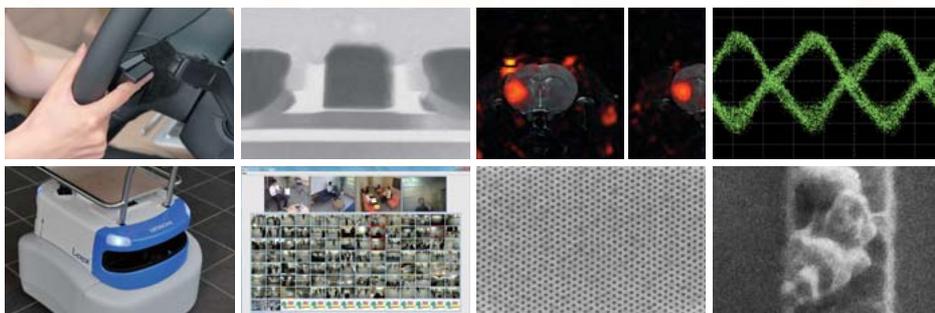


研究開発

Research and Development

128 | 研究開発 Research and Development



地球環境問題が深刻化する中で、持続可能な社会の実現に向けて企業が果たすべき役割はますます大きくなっている。日立グループは、2025年度までにグループ製品を通じて全世界で1億トンのCO₂排出量抑制に貢献することを目標とした「環境ビジョン2025」の下、環境経営を推進している。

この目標を達成し、地球社会において環境負荷の軽減に貢献していく、その取り組みの軸となるのは、次代のイノベーション創出を担う研究開発分野である。地球温暖化防止には、あらゆる製品の低消費電力化が求められる。特に、今後、情報量が爆発的に増大するITプラットフォームの低消費電力化は急務である。日立グループは、ITプラットフォームにおける消費電力の大部分を占めるLSI (Large-scale Integration) やストレージの低消費電力化技術として、トランジスタのばらつきを低減し、電力のむだを抑える薄膜BOX (Buried Oxide) -SOI (Silicon on Insulator) トランジスタや、これまで応用が困難であったスピンをを用いたメモリやトランジスタの開発を推進している。

家電の分野では化石燃料を燃やさないことでCO₂排出量削減を可能にするオール電化をめざし、アルミ鍋にも対応できるオールメタルクッキングヒータの商品化に成功した。薄型テレビでは世界的に電力消費量の規制が強化される中、プラズマディスプレイの発光効率向上による低消費電力化を推進中である。地球環境保全には、レアメタルをはじめとする資源の消費低減と資源循環も重要であり、これらを実現する新たな材料の開発が望まれている。高効率モータではネオジウムなどのレアメタルが用いられることが多いが、日立グループは、鉄基アモルファスをモータの鉄心に利用することにより、レアメタルを用いない高効率モータを実現した。

また、電線を用いないワイヤレス化も、省資源に向けた重要な取り組みである。自動車通信を可能にする高信頼無線やテレビ映像の転送を可能にするミリ波通信は、ワイヤレスの応用範囲を広げる重要な技術である。

ここに挙げたような新技術を創生するうえで、設計や解析を効率的に進められるシミュレーション技術や分析技術は重要な基盤技術である。日立グループは、幅広い応用に向け、これら基盤技術の革新にも継続的に取り組んでいる。

類似画像の高速検索技術を用いた、次世代ネットワーク型大規模監視システム



情報化の進展に伴いデジタル映像・画像データがあふれる社会を見据え、日立製作所は、数百万件のデジタル画像から類似画像を瞬時に検索する技術の開発に取り組んできた。さらに、この技術を活用し、映像監視システムの効率的な運用を可能にするプラットフォーム技術を開発した。これにより、大規模化が進む映像監視システムが抱える、大量の画像データの収集と蓄積、検索などの課題に役立てていく。



大規模な監視システムのさまざまな負荷を軽減

安全や安心への意識の高まりから、映像監視システムは社会に不可欠なものとなっています。しかし、カメラの台数が増え、システムが大規模化するにつれ、画像データの伝送と表示によるネットワークやシステムへの負荷が増大しているだけでなく、蓄積した膨大な画像データから必要なデータを探し出す際の時間とコストも問題になっています。

私たちが今回開発したプラットフォーム技術は、画像認識技術を用いて、撮影した映像の人の動きや顔の有無などから重要度を判定し、重要度の高いものは通常よりも高い映像品質で優先的に伝送するという仕組みで、データの転送と表示による負荷を軽減するものです。同時に、画面上では重要度の高い画像を拡大表示するなどの注意喚起を行うので、監視業務の負担も軽くなります。また、センサネットワーク技術との組み合わせにより、センサー端末を身に着けた人物が赤外線発信器に近づくと、いちばん近いカメラの映像を最優先で表示する機能も実現しました。100台のカメラと10台のセンサー端末を組み合わせた実証実験では、この技術を用いない場合に比べて、ネットワーク容量を $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{10}$ にまで削減できることを確認しています。

効率と高速性に優れた類似画像検索技術

この技術のもう一つの大きな長が、撮影画像を蓄積したデータベース上から、任意の画像と似た画像を瞬時に検索できる機能を持つことです。これに用いている類似画像検索技術は、中央研究所が10年以上前から研究開発を続けてきたものです。画像検索の技術には幾つかのアプローチ

がありますが、私たちの技術では、色合いや形状などの画像自体が持つ情報を数値化した「画像特徴量」で類似度を判定します。この方法だと、検索用のメタ情報を付与する手間がかからないうえ、画像だけを頼りに検索できる、さまざまな画像に適用できるなどのメリットがあります。

検索を高速化したポイントは、「クラスタリング」という手法です。自動的に画像特徴量の近い、つまり似ている画像を集めてグループ分けし、HDD (Hard Disk Drive) 上に配置しているのです。さらに、同一グループ内の画像をHDD上に連続して配置する最適化を行うことで、効率も高めました。数百万件の画像データベースから類似画像を検索する場合、標準的なノートPCを使っても1秒以内で結果が表示できるという高速性を備えています。

言葉に表せない情報を検索可能に

この類似画像の検索プラットフォームは、「EnraEnra(エンラエンラ)」と名付けています。昔から知られる煙の妖怪「煙羅煙羅」に因んだのですが、煙のように曖昧模糊(あいまいもこ)とした、言葉に表せない情報でも検索可能にすることは、情報化が進む中でますます必要になるはず。さらに言えば、先ほど挙げた、似た画像を集めるというデータ格納技術は、人間の脳の記憶・学習のメカニズムとも通じる部分があると思います。いわゆる「自己組織化」と呼ばれる、このようなモデルを進化させていくことで、今後、「知」という、ある種の曖昧さを持つ領域にも検索で切り込み、知的システムの発展にも貢献できるかもしれません。今回開発した映像監視技術も、類似検索自体も、情報社会の中で可能性の広がる技術です。今後の性能向上や応用にも、夢を持って取り組んでいきたいですね。



中央研究所 知能システム研究部の廣池 主任研究員 (左上)、影広達彦 主任研究員 (右下)

マルチコアLSIを革新する、 低消費電力化とソフトウェア生産性の向上を実現

日立製作所は、早稲田大学、株式会社ルネサス テクノロジと共同で、複数のCPUコアを搭載したマルチコアLSIにおいて、コンパイラとハードウェアの協調による、複数コアの独立電源遮断を含めた自動並列化を実現した。従来の課題であった高性能と低消費電力の両立、ソフトウェア開発期間の大幅な短縮を可能にする革新的な技術であり、マルチコアLSIの活用の可能性を大きく広げるものと期待される。

マルチコア化という新しい潮流

社会の情報化が進む中で、LSI (Large-scale Integration) があらゆる機器に搭載され、性能や機能の向上を支えています。特に情報機器分野では、LSI自体の高性能化も求められ、これまでは主にCPU (Central Processing Unit) の周波数を上げることで対応してきました。しかし、消費電力の増大などが問題となり、最近では、一つのチップに複数のCPUコアを搭載するマルチコア化による性能向上が大きな技術潮流となっています。今回開発した技術は、そのような流れをいち早くつかみ、2005年から取り組んできた産学共同研究の成果です*。

最先端技術の連携が生み出した成果

試作したチップは、8個のCPUコアと8個のメモリを搭載しています。このCPUコアに低消費電力性能に優れた、株式会社ルネサス テクノロジのSuperHマイコンを採用したに加え、プログラムの実行状況に応じて、CPUコアとメモリそれぞれ独立に電源供給を停止、個々のCPUコアの周波数変更といった、きめ細かな制御を行うことで消費電力を削減します。この制御は、早稲田大学の笠原博徳教授が開発した自動並列化コンパイラによって実現しています。アプリケーションプログラムの処理を複数のCPUコアへ自動的に振り分ける並列処理とともに、求められる処理時間を満たしながらむだな電力を自動的に削減できるのです。例えば、曲長と同じ時間内に圧縮を終了するという条件下でリアルタイム実行する場合は、消費電力を5.8 Wから0.81 Wまで劇的に削減できました。

また、マルチコアLSIでは、複数のCPUで並列処理が行われるため、それらのタイミング調整も重要です。これを従来はソフトウェアで行っていましたが、私たちは複数CPUのタイミングをとるハードウェア機構を開発し、処理の高速化を実現しています。このハードウェアによる同期機構と自動並列化コンパイラとの協調により、通常半年から1年を要するマルチコアLSI対応アプリケーションプログラムの開発期間を、大幅に短縮することができます。

研究開発本部の内山邦男 技師長 (左)、中央研究所 組込みプロセッサ研究部の水野弘之 主任研究員 (右)

