

# 産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

# TODAY

# 2

## 2010 February

Vol.10 No.2

### 特集

## 02 グリーンITの世界的動向と産総研が 取り組む意義、分野連携、国内外連携

ITの省エネ、グリーンIT実現に向けた産総研の技術開発  
 光ネットワーク低エネルギー化技術  
 コンピューターの省エネ化ー不揮発メモリー  
 IT機器の省エネ化  
 データセンター電源・空調の省エネ化  
 クラウドコンピューティングの省エネ化

### パテント・インフォ

- 14 特異的アルカリ金属イオン吸着剤  
不純物イオンを選択的に吸着し、高純度リチウム塩を製造
- 15 長尺棒材や径の異なる段付形状部品の加圧焼結技術  
ニアネットシェイプで複雑形状を緻密かつ均質に焼結

### リサーチ・ホットライン

- 16 暗号モジュールの標準評価ボードを開発  
ハードウェアのセキュリティ向上と国際標準規格策定に貢献
- 17 障害のある人の生活を支援するロボットアーム  
安全性やコストを考慮し、生活の質の向上を目指す
- 18 地震の揺れを広域かつ詳細に示す「QuakeMap」  
複数の機関が所有するさまざまな情報を統融合してユーザーに提供

### テクノ・インフラ

- 19 20万分の1地質図幅「名古屋」の出版  
基盤情報としての広域地質図の果たす役割
- 20 非接触座標測定機の検査手法に関するJIS制定  
自由曲面測定の高速・高精度化を目指して
- 21 残留農薬分析用の玄米標準物質の開発  
残留農薬の正確な分析に必要な食品標準物質

### シリーズ

- 22 進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第2回)  
金融を巻き込み! ~産学官「金」連携の仕掛け役として~



  
 National Institute of  
 Advanced Industrial Science  
 and Technology  
**AIST**

技術を社会へ  
 Integration for Innovation

# グリーンITの世界的動向と産総研が取り組む意義、分野

## ITの省エネ、グリーンIT実現に向けた産総研の技術開発

### グリーンITとは

地球温暖化ガスの排出を抑えるために、社会のあらゆる場面での省エネ、高効率化が求められています。ITが消費する電力は、照明、空調、電車に比べて少ないと思われがちですが、すでに、わが国の総発電量（年間約1兆kWh程度）の4-5%を消費しています。さらに、広く普及したPCをベースに、年率40%で伸びるインターネット通信量の上昇カーブに沿って、高い増加率を示しています。

自動車や冷蔵庫に投入したエネルギーは、人を運んだり、食品を冷やしたりと、何らかの物理的効果を生みます。コンピューターに投入した電力は100%が熱になりますが、人やほかの機器に情報を届けることができます。その情報は、人を運んだり、食品を冷やす仕事を減らすことで、エネルギーを節約することにつながります。例えば、TV会議や天気予報のように、情報の通信・処理には、エネルギーを消費するという側面と、ほかのエネル

ギー消費を減らすという、二つの側面があります。経済産業省は、この二つをGreen-in-ITとGreen-by-ITとし、合わせてグリーンITと呼ぶ技術開発を推進しています。グリーンIT推進協議会は、適切な技術開発によって、2020年に1.3億トンのCO<sub>2</sub>削減が可能になると予測しています（2007年の日本の総CO<sub>2</sub>排出量は、約13億トン）。この特集では、産総研におけるグリーンIT関連の研究を紹介します。

### 産総研グリーンITのターゲット

産総研のグリーンIT研究の多くは、Green-in-IT、すなわちIT機器の省エネに分類されます。IT機器の中心には、CPU（プロセッサ）とメモリーがあり、電源や冷却器などは、CPUをうまく動作させるための補器に当たります。CPUとメモリーの電力（=発熱）を減らせば、電源や冷却器もそれに伴って省力できます。CPUを構成するのは、億を超えるスイッチ（トランジスタ）で、メモリー（DRAM）

を構成するのは、電荷を蓄えるキャパシターです。グリーンITの第1のターゲットは、低電力で動作するトランジスタや、リフレッシュの不要な不揮発メモリーです。不揮発メモリーについては、DRAMの置き換えを狙ったスピンドラムRAMをこの特集で紹介いたします。またITだけでなくTVなど大量に使われるディスプレイの省エネにつながる、有機ELの研究を紹介いたします。

図2に、グリーンIT推進協議会が予測するIT機器別のエネルギー消費増加傾向を示します。インターネットでは、E-mailやhttpでのテキストや静止画コンテンツに代わって、動画のトラフィックが急増しつつあります。また、高速化、大容量化、ユビキタス化に伴ってネットワークおよびデータセンターのエネルギー消費が増大しています。産総研では、映像の大容量通信に適したオール光通信方式（光パスネットワーク）を提案し、それに必要となるデバイスの研究を行っています。

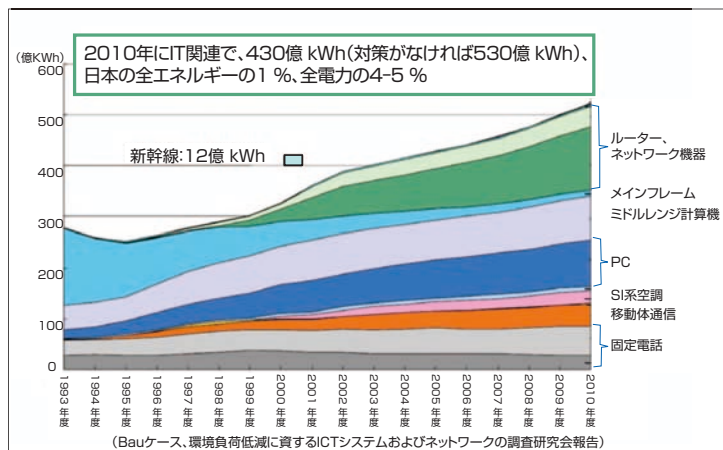


図1 ITのエネルギー需要

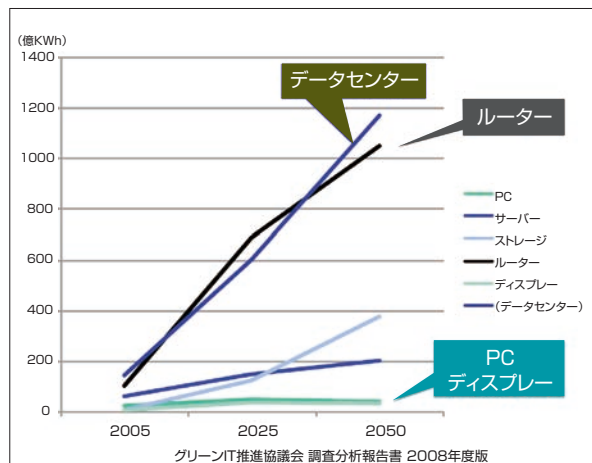


図2 IT機器別エネルギー消費予測  
シナリオB-普及率中、電力増加率中。  
省エネ技術革新が進展しない場合の予測。

# 野連携、国内外連携

90年代には、ネットワークによって、情報処理は世界に分散すると予測されました。わが国のPCの世帯普及率は85%に達し、オフィスや家庭にPCは不可欠の存在になっていますが、ストレージやデータ処理は、データセンターへの集中化が進んでいます。これはあたかも地域活性化を狙った交通網の整備によって、都市への集中が再加速するのと似ています。省エネの観点からは、データセンターへの集中は、機器の更新が速く、高度な管理が行え

るので効果が期待できます。この特集では、特にデータセンターの電源・空調の省エネと、クラウドコンピューティングの省エネを解説します。

## グリーンイノベーションに向けて

グリーンITは、ITの省エネ、ITによる省エネを図る技術開発です。ものやサービスの価格には、その製造・提供に必要なエネルギーコストが含まれるので、省エネが成功すれば、ものやサービスの価格を下げることで

き、経済の活性化につながります。この特集で述べるグリーンITの技術開発が核となって、新しいネットワークの普及や新しい使い方のコンピューターが生まれ、制度の組み替えや人材育成などを巻き込んで、イノベーションにつながることを期待します。

研究コーディネータ  
まつい としひろ  
松井 俊浩

## 消費電力の可視化技術

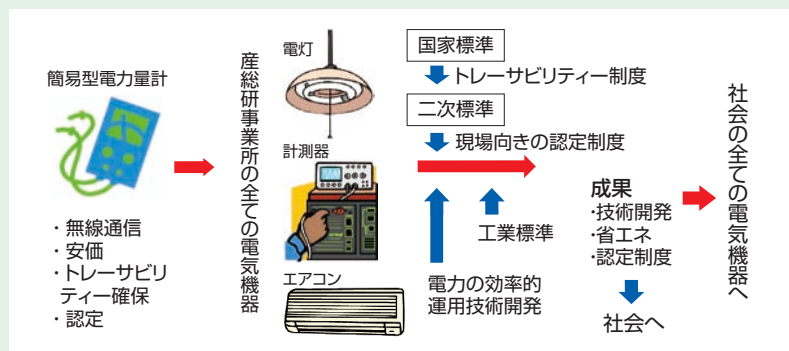
計測標準研究部門  
たかつじ としゆき  
高辻 利之

家庭のコンセントに差し込むと、時々刻々と消費電力を表示してくれる機器、電力量計が売られています。消費電力だけではなく、電気代やCO<sub>2</sub>消費量に換算した値を表示するものもあります。今年の夏には、同じ機能をエアコンにあらかじめ組み込んだ商品も発売されました。消費電力量が「見える化」されるため消費者の省エネに対する意識が向上し、結果的に消費エネルギーの削減につながることを期待されます。

企業の生産事業所で適用すると、どの事業にどれだけの電力が消費されているかを個別に把握・管理することができ、よりシステムティックに省エネ策を講じることができるようになります。

消費電力量の見える化を大規模に行うためには、電力量を計測する装置の小型化と低価格化が必須です。また、測定データの伝送方法や大量に得られるデータの処理、測定結果の信頼性確保などの技術開発も必要であり、それに加えて広く社会で利用するための制度整備（計量トレーサビリティ、型式承認、検定規則などの整備）なども行う必要があります。

これら一連の技術開発・制度整備は、幅広い分野の研究・業務を行っている産総研の複数の研究ユニットが協調することにより可能です。2009年度から分野融合テーマの一つとして実施中であり、今後、試作品を実際に産総研に取り付け、「見える化」の実現とその効果を検証します。



消費電力の可視化技術に関するプロジェクトの概要と普及のための方策



# 光ネットワーク低エネルギー化技術

## ネットワークの課題

今日、私たちは通信ネットワークなしには仕事や生活ができないほどネットワークに依存しています。また、ネットワークを流れる情報量は年率40%で増大を続けています(図1)。これは、YouTubeやGoogleビデオなどを代表例とする映像情報の増大が要因となっています。映像情報は、メールやウェブ閲覧に比べて情報量が多いのが特徴です。今後、映像の高精細化に伴い情報量はさらに増えていきます。一方ネットワークのルーターの消費電力は2006年に80億kWhで、これはネットワークの情報量に比例して増えると考えられており、このままのペースで情報量が増大していくと、消費電力の制約からネットワークの利用を制限されることになってしまいます。このため、ネットワークの作り方を変えて大幅な低消費電力化が可能な技術を開発

することが要請されています。

## 光パスネットワークによる超低消費電力化

現在のインターネットでは、IPパケットという小さい情報のパケットをルーターの中で電子的に処理して、行き先を決めるという方式を取っています。ルーターの中で最も電力消費が大きいのがこの部分で、消費電力の1/3を占めるといわれています。私たちの構想は、映像情報などの巨大情報を光パスネットワークという新しいネットワークで対応して、超低消費電力化しようというものです。光パスネットワークでは、電子的に行き先を決めるのではなく情報を光のまま光スイッチで回線交換する方式で、ユーザー間を光パスで繋ぎます。光スイッチは低消費電力で動作するものを開発することが可能で、情報量あたりの消費電力を現状

のルーターに比べて3-4桁下げることができると考えています。10年後のネットワークは、メールやウェブ閲覧に便利な現在のIPパケットネットワークをより低消費電力化したものと、高精細映像情報などを扱う光パスネットワークを組み合わせたものになると考えています(図2)。

