

第6章

研究

Research & Development

128

研究開発

Research & Development

人に優しい医療を追求する 医療機器のマーケットイン型デザイン

医療・健康分野を取り巻く環境が大きく変化する中、医療現場で使用される機器はますます高機能化している。

日立グループは、機能向上のみならず、医師や患者などにとって優しい装置をめざし、「マーケットイン型デザイン」という観点から医療機器の開発に取り組んでいる。

その考え方を採用した最初の製品である透視撮影装置「CUREVISTA」と超音波診断装置「HI VISION Preirus」は、

「グッドデザイン賞」をはじめとする数々のデザイン賞を受賞した。



医療機器のデザインが持つ意味

医療機器の分野は、家電製品などに比べ、デザイン面よりも機能が優先される傾向がありました。しかし、本来医療機器は、医師や技師、看護師にとって使いやすいものでなければなりません。また、不安感や閉塞（そく）感を取り除き、患者が快適に受診できるようにするのも、医療機器のデザインが果たす役割と言えるでしょう。そこで私たちは、医療現場が最も求めているニーズを汲み上げて製品開発を行うマーケットインを設計・開発の基本的な考え方とし、株式会社日立メディコと日立製作所デザイン本部が連携して、設計段階からデザイン検討を取り入れる新しい開発プロセスにチャレンジしました。その第一号が透視撮影装置「CUREVISTA」で、続いて開発したのが超音波診断装置「HI VISION Preirus」です。

製品の最終形を「見える化」する

まず最初に行ったことは徹底した調査でした。実際に医療機器を操作するお客様からのヒアリングはもちろん、機器がどんな環境でどのように使われているかを詳しく調査・分析し、医療機器の理想型を追求したのです。そのうえで、機器の新しい使い方の提案も含めて、最終的な製品イメージを表現したコンセプトカタログを作成しました。

いわゆる「見える化」によって、開発に携わる全員が製品のコンセプトを理解し、共有するためです。

透視撮影装置CUREVISTAの開発では、検査内容が高度化・多用途化していく現状を踏まえて、現場で自由に動き回れる検査環境などをつくるためにオフセットオープンデザインを採用する一方、温かみのあるフォルムやカラーリングなどによって患者をリラックスさせるデザインにしています。また、超音波診断装置HI VISION Preirusでは、大胆に曲線を配したラウンドフォルムを取り入れ、操作パネルとLCD (Liquid Crystal Display) モニタが一体でスライドする機構を採用して使う人の視線との位置関係が一定になるようにしたり、ベッドサイドのスペースに配慮したりするなどしたわけです。

こうした誰にとっても優しいデザインという理想は、高密度実装技術やさまざまな新技術を駆使してようやく実現しました。とは言え、製品化に至るまでには多くの難題があり、開発メンバーの間で激しい議論を交わすこともありました。そんなとき、原点に立ち戻るために生きてくるのがコンセプトカタログなのです。

数々のデザイン賞を受賞

幸いにも、CUREVISTAとHI VISION Preirusは、医療現場で好評をいただいています。そればかりか、CUREVISTAは「第38回機械工業デザイン賞最優秀賞・経済産業大臣賞」など、また、HI VISION Preirusは「2009年度グッドデザイン金賞」など、国内外の権威あるデザイン賞を受賞し、開発に携わったメンバーの大きな自信になりました。実は両製品に採用した「スマイルイエロー」という従来にないカラーリングも、検査環境の照度に左右されないことを考慮したものなのです。「患者さんを幸せな笑顔で帰したい」、スマイルイエローに込めたそんな思いで、これからも医療機器の開発に取り組んでいきたいと考えています。

左から、日立製作所 デザイン本部 社会ソリューションデザイン部の二ノ宮篤 主任デザイナー、株式会社日立メディコ USシステム本部 製品設計部の吉田尚浩 部長、XRシステム本部 ユニット設計部の原昭夫 部長

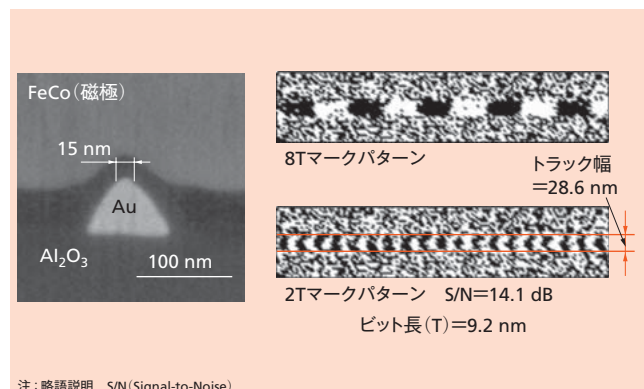
HDDの記録容量を現行の5倍以上に高める 熱アシスト方式の磁気ヘッド

PCや大型ストレージのほか、映像機器にも用途が拡大する中、HDDの記録容量増大が急がれている。

HDDの大容量化は、データセンターなどの省電力化にも寄与するため、グリーンITの観点からも期待が高い。

日立グループは、記録密度を1平方インチ当たり2.5テラビットに高密度化することができる熱アシスト磁気記録方式の記録ヘッド技術を開発し、

HDDの記録容量を現行製品の5倍以上まで高められる見通しを得た。



注：略語説明 S/N (Signal-to-Noise)

近接場光素子の顕微鏡写真 (左)、マークパターンのシミュレーション結果 (右)

ブレイクスルー技術としての期待

情報社会の発展に伴い、HDD (Hard Disk Drive) の大容量化がますます求められています。現在使われている垂直磁気記録方式では、1平方インチ (約25.4 mm²) 当たりで現在の500ギガビットの倍、1テラビットが記録密度の壁と言われており、それを越えるブレイクスルー技術として期待されているのが「熱アシスト磁気記録方式」です。

HDDへのデータ記録は、記録媒体表面の磁性体に磁界を当てて磁化の向きを変えること (磁化反転) によって行います。熱アシスト磁気記録方式では、データ記録の際に、磁界だけでなく光も当てて記録領域を瞬間的に加熱します。熱によって磁化反転を起きやすくすることで、大容量化に不可欠な、微細で磁気エネルギーの高い磁性体でも記録しやすくなるのです。

今回、この方式に対応した記録ヘッドの基本技術を開発し、記録密度を1平方インチ当たり2.5テラビットまで高められることをシミュレーションによって確認しました^{※)}。

キーポイントは「鳥のくちばし」

熱アシスト磁気記録方式で記録密度を高めるには、光の波長よりも微小なスポットに強い光を集め、データ記録に必要な熱を加えるという、難しい課題を解決しなければなりません。そこで私たちは、「近接場光」を効率的に利用する方法を開発しました。金 (Au) を使って微小な三角形の金属素子を作り、そこにレーザー光を照射すると、光の

電場と金属中の自由電子が共鳴結合し、三角形の頂点付近に強い近接場光が発生します。この現象を利用するのです。

苦心したのは、金属素子の形状でした。近接場光を効果的に発生させるため、数々の試作とシミュレーションを経て選んだのは、三角形の一つの先端部分を記録媒体のほうに向けて微妙にとがらせた、鳥のくちばし (beak) のような立体的な構造です。その形状から、これを「nano-beak (ナノビーク)」と名付けました。このナノビークを磁気記録ヘッドの先端部分に精度よく一体形成する集積化プロセスも、開発の重要なテーマでした。素子の先端部分が15 nm程度という、目に見えない微細な立体構造を正確に形成するのは至難の業です。その実現には、研究所内で培ってきたドライエッチングの微細加工技術がものを言いました。

5倍以上の記録容量も視野に

開発したヘッドに合わせて、現在、熱アシスト磁気記録方式に適した記録媒体の開発も進めています。適切な媒体と組み合わせることで、記録容量を現行の5倍以上、例えば、3.5インチHDDで10テラバイトと、飛躍的に大容量化できる可能性があります。

今後はこの技術をブラッシュアップして早期の実用化をめざし、引き続き高密度記録技術の開発に取り組んでいきます。そしていつか、HDDの容量など気にせずにIT機器を扱える、そんな世の中を実現していきたいと思います。

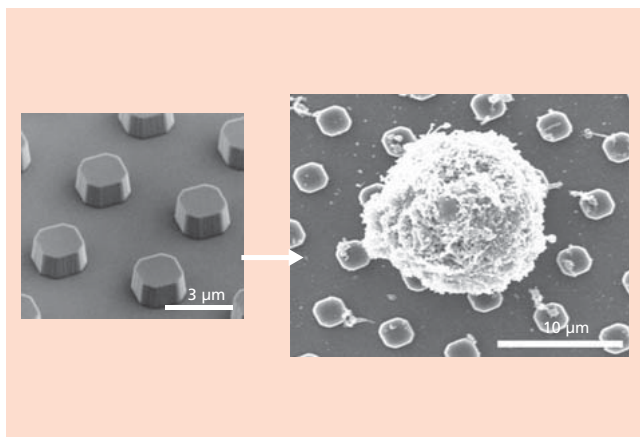
※) この成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から委託を受けて推進中の「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (グリーンITプロジェクト)」の一環として得られたものである。



日立製作所 中央研究所 エレクトロニクス研究センタの宮本治一 主管研究員 (左)、先端ストレージ研究部の松本拓也 主任研究員 (右)

ナノピラー細胞培養シートを用いて 肝細胞のスフェロイドの培養に成功

医薬品メーカーによる新薬開発では、開発期間の短縮とコスト削減が大きな課題となっている。日立グループは、微細な突起を特定のパターンで配列した細胞培養シートを用いて、肝細胞のスフェロイドの培養に成功した。培養したスフェロイドは、平面状に培養した組織体よりも生体肝臓に近い機能を持つため、この技術を創薬スクリーニングに適用することで、新薬開発の効率化に寄与できると期待されている。



ナノピラー細胞培養シート（左）を用いた肝細胞のスフェロイド（右）

求められる新薬開発の効率化

新薬の開発は、まず、数多くの薬の候補から目的の病態に合った適切な化合物のふるい分け（スクリーニング）を行います。その後、細胞培養実験や動物実験によって候補医薬品の効果や生体への影響を検証する非臨床試験を経て、健常人や患者さんを対象とした臨床試験というプロセスで行われます。その工程をいかに効率化するかが医薬品メーカーの課題となっています。特に、コストと時間のかかる臨床試験の前に、より精度の高いデータを取得して候補医薬品をしばらく込むために、生体に近い機能を持たせて培養したヒトの細胞を、非臨床試験の段階から利用したいという要望が高まっています。

細胞を立体的に培養したスフェロイド（三次元組織体）は、従来の二次元組織よりも、生体により近い構造と機能を持つことが知られています。そこで私たちは、薬の代謝を検証する際に欠かせない肝細胞をターゲットに、生体組織に近いスフェロイドの培養に挑みました。

微細な突起で組織体の形成を制御

培養の器材としたのはナノピラー細胞培養シートです。これは、微細な突起（ナノピラー）が規則的に配列されたポリスチレンのシートで、シリコン金型の微細パターンを材料に押し当てて転写するナノプリント技術によって製造します。