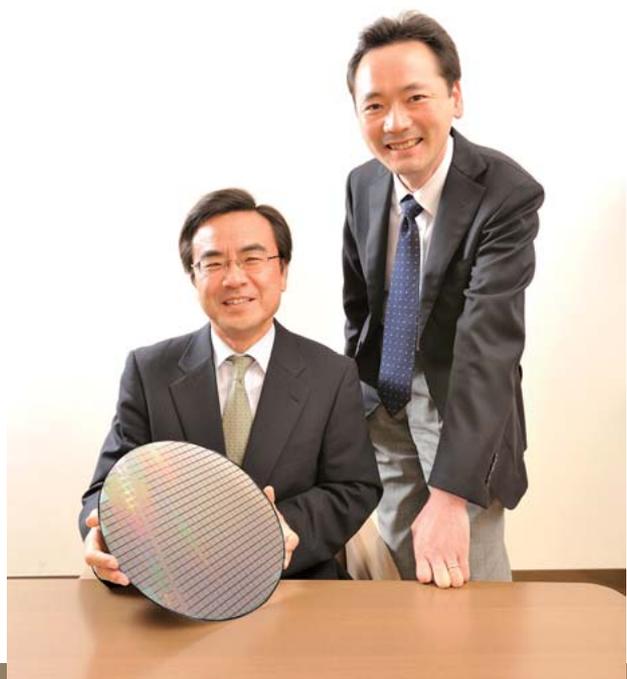
このように、早稲田大学のコンパイラ技術、ルネサス テクノロジの低消費電力LSI技術、日立製作所のアーキテクチャ技術という、それぞれ世界最先端の技術を最適に組み合わせることが成功につながったと言えます。

革新的シーズで新たな市場創出を

この技術は、高性能で低消費電力、かつソフトウェア開発が容易で機器に組み込みやすいという革新的な価値を持つことが評価され、半導体産業新聞主催の「LSI・オブ・ザ・イヤー」で2008年の準グランプリを獲得するなど、各方面から注目されています。特に、低消費電力性能は、地球温暖化対策の観点から今後あらゆる機器で求められますし、デジタルコンバージェンスへの対応性能を発揮できる情報家電はもちろん、マルチコアによる信頼性を生かせる社会インフラ分野など、さまざまな展開が考えられます。

現在、さらに次の世代に向け、コア数の増加や、異なるタイプのコアを組み合わせる研究にも着手しています。優れたシーズは、単なる従来技術の置き換えを越えて、新たな市場を創出する可能性を持ちます。この技術が、だれも予想しなかったようなアプリケーションが生み出すことを期待しながら、これからも技術の発展に取り組んでいきます。

* 本開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が実施している半導体アプリケーションチッププロジェクトの中の「リアルタイム情報家電用マルチコア技術の研究開発」(プロジェクトリーダー: 早稲田大学 笠原博徳教授) により実施したものである。



200°Cでも使用できる高耐熱性を実現した「スズ-銅系」の鉛フリーはんだ接続技術

電気・電子機器の部品接続に使われるはんだは、従来から鉛を素材とするものが主流であったが、鉛は強い毒性を持つことから、現在、さまざまな使用規制が進められている。はんだの鉛フリー化が喫緊の課題となる中、日立製作所は、耐熱性に優れた「スズ-銅系」はんだを用いた接続技術を開発した。パワーエレクトロニクス分野に広く適用され、環境負荷の少ない製品の実現に寄与することが期待される。



パワーエレクトロニクス分野での鉛フリー化

近年、世界的な環境保全意識の高まりの中で、電気部品の接続に使われるはんだに関しても、毒性を含む鉛を使わない「鉛フリー」の実現が待望されています。EU（欧州連合）が2006年に施行したRoHS（Restriction of Hazardous Substances）指令でも、はんだにおける鉛の使用が制限され、日立グループは2004年に対応を完了させました。しかしパワーエレクトロニクス製品では、使用時にはんだ接続部が200°C近い高度になることがあり、現時点での代替はんだでは対応できず、RoHS指令の適用除外措置を受けてきました。そうしたパワー半導体素子のはんだ接続には、まだ鉛を主成分（85%以上）とするはんだが使われています。RoHS指令は4年ごとの見直しがあることから、今後はパワーエレクトロニクスの分野でも鉛フリー技術が不可欠になると考えられます。そこで、高温でも耐熱性を維持できる鉛フリー接続技術の開発に着手したのです。

「スズ-銅系」はんだによる高耐熱性

鉛フリーはんだは、一般には亜鉛やビスマスなど、鉛の融点に近いものを基本材料としていますが、このほど私たちは、もっと融点の低いスズを主体としながら、高温で使用しても接続状態を劣化させない新しい接続方式を見いだしたのです。

「スズ-銀系」鉛フリーはんだの場合は、200°C近い高温が続くと、はんだと部材が接していた界面で主成分のスズが反応を起こし、金属間化合物が生じてしまいます。すると体積変化が起こり、収縮によって微小な穴が開くなど、

生産技術研究所の芹沢弘二 主管研究員（左）、実装ソリューション研究部の池田靖 研究員（右）

接続状態の不具合や強度の低下を招く恐れがありました。

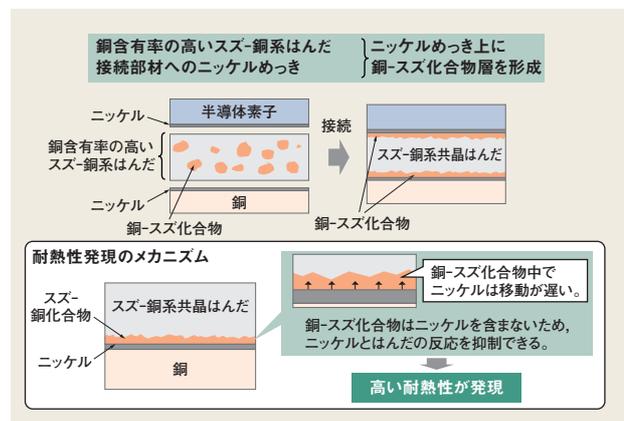
今回開発したのは、新たな組成による銅含有率の高い「スズ-銅系」はんだに、接続部へのニッケルめっきを組み合わせることで、はんだと部材の界面で起きる反応を抑制する技術です。この技術によって、高温下でも劣化が遅くなり、接続部の温度が200°Cまで上昇しても、「スズ-銀系」はんだと比べて、接続部の劣化を半分以下に抑制できる高い耐熱性、信頼性を実現することができました。

技術の蓄積が生み出した新素材

鉛フリーはんだ技術の開発に着手してから7～8年、さまざまな試行錯誤がありましたが、今回の技術はその苦労があったからこそ結実したものと思っています。

開発に成功した素材は、新たに特殊な工程を加える必要がなく、従来の半導体製造設備やプロセスを変えずに、材料を置き換えるだけで対応できるというものです。また、「金-スズ系」はんだのように硬くないので半導体と部材の熱膨張や収縮で素子が破壊することもなく、近い将来予想されるパワー半導体の大容量化にも貢献できます。

今後は、鉛フリー化するだけでなく、例えばリサイクルしやすい構造にすることなどで、さらに環境に配慮した新しい技術展開が必要になると考えられます。長年の研究開発で培ってきた技術や知識、知見を生かし、これからも新しい材料開発に取り組んでいきたいと考えています。



新開発技術の耐熱性発現メカニズム

人とロボットとの新しい関係を切りひらく 人間共生ロボット「EMIEW2」



ロボット技術の先進国である日本では、メーカー各社による研究開発が盛んに行われている。日立グループのロボット開発は、2005年に発表されたEMIEW1によって「人間共生」という新たな局面を迎えた。その後継機であるEMIEW2は、高度な安全性と移動能力、そして親しみやすいデザインによって、人とロボットが真に共生できる社会への道をひらくものである。

「人間共生」をめざした研究開発

近年、日本のロボット技術の進展には著しいものがありますが、日立グループは1970年代から始まる産業ロボットの黎明(れい)期からいち早く研究開発に取り組み、公共分野や医療・福祉分野、生活分野などのロボットの研究開発で実績を上げてきました。最近では、ロボットの研究開発が単に先端技術のアピールにとどまらず、本格的な実用化に向けて動き出している中、私たちが「愛・地球博」(2005年日本国際博覧会)において披露したのがEMIEW1です。EMIEWは「Excellent Mobility and Interactive Existence as Workmate」を略したもので、「機敏に動き、会話のできる仕事仲間」を意味します。つまり、人と密接した場で人をサポートする「人間共生ロボット」です。「人間共生ロボット」のあるべき姿とは何かをさらに追究し、オフィスビルなどでの利用を想定した後継機のEMIEW2を開発しました。

本質的な安全性と親しみやすさを追求

このEMIEW2には大きな特長が二つあります。一つは高さ800 mm、重さ13 kgと、EMIEW1より大幅に小型・軽量化したこと。13kgというのは一般的に成人女性が持ち運べる重さであり、人と共生するロボットとして、本質的な安全性を追求した結果と言えます。

もう一つは実用的な移動能力と知能を備えていることです。脚車輪移動機構により、移動時は時速6キロメートルの機敏な速さで動き、段差があれば脚部のレバーを使って二足歩行ができるほか、停止や作業時には安定的な四輪姿勢に変形します。

知能処理の点では、みずから作成した地図を用いて目的地へたどりつく地図生成/位置認識、音源方向推定と分離によって話している人の声をはっきり認識できる遠隔音声認識、ロボットらしく親しみやすい音声を生成する高品位音声合成、さらに歩行者の間を縫って移動できる障害物回避といった技術を搭載しています。これらは、社内の他研