## 研究開発プロジェクトと将来

私たちは、光パスネットワークの実現のため科学技術振興調整費による「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」で、シリコン微細光導波路を用いた光スイッチ、光パスでの伝送の品質を維持する技術やルート制御技術、ネットワークの資源を管理する技術などを企業と連携して開発しています。また、パケット方式、パス方式など種々のルーティングの方式を組み合わせたネットワークの省エネルギー化の可能性の評価をNEDOのグリーンITプロジェクトで推進しています。さらに、超高精細映像時代に備えて、画素数がこれまでのハイビジョンの16倍のスーパーハイビジョン(NHKが開発中)にも対応できる超高速LANの研究開発をNEDOプロジェクト「次世代高効率ネットワークデバイス技術」で進めています。

これらの研究開発から、ネットワークの利便性を高め、高精細映像による高臨場感テレビ会議、遠隔医療などの新規サービスを超低消費電力で受けることができ、さらにネットワークによる省エネルギー化にまでつなげる技術の実現を目指します。

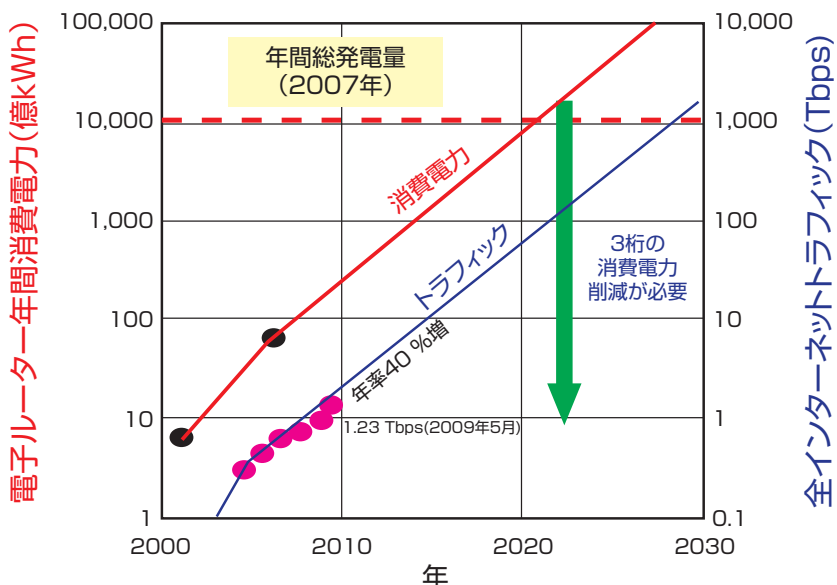


図1 日本におけるインターネットの情報量(トラフィック)と電子ルーターの消費電力

# グリーンITの世界的動向と産総研が取り組む意義、分野連携、国内外連携

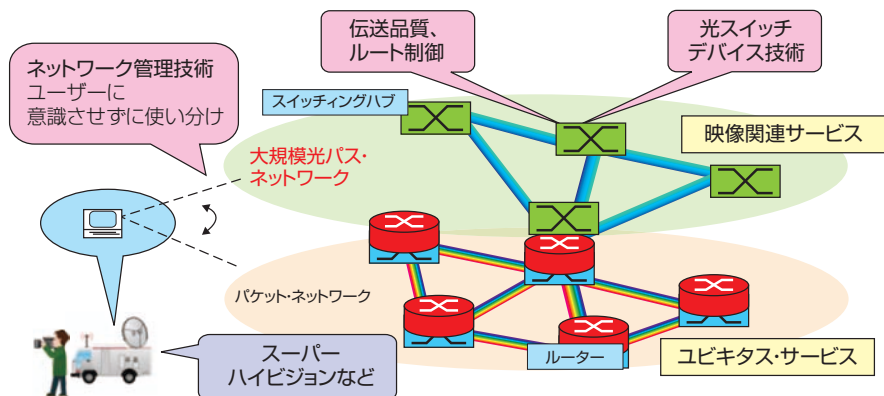


図2 将来のネットワークイメージ  
サイズの小さい情報はパケットネットワークで、映像などの巨大情報は光バスネットワークを使う。

ネットワークフォトニクス研究センター

いしかわ ひろし  
石川 浩  
なみき しゅう  
並木 周

情報技術研究部門  
くどう ともひろ  
工藤 知宏

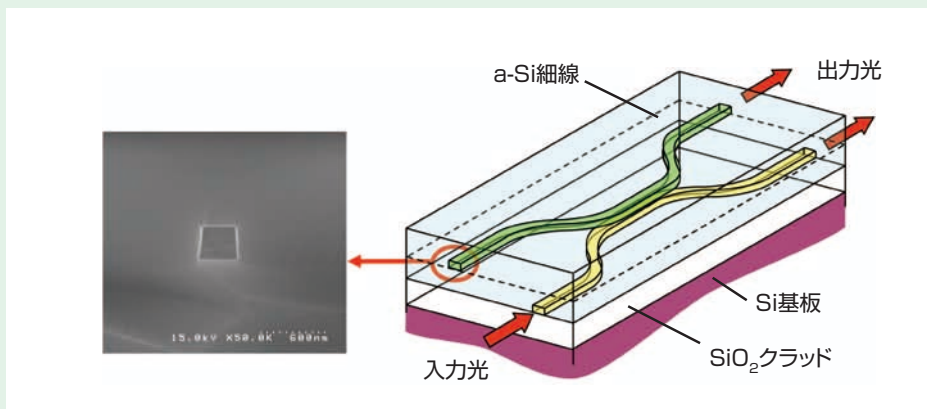
## 光インターコネクション

光技術研究部門  
もり まさひこ  
森 雅彦

現在、処理すべき情報量はとどまることなく増大し、ネットワークだけでなく、それを扱う情報機器(高性能コンピューターやデータセンターの主要機器であるサーバーなど)の内部においても消費エネルギーの増大が深刻な問題を引き起こしつつあります。これを解決する技術として光インターコネクションが期待されています。具体的には、機器内における第一のボトルネックとなるのがLSIチップのパッケージとプリント基板の間の接続で、したがってチップ間の光インターコネクションが第一の検討課題となります。同時に長期的な取り組みが必要と

されるチップ内の接続技術開発も開始する必要があります。

近年、光インターコネクションのための光・電子集積に向け、電子回路プロセス技術を転用したシリコンフォトニクス技術が注目されていますが、私たちもレーザー光源とシリコン光導波路との集積技術や、立体光配線を可能とするアモルファスシリコン光導波路技術開発に取り組んできました。今後は、より高機能なデバイス・モジュールの実現やシステム実証を目指し、産学官連携を図りつつ上記の課題解決に向け研究開発を進める予定です。



積層型光分岐素子(方向性結合器)の概念図とアモルファスシリコン光導波路の断面写真



# コンピューターの省エネ化 - 不揮発メモリー -

## ○スピントロニクスとノーマリーオフコンピューター

### コンピューターを省エネ化する二つの意義

私たちの日常生活に欠かせないコンピューターは今後、家電や壁・道路に埋め込まれる無数の微小電子機器などを含め、さまざまな形態で利用されるようになります。その省エネ化は二つの側面をもっています。一つはエネルギー総消費量の観点です。データセンターの巨大な電力消費だけでなく、パソコン以下の小型電子機器の電力も、その膨大な数のために無視できないものとなってきます。もう一つの側面は、長時間使用による利便性の観点です。現在はノートパソコンでも1回の充電で数時間しか使用できませんが、これが1週間、数ヶ月、数年と延びれば新しい利用形態の出現も期待できます。

### スピントロニクスの利点は情報の不揮発記憶

スピントロニクスはナノメートルスケールの磁石を使う新しいエレクトロニクス技術で、コンピューターの省エネ化に大きな役割を果たすことが期待されています。磁石を使う電子デバイスの最大の強みは、エネルギーを全く使わずに情報を記憶する能力（不揮発記憶）です。しかし、これまでは磁気と電気の結合に古典的な電磁コイルを使わざるを得なかったため、性能向上が困難という原理的な問題を抱えていました。ここ10年ほどの間に急速に発達してきたスピントロニクス技術は、この問題を根本的に解決する新技術です。量子力学レベルで磁気と電気を高効率に結合することを可能にしました。

その代表的な成功例は、2004年に産総研とキャノンが共同開発したCoFeB/MgO/CoFeBトンネル磁気抵抗（TMR）素子です<sup>[1][2]</sup>。これにより記録密度を飛躍的に向上させた小型HDDが可能となり、アイドル電力がこれまでの1/5程度までに削減可能となりました。現在、世界中のHDDに、産総研のこの技術が搭載されており、データセンターのIT機器の発熱量の約1/3を占めるHDDの省エネ化にも貢献しています。

### 不揮発メモリーと超低消費電力コンピューター

スピントロニクス技術の次のターゲットは、コンピューターメモリーの不揮発化です。最近のCPUはとて強力なため、フルパワーで使用される頻度は少なくネットブックなどでは数%程度ともいわれています。そのため最先端のCPUでは、仕事がないときには1/1000秒以下の速さで、論理演算部の電源を頻繁にOn/Offして消費電力を削減する技術が一般化してきました。しかし、コンピューター自体の電源を切ることはできません。メモリーとして使用されているDRAMとSRAMの情報を保持するために電気を供給し続けなければならないことが大きな原因です。DRAMとSRAMの待機電力は今後の微細化に伴ってさらに増大するため、メモリーの省エネ化は重大な問題となっています。

メモリーを不揮発化することができれば、ユーザーに気付かれずに、高い頻度で電源を完全に遮断することが可能となります。そのようなコンピューター

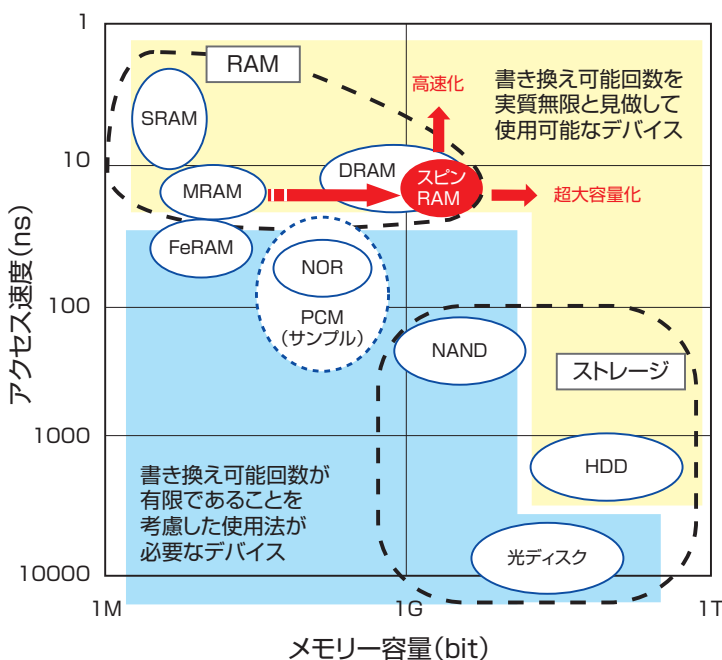


図1 各種メモリー・ストレージデバイス製品（PCMはサンプル）の現状<sup>[3]</sup>とスピントロニクス開発の狙い

# グリーンITの世界的動向と 産総研が取り組む意義、分野連携、国内外連携

ターに電源スイッチは不要です。私たちはノーマリーオフコンピューターと名付けてその実現を目指しています。

ただし、コンピューターは高性能なメモリーを必要とします。DRAMには30 ns程度の動作速度と $10^{15}$ 回以上の読み書きに耐えることが求められます。容量も1 Gbit以上が必要です。現在一般的な大容量不揮発メモリーであるフラッシュメモリーの動作速度は数 $\mu$ s程度、書き換え耐性は $10^5$ 回程度であることを考えると、これはとても高いハードルです。現状ではDRAM、SRAMを置き換えられる不揮発メモリーは存在しません<sup>[3]</sup>。

## スピンRAM

磁石を使うメモリーは電子スピンの向きの変化だけで情報を記憶するため、ほかの不揮発メモリーのような原子の移動がなく原理的に書き換え回数は無限です。またスピンは1 nsよりも速くその向きを変えることもできます。初期のコンピューターに使用されていた磁気コアメモリーは情報の読み書きに使用していた電磁コイルのために、高集積化ができず姿を消しました。しかし、スピントロニクス技術の出現により情勢が一変しました。すでにDRAM並みの速度で動作する磁気RAM (MRAM) が市販されています。ただしその記憶容量は現状で16 Mb、原理的