今回の開発では、ナノピラー直径が180 nm～5 μm、間隔が360 nm～10 μmの、さまざまなパターンのナノピラーを試した結果、生体肝臓に近い構造のスフェロイド培養に最適な、直径が2 μm、間隔が4 μmというパターンを見い出しました。そのシート上で培養されたスフェロイドは、従来の平面培養の組織体と比べてより生体肝臓に近い構造を持ち、肝機能関連遺伝子の発現量が高く、代謝酵素の活性も高いことを確認しています。スフェロイドの形成は化学物質の器材への塗布により制御されることが多いのに対し、私たちはナノピラーのパターンのみで制御しているのが大きな特長です。新薬のスクリーニングにおいて、不要な薬品が混入しないというメリットがあります。

チーム力で開発を加速

今回の成果は、中央研究所の半導体微細加工技術を応用したシリコン金型、日立研究所のナノインプリント技術、私たち基礎研究所の細胞培養技術という、日立ならではの技術の融合によって得られたものです。また、トータルソリューション事業部との協力の下、開発チームが一体となって取り組んでいます。さらに、京都大学再生医科学研究所の田畑泰彦教授に多大なご支援をいただきました。

これまでの開発を通じて得られた知見を効率的な新薬開発につなげ、少しでも早く社会に貢献できることをめざしていきます。



日立製作所 基礎研究所 健康・計測システムラボの久田明子 主任研究員（左）、高橋亮介 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の研究開発を幅広い領域で展開している。同時に、他社にない強みを発揮するためコーポレートシナジー創成に取り組んでいる。

ウォークスルー型爆発物探知システム

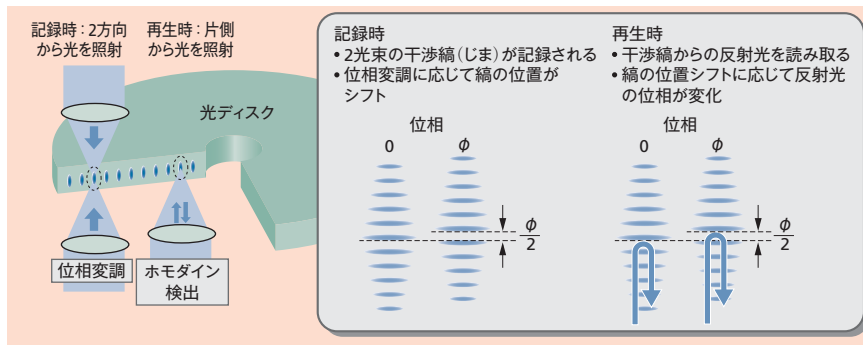
高スループットで手製爆発物の蒸気を検出できるウォークスルー型の爆発物探知システムを開発した。

爆発物の有無について、人が通過してから3秒以内での高速判定が可能である。東京国際空港（羽田空港）と東日本旅客鉄道株式会社の秋葉原駅で実証試験を実施し、爆発物成分以外の物質を誤って判定する誤報率を0.1%以下に抑えられることを確認した。

今後は、セキュリティゲートに実装できるよう装置の小型化を進め、既存の社会システムと相性のよい高スループットの探知システムを実用化し、人が多く集まる場所でのセキュリティ向上に貢献していく。

なお、この研究は、文部科学省「安全・安心科学技術プロジェクト」の委託により実施したものである。

1



2 位相多値記録再生の原理

位相多値記録再生による 大容量・高速光ディスク

光ディスクの大容量化・高速転送を実現する位相多値記録再生方式を考案し、再生方式の原理検証実験に成功した。

今回開発した方式は、現行光ディスクとの互換性を保ちながら大容量化を可能とする三次元記録方式のマイクロホログラム方式を基に、光ディスクへの適用を日立が独自に開発してきた、光の干渉を利用して検出信号を増幅す

2

るホモダイン検出技術を応用したものである。この方式により多値化が可能となり、光ディスクの大容量化とデータ転送速度の向上が同時に実現する。再生の原理実験では、位相8値信号を再生できることを実証した。

今後、三次元記録と多値化を組み合わせると、現行光ディスクの10倍以上の記録容量と転送速度性能を持つ光ディスクの実現が可能になる。

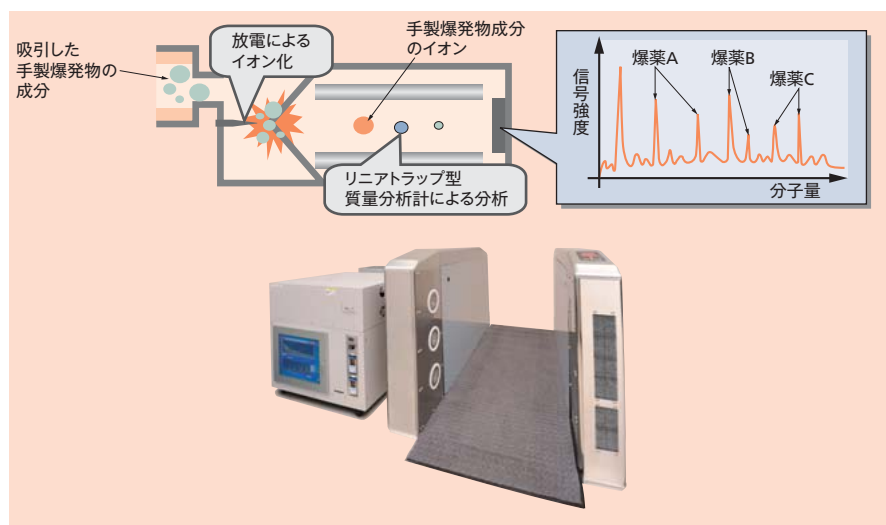
3

厚さ3 mmの薄型指静脈認証モジュール

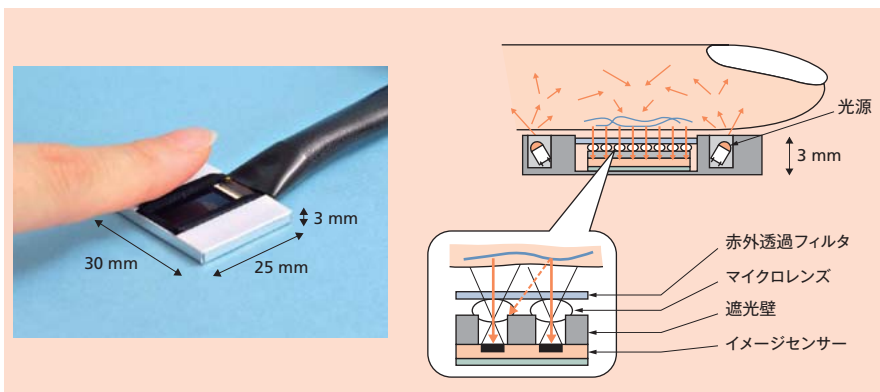
指静脈の撮影に適したフラットセンサーの開発により、指静脈認証モジュールの大幅な薄型化に成功した。

従来は1枚のレンズで指全体を撮影するカメラ方式であり、指とレンズとの間に一定の距離が必要となるため装置を薄くできなかった。これに対し、多数のマイクロレンズを平面状に配置したフラットセンサーを開発し、指の接写を可能とすることでモジュール全体の薄型化を実現した。

また、モバイル環境での利用を想定し、太陽光のような強い外光に照らさ



1 ウォークスルー型爆発物探知システムの原理（上）と外観（下）



3 薄型指静脈認証モジュールの構造

れても安定した認証が行えるよう、指でセンサー全体を覆うことで外光の侵入を防ぐ狭エリア撮影方式と、周囲の明るさに応じて露光時間を切り替える感度制御技術を開発した。

今後はこの技術を適用した指静脈認証装置を、自動車や住宅、モバイル機器などの幅広い分野に展開していく。

プを 65 nm CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) プロセスで試作し、ボード上 20 cm の配線を通して 12.5 G ビット / s の高速通信を実証している。

今後、この技術を 100 GbE (Gigabit Ethernet) 光トランシーバー向けの低電力ギアボックスチップに適用するとともに、低消費電力を生かし、携帯 IT 機器などへの展開をめざしていく。

なお、今回の開発の一部は、独立行政法人情報通信研究機構の委託研究として実施したものである。

がん治療・再生医療に貢献する 単一細胞解析技術

近年、多くの組織は均一ではなく、多様な細胞から成ることがわかってきた。また、組織で働いている諸遺伝子

〔mRNA (Messenger Ribonucleic Acid)] を 1 細胞ごとに調べ、新たながん治療の開発や再生医療の実現に役立てようとする動きが活発になっている。しかし、従来技術では感度不足などが障壁となり、単一細胞の解析は困難であった。これまでは複数の細胞を用いて平均的な情報を得るしか術がなく、新たな技術開発が望まれていた。

そこで、この技術では単一細胞に含まれる微量の mRNA を磁気ビーズ上に捕獲して試料調製し、これを繰り返して分析に用いることで、単一細胞からの複数遺伝子の精密定量分析を可能とした。

今後は、がん治療や再生医療の新たな支援技術への貢献をめざしていく。

6

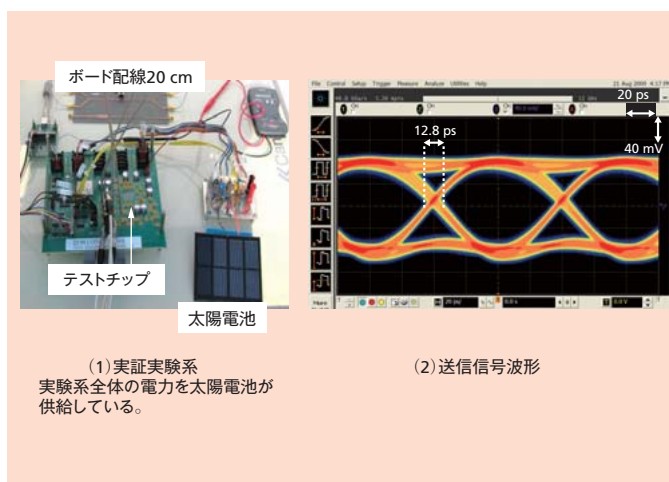
シリコン発光素子の技術開発

シリコンを使った高性能な光源が実現できれば、半導体チップ内のデータ転送を高速かつ低損失の光伝送に置き換えることができる。これにより、例えばワンチップでサーバ機能を実現することも可能となり、IT 機器の飛躍的な高性能化、省電力化が期待できる。しかし、シリコンは、材料の特性から発光させることが難しく、シリコン発光素子は実用化に至っていない。

