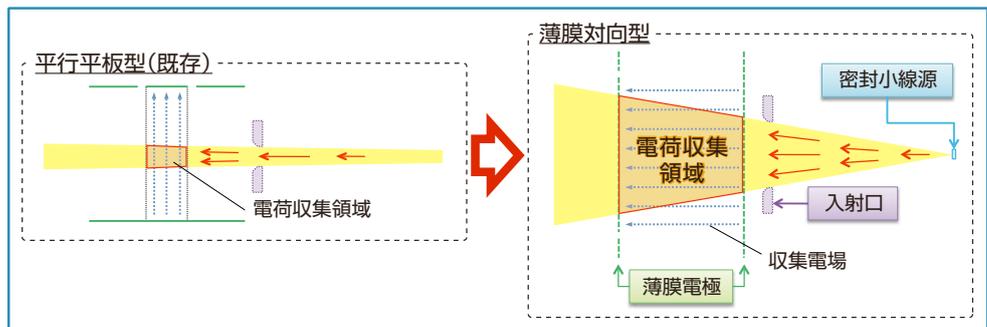


図1 平行平板型と薄膜対向型の測定手法の違い（概念図）

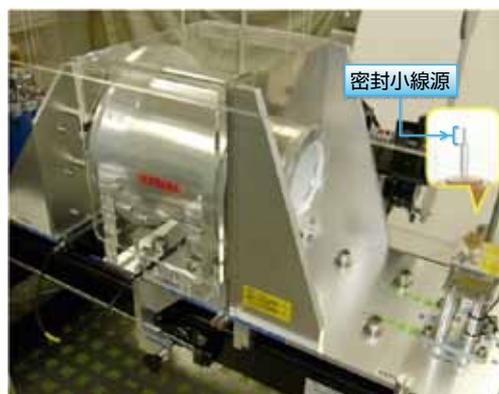


図2 薄膜対向型自由空気電離箱

シリーズ：進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第11回) 地域センターにおける産学官連携

関西センター所長代理、イノベーションコーディネータ

おぐろ けいすけ
小黒 啓介

イノベーションコーディネータへの道

2002年10月、文部科学省のスーパー COEプロジェクトの資金を得て、産総研にベンチャー開発研究センターが設立されました。この時、ベンチャー開発研究室長として参加したことが、連携コーディネーションに関わるきっかけとなりました。そこでは、どうすれば産総研の研究を基に起業して社会に技術を送り出せるかを、工学的なセンスで体系化することを目指しました。ハイテク・スタートアップ支援はどうかあるべきかも、調査・研究する課題の一つでした。同時に、自身の研究から興じた会社の役員を兼業していましたので、その実践からも学びました。そして、2004年4月に関西センターの産学官連携コーディネータに就任しました。

コーディネーション活動のミッション

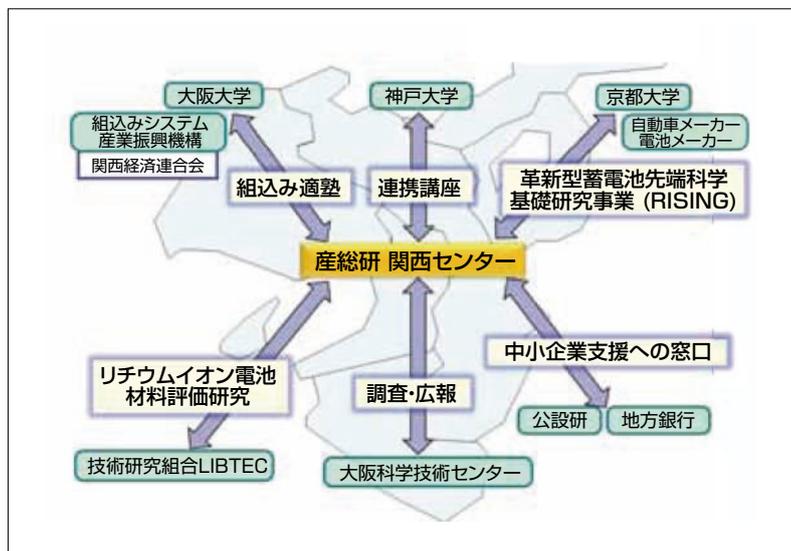
産業界への技術移転は、水素エネルギー分野での駆け出しの研究者であったころから、研究の出口として思い描いていました。コーディネータとしては、研究者としての自分自身のオリジナリティーにはこだわらず、他人の研究アイデアやオリジナリティーを別の人に結びつけ、発展させることが使命です。そして、技術シーズを応用展開してもらうパートナーを発掘し、交渉の末に新たな連携を作り出すことがミッションの源泉となります。