にも256 Mb程度が限界でDRAM置き換えは不可能です。この限界は、情報の読み出しにはTMR素子を用いているものの、書き込みには依然として電磁コイルが用いられていることから生じています。書き込みにもスピントロニクス技術を用いれば、Gbitを超える大容量化が可能と期待されます。その鍵となる技術は、ベクトル量であるスピンがもたらす量子力学的トルクを利用するスピン注入磁化反転です。この次世代のMRAMはスピンRAMと呼ばれます。産総研は東芝、大阪大学、東北大学、電気通信大学と共同で大容量スピンRAM開発を目指したNEDOプロジェクトを実施中です。これまで、スピンRAMの心臓部であるTMR素子には、産総研が開発したCoFeB/MgO/CoFeB-TMR素子を用いることが当然視されてきました。しかしこのTMR素子は、HDDヘッド用に開発されたもので、スピンRAMには適していません。1 Gbitに相当する65 nm以下のサイズに微細化するとCoFeBが磁石としての性質を失うからです。私たちはこの問題にいち早く気づき、垂直磁化膜と呼ばれる磁石としてきわめて強力な性質をもつ材料を用いた新しいTMR素子の実現に挑戦してきました。その結果、世界で初めて1 Gbitを超えるスピンRAMの実現に目処をつけました<sup>[4]</sup>。この成功により、SRAMを置換する高

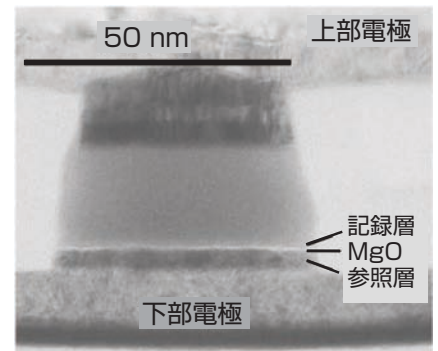


図2 50 nm径の垂直磁化TMR素子の電子顕微鏡写真<sup>[4]</sup> (東芝ほかとの共同開発)

速スピンRAMや、ストレージ用の超大容量スピンRAMの可能性も見えてきました。実際、私たちはサブナノ秒のスピン注入磁化反転の実証にも初めて成功しています。

## ノーマリーオフコンピューターの実現に向けて

高性能不揮発メモリーはノーマリーオフコンピューター実現のために不可欠ですが、それとともにディスプレイ、周辺回路、電源、メモリーアーキテクチャ、OSなどの広範な技術との連携が求められています。私たちは、スピントロニクス技術を核として、コンピューターの低消費電力化とそれによる利便性の向上を追求していきます。

エレクトロニクス研究部門  
あんどう こうじ  
安藤 功児

## 参考文献

- [1] S. Yuasa, T. Nagahama, A. Fukushima, Y. Suzuki, and K. Ando: *Nature Materials*, 3, 868 (2004).
- [2] D. D. Djayaprawira, K. Tsunekawa, M. Nagai, H. Maehara, S. Yamagata, N. Watanabe, S. Yuasa, and K. Ando: *Appl. Phys. Lett.*, 86, 092502 (2005).
- [3] NEDO 電子・情報技術ロードマップ2009, [http://www.nedo.go.jp/denshi/roadmap/2009/kaisetsu\\_memori.pdf](http://www.nedo.go.jp/denshi/roadmap/2009/kaisetsu_memori.pdf)
- [4] T. Kishi, H. Yoda, T. Kai, T. Nagase, E. Kitagawa, M. Yoshikawa, K. Nishiyama, T. Daibou, M. Nagamine, M. Amano, S. Takahashi, M. Nakayama, N. Shimomura, H. Aikawa, S. Ikegawa, S. Yuasa, K. Yakushiji, H. Kubota, A. Fukushima, M. Oogane, T. Miyazaki, and K. Ando: *IEDM Tech. Dig.*, 309 (2008).



# IT 機器の省エネ化

## ○低消費電力トランジスタ

### 背景

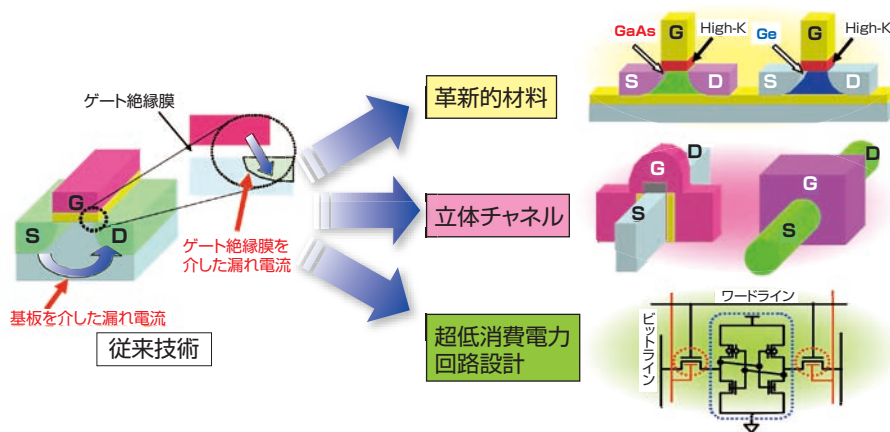
IT 社会の進展や IT 機器の驚異的な低消費電力化は、トランジスタの微細化によって実現されてきたといっても過言ではありません。しかし、トランジスタの微細化を進める上での困難さはますます増大しており、結果として消費電力は逆に増大する傾向にあります。産総研では、革新的な材料開発、新しい立体構造、そして超低消費電力化を実現し得る新しい回路構成を提案・実証することで、トランジスタ微細化をはばむ問題の解決とさらなる大幅な低消費電力化を目指しています。

### 大幅な漏れ電流削減と性能向上を可能にする材料技術

トランジスタ微細化に伴い、ゲート絶縁膜を介して漏れてしまう電流に起因した消費電力の増大が大きな問題となっています。産総研では、膜厚を薄くしたまま漏れ電流を大幅に削減できる新しい高誘電率ゲート絶縁膜の開発を行っています。同時に、微細化の推進に頼らずに性能向上を可能にする新しいチャンネル材料開発にも取り組んでいます。具体的には、ゲルマニウムやガリウムヒ素などの材料を用いて、シリコンの性能を凌駕するトランジスタ開発を行っています。

### さらなる微細化を可能とする立体チャネルマルチゲートトランジスタ

トランジスタ微細化に伴い発生するドレイン-ソース間の大きな漏れ電流を構造的に抑制する手法として、産総



トランジスタのさらなる微細化・高性能化と低消費電力化の実現のための産総研の取り組み  
材料面、構造面、回路面からの革新的技術の導入により、高性能化の推進とともに、超低消費電力化を目指す。

研では、これまでの電流経路を平面構造から立体にし、それを覆うように複数の制御電極(ゲート)を設けたトランジスタ(立体チャネルマルチゲートトランジスタ)を提案しています。この構造の導入により、20 nm以下のゲート長においても漏れ電流の増大がなく理想的な特性が得られることを確認しています。また、さらなる微細化を可能とする nm オーダーの直径のワイヤー状チャネルトランジスタの開発にも取り組んでいます。

### 超低消費電力化を実現する新しい回路構成と新原理デバイス

複数の制御電極を一つ一つ独立に制御できれば、素子製造後の自在な特性制御が可能になります。産総研では、このトランジスタレベルでの自在な特性制御性を有効に活用できる新しい回路も提案しています。例えば、回路機能に対し貢献していないトランジスタ

特性を待機状態にすることで、回路全体の静的漏れ電流を 1/100 まで削減することに成功しています。また、量子力学的なトンネル効果を活用した新原理デバイスによる電源電圧の一層の低減を目指す研究開発を進めています。

以上のような材料面、構造面、そして回路面からの革新的技術の導入により、トランジスタ微細化の推進とともに、これまでの LSI に対し 1/100 以下の低消費電力化が可能となります。私たちは、これらの技術により、高性能かつ低消費電力な VLSI を実現するための基盤技術を開発し、わが国の IT 社会と半導体産業に寄与することを目指しています。

エレクトロニクス研究部門

まさはら めいしよく  
昌原 明植

ナノ電子デバイス研究センター

おた ひろゆき  
太田 裕之



# グリーンITの世界的動向と産総研が取り組む意義、分野連携、国内外連携

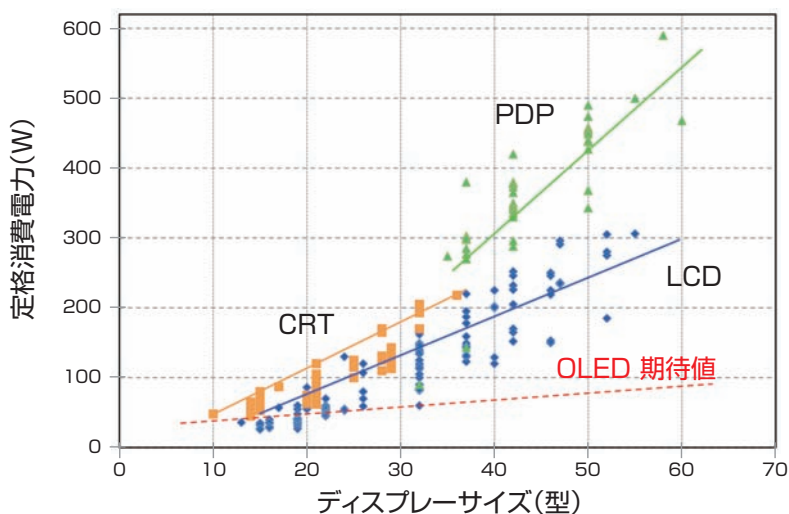
## ○有機 EL ディスプレー

### ディスプレイの発展動向

テレビに代表されるディスプレイは、今日の日常生活において電子情報を受信するための最も重要な端末機器となっており、その利便性や使用時の快適性に対する要求はきわめて強く、大型化、高精細化、高速動作化などの機能高度化が図られています。しかし、こうした機能高度化は、同時に消費電力の増大をもたらすこととなり、現状では高機能機への買い替えが行われていくだけで、テレビの年間総消費電力量が年5～7%も増加してしまっています。今日、わが国のテレビの消費電力量は、総電力消費量の約2%を占めるに至っているのですが、このままだと20年後には現在の約3～4倍もの電力が消費されるようになると予測されています。

### ディスプレイの超低消費電力化を実現する有機 EL 技術

今日、液晶 (LCD) およびプラズマ (PDP) に代表されるディスプレイの低消費電力化技術の開発は盛んに行われています。しかし、上記のような機能高度化と低消費電力化を同時に満たすためには、ディスプレイの表示原理の根本的な革新が必要です。近年、特に低消費電力化の視点から有機 EL (OLED) 技術が注目されており、ディスプレイのみならず照明としての開発も盛んになり、国際的な技術開発競争が激化してきています。有機 EL は自発光素子なので、表示パネルにした際もフィルターなど光の利用効率を落と



各種ディスプレイのサイズと消費電力の関係  
CRT: ブラウン管、PDP: プラズマ、LCD: 液晶、OLED: 有機 EL

してしまう部品が少なく済み、また発光効率自体も内部量子効率にして100%に近い値を得ることができるため、高度な映像情報を表示しつつも超低消費電力型ディスプレイを実現できます。また、真空や液状部品を使わない全固体素子であることから、超薄軽量ディスプレイが実現でき、大型化しても省スペース軽量化となる期待も大きくなっています。

### 大型素子製造技術の開発

有機 EL ディスプレーを市場展開するための最大の技術課題は、大型素子を生産性高く製造する技術の開発です。メートル級の面積の薄膜素子を  $\mu\text{m}$  台の高加工精度で製造するというワイドレンジの製造技術が必要です。

LCD などと異なり、小型器の製造技術をそのまま拡張して使用することができないのです。そこで、私たちは、大面積素子を高均質、低損傷、高精細、高速に製造する大面積薄膜固体素子製造技術を開発することで、ディスプレイの高機能低消費電力化を実現することを目指しています。こうした大型薄膜素子の製造技術は、ディスプレイのみならず照明、太陽電池などほかの大面積型機器の製造にも共通する基盤技術であるため、産学官一体となって開発していくことが必要となっています。