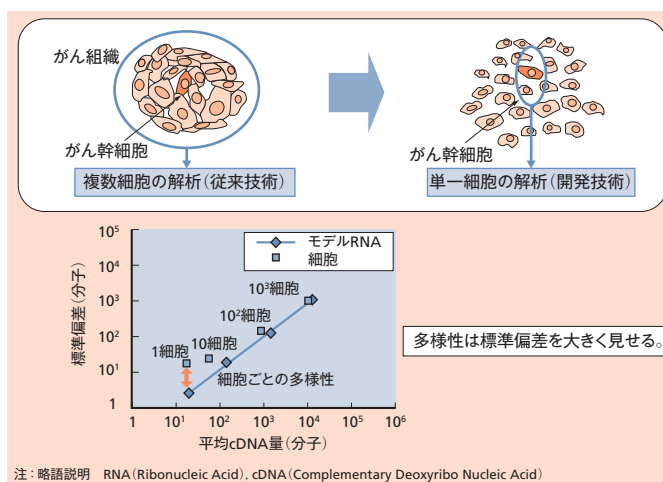
12.5 Gビット/s超低電力チップ間通信技術

12.5 G ビット / s の高速通信を 12.3 mW の消費電力で行う超低消費電力のボード内チップ間通信技術を開発した。

今回、新規回路によってクロック系の消費電力を大幅に減らし、世界で初めて通信速度 1 G ビット / s 当たりの消費電力 1 mW 以下を達成した。6 チャンネルの送受信器を集積したテストチップ

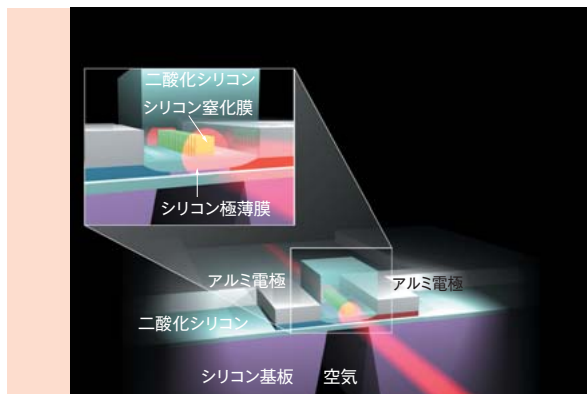


4 12.5 Gビット/sチップ間通信実験系と送信信号波形

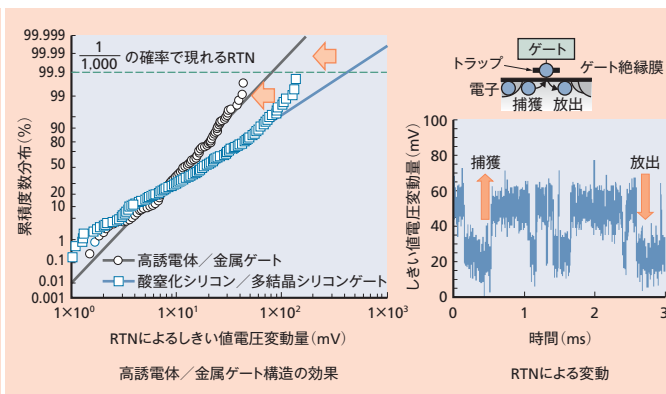


注：略語説明 RNA (Ribonucleic Acid), cDNA (Complementary Deoxyribo Nucleic Acid)

5 複数細胞解析 (従来技術) では検出できない細胞ごとの多様性



6 開発中のシリコン発光素子



7 22 nm世代超微細トランジスタにおけるRTN

このような中、シリコンを厚さ数ナノメートルの極薄膜にし、量子効果によって高い発光効率を実現することを提案している。実際にシリコン極薄膜を用いた発光ダイオードを試作して評価したところ、室温における電流注入によって発光することを確認した。

今後も発光特性の向上に関する研究開発を進め、実用化をめざしていく。

超微細トランジスタにおけるRTNの影響を抑制

22 nm世代超微細トランジスタ構造を、従来技術である酸化シリコン/多結晶シリコンゲートから、高誘電体/金属ゲートに変更することにより、RTN（Random Telegraph Noise）の影響を抑制できることを明らかとした。

今回注目したRTNとは、トランジスタを構成するゲート絶縁膜に存在する原子レベルの構造欠陥に電子が捕

獲・放出されるのに連動して、トランジスタ動作に必要なゲート電圧（しきい値電圧）が時間変動する現象である。RTNの影響が22 nm世代超微細トランジスタで顕在化することが懸念されてきたが、トランジスタ構造の高誘電体/金属ゲートへの変更によって、これを抑制できることを確認した。今後は、15 nm世代以降におけるRTNの影響について検討していく。

なお、この研究はInternational Business Machines Corp. との共同で取り組んでいる超微細半導体の特性評価に関する基礎研究の成果の一部である。

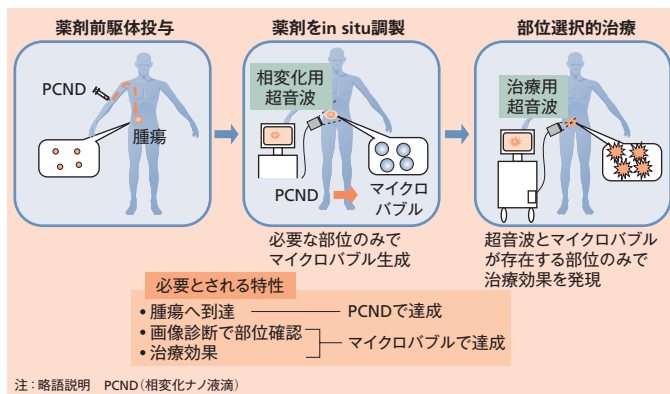
腫瘍治療に貢献する相変化型ナノ液滴

腫瘍（しゅよう）組織の内部に到達するまではナノメートルサイズの液滴でありながら、到達後に超音波を照射すると、マイクロメートルサイズの気

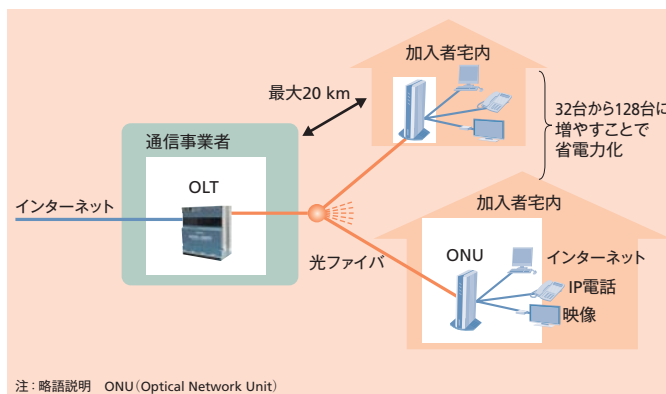
泡（マイクロバブル）に変化し、腫瘍を精細に画像化するナノ液滴法という技術を2006年に開発している。

今回、通常 $\frac{1}{1,000}$ 秒程度の短時間で消失してしまうナノ液滴から生成したマイクロバブルの存続時間を制御することに成功した。これにより、腫瘍組織の内部にマイクロバブルが行き渡ったことを確認してから、超音波を照射して腫瘍組織を壊（え）死させることが可能になった。マイクロバブルによって超音波の加熱効果が高まるため、従来の超音波だけの照射に比べ、約 $\frac{1}{10}$ の超音波エネルギーで腫瘍組織を壊死させることができる。

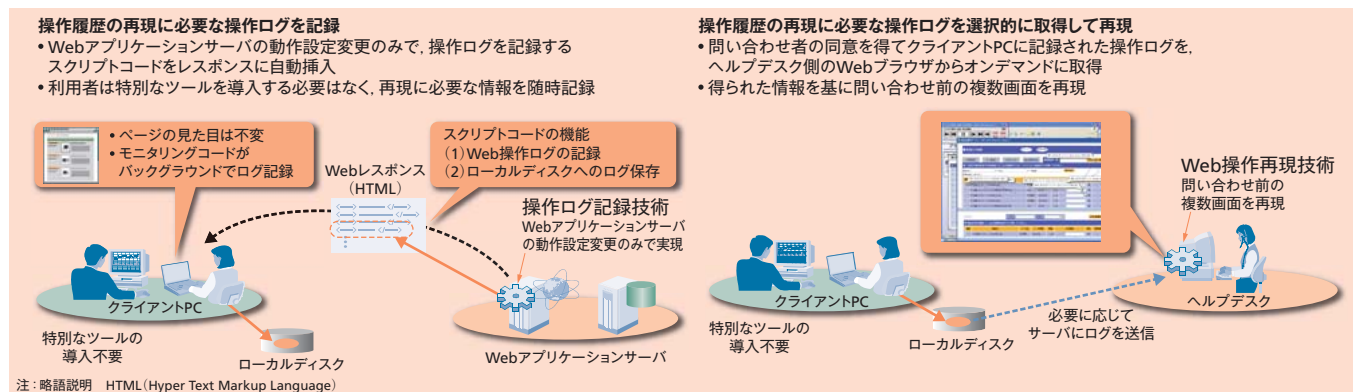
なお、この研究の一部は「医療福祉機器技術研究開発」制度の一環として、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により行われた。



8 PCNDを用いる選択的がん治療



9 高速・省電力化を実現する光ネットワーク技術



10 Webアプリケーション操作履歴の記録技術と再現技術

高速・省電力化を実現する 光ネットワーク技術

現在普及しているGE-PON (Giga-bit Ethernet Passive Optical Network) の10倍の通信帯域を有する10G-EPON (伝送速度：10 Gビット/s) の標準化規格が、2009年9月に承認された。

これまで、標準化活動に初期段階から参画し、実用化に向けた技術開発を行ってきた。その中で、標準規格である通信距離20 km、家庭用送受信器32台を接続して高信頼仕様を満たすビット誤り率10⁻¹²での通信品質を達成している。また、2010年には光スイッチを用いた新しい通信方式であるアクティブ光アクセスシステムを開発した。

今後は10G-EPONの普及をめざし、同時収容できる加入者数を32から128に増やすことでOLT (Optical Line Terminal) 数を削減し、低コスト化や省電力化を図っていく。

なお、この研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構の委託研究によるものである。

Webアプリケーション利用者の 操作履歴再現技術

Webアプリケーション利用者の操作履歴を再現する技術を開発した。

これは、利用者のPCに特別なツ

ルを導入する必要がなく、サーバの設定変更のみで利用者の操作履歴を記録し、過去数画面にわたる操作履歴を再現するものである。この技術をヘルプデスクで利用することにより、オペレーターは問い合わせ者の操作履歴を手元で再現して状況をすばやく把握でき、迅速に正確な回答を行えるため、オペレーターの業務効率向上が期待できる。

今後は、利用者の操作履歴に基づく利用実態の定量的把握により、Webアプリケーションの保守・改善プロセスの効率化をめざした技術開発を図っていく。

自律走行型無人搬送車 「インテリジェントキャリア」

屋内自律走行のための空間認識技術を開発し、工場・倉庫内物流向け無人搬送車に適用した。これは「インテリジェントキャリア」の製品名で株式会

社日立プラントテクノロジーが製品化し、販売を開始している。

距離センサーを用いた空間認識に基づく地図生成と自己位置推定機能により、従来の一般的な搬送台車が必要としていた誘導線やマーカなどのガイドを使わない走行を可能にしている。これらガイドの設置工事が不要となるため、導入やレイアウト変更対応がきわめて容易になった。また、目的地や経路の自由な設定、状況に合わせた経路変更なども可能としており、柔軟かつ効率的な搬送を実施できる。