地域でのコーディネーション活動の実践

地域センターでのコーディネータは、外部資金への提案支援や共同研究契約の締結交渉といった通常の産学官連携活動に加え、地域拠点のプレゼンスを高めることも重要な任務です。例えば、外部研究機関からの施設・設備の受入れや地域拠点の公式説明、VIP対応など、各地域に根ざした活動です。

2007年4月から2009年3月の間は産学官連携コーディネータの職を一時離れ、ユビキタスエネルギー研究部門長として連携創出に寄与しました。具体的には、蓄電池のナショナル・プロジェクトを計画し立ち上げるために、電池メーカーや自動車メーカーを回り、大学も含めたそれぞれの意見を調整しました。次いで、関西センターでの「技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター (LIBTEC)」発足に向け、施設整備の要求にも研究部門長として交渉に当たりました。

産総研は2010年10月に組織と業務形態のあり方を変更し、それに伴い「産学官連携コーディネータ」という名称は「イノベーションコーディネータ」に変更されました。イノベーション創出という出口戦略に基づき、これまでより更に研究ユニットに密着してコーディネーション活動を行うことを目指しています。関西地域の企業、大学、自治体、公設研などとの緊密なネットワークを築き、産総研の信用を基に輝ける関西を作り出すべく、今後とも尽力し続けます。



大学や企業団体との主な連携活動



NPG ネイチャー アジア・バシフィックの取材にて (2009.7.22) Photo by Chris Gilloch

第21回 つくば賞



つくば賞は、財団法人茨城県科学技術振興財団とつくばサイエンス・アカデミーが主催しているもので、茨城県内において、科学技術に関する研究に携わり、世界的な評価を受けた顕著な研究成果を収めた者を表彰することにより、科学技術の振興に寄与することを目的として創設された賞です。

2010年9月27日につくば国際会議場において、第21回つくば賞の表彰式が行われ、ナノチューブ応用研究センター カーボン計測評価チームの末永^{すえなが}和知研究チーム長が受賞しました。

受賞者：末永 和知 suenaga-kazu@aist.go.jp
 ナノチューブ応用研究センター カーボン計測評価チーム 研究チーム長
 (つくばセンター)

【受賞のテーマ】「軽元素を可視化する超高感度電子顕微鏡技術の開発」

受賞内容

末永研究チーム長は日本の電子顕微鏡メーカーと共同で、軽元素を可視化する新しい電子顕微鏡技術の開発に取り組んできました。2004年には「カーボン単原子の可視化」に成功し、いままで不可能とされてきた点欠陥の構造検証など多くの実験が可能になりました。一例として電子線照射下における単層グラファイト中の欠陥導入過程のその場観察を実現しました。これまで理論的にしか予測されていなかった単原子空孔、吸着原子、回位などが生成する様子を電子顕微鏡で鮮明にとらえ、それらの欠陥が単層グラファイトにおいて室温で安定に存在することを世界で初めて実証しました。

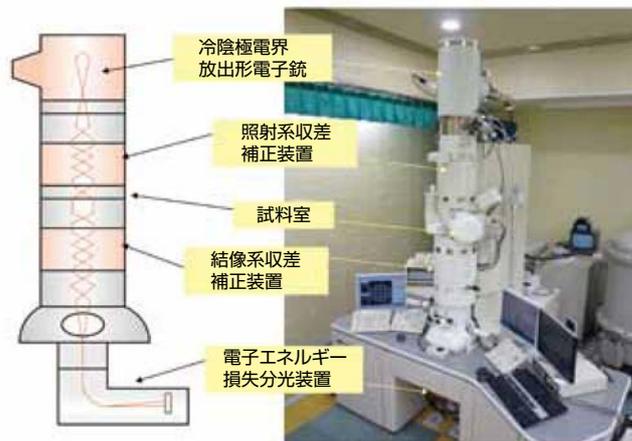
さらに2005年には、グラファイト層間に形成されるフレンケル欠陥(単原子空孔と格子間原子)の熱緩和過程の測定に成功し、室温で安定に存在するフレンケル欠陥も、昇温によって原子空孔と格子間原子の再結合が起こり、ある温度以上では層間欠陥が消滅することを原子レベルで確かめました。この実験の意義は、半世紀以上議論の種であったWigner効果と呼ばれる原子炉材料の照射損傷

エネルギーの原因が、グラファイト層間欠陥であることを原子レベルで明らかにした点にもあります。また最近になって、電子線損傷の観点からこれまでは不可能だと考えられてきた「有機分子・生体分子の高分解能観察」にも成功しました。これらの研究成果はどれも電子顕微鏡研究者たちにとって大きなブレイクスルーであったと同時に固体物理、有機化学、生物物理の研究者たちにも大きな影響を与えました。