光技術研究部門  
かまた としひで  
鎌田 俊英

# データセンター電源・空調の省エネ化

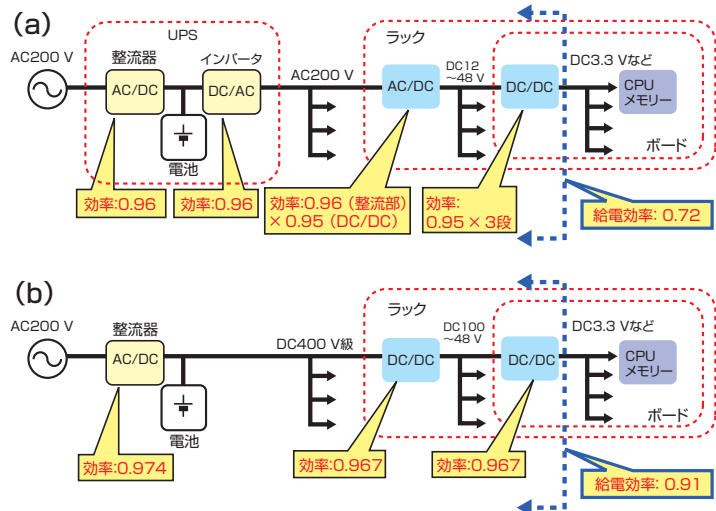
## ○ SiC パワーデバイス

### データセンターにおける電力供給の実情

通常のデータセンターでは、交流電力をUPS(無停電電源装置)経由でラックなどの設備に配ります。配られた交流電力は、ラック側の電源で48Vなどの直流に変換された後、ボード上の電源でさらに低い電圧(3.3Vなど)へと変換され、メモリーやCPUなどで消費されます。これら電源の単体での変換効率は約95%と高いものの、電圧の変換比を大きくできないため、変換を多段階で行う必要が生じます。その結果、受電端から負荷端までのトータルの給電効率は必ずしも高くなりません(図(a))。したがって、各電源の一層の効率向上と給電過程での変換段数の削減が重要です。

### SiC パワーデバイスの導入効果

SiC(炭化ケイ素)パワーデバイスは、現在の主力であるSi(ケイ素(シリコン))パワーデバイスに比べ、低損失性、高速動作性、耐高温性などに優れるといった特徴をもち、電源の効率向上と変換段数削減の両方に寄与できる有望技術です。例えば、SiC変換器の導入で、1) 変換損失が現用Si変換器の約65%に低減、2) 高電圧(400V級)直流給電への対応、3) 変換段数が7段から3段に削減、といった高効率化ができるようになります。この結果、受電端から負荷端までの給電効率が72%から91%へと大きく改善されるといった効果



### データセンターの給電効率

(a) 現行方式による給電システムの例

(b) SiCパワーデバイスの適用による給電システムの例

SiCパワーデバイスの適用により、変換損失が65%に削減される。これに加え、高電圧(400V級)直流給電への対応や変換段数の削減ができるようになる。

が期待できます(図(b))。エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボでは、これまで低損失かつ高速なパワーデバイスの開発と、それらを用いた高出力パワー密度の電力変換器の開発を行ってきたことから<sup>[1]</sup>、パワーデバイスと高温動作電力変換器についての研究開発<sup>[2]</sup>を担当しています。

### 電源マネジメント技術

情報通信機器用の電源では、並列冗長<sup>(\*)</sup>による高信頼性が図られます。冗長運用は負荷容量に比べて常に過剰な電源容量を必要とするので、給電効率の面からは不利になります。そこで、部分負荷時の効率低下防止や負荷状況

に応じた電源容量の動的調整(アダプティブマネジメント)技術への対応といった運用面も考慮に入れた電源の検討を行っています。

(\*) 必要電源容量を複数の電源ユニットで確保した上で、予備電源ユニットも常に稼働させる運用方式。例えば、100の負荷容量に対して、50の容量をもつ電源ユニット3台で供給を行うこと。一部ユニットの停止時でも必要電源容量が確実に確保できるため、供給信頼性が向上します。

エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボ  
やまぐち ひろし  
山口 浩

### 参考文献

- [1] 産総研エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボホームページ：<http://unit.aist.go.jp/eser/ci/index.html>
- [2] NEDOホームページ：<http://www.nedo.go.jp/activities/portal/p09004.html>

# グリーンITの世界的動向と 産総研が取り組む意義、分野連携、国内外連携

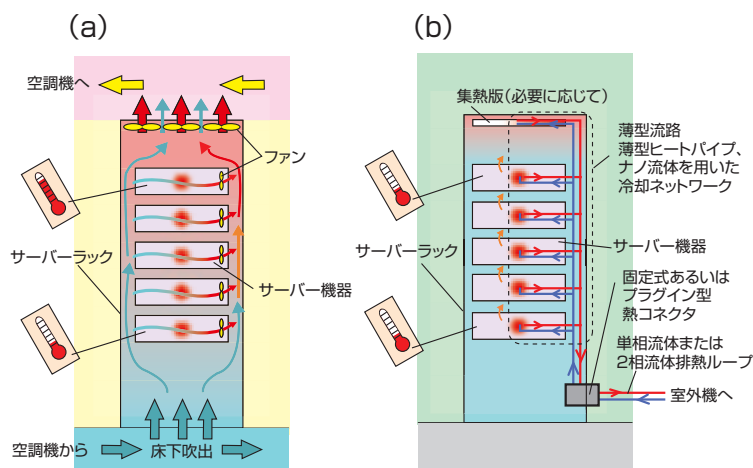
## ○先進冷却ネットワークシステム

### はじめに

データセンターの消費電力の内訳は、規模、立地条件などによっても異なりますが、30%～40%程度が空調電力で、ほぼ同じくらいの電力がデータセンターのサーバー本体で消費されています。サーバーでの消費電力の内訳では、CPUが70%程度を占めておりほとんど全て熱エネルギーとして散逸します。現在のサーバーのCPU（すでに1ヶあたりの消費電力が100Wを超えています）の発熱は、基本的に空調装置から供給される冷気と個別のファンで空冷、除去されています。したがって、データセンターで消費される多大な空調の大半はサーバーのCPUの冷却に費やされているといってもいいでしょう。

### サーバー冷却方式

図は、サーバーラックにおける現状の空冷システムと、産総研が取り組んでいる先進冷却ネットワークシステム<sup>1)</sup>とを模式的に比較しています。空冷方式では、通常サーバーラックの床下から冷気を供給し、ラック内を循環、冷却します。しかし、サーバー内での発熱量が多いため空調下流側での空気温度は著しく上昇し、その結果、CPUなどを所定の温度に冷やすために、過度に空調温度を下げ空気流量を増大、すなわちファンの動力を増大させているのが実状です。このように、本来はCPUなどの発熱デバイスのみ



サーバーラックの冷却システムの比較  
(a) 現行冷却システム (b) 先進冷却ネットワークシステム

を冷却すればよいはずの空調が、実は部屋全体、建屋全体も必要以上に冷やすような無駄な使われ方をしています。これに対して先進冷却ネットワークシステムでは、まずCPUをターゲットとして直接液冷（相変化を伴わない単相流、または気液相変化を伴う沸騰2相流）、あるいは高性能ヒートパイプにより間接的に液冷し、CPUから発生する熱の大半を液体の顕熱、あるいは気化した潜熱として回収しサーバーラック内への散逸を極限まで抑制します。図ではサーバーラック単機の除熱のみを示していますが、サーバーラック内のサーバーラック群はあたかもLANケーブルでネットワーク化されているように、熱移動ケーブルの接続により構築された冷却ネットワーク

で統合的に冷却、廃熱されます。

### 省エネルギー効果

サーバーを冷却し、温度が上昇した冷却液体は別途室外チラーなどで冷却されますが、除熱の効率を控えめに見積もりチラーの消費電力を加味しても、サーバーラックの空調消費電力は現状の35%～45%程度を削減できます。さらに、除熱の効率を高めることにより、60%以上の削減を目指しています。

エネルギー技術研究部門  
あべ よしゆき  
阿部 宜之

### 参考文献

[1] Y. Abe et al.: *Advanced integrated cooling systems for thermal management in data centers*, Proc. IPACK2009, IPACK2009-89009 (2009).



# クラウドコンピューティングの省エネ化

## ○クラウド向きストレージ

IT機器の消費電力の低減にはさまざまなアプローチが考えられますが、その一つとしてクラウドの活用があります。クラウドは、ITサービスとそれを提供する機器を、個人もしくは個々の会社が抱え込むかわりに、ネットワーク上のサービスとするものです。GmailなどのWebメールもクラウドサービスの一つです。サービスは巨大なデータセンターで集中的に管理され提供されています。IT機器を大量のユーザーで共有することや集中による効率化によって、全体としての消費電力が少なくなります。

クラウドを実現する上で重要なのが、データを保存するディスクなどのストレージです。クラウドではこれま

どとは比較にならないほど大量のデータを保存し、大量のユーザーに提供しなければなりません。もちろん信頼性もこれまで以上に重要です。複数のストレージデバイスを並べ、自動的にデータを複製することでこれらの要件を満たしています。

私たちは、今後のクラウドの発展のために性能保証が重要であると考えています。インターネットの世界では、性能を保証しないことが一般的ですが、今後さらにリッチになっていくであろうビデオのストリーミング配信などのアプリケーションでは、データを保管しているストレージ、データを転送するネットワーク、ユーザーのクライアントまでの性能を保証することが

必要になります。

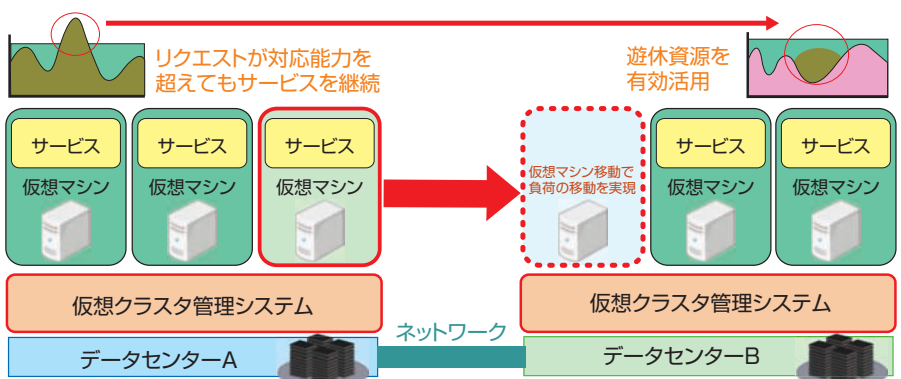
もう一つ重要なテーマは、昨今急激に一般的になった半導体ストレージへの対応です。半導体ストレージはいわゆるハードディスクよりもアクセススピードが速く、消費電力が低いという特徴があります。しかし、ディスクを半導体ストレージで置き換えるだけではネットワーク速度がボトルネックとなり、半導体ストレージの高速性を十分に活用することができません。私たちは、データの移動を最小限にすることで半導体ストレージを十分活用する技術の研究を行っています。

情報技術研究部門  
な かなだ ひでもと  
中田 秀基

## ○仮想化によるグリーン化

近年、多くの情報システムがデータセンターで運用されるようになり、データセンターにおける消費電力および熱が大きな問題となっています。特にサーバーは高密度化が進み、単位面積あたりの消費電力が増えています。しかし、ビジネスで使用されるサーバーの多くは、季節、週、日単位で稼働状況に変動があり、平均の稼働率は30%程度と、能力を十分発揮していない状況にあります。省エネの観点からは、使わないサーバーの電源は落とし、電源を入れているならばできる限り稼働率を高めるのが効率的となります。

SaaS (Software as a Service) やクラウドコンピューティングが登場・普及し始めたことにより、利用者は物



仮想計算機のライブマイグレーション（動的移動）技術によって、データセンターの負荷をネットワークを通じてバランスし、その稼働率を常に一定に保つことができる。

理的なサーバーを全く意識することなくさまざまなサービスを楽しむことができるようになってきました。このようなサービスを提供するデータセンターでは、仮想化技術を用いることに

よって物理サーバーを複数の仮想サーバーに分割し、稼働率を高めることができます。同じサービスを提供するのに稼働させる物理サーバーを減らし、消費エネルギーの低減に貢献すること