究所で培ってきた技術を生かしたもので、EMIEW2はまさに日立グループの研究開発力が結集されたロボットと言えるでしょう。

開発にあたってはデザイン面も重視しました。ハードウェアの設計ありきで開発を進めていったわけではなく、日立製作所デザイン本部によるコンセプトスケッチをもとに、ボディのデザインはもちろん、卵形の顔や首などの動きに至るまで、人との親和性の点からさまざまな検討を重ねました。あえてカメラの位置を目の部分でなく頭の上にしたのもそうですが、一貫して「人間共生ロボット」というコンセプトに基づいて、人に威圧感を与えず、より親しみやすいデザインのロボットをめざしたのです。

人とロボットが共存する社会に向けて

EMIEW2の具体的なサービスとしては、オフィスを訪問したお客様の案内や巡回監視といったことを考えています。実験室の中ではすでにEMIEW2が期待した働きをしていますので、今後は実際のオフィスでの運用で有効性を確かめていきたいですね。特にEMIEW2を活用しての巡回監視は、随時移動しながら監視を行うため、人に心理的なストレスを与えずにオフィスのセキュリティ確保が可能になるというメリットがあるでしょう。

現在、2011年を目標にサービスロボットの安全規格づくりが進められています。それを機にサービスロボットが私たちの暮らしの中に次第に浸透してくるはずですが、そして、やがてはパーソナルコンピュータのように、サービスロボットが私たちの社会や暮らしにとって不可欠な存在になる。そんな、「人間共生ロボット」と一緒に生活するという社会ビジョンの実現に向けて、今後も研究開発に取り組んでいきたいと考えています。

機械研究所 都市・ロボティクスプロジェクトの玉本淳一 主任研究員(左)、先端ロボットユニットの中村亮介 研究員(右)



研究開発

日立グループは、90年間に及ぶ研究開発の歴史の中で多くの実績を築いてきた。六つのコーポレート研究所を中心に、イノベーション創出のための先端技術と、グループ全体の技術プラットフォームを支える基盤技術、環境に配慮した製品を創生する技術の研究開発に幅広い領域で取り組んでいる。



1 ハンドル一体型指静脈認証装置の試作品(左)と原理(右)

1 ハンドル一体型の指静脈認証技術

自動車のハンドルを握った自然な運転姿勢のまま、個人ごとに異なる指の静脈パターンを瞬時に確認し、本人の認証を行うことができるハンドル一体型の指静脈認証技術を開発した。

この技術は、指先側面の静脈に着目することで装置の小型・薄型化を図ったものであり、ハンドルとの一体化を実現するとともに、かざす指によって異なる機能呼び出せる多機能スイッチとしても利用可能としている。これにより、車両の盗難防止に加え、ドライブスルーでの自動決済など、今後、自動車とITシステムとの融合の中で生まれるさまざまなサービスを、ハンドルを握ったまま安心して受けられる。また、ドライバーは視点を移動させることなく別の指に変えるだけで操作できるため、走行中の安全にも役立ち、車の安全・安心をトータルに支援する。

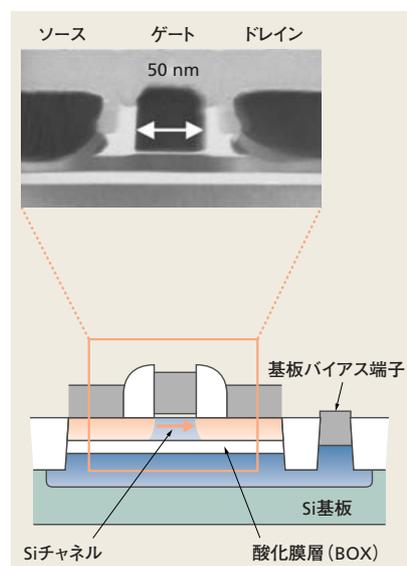
2 LSIの低消費電力化を実現する薄膜BOX-SOI (SOTB) トランジスタ

電子機器の心臓部であるLSI (Large-scale Integration) は、トランジスタの微細化によって高性能化を続けてきたが、リーク電力などによる消費電力の増加が大きな問題になっている。そこで性能を損なわずに低電力化を図るため、(1) LSIチップのリーク電力を増やすトランジスタのばらつきを従来の半分にでき、(2) 基板へのバイアス電圧印加によって動作速度と消費電力をきめ細かく制御できる、薄膜BOX (Buried Oxide) -SOI (Silicon on Insulator) (SOTB: Silicon on Thin Buried Oxide) トランジスタを株式会社ルネサス テクノロジと共同で開発した。

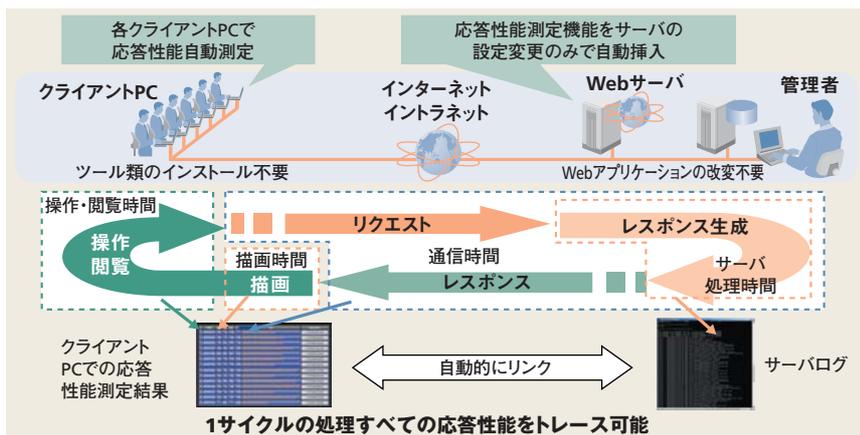
ばらつきが低減すると電源電圧を下げられるため、リーク電力も動作電力も下げることができ、さらに、(2) のバイアス制御を最適に行うことで、消費

電力を従来の $\frac{1}{10}$ 程度に低減できる。

なお、この研究は、文部科学省の研究課題「低電力高速デバイス・回路技術・論理方式の研究開発」の一環として実施したものである。



2 SOTBトランジスタの断面図と主要部



3 大規模 Web システムの応答性能評価

大規模Webシステムの応答性能評価

Webアプリケーションのユーザーが体感する応答時間を、PCに特別なツールをインストールすることなく自動測定する技術を開発した。

この技術は、Webサーバの設定変更のみで、PCから見た応答時間を通信時間や描画時間に分類して計測・記録するもので、従来は困難であった大規模なWebシステムの応答性能評価を容易にした。

Webアプリケーションの使いやすさに大きく影響する体感応答性能が把握可能となり、Webアプリケーションを利用した、質の高いサービスを提供するためのコア技術として期待できる。

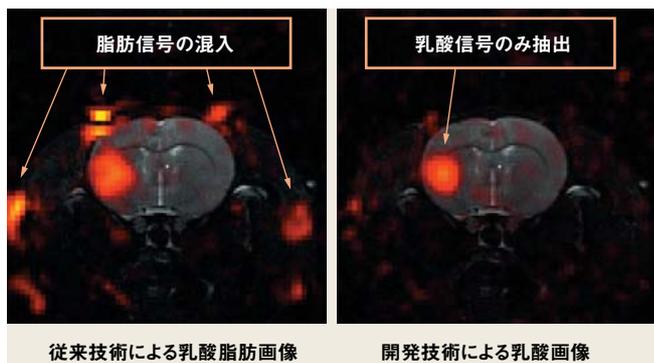
今後は、応答時間だけでなく、操作性や状況に応じたサービスの提供など、ユーザー満足度の高いサービスを

提供する基盤技術の開発を図る。

MRIを用いた乳酸イメージング技術

生体内の酸素が欠乏している個所に蓄積する乳酸を、MRI (Magnetic Resonance Imaging) を用いて高速かつ高精度に画像化できる「乳酸イメージング技術」を、明治国際医療大学と共同で開発した。

これまで、乳酸と脂肪を区別することは困難であったが、この技術では、信号の時間波形が両物質でわずかに異なる現象を利用して行うことができる。同時に、計測空間をジグザグな軌跡でスキャンする効率的なデータ収集方法「エコプラナー法」を適用し、乳酸の高速画像化を実現した。今回、7 Tの実験用MRIにこの技術を適用



4 MRIを用いた乳酸イメージング技術

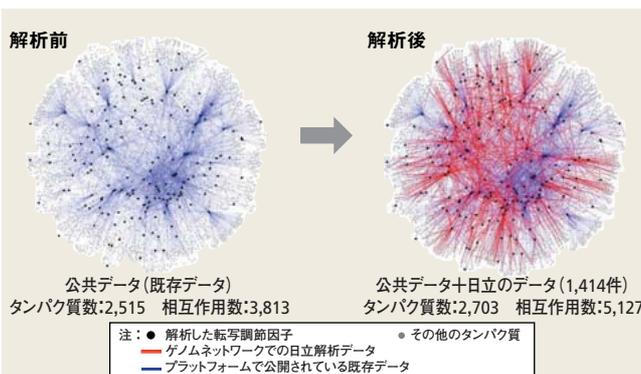
して計測実験を行ったところ、生体内に蓄積した乳酸を約5分間で画像化できることを確認した。将来、脳梗塞(こうそく)などの発生個所を短時間で測定する技術などへの応用が期待できる。