今後の抱負

末永 和知

高性能電子顕微鏡の研究開発は、世界レベルでも激しい競争となっており、ナノテクノロジー分野の基盤技術としても極めて重要なテーマの一つです。特に色収差補正技術や3次元構造観察などを目指した研究開発が注目されています。今後は、これまで産総研で培ってきた高感度元素分析技術や低損傷観察技術などと組み合わせることで、より広範な分野への応用を目指した研究開発を続けていきたいと思っています。



産総研と日本電子(株)が中心となって開発した超高感度新型電子顕微鏡。空間分解能(波長比)では世界最高性能を達成した。

東北センター

東北センターの一般公開は、お天気にも恵まれ、540名の方々に越えさせていただきました。



ロボット「パロ」「チョロメテ」は今年も大人気。



粘土を使った葉脈しおり作りや、息に含まれる二酸化炭素を確かめる実験など身近な科学を体験しました。



旧工技院の工芸試作品展示では、玉虫塗りの漆器などが関心を集めていました。



研究トピックスを、パネルや模型を使って紹介しました。



産総研 一般公開

「きて！ 未来の技術がいっぱい」を統一テーマに、今年も全国各地の産総研で「一般公開」を開催しています。今回は、東北センター・九州センター（8月21日）、四国センター（8月25日）での体験コーナー、展示コーナーなどの報告をいたします。

九州センター

猛暑日となった夏休みの土曜日。九州センターの一般公開には、936名の来場者がありました。



「紫外線ビーズストラップ」、「発明キッズ☆ラボ オリジナル3D万華鏡」、「からくりボックス」。大人も子供も、みんな夢中になって作りました。



「サイエンス実験ショー」で、一瞬にして砕け散るバラの花に、目を輝かせる子供たち。



子供たちの目は、太陽光の力を電気に変えるパネルにくぎ付け。角度によって噴水の高さが変わります。

「科学教室」にて、クイズとマンガで楽しく地震を勉強中。目指せ学力アップ！



血管年齢測定装置を使って、「少しでも若く！」と祈る気持ちで測定中。



なんて不思議な？「ジャイロ」。



四国センターの一般公開には、小・中学生を中心に445名の方にお越しいただきました。子供から大人まで、楽しく科学を体験していただきました。

科学教室「無重力を体感する」では、無重力について楽しく勉強。



発明工作教室「プラスチックの不思議」ではプラスチックについて学び、オリジナルのプラ板ペンダント作りに挑戦。

科学教室「21世紀の巨大地震」では、地震発生のメカニズム、四国地域に密接な南海地震について詳しく解説しました。



「光の不思議」では、万華鏡を作成しながら無限反射の仕組みを学びました。

「立体映画で体験する偏光の不思議」では、偏光板を使って作成した立体メガネで、映像を立体的に見る体験をしてもらいました。



「くらしと標準化のかかわり」では、装具を用いた高齢者体験などを通し、標準化がくらしにどのように役立っているのか体感。



「磁石に反応するスライム」では、磁石を近づけると不思議に動きだすスライムを体験しました。



ドイツ・カールスルーエ技術研究所とのワークショップ開催

報告

2010年9月14日、産総研つくばセンターにおいて、技術移転およびイノベーションマネジメントを主題とする標記ワークショップが開催されました。

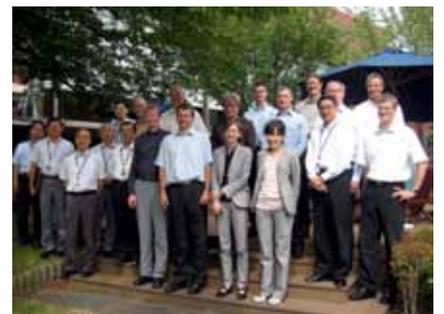
カールスルーエ技術研究所 (Karlsruhe Institute of Technology, KIT) は、2009年にカールスルーエ研究センターとカールスルーエ大学が合併してできた研究・教育機関で、ヘルムホルツ協会の16のメンバー研究所の一つです。合併前の2008年4月には、産総研とカールスルーエ研究センターが包括的研究協力覚書を締結しています。ちなみに、産総研は、ヘルムホルツ協会、同協会のメンバー研究所であるユーリッヒ研究センターとも包括的研究協力覚書を締結しています。

今回のワークショップでは、産総研、ヘルムホルツ協会、KITの各々が簡単な紹介を行い、技術移転とイノベーションマネジメントについて、相互にプレゼンテーションと討議を行いました。