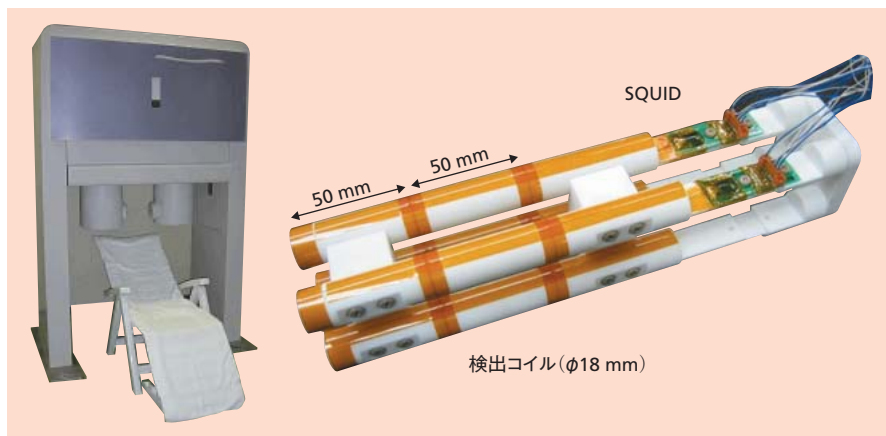
今後は、多様な運用形態や環境条件に対応するための機能を拡充していくとともに、フォークリフトなど適用先を広げていく。

磁気シールドレス脳磁計

神経活動に伴って発生する微弱な脳磁場を、磁気シールドなしで計測可能



11 自律走行型無人搬送車「インテリジェントキャリア」の搬送重量100 kgタイプ (左) と500 kgタイプ (右)



12 磁気シールドレス脳磁計と新方式SQUID磁気センサー

な新方式のSQUID (Superconducting Quantum Interference Device: 超伝導量子干渉素子)磁気センサーを開発した。

脳磁場を非接触かつ非侵襲でとらえる脳磁計は、神経性発作をはじめとする神経疾患の診断や脳科学研究に利用されている。しかし、脳磁場強度は地磁気の約1億分の1以下となる数百フェムトテスラ (フェムトは 10^{-15}) であり、従来の脳磁計では磁気シールドが必須とされていた。

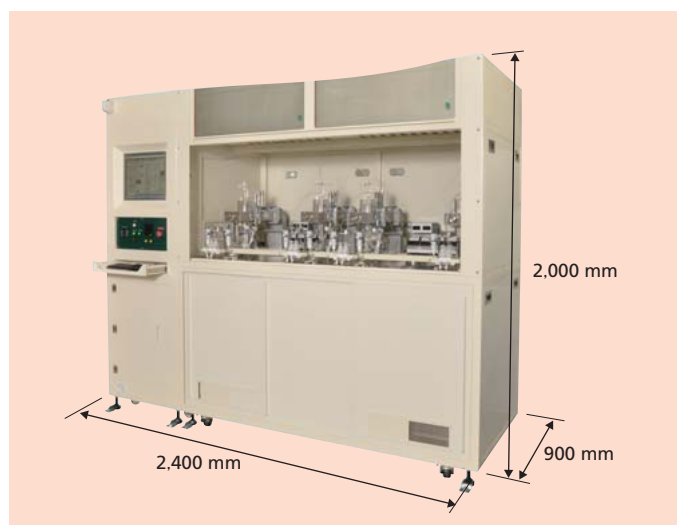
開発した新方式SQUID磁気センサーは、2方向の磁場勾(こう)配を検出することで地磁気などの環境磁場をキャンセルできる。さらに、新方式SQUID磁気センサーを用いた磁気シールドレス脳磁計を試作し、聴覚誘発脳磁場の計測に成功した。

マイクロリアクタとマイクロ波のハイブリッド化学プラント

効率的に化学反応を起こすことができるデバイスであるマイクロリアクタと、高速に化学反応を起こすことができる電磁波であるマイクロ波を組み合わせ、連続処理を行うことで化学合成の高効率化を実現するハイブリッド化学プラントを、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 助成事業により開発した。

水の加熱実験により、このプラントを用いて、年間12 t以上に相当する量を加熱処理できることを確認した。さらに、電子材料に用いられる銀ナノ粒子の合成を行ったところ、従来の原料を攪拌 (かくはん) する方式の反応装

13



13 ハイブリッド化学プラント

置に比べて、化学合成時間を約 $\frac{1}{10}$ に短縮できることを確認した。

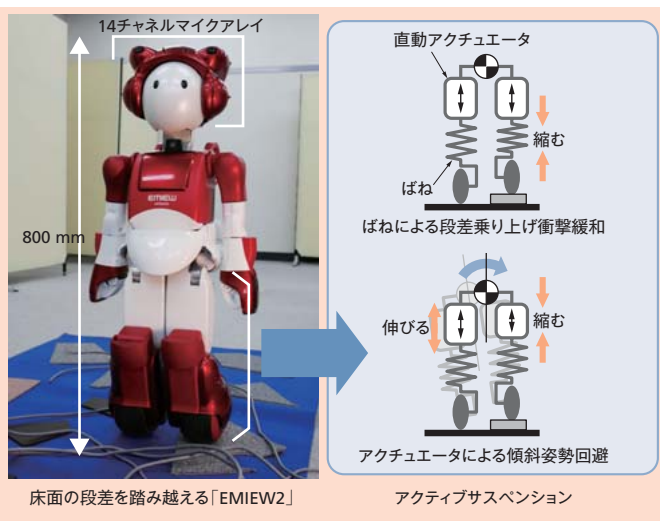
今後は、高性能・高機能な医薬品や電子材料などの効率的な生産をめざしていく。

14

人間共生ロボット「EMIEW2」の走行機能と音声認識機能の強化

オフィスや病院での案内・巡回監視などのサービスを行う人間共生ロボット「EMIEW2」の実用化に向け、配線や床面の段差を乗り越える走行機能と、さまざまな雑音の中でも人の声を正しく認識する音声認識機能を開発し、2010年6月に発表した。

これまで人間共生ロボットとして、安全性と俊敏性を備えた倒立2輪自律走行の小型・軽量ロボット「EMIEW2」の開発を推進してきた。今回、実際の環境下で安定して走行させるために、「EMIEW2」の足回りに床面段差を乗り越えた際の大きな衝撃を吸収し、ロボットの姿勢を補正するアクティブサスペンションと、車輪の過剰な空転を抑制して安定した走行を継続する空転制御技術を組み込んだ。また、音楽や人の話し声などの雑音環境下でも人の声を正しく認識するために、頭部に搭載した14本のマイクアレイを用いて、



14 走行機能と音声認識機能を強化した人間共生ロボット「EMIEW2」

左右・上下方向の音源を聴き分け、高い精度で雑音を除去する音声認識技術を日立製作所中央研究所において開発した。

これらの技術により、オフィスや病院など実際の環境下でのサービス実現に一步近づくことができた。

15

太陽電池アレイ支持構造の最適化

発電出力が1 MWを超えるメガソーラ発電所では、多数の太陽電池パネルから成る太陽電池アレイを広大な面積に設置する。この太陽電池アレイを設置するための支持構造の軽量化は使用材料の削減、すなわち環境負荷の低減につながる。

開発した支持構造の最適化システムは、数値解析モデルの作成、解析の実行および強度評価を行う一連のプログラム群と、使用する鋼材の形状とレイアウトを最適化するプログラムを連動させて、最軽量の支持構造を選択することができる。さらに、選ばれた支持構造に対して、適切な鋼材締結部の構成を決定することも可能である。

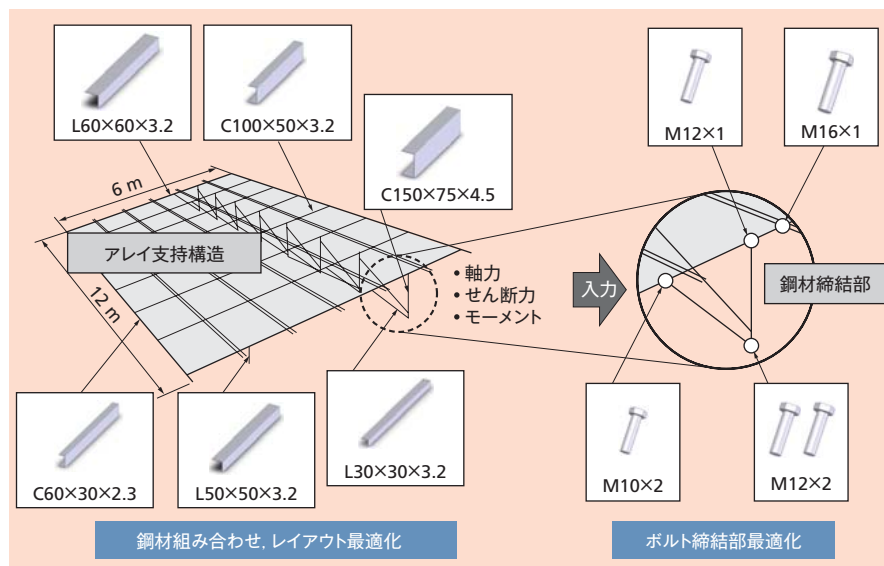
この技術を適用した支持構造は、東京電力株式会社の扇島太陽光発電所(仮称)に使用される。

16

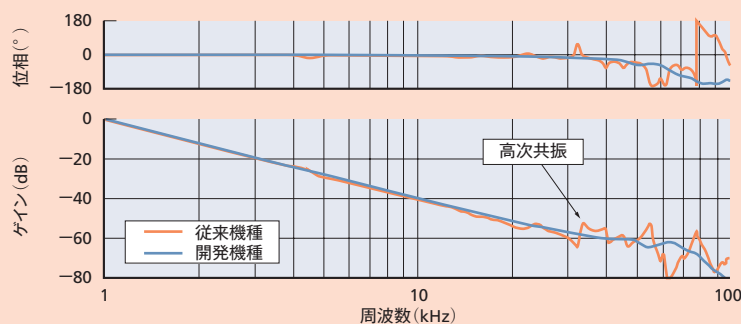
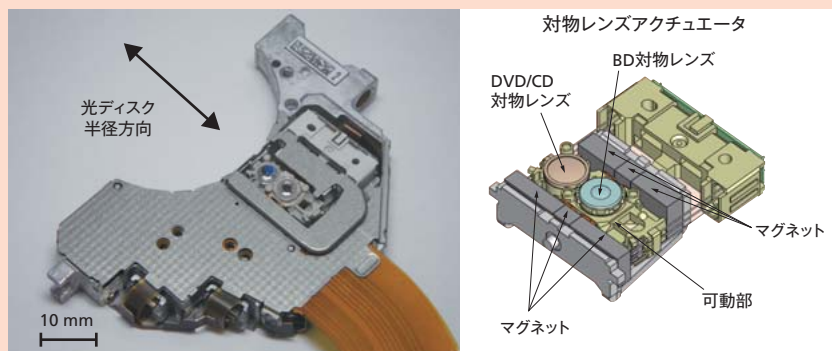
スリムBD光ピックアップの機構技術

厚さ12.7 mmのBlu-ray Disc[®] (BD)ドライブに搭載されるスリムサイズで、業界最高速のBD6倍速記録再生に対応したBD光ピックアップの対物レンズアクチュエータを株式会社日立メディアエレクトロニクスと日立製作所が共同で開発した。