医薬品開発への応用が期待できる 転写調節因子の 大規模相互作用データを公開

遺伝子発現の時間的・空間的調節を行うタンパク質である転写調節因子は、生体機能調節の中心的役割を果たしており、各種疾患にも深くかかわっている。世界屈指の高精度・高速大量処理能力を有する酵母ツーハイブリッド技術を用いて、転写調節因子の大規模相互作用解析を実施し、ネットワークを構築した。

この相互作用データは、国立遺伝学研究所が運営する「ゲノムネットワークプラットフォーム^{*}」より公開されているが、そのデータ数は2008年8月現在で1,414件に上り、転写調節因子の実験データとして世界最大規模となっている。このネットワークから新たな生体反応マップを抽出することにより、疾患発症のメカニズム解明のみならず、副作用の少ない医薬品開発への応用が期待できる。

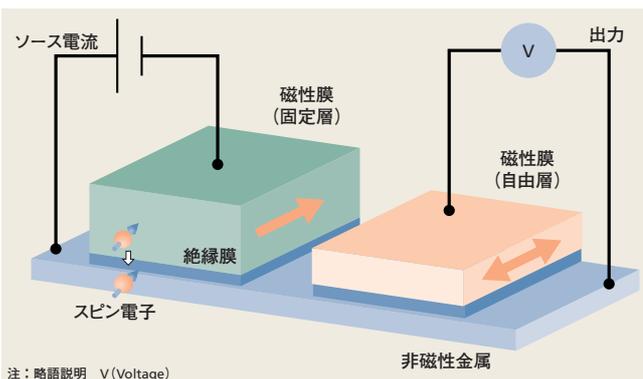
* ゲノムネットワークプラットフォームは、プロジェクト参加研究機関による成果を統合しデータベース化した情報プラットフォームであり、この研究は、文部科学省のゲノムネットワークプロジェクトの一環で実施したものである。



5 転写調節因子の大規模相互作用データ例



6 試作した発振器のチップ(左)とミリ波無線伝送システムの応用例(右)



7 試作した磁気センサー(スピン蓄積素子)の構造
注: 略語説明 V(Voltage)

6 世界最高レベルの低雑音性能を実現したミリ波高速無線伝送システム用発振器

1秒間に数ギガビット以上のデータ通信が可能な技術として注目されているミリ波高速無線伝送システム向けに、低コストCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)デバイスを用いた28 GHz帯発振器を試作し、世界最高レベルの低雑音性能を実現した。これは、発振器を構成するCMOSトランジスタの動作を制御する「電圧振幅再分配技術」の開発により実現したものである。

ミリ波高速無線伝送技術は、壁掛けも可能な薄型テレビとチューナ間での非圧縮映像伝送を可能とするほか、大容量記録装置とPC間における高速無線データ伝送を実現する手段として注目されている。

今回開発した低雑音発振器を用いることで、ミリ波帯無線伝送装置の通信距離の向上や低コスト化が期待できる。

なお、この研究は総務省の委託研究「電波資源拡大のための研究開発」の一環として実施されたものである。

7 スピン蓄積効果による将来HDD用磁気センサーの実用可能性を実証

東北大学電気通信研究所との共同研究、および日立グローバルストレージ

テクノロジーズ サンノゼ研究所の協力により、新構造の磁気センサーを試作し、将来の大容量HDD(Hard Disk Drive)読み取り部への実用の可能性を実証した。これは、素子の微細化に適した「スピン蓄積効果」を応用し、同原理による従来値の50倍以上という高い出力電圧を室温で得たものである。

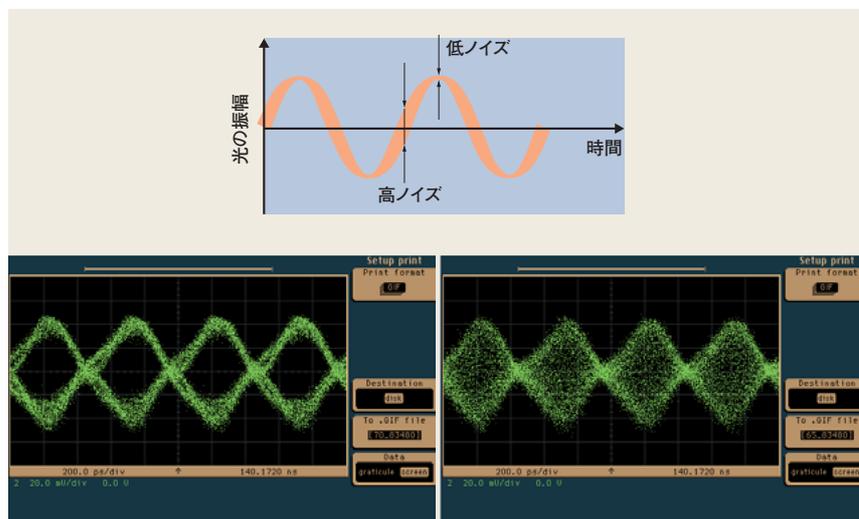
この原理は、磁性体と非磁性体との間に電流を流すと、磁気情報を持つ一部の電子(スピン電子)が非磁性体に蓄積するもので、外部磁界によって電圧変化が生じ、センサーとして機能する。

なお、この成果は文部科学省の委託事業「ITプログラム」の課題の一つである「超小型・大容量ハードディスク開発」で実施され、得られたものである。

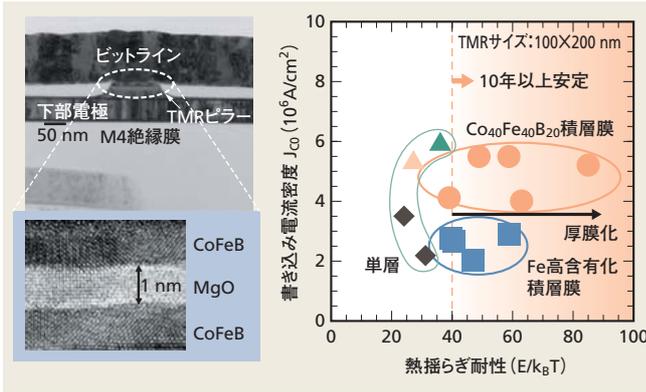
8 光が持つノイズを制御して光通信の安全性を向上

グローバルにネットワーク化された今日、情報セキュリティの確保は将来にわたる重要課題の一つである。これに対し、光伝送路における情報の安全性を向上させる技術を開発した。

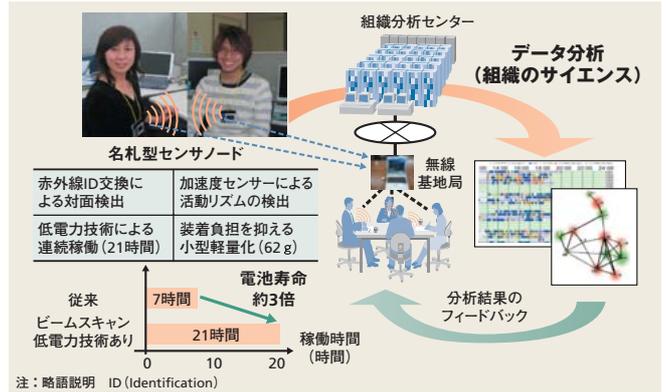
光の振動周期に同期してノイズが増減する光(アンチスキズド光と呼称)に信号を重畳し、低ノイズの部分を利用して通常の通信を行い、高ノイズの部分により不正受信を困難にする。2値の信号に対しては、原理的に低ノイズの部分だけで信号の送受信が可能であるが、4値以上の信号に対しては、高ノイズの部分にも情報が載る。その原理を応用し、2値の信号を4値以上



8 アンチスキズド光の模式図(上)と、正規受信者(左下)および不正受信者(右下)のアイパターン



9 スピン注入 RAM の高集積化に向けたデバイス設計手法



10 「ビジネス顕微鏡」の概要

に変換して信号を送受信する。正規受信者は鍵を用いて2値受信を許されるが、不正受信者は4値以上で受信しなければならない。高ノイズの部分の影響を受ける。この原理により伝送路における安全性が向上する。

現在、原理実験が完了した段階であり、今後は完成度を高めていく。

なお、この研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費により支援された。

ある「高機能・超低消費電力メモリの開発」において、東北大学電気通信研究所との共同研究により実施され、得られたものである。

10 ホワイトカラー社員の生産性向上をサポートする新しい分析・評価技術

人や組織の成長による付加価値の向上に向けて、「ビジネス顕微鏡」の研究開発を推進している。

独自の低電力技術(ビームスキャン)によって実現した、小型の名札型センサー(重さ62g、連続稼働21時間)から得られる社員間の対面や動きのリズムを記録し、組織内でのコミュニケーションの質や生産性を定量的に分析する、新しい組織サイエンスの構築をめざしている。

ビジネス顕微鏡は、組織とセンサー

技術の融合により、知識労働組織の生産性向上、ホワイトカラー社員の充実度向上に向けたソリューションとして有望であり、さまざまな新規サービス事業への展開の可能性を秘めている。(サービス開始予定時期：2009年4月)

11 解析主導設計のためのメッシュモーフィング技術

解析主導設計は、設計の上流段階から解析を活用して、設計期間短縮と製品の高信頼化をめざすものである。この解析主導設計の展開を加速させるため、今回、先行機種などの既存のメッシュデータを変形させて、新形状のメッシュを作成できるメッシュモーフィング技術を開発した。