# グリーンITの世界的動向と 産総研が取り組む意義、分野連携、国内外連携

ができます。しかし、現状の仮想化技術だけでは効率向上に限界があるのが実情です。一般にデータセンターの稼働率は時間的に変動するため、常に高い稼働率を維持することは困難であるという問題があります。

私たちは、一歩進んだ効率化を目指して拠点横断的なデータセンター仮想化技術を開発しています。離れた拠点にあるデータセンター同士をネットワークで結んで、あたかも単一のデータセンターであるかのように統一的に

管理できます。また、あるデータセンターで稼働中のサービスを止めることなく、離れた拠点にあるほかのデータセンターに移動することができます。

データセンター内部においては、サービスの稼働場所を変更するために、仮想計算機のライブマイグレーション（動的移動）という仕組みが用いられています。しかし、この仕組みを離れた拠点間で用いることは、ネットワークの遅延による性能低下のために困難とされてきました。私たちは、

ネットワークの遅延を克服するデータ転送手法を新たに提案することでこの問題を解決しています。仮想計算機のストレージデータを透過的に遠隔拠点に移動することで、ネットワーク遅延による性能低下を防ぎます。また、仮想計算機のメモリーデータの転送手法を最適化することで、1秒以内でのサービス移動を実現します。

情報技術研究部門  
ひろふち たかひろ  
広瀬 崇宏  
いとうさとし  
伊藤 智

## キロヘルツ帯PLCによる電力監視

情報技術研究部門  
ひぐち てつや  
樋口 哲也

高速電力線通信連携研究体では、東京電力とともにキロヘルツ帯電力線搬送方式（PLC: Power Line Communication）の研究開発を進めています。PLCには、伝達したい信号を載せる搬送波としてメガヘルツ帯を用いるものと、キロヘルツ帯を用いるものの2種類があります。メガヘルツ帯PLCは、高速な伝送速度をもつものの、わが国では屋内だけの使用に限られます。しかしキロヘルツ帯PLCは、伝送速度は低速ながら、屋内外での使用が許されています。このため、わが国のように電力量計が戸外に置かれる状況においては、キロヘルツ帯PLCを電力量計に内蔵させることにより、各家庭での電力消費量を読み取って監視したり、消費者に電力消費量を提示して省エネ意識を喚起させることが有効と考えられます。また、各家庭のリアルタイムの電力消費量を外部に送って配電の最適化に利用したり、電力量計内のPLC親機によって、家電機器に内蔵するPLC子機と交信することで家庭内の家電の制御ができるようになり、新たな家庭内ネットワークを構築することができます。

ただし、キロヘルツ帯PLCは、搬送波として450 kHz以下の周波数を用いるため、この周波数帯に集中

する家電機器からの激しい雑音への対処がきわめて重要になります。これまでキロヘルツ帯PLCは家電からの雑音のために低い伝送速度しか得られませんでした。これに対し産総研と東京電力によるPLCはこの問題を解決し、雑音に対して頑健であるとともに、世界最速の200k bpsの伝送速度を達成しました（2009年3月プレスリリース）。

上記のようにPLCなどの通信機能を内蔵する電力量計をスマートメーターと呼んでおり、これは昨今注目を集めている次世代電力網（スマートグリッド）の基幹技術の一つです。アメリカではPLCだけではなく、近距離無線技術のZigBeeを用いる動きが盛んです。しかし、無線では地下など異なる階にある機器との通信に問題があるなど、ZigBeeだけですべての電力量計の通信インフラとすることは現実的ではありません。またスマートメーターにより家庭内に新たな通信インフラが構築されることを米国では第二のインターネットと捉え、新たなビジネスチャンスと認識していることから、ベンチャーから大手企業まで、続々とこの分野へ進出しています。

# 特異的アルカリ金属イオン吸着剤

## 不純物イオンを選択的に吸着し、高純度リチウム塩を製造

特許 第4072624号  
(出願2004.3)

### 研究ユニット:

健康工学研究センター

### 適用分野:

- アルカリ金属塩の高純度化
- 使用済みリチウム電池からのリチウム回収

### 目的と効果

工業用のリチウム塩には、微量のナトリウムイオンやカリウムイオンが不純物として含まれています。これらの不純物イオンは、リチウムイオンと同じアルカリ金属イオンなので、化学的性質がよく似ています。そのため、キレート樹脂などの吸着剤では不純物イオンを極低濃度まで吸着除去できず、リチウム塩の高純度化が困難です。今回開発した技術は、アルカリ金属イオンに対して特異的なイオン交換特性を示す無機吸着剤を提供します。この吸着剤を用いれば、リチウム塩を高純度化することができます。

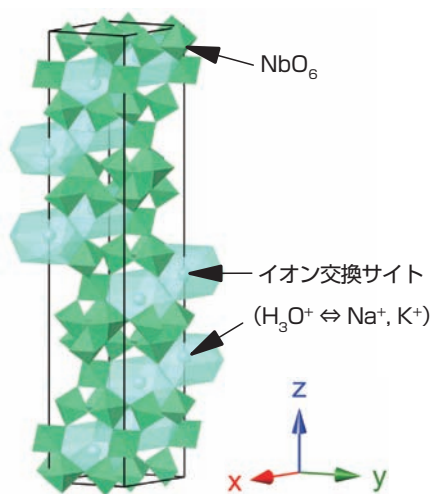
### 技術の概要

特異的アルカリ金属イオン吸着剤は、酸化ニオブを骨格とする多孔性結晶の無機イオン交換体です。この吸着剤は、溶液のpHが7以下では、リチウムイオンを吸着せずナトリウムイオン、カリウムイオンを選択的に吸着します。一方、pHが10以上では、リチウムイオンを優先的に吸着します。この吸着剤を充てんしたカラ

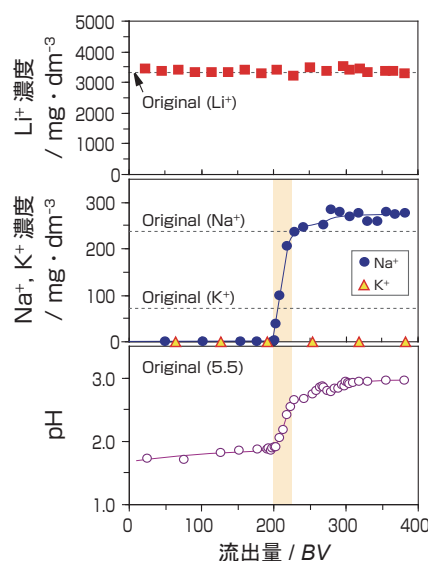
ムに塩化リチウム溶液を流すと不純物のナトリウムイオンとカリウムイオンのみが吸着剤に吸着・捕捉され、市販の特級試薬よりも高純度の塩化リチウム溶液を得ることができます。処理後の吸着剤は、酸溶液または水酸化リチウム溶液で再生でき、繰り返し使用することができます。また、溶出液のpHをモニタリングすれば、不純物イオンの濃度上昇を検知できるため、自動操作も容易です。

### 発明者からのメッセージ

高純度のリチウム塩は、リチウム二次電池などの電池材料や表面弾性波フィルターなどの電子機器の原料に使用されています。今後、リチウムの需要が大幅に増加することが予測されており、使用済みのリチウム電池や廃棄された電子機器からリチウムを効率的に回収し高純度化する技術開発が求められています。特異的アルカリ金属イオン吸着剤は、このような分野に役立つと考えています。



特異的アルカリ金属イオン吸着剤



LiCl溶液のカラムクロマトグラフィー

吸着剤の充填体積の約200倍量(200 BV)の高純度リチウム溶液が得られる。この方法で得られる高純度リチウム溶液の流出量は、供給するリチウム溶液の不純物イオン(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>など)濃度に反比例する。

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/>

## 長尺棒材や径の異なる段付形状部品の加圧焼結技術

### ニアネットシェイプで複雑形状を緻密かつ均質に焼結

特許 第4119977号  
(出願2003.2)  
特許 第4119978号  
(出願2003.2)  
●関連特許  
出願中：国内2件

#### 研究ユニット：

サステナブルマテリアル研究部門

#### 適用分野：

- 金型
- 自動車部品
- 工具

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、知的財産部門、産総研イノベーションズまでご連絡なくご相談下さい。

#### 産総研イノベーションズ

(経済産業省認定 TLO)  
〒305-8568  
つくば市梅園 1-1-1  
産業技術総合研究所  
つくば中央第2  
TEL：029-861-9232  
FAX：029-862-6159  
E-mail：aist-innovations@ma.aist.go.jp

#### 目的と効果

これまでの直接通電を利用した加圧焼結法は、少ないエネルギーで比較的短時間に焼結を完了できるという工業的利点がある反面、焼結時の温度分布の問題から製造できる形状には大きな制約がありました。これに対し、私たちは、加熱領域を小さく限定し、温度制御を行いながら加熱部分を順次移動させることによって全体を焼結するトラベリングゾーンシタリング法を開発しました。この方法によれば、長尺の棒材や断面形状が一樣でない部品でも全体を緻密かつ均質に焼結することができます。

#### 技術の概要

これまでの直接通電を利用した加圧焼結法では、加圧軸と通電経路とが一体となっています。この発明では、通電経路を加圧軸から分離し、加圧軸に対して直交するように通電を行います。図1に示すように、粉末原料を充てんした型の側面に電極を配置します。ここに通電を行う

と、電流は電極の幅に相当する領域に流れ、この部分のみが加熱されます。この状態で、粉末原料を加圧しながらステージを昇降させると加熱領域が移動します。このとき、それぞれの加熱領域に対して電流値を逐次制御することにより、対象とする試料の形状にかかわらず任意の温度分布で焼結を行うことが可能となります。

#### 発明者からのメッセージ

トラベリングゾーンシタリング法によれば、図2に示すアスペクト比(長さ/直径)が7を超える長尺の棒材や図3に示す段付形状部品も緻密かつ均質に焼結することができます。これにより、自動車のエンジンバルブやフランジ形状の金型などへの適用が考えられます。また、被焼結体に対して焼結温度の分布を任意に設定できることから、適合する焼結温度が部品内部で変化する複合材料や傾斜機能材料への応用も期待できます。

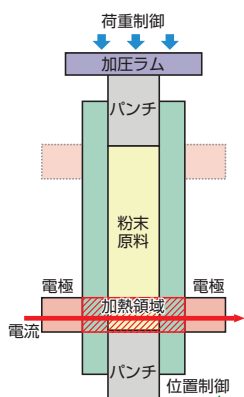


図1 トラベリングゾーンシタリング法

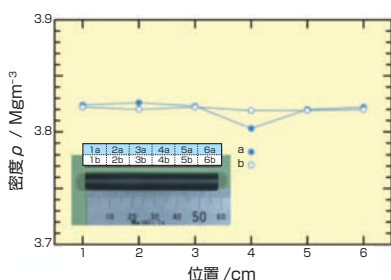


図2 焼結したTiAl棒材(アスペクト比7.1)における長さ方向の密度分布

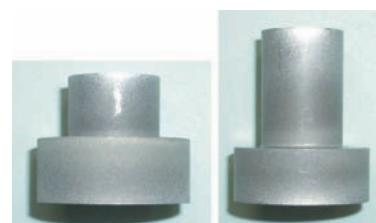


図3 トラベリングゾーンシタリング法で作製した段付形状の焼結品

# 暗号モジュールの標準評価ボードを開発 ハードウェアのセキュリティ向上と国際標準規格策定に貢献



佐藤 証

さとう あかし

akashi.sato@aist.go.jp

情報セキュリティ研究センター  
ハードウェアセキュリティ  
研究チーム  
研究チーム長  
(秋葉原事業所)

より安全で信頼性の高いハードウェアシステムの実現を目指し、情報セキュリティに関するアルゴリズムおよび、その高性能 VLSI 実装の研究を進めています。

## 関連情報:

### ● 共同研究者

片下 敏宏、坂根 広史 (産総研)