今回、BD用とDVD (Digital Versatile Disc) / CD (Compact Disc) 用の二つの対物レンズを光ディスクの半径方向



15 太陽電池アレイ支持構造のマルチレベル最適化の検討例



16 スリムBD光ピックアップと対物レンズアクチュエータ

に配置し、マグネットを可動部の両側に3個ずつ配置することで高次共振振幅を抑制するアクチュエータ構造を新規に開発した。これにより、BD6倍速の広帯域制御を可能とする振動特性を実現している。

今後も引き続き、性能向上とコスト低減、および多層BDに対応した光ピックアップの技術開発を進めていく。

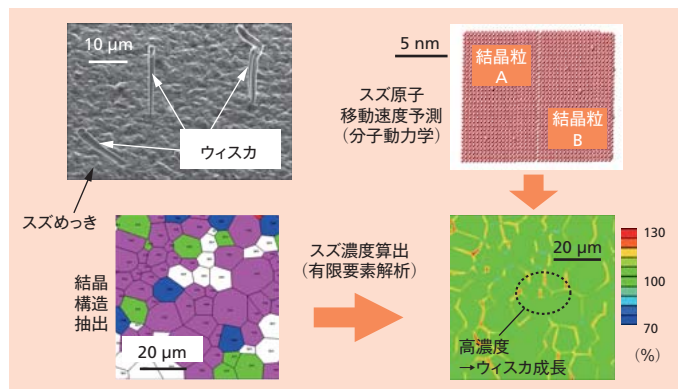
*は「他社登録商標など」(148ページ)を参照

17

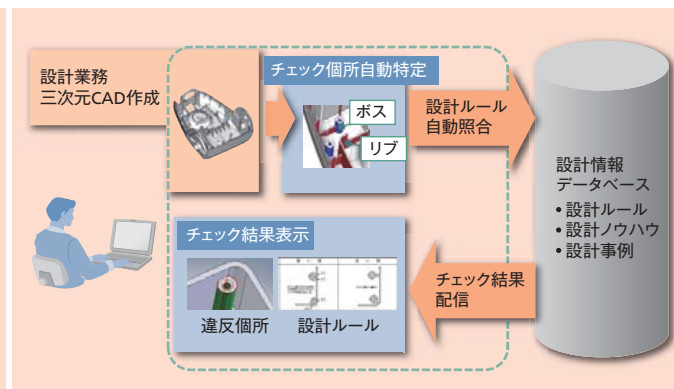
スズウィスカ発生予測技術

スズめっき上に発生するウィスカの成長を予測するマルチスケールシミュレーション技術を開発した。

スズウィスカは、スズめっき中の応力分布の存在により、スズ原子が結晶粒界を移動して応力の低い所に集まることで成長する。この技術では、結晶



17 スズウィスカ成長予測マルチスケールシミュレーション技術



18 設計ルールに基づき支援システムの概要

粒界における応力によるスズ原子の移動速度を算出する分子動力学シミュレーション技術と、スズ結晶の配向に起因する応力分布を算出する。これに、スズ原子の集まり程度を計算する有限要素解析を連携することで、スズめっき中のスズ原子が集まり、濃度が高くなる場所、すなわちウィスカが成長する場所を予測することができる。

今後、この技術を用いて、外装めっきを鉛フリー化した電子部品を用いたさまざまな製品の高信頼化に寄与していく。

三次元CAD 形状の 設計ルールに基づき支援技術

製品開発効率向上のためには、製造性（製造の可否など）を考慮した設計を行う必要があるが、多品種化と設計図面の三次元化により、漏れなく確認することが難しくなっている。

今回、独自の形状認識手法により、複雑な製品形状から、確認すべき個所を自動特定する技術を開発した。これにより、三次元CAD（Computer-aided Design）形状と製造性に関わる設計ルールとの自動照合が可能となり、確認作業時間を短縮することができた。また、設計ルールに適合しない個所をCADシステムの画面に表示し、設計者に考慮すべき点を気づかせる機能も備えている。掃除機的设计で自動照合を行ったところ、500か所以上の確認

を5分以内で完了することができた。

今後、IT機器や白物家電などの設計に適用し、製品の開発効率向上に貢献していく。

高効率回転直動変換を実現する 円錐ローラねじ機構

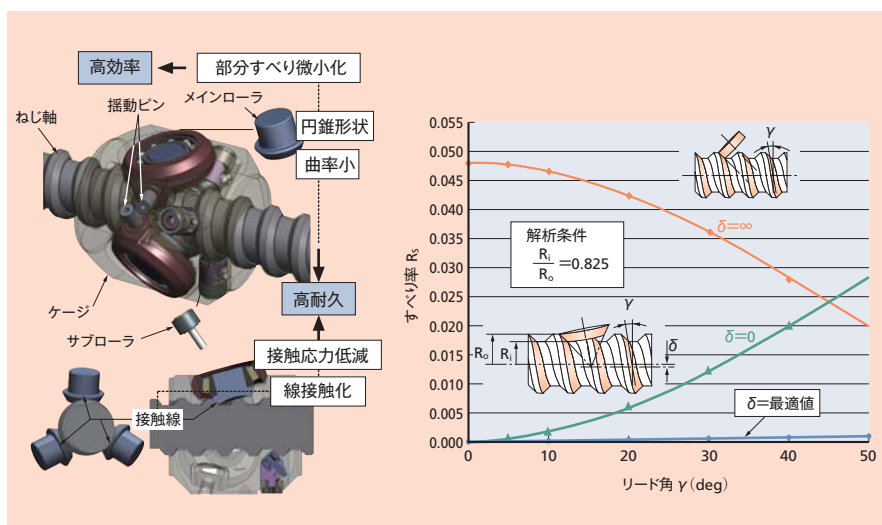
各種の移動システムにおける直線運動をモータの回転運動から作り出す回転直動変換機構では、高い機械効率を得るため、ボールねじ機構に代表される転がりねじが多用されている。そのボールの点接触をローラの線接触に代えて耐久性を向上させるものとして、ローラねじ機構が考えられる。

今回、その接触線上における部分すべりの発生を極限まで抑制する構成と設計技術を開発し、高効率の維持と耐

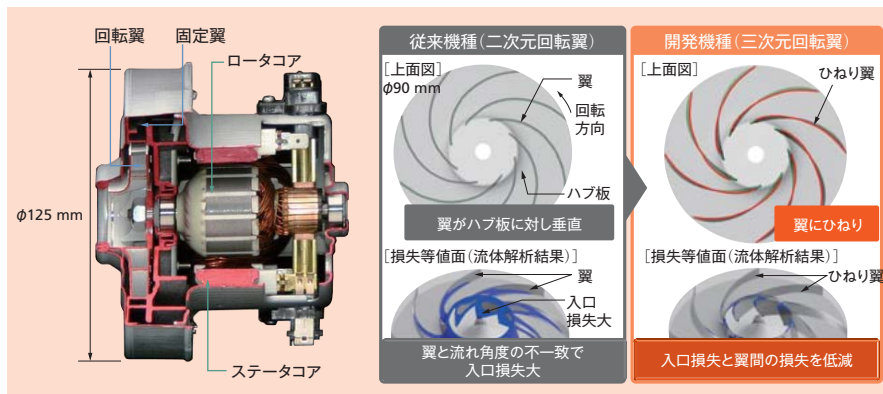
久性向上の両立を可能にした。

この円錐（すい）ローラねじ機構の構成では、円錐形状ローラの大径側をねじ軸の外周側と転がらせ、さらに、その円錐頂点位置を最適化して接触線上のすべりの総和を最小にしている。この結果、転がり距離に対するすべり率は、広範なねじ仕様で 10^{-4} のオーダーを維持し、すべり率が 5×10^{-3} 以上はあるとされているボールねじに比べても1桁以上、ほかの円錐形状でないローラねじに比べると3桁程度の微小な値となり、線接触化に伴う摩擦損失増大が防止できる見通しを得た。

今後は、この特性を生かし、各種移動システムにおける直動アクチュエータとして応用展開を図っていく予定である。



19 円錐ローラねじ機構の構成例と特徴



20 開発した電動送風機（左）と三次元回転翼（右）

掃除機用電動送風機向け三次元ファン

掃除機には強い吸込力のニーズが高く、電動送風機の高性能化が不可欠である。

今回、送風機の回転翼に流体解析技術と多目的最適化技術を適用し、翼を三次元にひねることで損失を低減した三次元ファンを開発した。また、固定翼の開発にPIV (Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法) を適用し、剥離を抑制した高性能固定翼を開発した。さらに、電動機に磁界解析技術を適用し、コア形状の最適化によって損失を低減した新型電動機を開発した。

これらの技術により、サイクロン式、紙パック式ともに、吸込仕事率を20 W向上した業界ナンバーワン^{※)}のハイパワー掃除機の製品化に貢献した。

今後も吸込仕事率の向上は必須であり、業界最高の吸込仕事率の実現に込める解析技術、計測技術の開発を進め

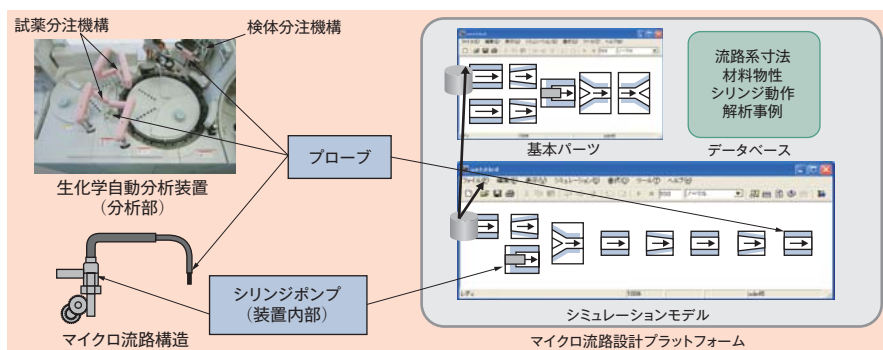
ていく。

※) 2010年9月10日現在

生化学自動分析装置用 マイクロ流路設計プラットフォーム

生化学自動分析装置における検体や試薬などの液の挙動を、簡便かつ高精度に予測するマイクロ流路設計プラットフォームを開発した。

直管、分岐管、拡大・縮小管などに分類した基本パーツを、GUI (Graphical User Interface) 操作により組み合わせることで、簡単にシミュレーションモデルを作成できる。このモデルでは、内圧による配管の変形や流体の膨張・収縮を考慮し、ミリ秒オーダーの非定常流動を予測するため、高速化や微量化に対応した流路設計が可能である。また、製品適用された流路の解析結果をデータベースとして蓄積しており、新規流路の開発時に参照することで手戻りを少なくし、開発期間を短



21 生化学自動分析装置用マイクロ流路設計プラットフォーム

縮できる。

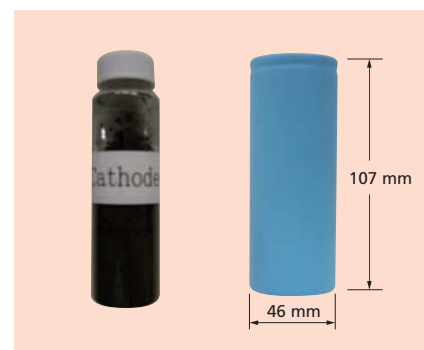
今後は分析装置開発への活用と並行し、流路系の最適設計が必要な製品に対して幅広く貢献していく。