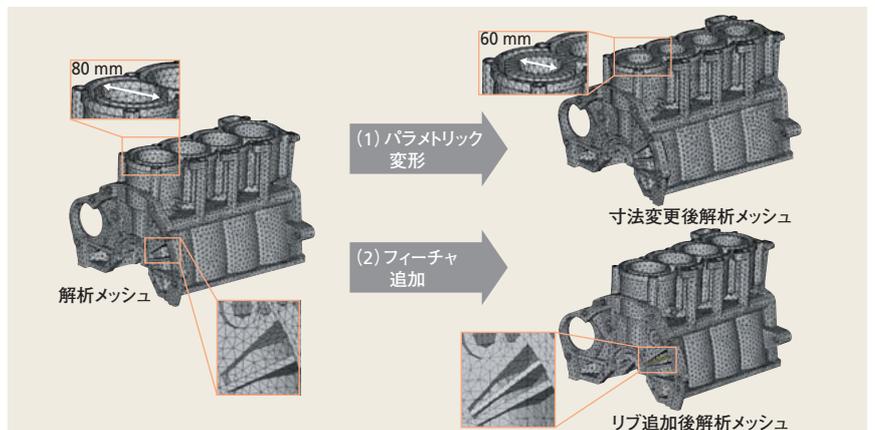
これにより、メッシュデータのみから設計変更できるため、CAD(Computer-aided

9 スピン注入RAMの高集積化に向けたデバイス設計手法

環境負荷を低減する将来のIT機器に必須の不揮発RAM(Random Access Memory)として期待されているSPRAM(Spin Transfer Torque RAM)の高集積化時に、熱の影響で磁石の性能が不安定になって起きる誤作動の確率を計算する手法を見だし、これを用いて熱揺らぎを抑制するデバイス設計手法を考案した。さらに、この手法を用いて、高Fe含有率のCoFeBを記憶素子とするTMR(Tunnel Magnetoresistance)素子、およびその積層構造の厚膜化を検討し、高い熱揺らぎ耐性と良好な素子抵抗分布を確認した。

これは、SPRAMの高集積化実現を大きく前進させる技術である。

なお、この成果は文部科学省の委託事業「ITプログラム」の課題の一つで



11 メッシュモーフィング技術の適用例(エンジンプロックの一例)

Design) データ作成後にメッシュを生成する従来の方法に比べ、設計プロセスの中で大きな割合を占めるメッシュ作成時間を大幅に短縮することができる。

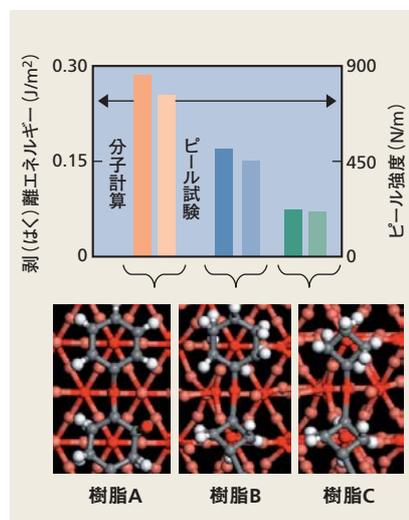
この技術は、電力機器や自動車機器といったさまざまな製品に適用されるとともに、「HICAD/CADAS」として市販されており、設計変更時のメッシュ作成時間を $\frac{1}{15}$ 以下に低減するなどの効果を上げている。

12 樹脂と金属の密着強度を予測する分子シミュレーション技術

電子部品から自動車機器、家電品に至る幅広い製品分野において、樹脂材料と金属の界面での密着強度向上が課題となっている。

今回、この密着強度を予測する分子シミュレーション技術を開発した。これにより、従来は繰り返し実験により選定していた金属との密着性に優れた樹脂材料を、シミュレーションによって選定することが可能になった。

近年、省エネルギーのための製品軽量化に伴って、樹脂材料が多用される傾向が加速されつつあるため、この技術を多くの製品に活用していく予定である。



12 めっき銅膜と樹脂の界面密着強度予測

13 現場状況に柔軟に対応して自律移動する物流支援ロボット

物流作業の高効率化に向けて、新たに物流支援ロボットを開発した。このロボットは、高い自律機能によって搬送ルートを容易に変更できるものであり、安全性と高効率搬送を両立している。

[主な特徴]

(1) 自己位置同定機能

レーザー距離センサーで得た実環境の形状と、移動環境の地図をマッチングすることで、ロボットの現在位置を推定する位置同定機能を搭載している。これにより、従来の無人搬送車で必要であったガイドラインなどのインフラ設備が不要となる。

(2) 障害物回避機能

安全な範囲でスムーズに障害物を回避する軌道を、自動的にリアルタイムで生成する。安全を確保しながら、待機時間の短縮を可能とした。

(3) 複数連携機能

複数ロボット間で通信し、相互位置を制御することで、あたかも1台のように連動する。これにより、要求される運搬量の変動にも柔軟に対応できる。



13 物流支援ロボット

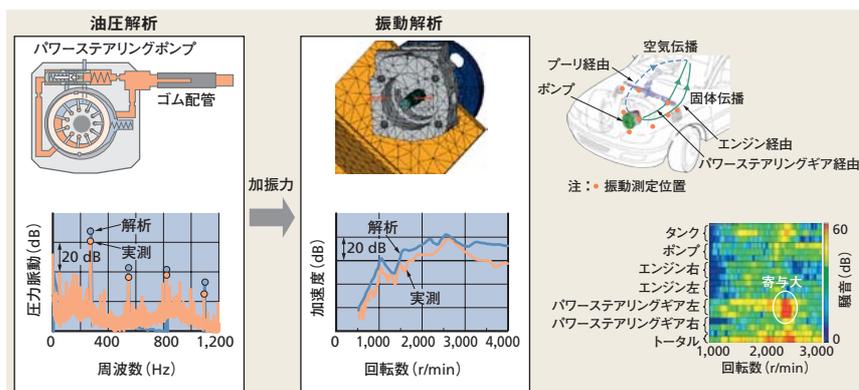
ている中、自動車用コンポーネントに起因する振動や騒音を下げるNVH (Noise Vibration and Harshness) 技術として、油圧—振動解析技術、伝達経路分析技術を開発中である。

パワーステアリングポンプの例では、油圧—振動解析技術は、油圧解析により求めた圧力脈動から加振力を計算し、ポンプの有限要素モデルに入力することで振動を求める技術である。低脈動・低振動製品の解析主導設計に活用している。

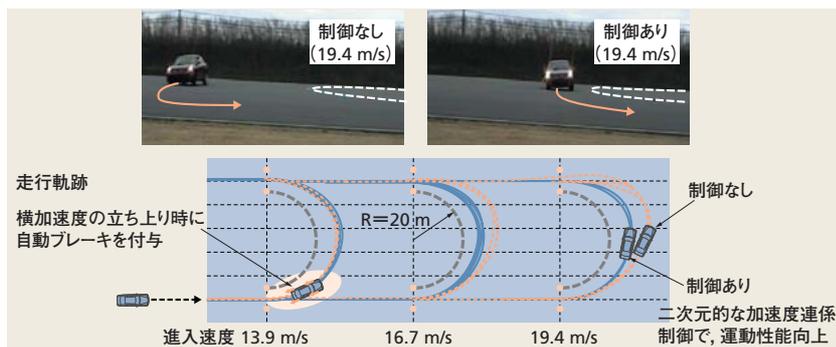
伝達経路分析技術は、ポンプから車内騒音へと伝播(ば)する複数の伝達経路のうち、支配的な経路を求める技術である。経路上の振動を計測して信号処理することで経路ごとの寄与がわかるため、効率のよい対策が可能で自動車製品以外にも広く活用できる。

14 自動車用コンポーネントの静音化のためのNVH技術

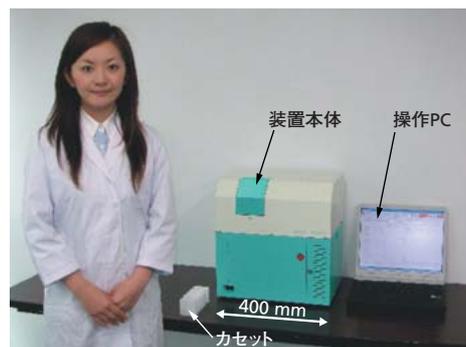
近年、静かで快適な車両が求められる



14 油圧—振動解析技術と伝達経路分析技術



15 自動減速制御によるコースレース性能の向上



16 細菌数迅速計測装置

15 熟練したドライバーの運転操作を再現する車両運動制御技術

神奈川県立工科大学 安部正人教授と共同で、熟練したドライバーが安定に車両挙動を制御する場合に行うような、ハンドル操作に連係した微妙な加減速を自動的に実行する技術を開発した。

これは、実際のハンドル操作とブレーキ・アクセル操作との関連を、車両に発生する横方向の加加速度（加速度の変化率）を用いて世界で初めて定式化し、それに基づいて加減速を制御するものである。これにより、熟練したドライバーが行うように、各タイヤの前後力と横力が好適に連係制御され、運動性能と乗り心地の向上、さらにはタイヤ磨耗の低減が可能となる。オーバースピードでコーナーに進入してしまった場合にも、操舵（だ）に応じて適切に減速される。

今後は、カメラ・レーダーなどの前方情報と組み合わせ、よりいっそうの安全性向上を図る。

フローサイトメトリー法の全自動化を実現した。

これにより、試料原液を注入したカセットを装置に挿入するだけで、これまで1~2日かかっていた食物試料中の細菌数の計測を、90分以内に自動計測することが可能になる。

今回開発した装置は小型で取り扱いが容易なため、簡便に食品衛生検査を行う環境を提供できる。また、計測結果を短時間で得られるため、今後はさまざまな付加価値を加えた利用方法の展開を図る。
(株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス)