### ● 参考文献

T. Katashita *et al.*:  
*Proc. ECCTD 2009*,  
403-408, Aug.(2009).

### ● プレス発表

2007年12月17日「暗号ハードウェアとして初めてJCMVP 認証を取得」

● この研究開発は、経済産業省の委託事業「暗号モジュールの実装攻撃の評価に関する調査研究」において行われました。

## 暗号の普及と実装の安全性評価

ユビキタス情報社会を支える基盤技術の一つとして、暗号技術の利用が拡大しています。暗号の安全性は、そのアルゴリズムを専門家が理論的に解析することで保たれてきました。しかし、暗号製品の普及につれて、実装上の弱点を突く攻撃方法が登場しています。その中でも特に、暗号モジュールの消費電力や電磁波などに漏洩する秘密情報を取得するサイドチャネル攻撃に対する評価と対策技術の開発が急がれています。私たちは安全性評価の国際標準規格策定への貢献と暗号製品の安全性向上を目的に、サイドチャネル攻撃研究用の標準評価ボードや解析ツールを開発し、その利用促進を図っています。

## 開発した SASEBO-GII の特徴

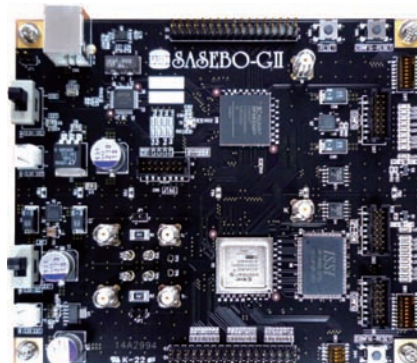
安全で信頼性の高い情報システムの構築には、セキュリティを確保するほかに、故障や不具合なども迅速に対処できることが重要です。ハードウェアはソフトウェアのように簡単にはアップデートできず、一般的にはシステムを停止して修理を行う必要があります。そこで、回路を動作させながら機能の書き換えが可能な LSI である FPGA の活用が有望視されています。

今回、開発した FPGA ボード SASEBO-GII は、これまでに比べて大幅な小型・高集積化を行い、サイドチャネル攻撃の解析精度に影響を与える電源ノイズの低減も実現しました。また、動作

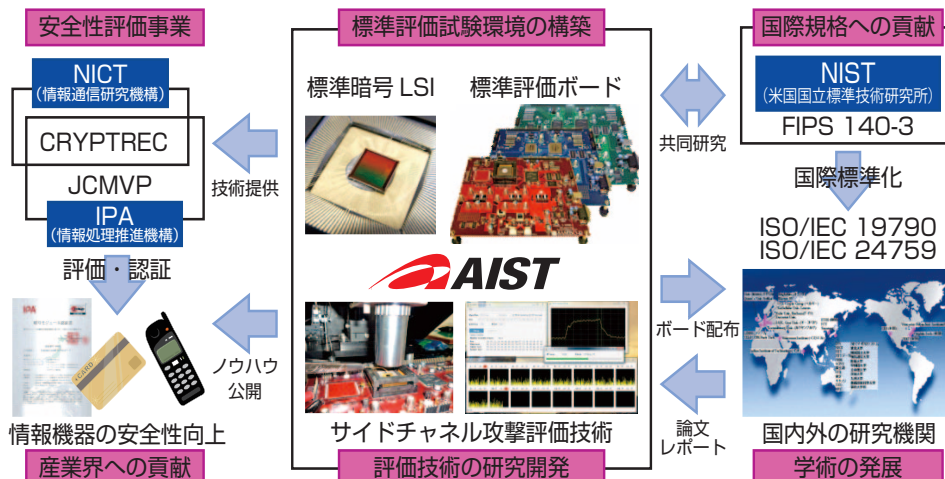
中に回路の一部を書き換えできる動的部分再構成機能もサポートしています。動的部分再構成技術の研究促進によって、正常な回路リソースによる故障の修復や、遠隔地にある装置のネットワーク経由による機能アップデート、そして必要な回路のオンデマンド実装による多機能化・小型・省電力化が実現され、ハードウェアシステムの信頼性と性能の大幅な向上が期待されます。

## 今後の展開

SASEBO ボードを用いて、暗号モジュールに誤動作を誘発する故障利用解析攻撃や、LSI のパッケージを開封して内部を直接観察する侵襲攻撃など、より高度な攻撃と対策手法の研究を行っていきます。また、最先端の部分再構成技術を有する研究者・エンジニアの育成を目的に教育キットの開発も進めています。



新規開発の SASEBO-GII ボード



暗号モジュールの安全性評価技術の開発と国際標準規格策定への取り組み



# 障害のある人の生活を支援するロボットアーム

## 安全性やコストを考慮し、生活の質の向上を目指す



尹 祐根 Woo-Keun Yoon  
ゆん うぐん  
wk.yoon@aist.go.jp

知能システム研究部門  
サービスロボティクス研究  
グループ  
研究員  
(つくばセンター)

マニピュレータ技術、安全技術、視覚技術、移動技術など、産総研の技術を結集し、人と共存できる次世代ロボットの実用化を最優先に研究を進めています。次世代ロボットが、工場だけでなく日常生活で人の隣で動き、人の幸せにつながる事が最終目標です。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

松本 吉夫、原 功、中坊 嘉宏、朴 雲埴、山野辺 夏樹、脇田 優仁、永田 和之、丸山 健一、神徳 徹雄、河井 良浩、北垣 高成、比留川 博久（産総研）、小野 栄一（厚生労働省）、末廣 尚士（電気通信大学）、山田 陽滋（名古屋大学）、木之瀬 隆（日本医科大学）

#### ● 参考文献

尹 祐根 他：(社) 計測自動制御学会 SI2009, 2E1-2 (2009).

#### ● プレス発表

2006年6月27日「産学官連携プロジェクト「ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの開発」を開始」

2009年9月28日「上肢に障害のある人の生活を支援するロボットアーム」

### 生活支援分野のロボット技術

生活支援分野におけるロボット技術は、大きな市場に発展する可能性があります。生活支援ロボットの産業化には、単にロボットを試作するだけでなく、想定されるユーザーにも実際に開発に参加してもらい、ユーザーが満足する性能を備えたロボットを開発するとともに、ユーザーが購入意欲をもてる価格にすることが重要となります。また、将来の安全認証を視野に入れ、安全性にも配慮する必要があります。

### 開発したRAPUDの特徴

産総研では、産学官連携プロジェクト 産業変革イニシアチブの「ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの開発（以下「UCROA」という）」で大きな市場が期待できる次世代ロボットRAPUDを開発しました。RAPUDは、UCROAで開発した三つのプロトタイプロボットの一つであり、対人サービスロボットの実用化研究の一環として開発されました。

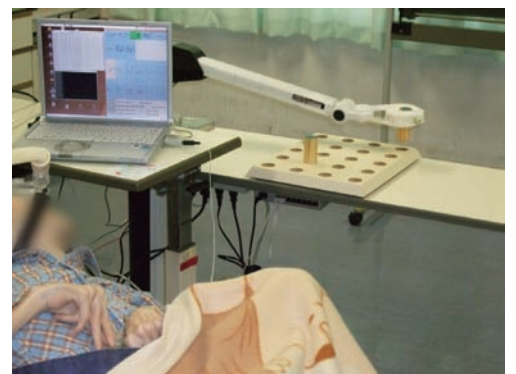
上肢に障害のある人が自分自身で操作できる生活支援用小型軽量ロボットアームの開発を目的としました。また、産業化できる価格水準の設定を目標に、安価な部品を開発するとともに、既存の技術を統合したシステム開発を目指しました。



リスクアセスメントの結果から、ひじ回転関節の代わりに直動伸縮機構を採用し、服や物などがジョイント部分に挟み込まれるリスクを減らすとともに、外装に鋭角部分がない適切な形状を採用することにより、高い安全性を確保しました。また、直動伸縮機構を樹脂ブロックの結合により構成することで小型軽量のロボットアームを実現し、高さ約75 cm、全長40～100 cm、可搬重量0.5 kg、全体重量約6 kgと小型軽量であるため、ユーザーの使用状況に合わせて、ワンタッチでRAPUDの取り付け、取り外しができます。例えば、ベッドサイドに取り付けられたRAPUDを電動車いすへ付け替えることが簡単にできます。

### 今後の展開

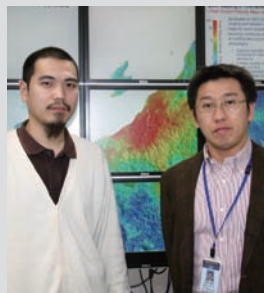
ロボットアームは身の回りのものとの物理的な接触を伴うために事故リスクをゼロにすることができず、売り切りの製品として市場に出すことは困難です。専門家の指導の下で操作訓練を行い、利便性とリスクを見極めて利用可否の判断を行うといった、運用面（ソフト面）でのバックアップが必要です。今後も、上肢に障害のある人から被験者としての協力を得つつ、作業療法士などの専門家とも連携し、運用面での技術開発も継続して行く予定です。



電動車いすに取り付けられたRAPUD（左）とテーブルに取り付けられたRAPUDでのユーザ評価実験（右）

# 地震の揺れを広域かつ詳細に示す「QuakeMap」

## 複数の機関が所有するさまざまな情報を統融合してユーザーに提供



松岡 昌志

まつおか まさし (右)

m.matsuoka@aist.go.jp

情報技術研究部門  
地球観測グリッド研究グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

人工衛星からのリモートセンシングによる被害の把握や地形・地質情報に基づく地震ハザードマッピングなどの自然災害に関する研究に従事しています。地球観測グリッド(GEO Grid)に各種災害軽減アプリケーションを実装し、安全・安心情報を発信することを目指しています。

山本 直孝

やまもと なおたか (左)

naotaka@ni.aist.go.jp

情報技術研究部門  
サービスウェア研究グループ  
研究員  
(つくばセンター)

地球観測情報のインフラである地球観測グリッド(GEO Grid)におけるミドルウェア研究開発およびアプリケーションへの応用に関する研究に従事しています。情報技術の研究開発を通じて、「安全・安心な社会」の構築を支援することを目指しています。

### 関連情報:

#### ● 参考情報

QuiQuake - 地震動マップ  
即時推定システム -  
<http://qq.ghz.geogrid.org/>

#### ● プレス発表

2009年10月13日「地震の揺れを広域かつ詳細に示すマップ「QuakeMap」を公開」

### 地震計のない場所の震度は?

地震時の揺れは全国に設置された地震計によって震度として公開されています。しかし、地震計のない場所の震度を知ることはできません。近傍の地震計の数値から推測することはできますが、地震動の揺れは地下構造や地形の違いによって異なるため正確にはわかりません。そのため、震度発表された地域名に含まれた観光地などでは、実際には大きな揺れがなくても風評被害の問題が起こっています。このような問題を軽減するために、広域でシームレスかつ均一な精度での地盤の揺れやすさのデータをあらかじめ整備し、地震後に得られる地震計の情報と統合することで揺れを推定し地震動マップを速やかに公開する必要があります。

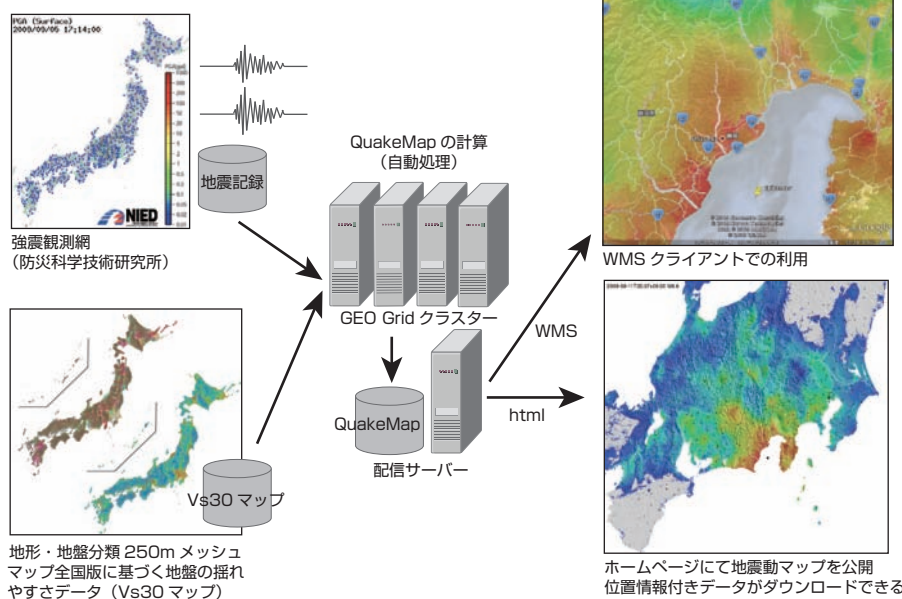
### 面的な地震動の推定

地震被害とその全容を把握する第一歩として、その地域がどの程度揺れやすいかを行政界を越えて知ることが重要です。そこで産総研は、防災科学技術研究所(防災科研)と関東学院大学と協力して、「地形・地盤分類250mメッシュマップ全国版」を整備しました。さらに、この地形区分に基づいて地盤の揺れやすさデータである「Vs30マップ」を作成しました。