産業用リチウムイオン電池の 長寿命化技術

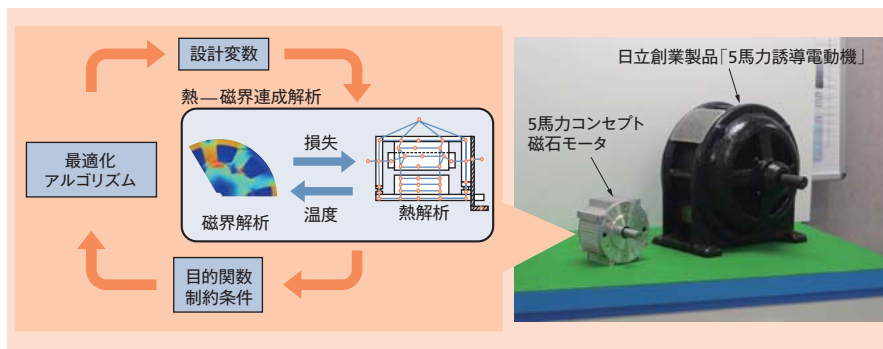
産業用リチウムイオン電池は、鉛蓄電池など他の二次電池に比べて高いエネルギー密度を有しているため、風力発電や太陽光発電などの電力貯蔵システム、電動式建設機械用電源、バックアップ電源などへの用途が期待されている。マンガン系正極は、マンガン資源量が豊富なため産業用リチウムイオン電池の正極として注目されているが、電池の充放電の繰り返しによる正極結晶の体積変化と、電池内部の微量の酸によるマンガン溶出に由来する容量低下が課題となっていた。

これらの課題に対し、マンガンの一部を他の元素に置換することで結晶の体積変化を抑制し、耐酸性に優れた層状系複合酸化物との混合によりマンガン溶出量を削減して、正極の耐久性を抜本的に改良した。今回開発したマンガン系正極材料を適用したリチウムイオン電池の寿命評価では、従来のリチウムイオン電池の寿命を約2倍（10年以上）にする見通しが得られた。

なお、この開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「系統連系円滑化蓄電シス



22 マンガン系正極材料（左）と適用したリチウムイオン電池（右）



23 最適設計法の概要と試作モータと創業製品の外観比較

テム技術開発 要素技術開発」プロジェクトの一環として、日立製作所と新神戸電機株式会社が共同で行ったものである。

熱—磁界連成解析による モータの最適設計技術

地球温暖化防止の観点から、モータの小形・高効率化が求められている。これらを両立するためには、モータ内で発生するエネルギー損失を抑制し、同時に小形化に伴う放熱性能の低下を補う必要がある。このような背景から、モータ内の熱と磁束の流れを同時に解く連成解析技術、さらに、この解析技術に基づくモータ形状の最適設計技術を開発した。

これらの技術と、日立グループが保有する最先端のモータ材料（希土類磁石、エナメル線など）を融合することで、5馬力（3.7 kW）のコンセプト磁石モータを試作した。1910年の日立創業製品「5馬力誘導電動機」と比較して約 $\frac{1}{15}$ の体積、約94%の高効率を実現した。

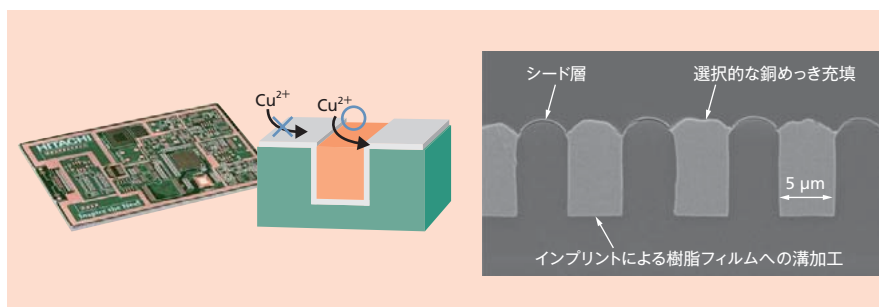
今後、各種モータの開発にこの最適化技術を適用していく。

電気銅めっきの選択析出による 微細埋込配線形成技術

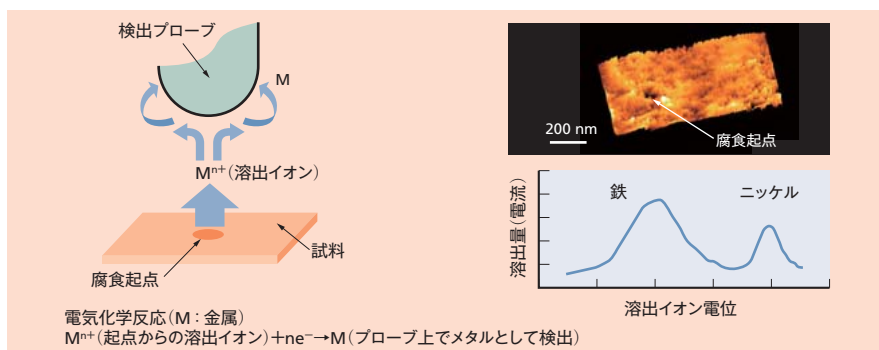
次世代高密度配線形成技術として期待されている有機基板への埋込配線形

成に向けた、新規電気銅めっき技術を開発した。これは、絶縁膜に溝加工を行った後、溝の内部にのみ選択的な銅めっきを行って充填することで、10 μm 以下の高精細な埋込配線の形成を可能としたものである。

通常の電気銅めっきでは、溝以外の全面に厚くめっき膜が析出するため、これを除去する研磨工程が必要であった。今回、添加剤によってめっきの析出を制御し、溝内のみへの選択的なめっき析出技術を開発した。また、溝加工法としてインプリント技術と組み合わせることで、有機フィルムへの新規微細埋込配線形成プロセスを提案している。



24 選択的な銅めっきによる配線形成



25 腐食起点（位置、形状）と溶出イオンの同時検出原理と検出例

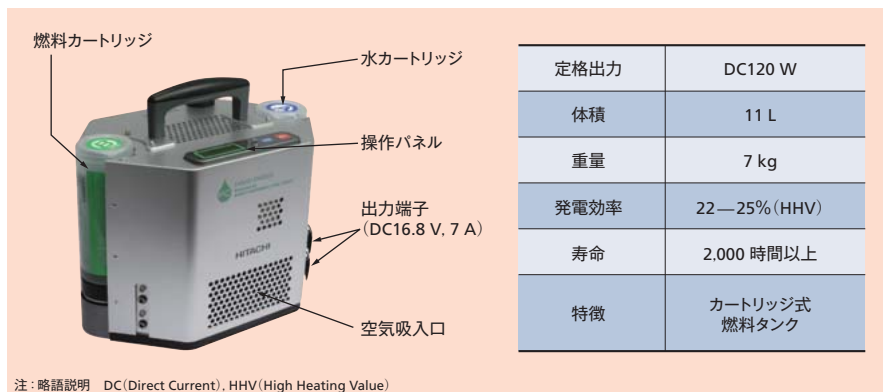
今後、各種高密度配線基板への幅広い適用が期待できる。

局所イオン検出型腐食評価技術

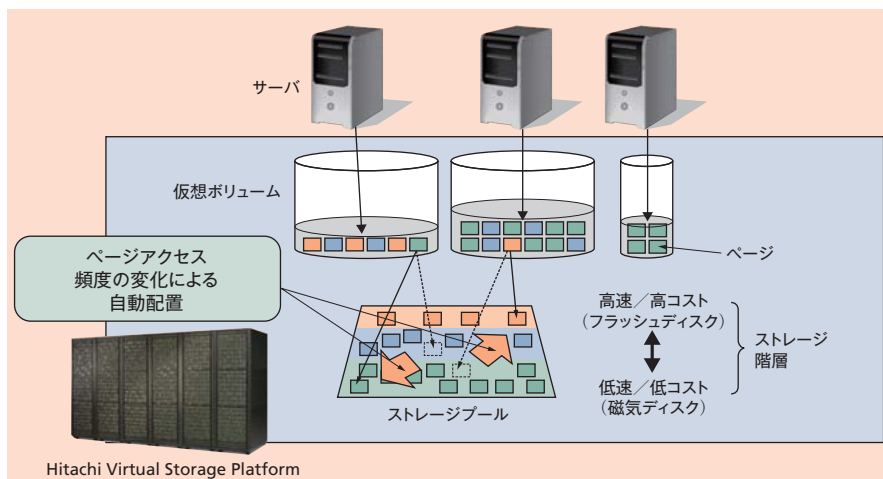
腐食液中の金属材料、絶縁被覆材料の表面形状測定と、溶出イオンの検出が同時に可能な新規プローブ顕微鏡〔EC-SPM (Electrochemical - Scanning Probe Microscope) ハイブリッド〕を開発した。

この装置は、通常のSPMで形状を測定する目的で用いるプローブを電極としても利用し、ナノオーダーの電気化学的測定を行うことを特徴とする。プローブを目的の腐食起点にセットして電位を走査することで、電流ピークの位置から起点より溶出するイオンの種類を、ピーク電流値からその溶出量をそれぞれ評価できる。

この装置により、サブミクロンオーダーの腐食の挙動解析が可能となり、防食設計の高度化に貢献する。



26 120 Wポータブル燃料電池電源システム



27 ストレージ階層仮想化技術

直接メタノール形燃料電池

従来の電源では実現困難であった、長時間、静粛、クリーンかつメンテナンスフリーのユビキタス電源を提供するため、DMFC (Direct Methanol Fuel Cell: 直接メタノール形燃料電池)を開発した。

この燃料電池は、メタノールと水、および酸素が持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する高効率な発電機であり、可動部が少なく、排出物は水と二酸化炭素のみである。今回、発電部である膜一体化電極に使用する電解質膜ポリマーの分子構造設計により、メタノール透過に起因する燃料ロスを低減し、また、電極構造を最適化して物質拡散を向上することによって触媒貴金属使用量を削減し、高効率・低コストな燃料電池を実現した。