環境対応の両面から、水潤滑化が要求されていた。

そこで、環境負荷が少なく、保守の簡素化に対応した、給水制御装置を必要としない動圧型水潤滑樹脂軸受を開発し、実機に適用した。主な軸受技術は次の通りである。

[主な特徴]

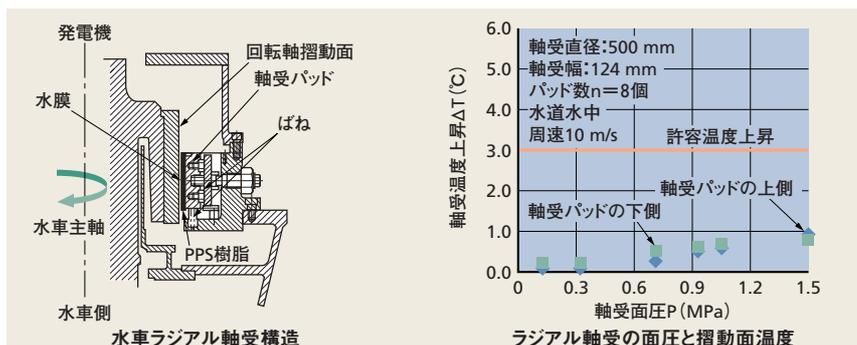
- (1) 軸受パッドの形状設計と、回転軸摺（しゅう）動面の粗さの低減により流体潤滑状態を確保した。
- (2) 軸受側にカーボン繊維含有PPS樹脂（ポリフェニレンサルファイド樹脂）を、主軸側に焼入れステンレス鋼をそれぞれ採用し、起動・停止に対する低摩擦と高い耐摩耗性を実現した。
- (3) 軸受パッドの上下面と背面にバネを装着した弾性支持構造とし、高荷重領域まで水膜を保持するとともに、摺動面の片当たりや衝撃力による損傷を防止し、高い信頼性を実現した。

17 完全流体潤滑を実現する環境対応型水車用樹脂軸受

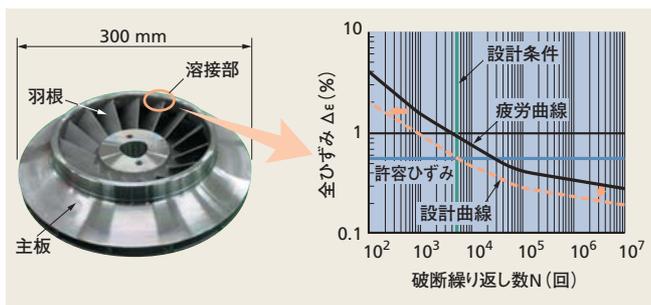
水車発電機においては、機器のオイルレス化や保守の簡素化が進められている。その中で、水車主軸を支持するラジアル軸受に対しては、汚染防止と

16 細菌数迅速計測装置

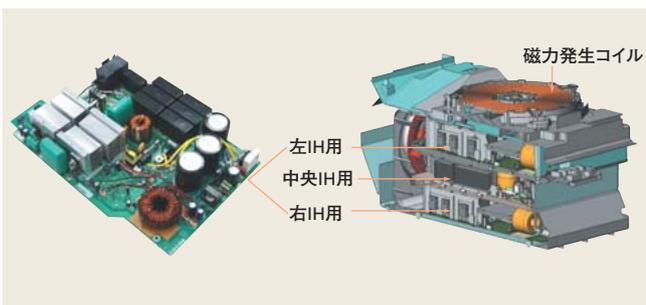
MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術で形成した微細流路（最小幅30 μm）の計測部を前処理一体型計測カセットに搭載することにより、細菌の数を蛍光染色して計測する



17 水車ラジアル軸受構造と軸受パッドの温度特性



18 レーザスロット溶接製羽根車と強度設計基準



19 IH クッキングヒーター用ハイブリッドパワー回路基板と実装構造

遠心圧縮機羽根車の強度設計基準とそのツール化

18

スロット溶接に半導体レーザを適用した、新しい溶接法であるレーザスロット溶接を、プロセス用遠心圧縮機羽根車に適用した。

今回、溶接製羽根車の強度設計基準構築と専用設計ツール開発を行った。実機羽根車の溶接部を模擬した疲労試験を行い、繰り返し数と溶接部の局所ひずみの関係を明らかにした。その結果から、起動・停止によって繰り返し負荷される遠心力に対する新しい強度設計基準を、ステンレス鋼など3種類の材料に対して確立した。

さらに、CAE (Computer-aided Engineering) により溶接部の局所ひずみ計算を行って、この強度設計基準による羽根車の疲労強度評価ができる専用設計ツールを開発した。

今後は、羽根車への適用鋼種の拡大と過酷 (腐食) 環境への対応を図る。

ハイブリッドパワー回路を開発し、回路体積を従来機種の約 $\frac{1}{3}$ に小型化した^{※1}。また、従来の昇降圧回路は、商用電圧をいったん昇圧してから所望の電圧に降圧していたが、新開発品は、商用電圧を直接所望の電圧に変換できるため、高効率化が可能となった。この技術により、左右ヒーターともに3 kW、アルミ鍋使用時では業界ナンバーワン^{※2}の2.6 kW、中央ヒーターでも業界ナンバーワン^{※3}の1.6 kWを実現し、ダブルオールメタル対応トリプルパワーIHクッキングヒーターHT-C20Tシリーズの製品化に貢献した。

日立のオールメタル対応IHクッキングヒーターは、鉄鍋はもちろん、アルミ鍋でも鍋そのものを直接発熱させ、トッププレートの表面温度が鍋底温度以上にはならない「ピュアなIH」が特長である。

※1 当社従来機種 HTW-4GE (2003年発売) との比較
 ※2 2008年8月1日現在、アルミ・銅鍋加熱時において
 ※3 2008年8月1日現在、中央IHにおいて

アモルファスを適用した小型・高効率永久磁石モータ

20

日立金属株式会社が世界需要の90%以上を供給している鉄基アモルファスは、透磁率が高く、損失の少ない材料として知られているが、厚みが0.025 mmと薄く、加工困難であることから、現在はその利用範囲が限られている。

今回、株式会社日立産機システムと共同で、このアモルファスを無加工のままモータの鉄心として利用する技術を開発した。アモルファス箔(はく)帯を巻くだけの簡単な工程でモータ用の固定子鉄心を構成し、レアメタルを用いない安価な磁石と組み合わせて業界トップレベルの高効率なモータを実現した。高効率・低コストのモータが可能になり、環境負荷の低減や省エネルギーに貢献できる。

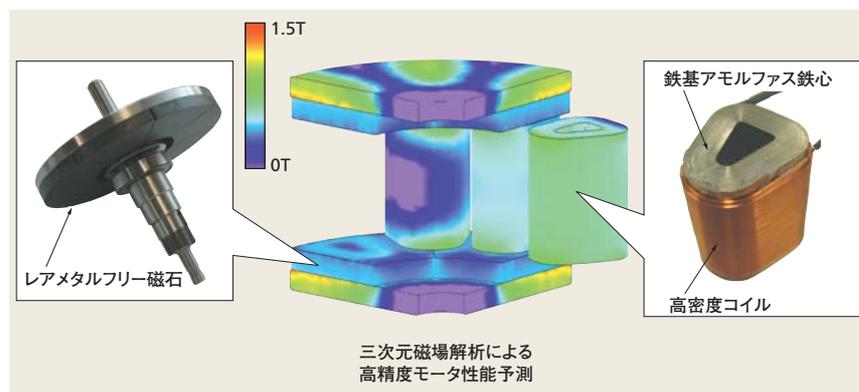
今後は、小型・高効率化が要求される家電・産業用途での製品化に取り組んでいく。

ダブルオールメタル対応トリプルパワーIHクッキングヒーター用ハイブリッドパワー回路

19

IHクッキングヒーターにおいて、左右ヒーターのオールメタル対応IH (Induction Heating) に加えて中央ヒーターにもIHを搭載するには、パワー回路の小型・高効率化が不可欠であった。

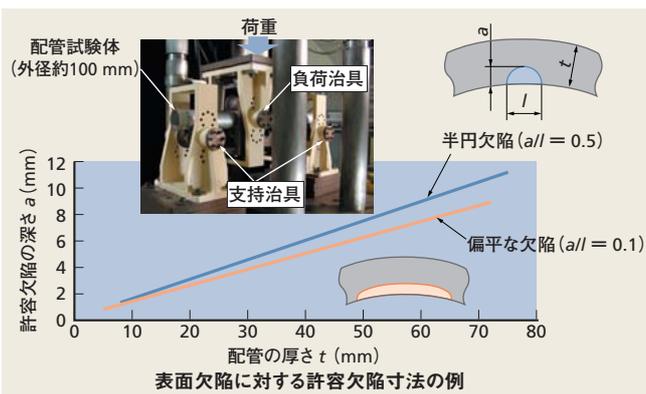
今回、昇降圧回路とフルブリッジインバータのパワー素子を一部兼用した



20 アモルファスを固定子鉄心に利用したモータ構造



21 高密度圧粉磁心を用いたクローティースモータ



22 配管の破壊試験の状況と表面欠陥に対する許容基準の例

21 高密度三次元構造の
圧粉磁心を用いたクローティースモータ

日立製作所は、株式会社日立産機システム、日立粉末冶金株式会社と共同で、高密度圧粉磁心を利用して小形モータの鉄心を三次元的に構成するクローティースモータを開発した。