地震が発生すると、気象庁の震度情報と併せて各機関から強震観測網の地震観測記録が公開されます。このシステムは防災科研の観測記録と面的な揺れやすさデータを用いて、広域かつ詳細な地震動マップであるQuakeMapを作成します。地震観測記録のダウンロードや処理は、産総研のクラスターコンピューターで自動的に行われます。これにより、地震の規模や計算範囲に依存しますが、地震観測記録公開後、マグニチュード5程度であれば数分で、マグニチュード7程度では数時間にて地震計のない地域を含む広域について詳細な地震動が推定できるようになります。

### 今後の展開

情報をより迅速に提供するために計算処理の最適化を進め、さらに、速報性の高い地震観測データを利用できるようにシステムを発展させる予定です。これによって、地震発生直後から任意の地域の地震動の揺れの情報を誰もが容易に取得できるよう機能の向上を目指します。また、人口分布、建物や道路の分布などと重ね合わせることで、人的被害や物的被害など災害対応行動に直結する情報の推定へと発展させていく予定です。



**システムの概要** 防災科研から提供される強震観測網の地震観測記録とVs30マップを統合し、GEO Grid クラスター上で地震動マップ(QuakeMap)を推定、公開している。

# 20万分の1 地質図幅「名古屋」の出版

## 基盤情報としての広域地質図の果たす役割



水野 清秀

みずの きよひで

k4-mizuno@aist.go.jp

地質情報研究部門  
平野地質研究グループ  
研究グループ長  
(つくばセンター)

主に平野およびその周辺に分布している、未固結の地層の特性や分布を調査・研究しています。特に地層に挟まっている火山灰層を鍵層として、平野の地下地質や断層運動と堆積盆地形成史との関係などを解明し、防災・産業立地などに役立つような基礎的な地質情報を提供しています。

### 関連情報：

● 共同研究者

小松原 琢、脇田 浩二、竹内 圭史、西岡 芳晴、渡辺 寧、駒澤 正夫、中島 和敏（産総研）

● 関連情報

地質調査総合センター地質図カタログウェブサイト  
<http://www.gsj.jp/Map/index.html>

20万分の1 日本シームレス地質図ウェブサイト  
<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/>

### 20万分の1地質図とは

地質図は、地表に分布している岩石や地層などをその特徴や形成年代などによって細分し、地形図上に表現したものです。地質調査総合センターが作成出版している主な地質図には、縮尺が5万分の1の地質図幅と20万分の1の地質図幅があります。縮尺5万分の1の地質図幅は、野外調査を実施し、岩石や地層を持ち帰ってさまざまな分析を行い、細かく地質区分を行って作成されます。20万分の1地質図幅は、5万分の1地質図幅や既存の研究論文などをもとに、追加の調査などを行って編集されたものであり、より広範囲をカバーしています。

地質図の区画は国土地理院から発行されている5万分の1地形図や20万分の1地勢図の範囲と一致しており、その地域名を用いて地質図幅「〇〇〇〇」のように表現しています。地質図ではなく地質図幅と表しているのは、国土地理院の地図と一致した四角形の枠の地質図を強調するためです。2009年度の終わりには、これまで未出版であった地域の20万分の1地質図幅が完成し、この縮尺での全国カバーが達成されます。

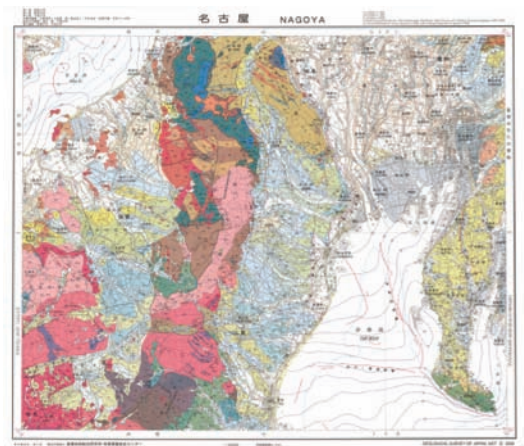
### 「名古屋」図幅の特徴

今回出版した20万分の1地質図幅「名古屋」は、琵琶湖を含む近江盆地中央部から名古屋市が位置する濃尾平野および伊勢湾北部周辺の地域をカバーしています。「名古屋」は2回目の改訂にあたり、この地域では5万分の1地質図幅16区画が全て出版されており、それらを中心に編集した最新版（第3版）では、より精度の高い地質図ができあがりました。地質図のほかに鉱山・碎石場・温泉などの所在や地下の密度分布を反映した重力異常のデータが示されています。この地域には、直下型地震を起こす活断層が多数存在していて、これらの詳細な調査が1990年代後半から集中的に行われ、その成果が活断層の分布として示されています。また第2版までは、低地を構成する沖積層は細分されていませんでしたが、今回、微地形に基づいて細かく分けました。

### 広域地質図の利用法

特定区域の詳細な地質情報を得るには、5万分の1など大縮尺の地質図が役に立ちますが、20万分の1の縮尺の地質図のほうがわかりやすいことがあります。例えば活断層がどのような分布をしているかとか、山地を構成する岩石はどのようなものがどのように分布しているかとか、大規模な平野の中で軟弱地盤である後背湿地堆積物が主にどのような地域にみられるかなど、広範囲での分布の概略や大規模な地質構造などを把握するには適当な縮尺となります。また、現在琵琶湖として存在する内陸域の堆積盆地は、400万年前にははるか南方の上野盆地にあり、時代とともに北上して現在の位置に移動してきましたが、「名古屋」図幅ではこのような堆積盆地の移動を読み取ることができるように凡例を工夫しています。このように20万分の1地質図幅はその地域の特色を出した凡例を多数用意できることとなります。

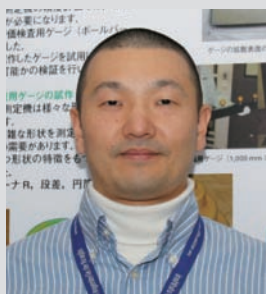
なお、20万分の1地質図幅は地形図の範囲で区切られているため、図幅の枠内に自治体や平野・山地などの全体の範囲が収まっていないことが多く、1枚の地質図では全体を把握することができない場合があります。そうした点を補うため、地質調査総合センターでは20万分の1シームレス地質図と呼ばれる、統一の凡例にしたがって全国をカバーした地質図を作成し、ウェブ上で公開しています。



20万分の1地質図幅「名古屋」（第3版）の一部。裏面に説明文が付いている。

# 非接触座標測定機の検査手法に関する JIS 制定

## 自由曲面測定の高速・高精度化を目指して



### 大澤 尊光

おおさわ そんこう

sonko.osawa@aist.go.jp

計測標準研究部門  
長さ計測科  
幾何標準研究室  
主任研究員  
(つくばセンター)

三次元座標測定機の標準、真直度等幾何偏差の標準に関する研究、また歯車測定に関する研究など幾何学量に関する研究のほか、座標測定機に関する工業標準化活動にも従事しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

高辻 利之、佐藤 理、持丸 正明、河内 まき子（産総研）

#### ● 用語説明

[1] トレーサビリティ：長さの国家標準までいくつもの連鎖プロセスを踏み、国家標準と途切れのないつながりをもつこと。

[2] ラジアル方向：球の中心から球表面への方向。

### JIS制定の背景と目的

自動車産業を中心として開発時間の短縮、コストの削減のために、ボディーなどの自由曲面を高速に測定することが求められています。製造現場では非接触座標測定機というレーザー光や縞形状のパターンを自動車のボディーなどの測定したい物体上に照射し、その縞の変形量などから、測定物の寸法や形状を高速に測定する測定機が多く利用されてきています。これまではさまざまな形式の測定機が混在し、カタログなどに記述されている測定精度評価に関する用語や評価項目などが曖昧でした。そのため、ユーザーがカタログにより客観的に装置を比較することができませんでした。また、測定結果のトレーサビリティ<sup>[1]</sup>要求も高く、校正された基準器を使用した統一的な検査手法の確立（標準化）が求められてきました。

そこで、経済産業省から基準認証研究開発事業の委託を受け、統一的な検査法確立のために必要となる研究開発を実施しました。その成果を受けて、2007年3月にJIS原案作成委員会を設置し、日本工業標準調査会での審議後、JIS B 7441「非接触座標測定機の受入検査及び定期検査」が制定されました。この規格制定により、メーカーは自社の装置の優位性を客観的に示せるようになり、ユーザーは機器購入の際などにおいて装置間の優劣を自分で判断できるようになりました。

### 標準化研究の内容

標準化にあたり、さまざまな形式の測定機に対応した検査法を確立するため、検査に使用される基準器の開発、諸外国の規格調査、開発した基準器を使用した検査法の予備測定などを実施しました。研究開発では産総研内にコンソーシアムを形成し、測定機メーカー、ユーザーとともに標準化のための活動を実施しました。基準器の開発では非接触座標測定機特有の光学的表面特性の違いが測定結果に大きく影響するので、これを低減すべく、多くのサンプル製作、測定を繰り返しました。これらの実験から、基準器の仕様を満たす条件を得ることができました。

### 制定されたJIS (JIS B 7441 : 2009) の内容

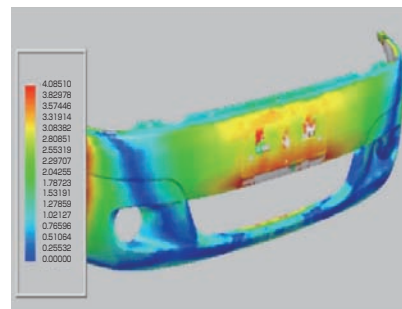
ほぼすべての非接触座標測定機に対応できる規格となっています。この規格による検査では、以下の五つの項目に関する評価を実施し、形状測定および寸法測定に関する測定機の能力を評価します。

1. 球面形状測定誤差：球を測定し、ラジアル方向<sup>[2]</sup>の各測定点の距離の幅を算出します。
2. 球直径測定誤差：球を測定し、直径に対する校正値との差を算出します。
3. 平面形状測定誤差：平面基準器を測定し、各測定点の法線方向距離の幅を算出します。
4. 球間距離測定誤差：二つの球からなる基準器を測定し、校正値からの差を算出します。
5. 寸法測定誤差(任意の検査項目)：7種類の寸法基準器(例えばブロックゲージ)を測定し、校正値からの差を算出します。



### 製造業における非接触座標測定機の利用

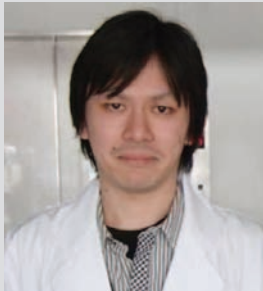
a) 非接触座標測定機を用いた測定の様子



b) 測定データと設計データの差をカラーマップで表示したもの(赤色に近づくにつれ差が大きくなる)

# 残留農薬分析用の玄米標準物質の開発

## 残留農薬の正確な分析に必要な食品標準物質



### 大竹 貴光

おおたけ たかみつ

t-ootake@aist.go.jp

計測標準研究部門  
有機分析科  
有機標準第2研究室  
研究員  
(つくばセンター)

産総研入所前は、環境や生体試料中の有機汚染物質（フタル酸エステル、ポリ塩化ビフェニルなど）の微量分析を行っていました。2006年に産総研に入所してからは、残留農薬分析用食品標準物質の開発などに従事しています。

### 関連情報：

#### ●参考文献

T. Otake et al.: *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 43, 390 - 394 (2008).

T. Otake et al.: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8208 - 8212 (2009).

#### ●用語説明

\* ポジティブリスト制度：食品中に残留する農薬、飼料添加物および動物用医薬品（農薬など）について、一定の量を超えて農薬などが残留する食品の販売などを原則禁止する制度。厚生労働省ホームページ（<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu2/dl/060516-1.pdf>）より引用。