現在、フィールドテストによるシステムの実用性を検証しており、今後は製品化に向けて開発を加速していく。

ストレージ階層仮想化技術

近年のデータ量急増に伴い、データ保持コストを削減するため、データをアクセス頻度の変化に応じてストレージ

ジブール内の階層（フラッシュディスク、磁気ディスクなど）に適切に配置することへのニーズが高まっている。

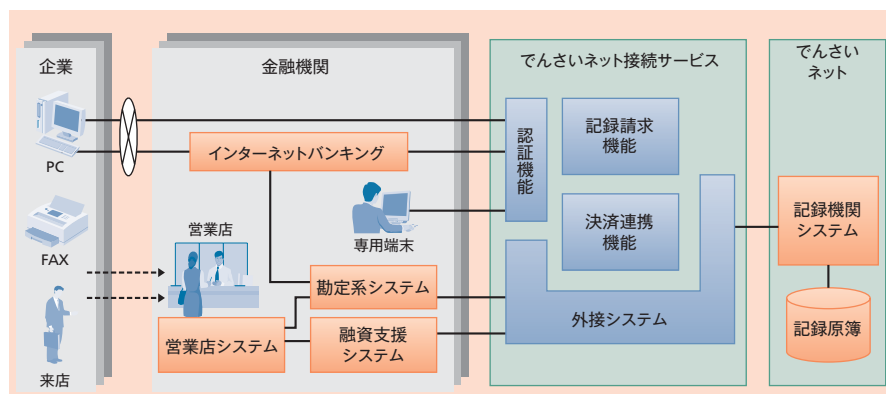
今回、ストレージシステムが小サイズのページ単位でアクセス頻度をモニタし、その変化に応じて適切な階層にページを自動配置する技術を開発した。これにより、アクセス頻度の高いデータの性能を向上させ、アクセス頻度の低いデータの保持コストを削減することができる。この技術は、2010年9月に Hitachi Virtual Storage Platform で製品化された。

今後も、管理者の運用効率をさらに向上できるストレージ仮想化技術を開発していく。

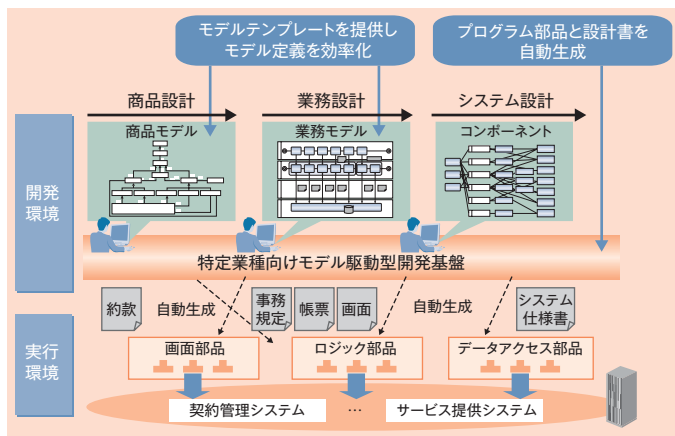
電子記録債権ソリューション

電子手形や株券電子化などに関するシステム開発で蓄積した設計ノウハウに基づき、「権利」を管理するシステムの要件抽出を効率化する電子権利管理技術を開発した。

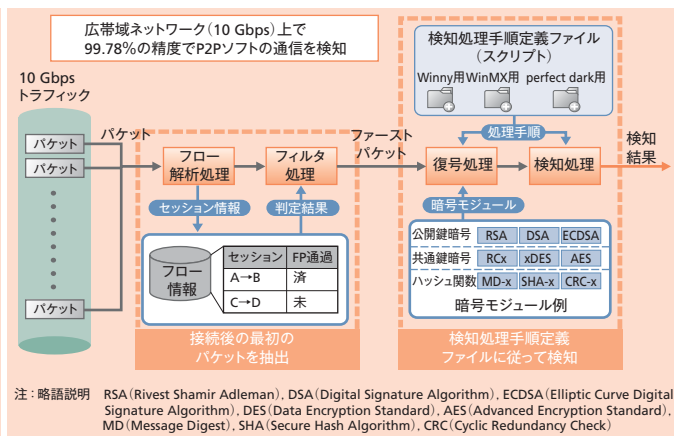
この技術は、権利管理の概念モデルとパターンから構成されている。これらをシステム設計の指針とすることにより、要件の漏れを低減し、新機能の発想を効率化できる。今回、全国銀行協会が設立する電子債権記録機関「でんさいネット」を活用した、企業向け決済サービスを実現する電子記録債権



28 でんさいネット接続サービス



29 特定業種向けモデル駆動型開発基盤



30 広帯域ネットワーク対応P2Pソフト通信検知技術

ソリューション「でんさいネット接続サービス」の要件抽出にこの技術を活用した。

この適用結果を踏まえ、確実なサービス稼働と、稼働後の機能拡張を推進していく。

29

特定業種向けモデル駆動型開発基盤

競争が激しい業界では、顧客の多様なニーズに応える商品開発と業務改定が絶えず求められる。商品や業務の変化に即応できるように、契約管理などのシステム開発には迅速性が必要とされる。

こうした背景の下、商品の仕様や業務プロセスを可視化・構造化するモデルを定義し、モデルと連動したシステム設計、およびプログラム部品や設計書の自動生成を実現するモデル駆動型開発基盤を構築した。

また、モデル定義の効率化を図るため、保険分野を対象に、商品構造を補償単位（保険約款の条項単位）に部品化した保険モデルテンプレートを開発した。

今後、保険分野以外のモデルテンプレートを拡充し、証券、電力、産業・流通など、各業種への適用を推進していく。

広帯域ネットワーク対応P2Pソフト通信検知技術

広帯域ネットワーク〔10 Gbps (Gigabits per Second)〕上で、Winnyに代表されるPeer to Peer型ファイル共有ソフトウェア (P2Pソフト) の通信を検知する技術を開発した。

これは、P2Pソフト通信の特徴が表れる接続後の最初のパケットを抽出する技術と、抽出したパケットを検知処理手順定義ファイルに従って処理し、P2Pソフト通信であるか判断する技術の開発により実現したものである。実証実験により、99.78%の高精度で検知できることを確認した。

この技術により、広帯域ネットワークにおけるP2Pソフト利用端末の特定などが可能となる。

なお、この研究は、総務省委託研究「ネットワークを通じた情報流出の検知及び漏出情報の自動流通停止のための技術開発」の一環として実施された。

ソフトウェアによる制御システム向けFTC技術

電力や交通といった社会インフラの制御システムでは、短時間のサービス停止であっても重大な影響を及ぼすため、高い信頼性・可用性が必要とされる。これに応える技術として、制御用計算

30

機の構成要素を冗長化するFTC (Fault Tolerant Computer) が用いられる。

今回、ネットワーク接続された複数の標準的なサーバの間で、ソフトウェアによって同期をとるFTC実現手法を開発した。特に、OS (Operating System) レベルでプロセスの実行順序や入力を一致させ、サーバ間のばらつきを吸収するタスク同期技術により、アプリケーション内で明示的に同期をとることなくFTCを実現していることが特徴である。この成果は制御システム向けFTCプラットフォーム「CF-1000/FT」に適用されている。

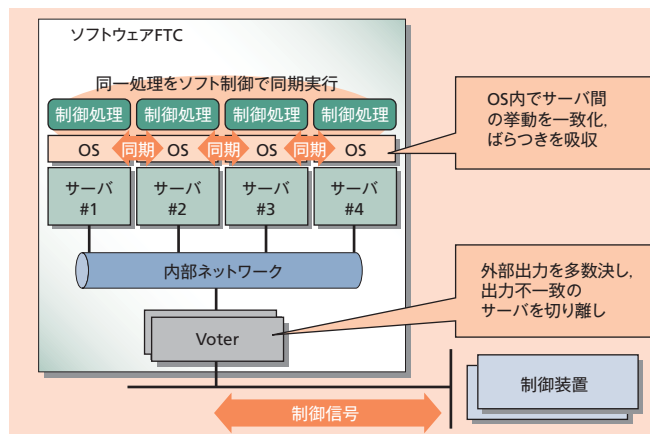
今後、社会インフラの高度化に伴い、この技術の重要性はますます高まると考えられる。

32

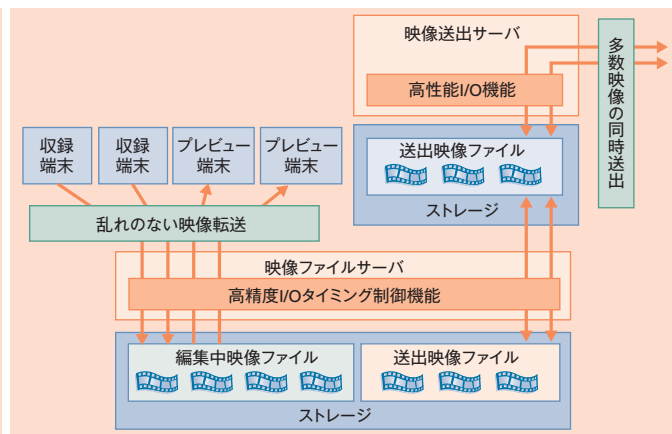
独自リアルタイムOSを適用した高性能映像蓄積・配信サーバ

株式会社日立情報制御ソリューションズの映像蓄積配信サーバ「Stream Gear」において、収録および送出中の映像再生品質の保証と視聴者への映像配信に必要なサーバ数を大幅削減する技術を開発した。このサーバは日立独自のリアルタイムOS技術を最大限に活用し、以下の2点を可能にした。

(1) 映像ファイルサーバに高精度I/O (Input/Output) タイミング制御機能(映像再生時間を考慮したI/O実行順序制



31 ソフトウェアによるFTCのシステム構成



32 映像編集／送用途への適用例

御)を組み込み、収録中でもプレビューおよび送出の映像品質を保証する。

(2) 映像送出サーバに高性能I/O機能（パイプライン型ゼロコピーI/O）を組み込み、HD（High Definition）映像ファイルを多数同時に配信する。

今後もこの技術を活用した新しい映像ビジネスを開拓していく予定である。

組立作業指示用アニメーション生成技術

高品質・低コスト生産の実現にはわかりやすい作業指示が重要であり、短期間で確実な指導ができる組立アニメーションが注目されている。しかし、多品種少量の受注生産品では作成期間短縮が課題であった。

34

今回、三次元CAD情報から組立順序と動作を自動生成し、組立作業指示用アニメーションを出力するシステムを開発した。この技術は部品間の幾何拘束関係、部品の配置・種別から分解順序と分解動作を生成し、逆変換することで組立順序と動作を生成するものである。従来、1,000点規模の組立アニメーション作成には約1か月を要してい

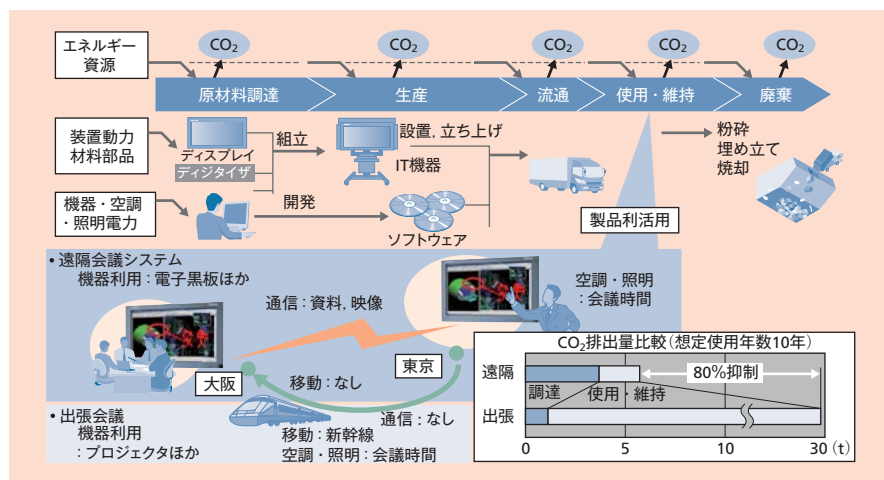
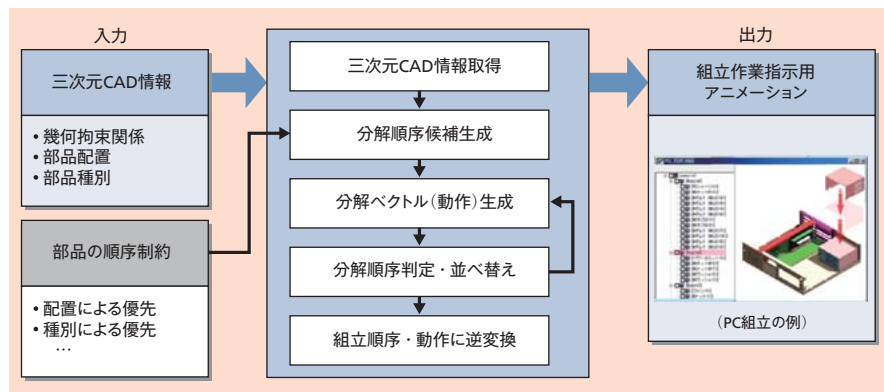
33