圧粉磁心材料自体の成形性改善とその圧縮成形プロセスの開発により、従来からモータに一般的に使用されている電磁鋼板とほぼ同程度の高い磁気特性を得ることができた。この圧粉磁心成形体を鉄心として、高密度コイルを実装できるクローティースモータ構造を考案し、その特性を実証した。このモータは、鉄心の中を磁束が三次元的に有効に利用するため、従来のモータ構造に比べ大幅に体積を小さくできる。

今後は、同様に小型化が要求される産業・自動車分野などの電動化用途への適用拡大をめざす。

違いによらない、簡便で使いやすく新しい許容欠陥寸法基準を提案し、2009年7月に発効予定の規格に採用されることになった。

採用が決定した基準は、実機材料と同じ材質の配管破壊試験によって実証された破壊力学評価法を駆使して、繰り返し荷重による欠陥の進展性および破壊に対する裕度を、独自に評価したものである。

今後は、この技術を用いて、原子力発電プラントの他の機器に対する許容欠陥寸法基準を開発・提案していく。

なお、この技術は財団法人電力中央研究所との共同研究成果である。

ニング技術を京都大学と共同で開発した。

開発した技術は、現在最も微細なパターンニングが可能な電子線直接描画法で基板表面に作成した離散的な化学的パターンを、高分子ブロック共重合体の自己組織化現象によって補間し、高密度化するものである。

今回、パターンの密度を9倍化し、周期24 nmの規則パターンを基板表面にほぼ欠陥なく形成することに成功した。現行のリソグラフィは、技術、コストなどの面からその限界が見えつつあるが、この技術はその加工限界を一桁以上微細化できる可能性を示すものである。

今後も、半導体や記録装置、センサーなど、電子デバイスのいっそうの高機能化に向けて検討を継続していく。

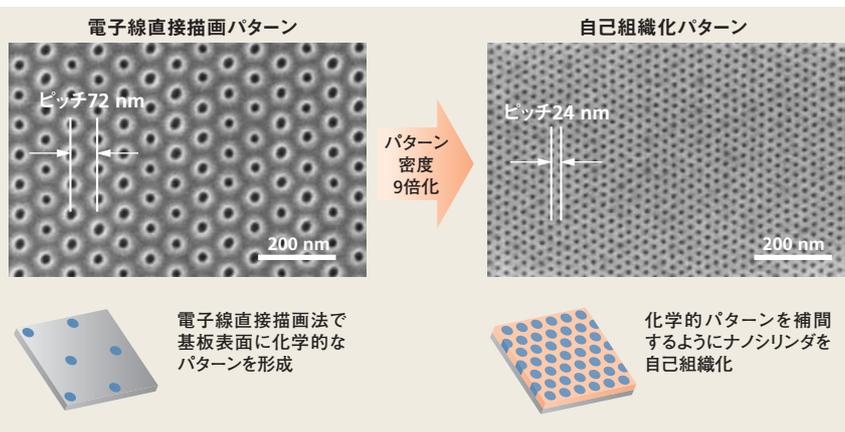
23 自己組織化リソグラフィ

自己組織化現象を応用したナノパターン

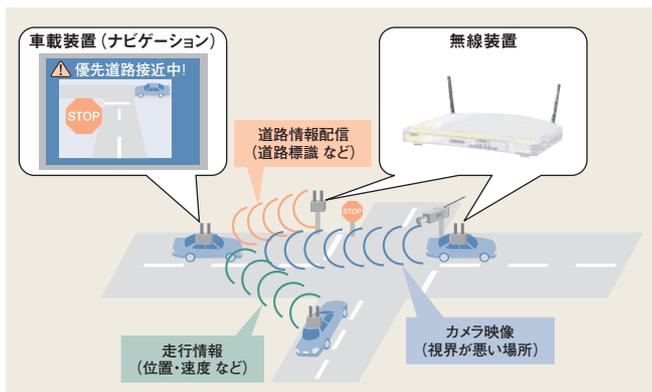
22 米国機械学会規格
原子力発電プラント配管の
許容欠陥寸法基準の策定

米国機械学会は、運転開始後の原子力発電プラント維持のための技術規定を定めた規格において、配管に発見される欠陥の許容寸法基準を定めている。

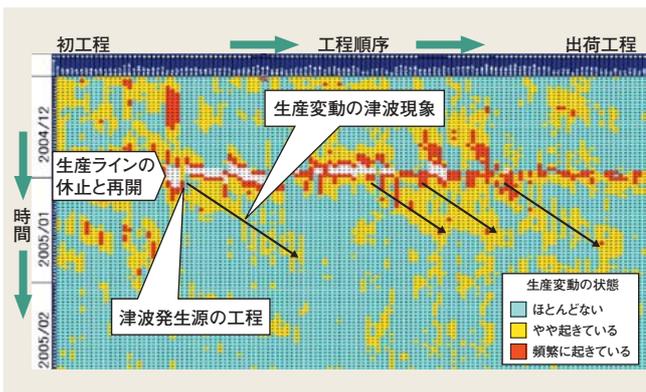
今回、配管の形状、欠陥の深さおよび長さを考慮したうえで、配管鋼種の



23 自己組織化を活用したパターン高密度化



24 路車間・車車間通信による無線通信システム



25 生産における「津波」の可視化の例

路車間・車車間無線通信システム

24

近年、レーダなどの車載センサーによる安全運転支援が実用化されつつあるが、見通しの悪い交差点での出会い頭衝突など、各センサーの知覚範囲を超える事故への対応は困難である。そのため、他車の位置・速度や周囲の道路状況を、無線通信を用いてより広い範囲で把握することによって、さらに多くの事故を防止することが期待されている。

自動車向け無線通信規格の国際標準であるIEEE802.11pをベースに、低遅延・高信頼、かつスケラブルな無線通信システムを開発し、国内外での実証実験などを通じて、要素技術の検証や課題抽出を実施してきた。

今後は、路側基地局と車載端末に閉じた通信システムのみならず、WiMAXやLTE (Long Term Evolution) などの次世代無線通信技術や、ITS (Intelligent Transport Systems) / テレマティクスセンターとの連携も含めた統合的なシステムソリューションの提供をめざしていく。

生産における「津波」の可視化・予防技術

25

顧客嗜好(し)の多様化・短命化に

伴い、製造業では多品種少量生産体制の実現が急務である。

このような中、生産管理においては、迅速かつ継続的な改善の仕組みの確立が必須となってきている。これに対して、生産ラインの前工程で発生した生産物流や生産歩留りの変動が、時間とともに後工程に津波のように伝播する様子を可視化する技術を開発した。

これを用いて、日立グローバルストレージテクノロジーズでは、生産ラインの休止と再開において生産変動の津波が発生していることを発見し、津波の源となっている生産装置の保守手順を改善することで生産性向上を実現した。

この技術は、日立グループ内の他事業所にも数多く適用され、生産性向上に貢献している。

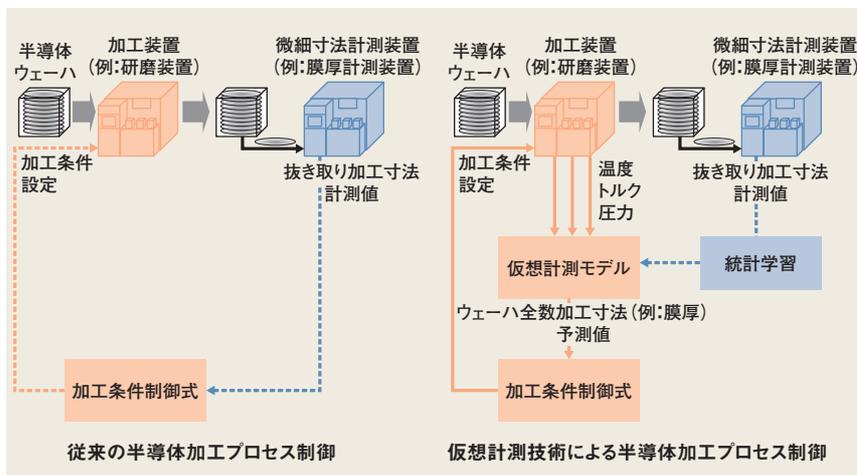
装置データを活用した仮想計測技術による高精度プロセス制御

26

加工装置の温度、トルク、圧力などのモニター用センサーデータを活用して、半導体ウェーハ加工プロセスの微細加工寸法を予測する仮想計測技術を、株式会社ルネサス テクノロジと共同で開発した。

従来は、専用の微細寸法計測装置を用いて実際の加工寸法をウェーハ抜き取りで計測し、加工条件の制御を行っていたが、この技術によって、加工時の大量の装置センサーデータとウェーハ加工寸法との関係を統計的に学習する仮想計測モデルを構築し、リアルタイムでウェーハ全数の加工寸法を高精度に予測することを可能にした。

この技術を、半導体の配線形成工程



26 仮想計測による半導体研磨プロセス制御システム

における化学的機械的研磨プロセスの制御に適用して寸法ばらつきを抑制し、研磨プロセスの安定化とコスト低減に貢献した。

置に搭載された。

今後は、さらなる高画質化の検討を行うとともに、各種顕微鏡や医用装置などへの展開を図る。

これらの技術により、無線通信機器内のノイズ干渉のメカニズムが明らかになった。

27 画像のノイズ除去や分解能向上を実現する高画質化技術

画像処理によって、ノイズの除去や分解能の向上（画像ぼやけの改善）を行う高画質化技術を開発した。特に、ノイズが多く含まれる画像に対して良好な画質を得るためには、信号とノイズを正しく識別し、ノイズの除去や信号の強調を行う必要がある。今回、周波数分解を用いた独自の方式により、信号とノイズを高精度に識別することで、ノイズ除去と分解能向上を同時に実現した。