産総研は、イノベーション推進室と知的財産部門から、産総研が推進するオープンイノベーションの理念、その具体例として「つくばイノベーションアリーナ」の取組みや産総研の技術移転の取組みなどを説明しました。このあと、取得した実施料の発明者への還元の仕組みなどについて質疑がありました。一方、KITの技術移転は、民間の協力機関を含めたネットワークを活用して研究成果を核とするベンチャー企業のスタートアップを積極的に進めてい

るとのことで、その具体的な仕組みは産総研にとって、たいへん参考になるものでした。

KITとはエネルギー分野など研究面での連携を行ってきましたが、マネジメントにおいても、技術移転に係るマーケティングの支援など、協力関係を築くよい基盤ができたと思われれます。



ワークショップ参加者一同

社会的取り組み ⑧

産総研は憲章に「社会の中で、社会のために」と掲げ、持続発展可能な社会の実現に向けた研究開発をはじめ、社会的な取り組みを行っています。

「産総研レポート2010 -社会・環境報告-」を発行しました

産総研では、「社会の中で、社会のために」の憲章のもと、産業科学技術の研究開発を通して豊かな社会の実現に貢献するべく活動を行っています。「産総研レポート2010」では、これまでの環境報告書に掲載していた環境省の環境報告ガイドラインで示されている項目に加え、新たに産総研における社会的責任に関する活動の情報を掲載しています。わかりやすい文章を用いて発信することで、皆さまからより一層のご理解をいただき、信頼関係を築いていきたいと考えております。



産総研レポート2010 表紙

【掲載記事の例】

■巻頭特集

さまざまな社会的課題の解決を目指す産総研の研究の中から、三件をご紹介します。

- ① CIGS太陽電池
- ② ニューロコミュニケーター
- ③ 超臨界CO₂による塗装

■持続発展可能な社会の実現へ向けて

産総研では、産学官が結集して進める研究、技術評価、標準化のために「人」と「場」の活用を推進しています。

産総研が参画する研究組合、コンソーシアムなどの研究拠点の例をご紹介します。

■地球温暖化対策

省エネルギーの推進や新エネルギーの導入により、エネルギー起源のCO₂排出量を削減する取り組みをご紹介します。

また、本誌でも2010年4月号より“社会的取り組み”のコーナーを連載しています。

「産総研レポート2010」は公式ホームページでもご覧いただけます。

http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_report/2010/

冊子の郵送をご希望の方は、広報部（029-862-6211：aist-sr@m.aist.go.jp）までお問い合わせください。

EVENT Calendar

イベントの詳細と最新情報は、産総研のウェブサイト（イベント・講演会情報）に掲載しています
<http://www.aist.go.jp/>

2010年11月 → 2010年12月

10月8日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
11 November			
6日	産業用酵素シンポジウム	滋賀	0749-64-8120
16日	GSJシンポジウム「20万分の1 地質図幅全国完備記念シンポジウム」	東京	029-861-9122 ●
12 December			
2日	エネルギー技術シンポジウム2010	東京	energy-sym2010@aist.go.jp ●

●は、産総研内の事務局です。

マイクロデバイスと機能性材料のマルチスケール接合・融合化

先進製造プロセス研究部門 電子セラミックプロセス研究グループ 西堀 麻衣子 (中部センター)

先進製造プロセス研究部門は、愛知県が進めている生活習慣病などに関する生体情報を無侵襲・低侵襲で日常的にモニタリングできるセンサーとデバイスの開発プロジェクトに参画しています。生体情報のうち、数100種類以上のガス成分を含む呼気と病気やストレスとの関係が注目されています。これらのガス成分は極微量であるため、いつでもどこでも高感度で高選択な検知を実現する技術の開発が鍵となります。西堀さんは呼気中の水素、メタン、一酸化炭素を1チップで迅速に区別して測定するためのアレイ型マイクロマルチガスセンサーの開発に取り組んでいます。



IMCS2010にて発表



西堀さんからひとこと

マイクロデバイスと機能性材料のマルチスケール接合・融合化に関する研究、中でもデバイス集積化触媒の開発を行っています。化学的な機能を利用するガスセンサーでは、一般的に知られている高活性な触媒をそのままデバイス上へ集積化するだけでは十分な機能・性能を引き出すことができません。デバイス集積化に特化した触媒開発が不可欠です。最近では実験室を飛び出し、放射光を用いたデバイス上での触媒燃焼反応や劣化現象のその場観察に取り組んでいます。ものづくりからメカニズムまで、自分の開発したセンサーに責任がもてる研究者でありたいです。

表紙写真

上：歩容計画と未知凹凸路面適応制御の統合による人型ロボットの自律移動 (p. 9)

下：産総研 第2期中期計画期間で作成された20万分の1地質図幅 (p. 21)

産 総 研
TODAY

2010 November Vol.10 No.11

(通巻118号)

平成22年11月1日発行

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 広報制作室

〒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。