### 開発の背景

近年、食品の安全に関する話題が多く取り上げられ、一般消費者の関心がより高まっています。このうち残留農薬については、いわゆるポジティブリスト制度\*が2006年5月から施行されたことも、関心を高める要因の一つとなっています。

食品中の残留農薬を調べるために、各地の試験所などで分析が行われていますが、もしこの残留農薬分析が正確に行われなければ、それら試験所などで実施されている食品検査においても、正確でない結果が報告されてしまうこととなります。したがって、残留農薬分析の信頼性確保（精度管理）がいろいろな方法で行われています。食品標準物質を用いた方法も有効な手段の一つとなりますが、これまで社会のニーズが高いにも関わらず、食品の組成が複雑で分析が難しいことなどにより、世界の標準研究所でも残留農薬分析用の食品標準物質は開発されていませんでした。そこで私たちはその開発に着手し、信頼性が高い定量値が得られる分析法を用い、残留農薬分析用・玄米標準物質の開発を行いました。

### 玄米標準物質の調製と認証方法

この標準物質は、安定性や使用量、農薬登録などを考慮して選択した農薬を散布して栽培した玄米を原料としました。これを凍結粉砕、混合した後、防カビのためのγ線照射などを行って調製しました（図）。認証対象とした2種類（有機リン系殺虫剤のフェントロチオンおよびピレスロイド系殺虫剤のエトフェンプロックス）の分析では、国際単位系(SI)へのトレーサビリティが確保される方法として、一次標準測定法の一つである同位体希釈質量分析法を用いました。さらに、特定の分析法による定量値のバイアス（偏り）を避けるために、加圧流体抽出法、ホモジナイズ抽出法、振とう抽出法などを用いた複数の分析法について条件を十分に検討し、認証値（表）を付与するための分析を行いました。

今後も安全な食品であることを保証するための、さまざまな食品標準物質の開発を行っていく予定です。



NMIJ CRM 7504-a -玄米粉末 (残留農薬分析用)-

物質名	認証値 質量分率(mg/kg)	拡張不確かさ 質量分率(mg/kg)
フェントロチオン (0,0-ジメチル-0-(3-メチル-4- ニトロフェニル)チオホスフェート)	0.109	0.017
エトフェンプロックス (2-(4-エトキシフェニル)-2-メチルプロピル =3-フェノキシベンジル=エーテル)	0.19	0.05

〔認証値は乾燥質量あたりの濃度（質量分率）である。拡張不確かさは、合成標準不確かさと包含係数 $k=2$ から決定。〕

CRM 7504-a -玄米粉末 (残留農薬分析用)-の認証値とその不確かさ

# 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2回)

## 金融を巻き込め！

### ～産学官「金」連携の仕掛け役として～

産学官連携コーディネータ いけだ きいち 池田 喜一

#### 産学官連携コーディネータへの道

1998年12月から2001年3月までの間、大分県産業科学技術センターに出向した際に「竹製車いすの研究」に携わったことが、産学官連携にかかわるきっかけとなりました。同年4月に産総研に戻り、産学官連携推進部門に配属となりました。途中1年間研究部門に戻りましたが、これまで約7年間産学官連携に携わってきました。2007年4月より産学官連携コーディネータに就任し、ナノテクノロジー・材料・製造分野における連携構築や、今回紹介する金融機関との新たな連携構築などを主導しています。

#### 産学官連携コーディネータとしてのパッション

産学官連携コーディネータとしてのパッションは、企業からは課題解決、所内研究者からは人や資金の提供という観点から感謝され喜んでいただくことにあります。また、企業や当所の研究者など、多くの方々を知ることになり、そこにも喜びを感じています。

#### 産学官「金」連携の構築

産学官「金」連携とは、金融機関との連携を通し、中小企業のさまざまな課題(ニーズ)へ対応する仕組みを作ることです。金融機関が中小企業への融資事業によって得たさまざまな企業課題のうち、技術的な課題については産総研の技術シーズを基に、きめ細かい対応ができるようになります。また、資金的なニーズに対しては、金融機関を背景に支援が期待できるので、企業がもつ多くの課題解決が期待できます。

金融機関と公的研究機関という全く異なる機関が連携していくには、超えるべきさまざまなハードルが存在します。しかし、ひべい疲弊した地域経済を再建するために両者の強みを活か

して企業ニーズに対応することで、ソリューションの飛躍的な向上を可能にしました。例えば、商工中金を経由した企業からのセンサー精度向上の技術相談があります。産総研研究者、コーディネータ、企業の意見交換を基に特許申請を行うとともに商品化のために補助金を獲得して、現在共同で研究活動を行っています。このように効果的に連携を進めております。今後も種々の課題解決に向け、全力を注ぎます。

#### 今後のドリーム

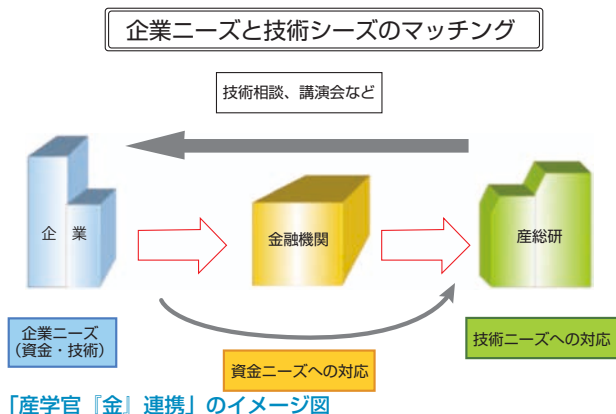
課題を抱えた企業や、能力はあるがまだ陰に隠れている研究者のための連携のキューピッドになりたいと思っています。

#### 金融機関の声

商工中金は、2008年4月に金融機関として初めて産総研と「相互協力に関する協定書」を締結しています。以降、製品開発や既存製品の改良などで悩んでいる取引先中小企業に、池田コーディネータと訪問し、取引先の抱える技術的な課題についてのアドバイスや専門研究者の紹介を行っています。また、全国各地の支店での取引先中小企業への講演会などにおいて、産総研の概要や商工中金との連携事例を紹介させていただき、今後の技術相談につなげる活動を行っています。

このような活動を通じ、取引先中小企業からは、「親身に相談に乗っていただき、今後の研究開発に活かすことができた」「専門研究員をご紹介いただいたことで、共同開発につながり、製品化のめどが立った」などの評価を数多くいただいております。一層の取引推進につながるケースも出てきています。商工中金としては、引き続き取引先中小企業の技術面の課題の解決に向け、産総研との連携をより一層推進していきたいと考えています。

(商工中金 ソリューション事業部長 住元 正博)



「産学官エキスパート研修」で講演する筆者(2009.9.25)

## 国連持続可能な開発委員会 第18会期に先立つ地域実施会合

報告

2009年11月30日と12月1日の2日間、バンコクで「国連持続可能な開発委員会 第18会期に先立つ地域実施会合」が開催されました。産総研は国連の要請に基づき準備に協力し、リソースパースンを派遣しました。

持続可能な開発委員会（CSD: Commission on Sustainable Development）は、アジェンダ21の実施状況をレビュー・監視するために設置されたもので、当初は毎年会合を開催していましたが、2003年からは作業が2年サイクルとなり、同一テーマについて1年目にレビューを、2年目に政策提言を行うようになっていきます。また、参照すべき国際的要綱も、アジェンダ21に加えて、「アジェンダ21の一層の実施のための計画」および「ヨハネスブルク実施計画」に拡大されています。

2010年から2011年にかけては、次に示す新テーマで作業が行われます。

- ①交通、②廃棄物管理、③化学物質、④鉱業、⑤持続可能な生産と消費パターンを目指す10年の枠組み。

1年目のレビューでは、国連事務総長が出す現状報告書などを評価しますが、そのためには、事前に各国政府、地域間機関、専門家、NGO などから、

幅広く情報を集めなければなりません。そこで国連は世界をいくつかの地域に分割し、地域ごとに“地域実施会合”という準備会議を行います。

アジア太平洋地域の場合、バンコクにある国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）がこれを担当しますが、同委員会からの依頼により、鉱業に関しては産総研が準備することになりました。具体的な作業は地圏資源環境研究部門が担い、同部門の村尾 智 主任研究員が、業務調整、情報収集、原稿作成、会議場での発表、各国代表との質疑応答などを行いました。

当日は、持田 繁 ESCAP 次長が開会の声明を行い、本会合がCSD 第18会期にとって重要な位置を占めること、アジア太平洋地域は社会の持続可能な発展を達成するための要であること、および分野を超える課題について

議論が深化することへの期待が示されました。また、「本会合における産総研の協力を謝する」との発言がありました。

この後、議論に移り、前述のそれぞれのテーマについて、アジア太平洋地域の現状をレビューした結果と今後の課題が各リソースパースンから発表されました。

2日目は、事務局より報告書案の提示があり、各国および各界代表が検討を行いました。時間的制約のため、最終的合意にはいたりませんでした。そこで、議場における発言を取り入れて事務局が最終案を作成することになりました。最終的に合意した報告書はアジア太平洋地域実施会合の議長要約として2010年春に開かれるCSD 第18会期で活用される予定です。



会議が行われたバンコクの国連会議場正面



アジア太平洋地域の鉱業について報告する村尾主任研究員（スクリーン真下の列、右端）

## 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2月 → 2010年3月

1月14日現在

期間	件名			
<b>2 February</b>				
1日	サービス工学シンポジウム in 北海道	札幌	029-862-6547	●
2日～4日	ベンチャーフェア Japan2010	東京	03-5298-4715	●
3日～4日	水素先端世界フォーラム2010	福岡	092-716-7116	●
4日～5日	産総研・産技連LS-BT 合同発表会	つくば	029-861-9021	●
9日	産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ5 「21世紀の化学反応とプロセス」	つくば	029-861-4456	●
10日	サービス工学シンポジウム in 関西	大阪	029-862-6547	●
10日	九州センター研究講演会	福岡	0942-81-3606	●
20日～21日	産総研キャラバン2010 えひめ	愛媛	029-862-6214	●
<b>3 March</b>				
9日～11日	新エネルギー技術シンポジウム	つくば	energy05@m.aist.go.jp	●

●は、産総研内の事務局です。

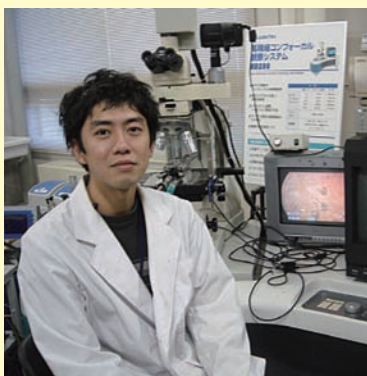
## メタンハイドレート資源開発における分光学的アプローチ

メタンハイドレート研究センター 生産技術開発チーム 神 裕介<sup>じん ゆうすけ</sup> (北海道センター)

メタンハイドレート研究センターでは、新たな天然ガス資源として期待されているメタンハイドレート (MH) 資源の開発について、生産性および回収率を向上させ、安定した生産性を確保するための研究開発に取り組んでいます。生産技術開発チームでは、生産増進法の開発と検証、生産に伴う地層の浸透性低下など生産障害因子の定量的解析を通して、MH資源の「安定・大量生産技術」の整備を目指しています。神さんは、ガス生産時の氷生成に伴うガス浸透性低下の問題について、これまでの分光学的な水の構造評価に対する経験を生かし、赤外分光法を用いた氷生成メカニズム解析とその対策技術の開発に取り組んでいます。



実験室にて



## 神さんからひとこと

これまで高温高圧における水-炭化水素系についての混合状態を分子の振動を調べる分子分光法を用いて研究してきました。溶液系での分光研究で培った経験を生かし、固体であるメタンハイドレートが分解する際の挙動を分光学的に明らかにすることができました。これにより当センターが参画している「MH21 研究コンソーシアム 生産手法開発グループ」が開発を行っている、生産シミュレータ MH21-HYDRESの精度を向上させることができました。分子の振動という観点から、エネルギーの安定供給に貢献していきたいと考えています。

表紙

上：電動車いすに取り付けられたRAPUD (p. 17)

下：製造業における非接触座標測定機の利用 (非接触座標測定機を用いた測定の様子) (p. 20)

産 総 研  
TODAY

2010 February Vol.10 No.2

(通巻 109号)  
平成22年2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。