この技術は、株式会社日立ハイテクノロジーズの電子顕微鏡、および株式会社日立メディコの医用超音波診断装

28 放送・無線通信機器内の干渉ノイズ測定技術

高速マイコンを搭載する携帯電話やナビゲーション機器では、地上デジタル放送やGPS (Global Positioning System) 受信、無線通信を安定させるため、機器内のノイズを低減する必要がある。

今回、このノイズを高感度にリアルタイム計測する技術を開発した。

[主な特徴]

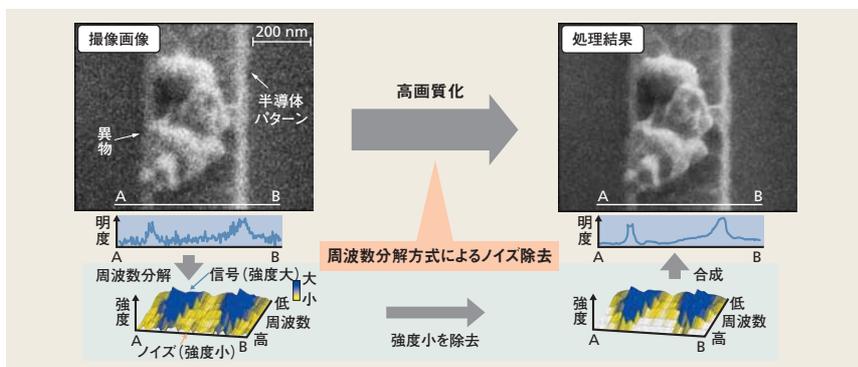
- (1) 高感度磁界・電界プローブの開発により、機器の受信感度を決定する微小なノイズ分布を可視化
- (2) 時々刻々と変化する無線信号とのノイズ干渉状況を計測し、ノイズの影響を明確化

29 ノートPC用Blu-ray Disc スリムドライブとデバイス技術

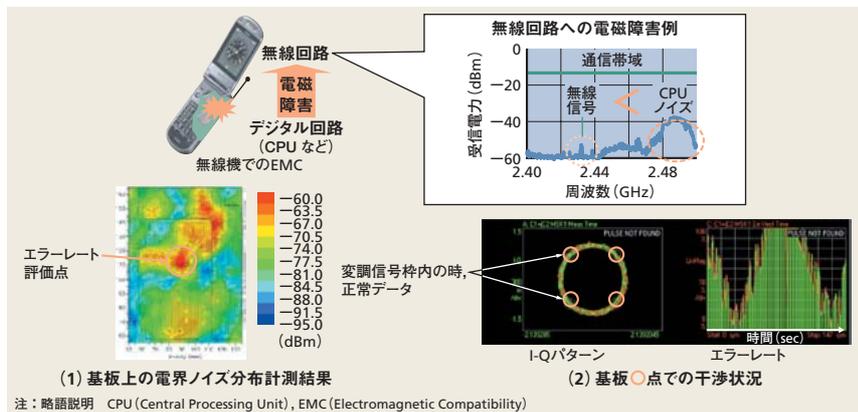
Blu-ray Discの普及が拡大しているノートPCをターゲットに、日立製作所は、株式会社日立エルジーデータストレージ、株式会社日立メディアエレクトロニクス、株式会社ルネサステクノロジと共同で、業界最高速のBlu-ray Discの4.8倍速再生とDVD/CD記録が可能な、厚さ12.7 mmのスリムなBlu-ray Discスリム光ディスクドライブを開発した。

[主な特徴]

- (1) 光ピックアップ技術
Blu-ray Disc専用とDVD/CD用の二つの対物レンズを、トラック方向に配置するスリム用薄型高効率光学系を新規に開発した。
- (2) LSI技術
低消費電力化を図った高性能再生信号処理技術と、過去の状態を記憶し、先を予測する新制御技術を適用した高精度サーボ制御技術を開発した。
- (3) ドライブ技術
上記の光ピックアップとLSIを用い



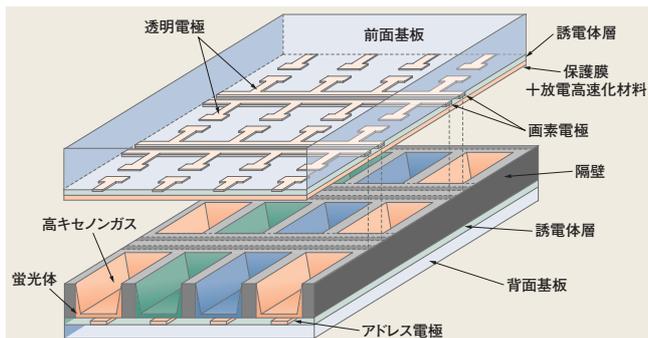
27 半導体の電子顕微鏡画像に対する高画質化の例



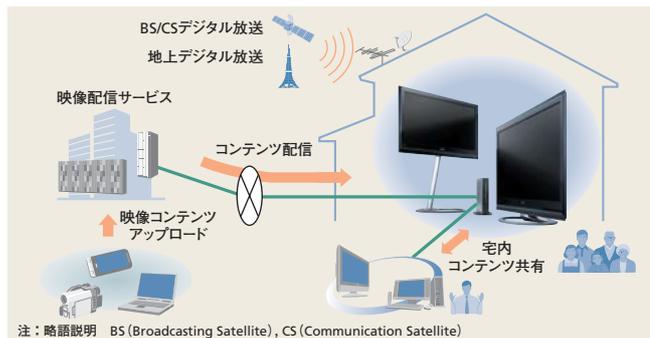
28 無線通信装置内の干渉ノイズ測定例



29 Blu-ray Disc スリム光ピックアップ



30 PDPのパネル構造



31 デジタルテレビにおけるネットワーク対応技術

て、高速時のサーボ安定化と高速再生を可能にし、業界最高速のBlu-ray Disc再生を実現した。

今後は、待機電力最小化による低消費電力化、部品のプラスチック化によるコスト低減を推進していく。

デジタルテレビにおけるネットワーク対応技術

31

ネットワーク経由のHD (High Definition) 映像配信サービスや、宅内のコンテンツ共有機能を利用可能とする最新技術を開発し、「Wooo UT 770シリーズ」に搭載した。これにより、テレビをネットワーク時代に適した機器として進化させ、多様な映像コンテンツの中から好きなものを好きなときに楽しむという、放送と通信の融合・連携に向けた新しい視聴スタイルを実現した。

[主な特徴]

- (1) 高品位映像をネットワーク経由で安定して受信する伝送制御技術、および映像の不正利用を防止する著作権保護技術
- (2) 宅内ネットワークの業界標準仕様DLNA (Digital Living Network Alliance) ガイドラインに準拠したプレーヤ技術、およびサーバ技術

デジタル家電組込みソフトウェアの実機レス開発技術

32

デジタルテレビは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせで構成される。近年、電子番組表など、ソフトウェアで提供する機能の多様化に伴い、ソフトウェアの重要性がさらに高まっている。また、これまででは、ソフトウェアの開発において、デジタルテレビのハードウェアを用いて仕様通りの動作を確認することが一般的であった。

今回、デジタルテレビのソフトウェアを、PC上で動作させる実機レス開発技術を開発した。実機レス開発環境をPCにインストールすることで、PCがデジタルテレビのハードウェアの機能を提供する。この技術により、PC上の開発環境を利用して、ソフトウェアの開発を高品質・高効率に行うことが可能となった。また、ハードウェアの確保が難しい開発の初期段階や、オフショア開発においても開発環境の確保が可能となるため、開発期間短縮への貢献が期待される。

PDP高効率・省電力化技術の開発

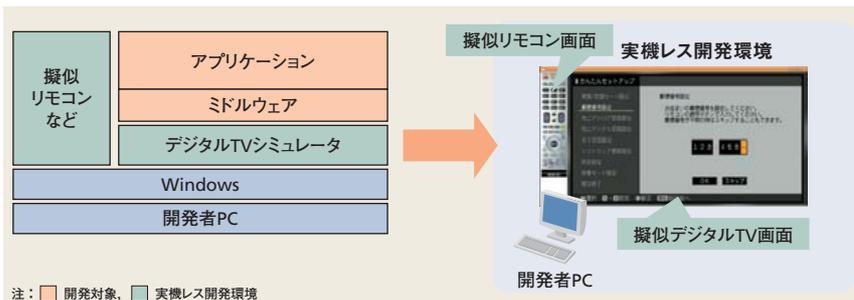
30

日立プラズマディスプレイ株式会社は、PDP (Plasma Display Panel) の生産において、水銀、鉛レス化など環境負荷低減を推進するとともに、その製造段階では、世界最高レベルのエコファクトリーをめざし、CO₂排出量削減などに取り組んでいる。

今回、テレビの消費電力に対する世界的な規制強化に対応し、PDPの高効率、省電力化技術を開発した。

[主な特徴]

- (1) 高濃度キセノンガス(20%以上)を封入することで紫外線発光効率を向上
- (2) 放電高速化材料を開発し、高コントラスト化を実現
- (3) 隣接画素との隔壁上に画素電極を配置し、従来画素電極で遮光されていた光を利用することで輝度を向上
- (4) 画素電極への印加電圧を低減しながら発光量を維持する駆動方法を開発し、発光効率を向上



32 デジタル家電組込みソフトウェアの実機レス開発技術