IT製品のライフサイクルCO₂排出量評価技術

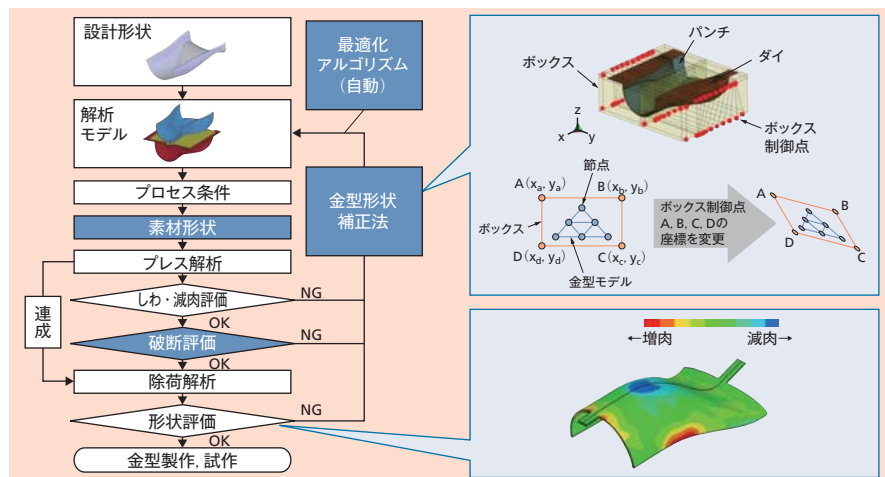
IT製品の利活用による地球温暖化防止の促進を目的に、IT製品（機器、システム）のライフサイクル全般でのCO₂排出量を評価する技術を開発した。

サーバなど機器の原材料調達から廃棄に伴うCO₂排出要因に加え、システム開発・構築業務で使用する設計機器や空調などの消費電力、および顧客の利活用におけるエネルギー・資源消費なども評価対象としている。これにより、IT製品導入によるCO₂排出量低減効果を把握できる。

この技術により、株式会社日立ソリューションズの電子黒板「StarBoard」を用いた遠隔会議システムを評価した。今後はクラウドサービスなどに適用していく。

33 遠隔会議システムのライフサイクルCO₂排出量

34 組立作業指示用アニメーション生成技術



35 三次元プレス金型形状最適化システム

たが、この技術により生成後の修正を含めて約半日での作業に短縮された。

このシステムは、電力プラント機器の組立作業など社会インフラ製品の作業指示生成に適用されており、今後も新技術を継続的に開発し、さらなる進化をめざしていく。

35

三次元プレス金型形状最適化システム

スプリングバックを考慮した高精度な三次元プレス解析を用いた金型形状最適化システムを開発した。

従来、プレス加工では、加工品の精度を確保するため、金型修正の繰り返しや加工後の形状修正を行っていた。開発したシステムは、(1) 金型形状の自動最適化、(2) 素材形状の適正化、(3) 解析における高精度破断評価という特徴を有しており、開発段階で加工品精度を向上させることができる。特

に(1)においては、多数の節点で構成される金型モデルの自由度を適正に拘束し、それに適したアルゴリズムを採用することで、少ない繰り返し数での最適形状の導出を可能とした。これにより、開発・製造リードタイムの短縮が期待できる。

現在、社会インフラ製品のプレス加工部品を中心に、このシステムの適用を展開している。

36

超小型・高感度光干渉変位センサー

ナノ構造デバイス〔HDD (Hard Disk Drive) ヘッド素子や半導体素子など〕の製造・検査では、ナノメートルレベルの加工が可能な短波長露光装置や原子レベルで凹凸を測定する走査プローブ顕微鏡が用いられる。素子の微細化に伴い、これらの装置にはサブナノメートル以下の精度で試料を位置

決めする、あるいは数十ピコメートルの分解能でプローブを走査するための新たな高分解能変位センサーが求められていた。

今回、フォトニック結晶を用いた新しい光干渉技術を開発し、親指サイズで分解能40 pm以下の、世界最小・最高感度の光干渉変位センサーを実現した。

今後、次世代ナノ構造素子の超精密加工や高精度位置決めに必要な基盤技術として、多分野での活用を予定している。このセンサーは、独創性、実用性、将来性に関して高く評価され、米国「2009 R&D 100 Awards」を受賞した。

IT機器内向け

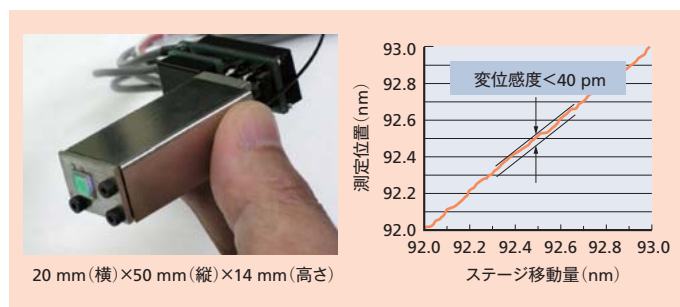
チャンネル速度25 Gビット/sの
光インターコネクト技術

37

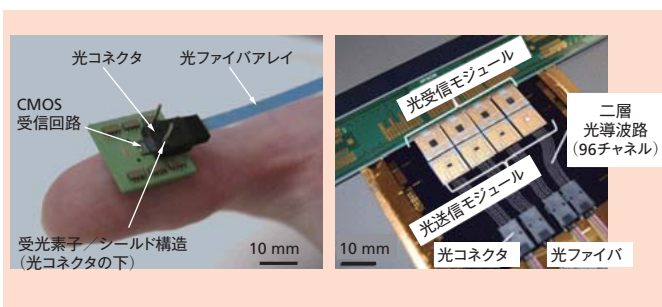
サーバやルータなどIT機器の大容量化・省電力化を図るため、機器内の基板間を高速な光信号で接続するための基盤技術を開発した。

まず、25 Gビット/sを4チャンネルで並列に伝送する光受信モジュールを開発した。素子内にレンズを集積することで高感度化した受光素子、隣接する電気信号配線間で干渉を抑えるシールド構造、CMOS化による省電力受信回路を開発し、目標の伝送性能を確認している。また、基板上の伝送を大容量化するため、二層のポリマー光導波路で96チャンネルの配線を形成する光プリント配線基板を開発した。

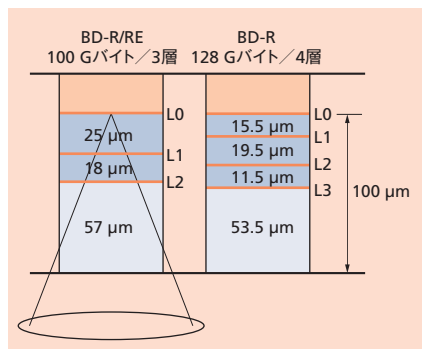
今後は実証実験を進め、機器内光イ



36 超小型・高感度光干渉変位センサーと感度測定結果



37 25 Gビット/sの光受信モジュール (左)、光プリント配線基板 (右)



38 BDXLディスク構造

ンターコネクトの実用化をめざしていく。

なお、この研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から受託したプロジェクト「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」によるものである。

BD多層ストレージ技術

日立グループを含む4社が規格化を推進してきた多層BD規格「BDXL*」がBlu-ray Disc Associationにおいて承認(2010年6月)され、100 Gバイト/3層のBD-RE(書き換え型)、BD-R(追記型)、および128 Gバイト/4層のBD-RがBDファミリーに加わった。

このBDXLの規格化推進と並行し、BDXLに対応するためのキー技術(他層迷光影響抑制光学技術、高密度記録再生技術、多層対応サーボ技術ほか)

を開発するとともに、これら技術を活用したキーデバイス[光ピックアップ、信号処理LSI (Large-scale Integration)]を開発した。

現在、PC向けBDXL対応スリムドライブの製品化を推進中である。

*は「他社登録商標など」(148ページ)を参照

ビデオシンクライアント

近年、アプリケーションやITリソースをネットワークサービスとして提供するクラウドコンピューティングが注目されている。今回、テレビにクラウドの思想を適用し、ユーザーが所望するアプリケーションやサービスを、ネットワーク上のコンピュータで動作させるビデオシンクライアントシステムのプロトタイプを開発した。

このシステムの特徴は、コンピュータのスクリーン情報をIP (Internet Protocol) テレビのストリーミングフォーマットに変換してテレビに送信するリアルタイム映像送信技術と、テレビに接続した多様な周辺機器をネットワーク上のコンピュータから制御するリモートUSB (Universal Serial Bus) 技術である。この技術により、ユーザーはテレビの性能や機能面の制約から解放され、将来にわたってさまざまな新

しいサービスを利用することが可能となる。

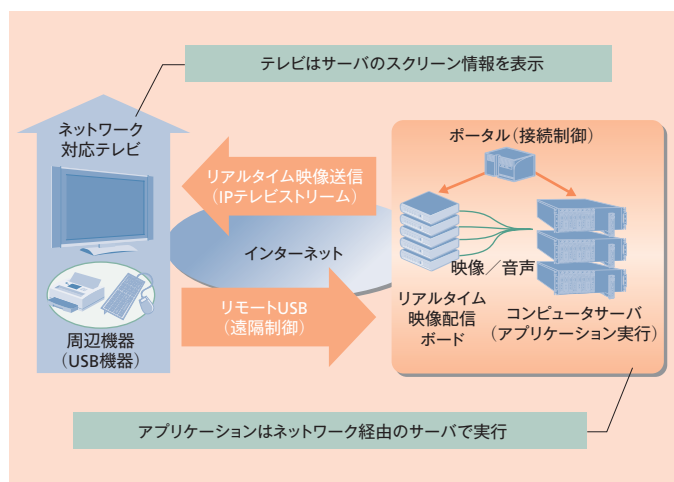
引き続き、各種アプリケーション・サービスの評価を通じた改良を進め、実用化をめざしていく。

スリムブロック型LEDバックライトシステム

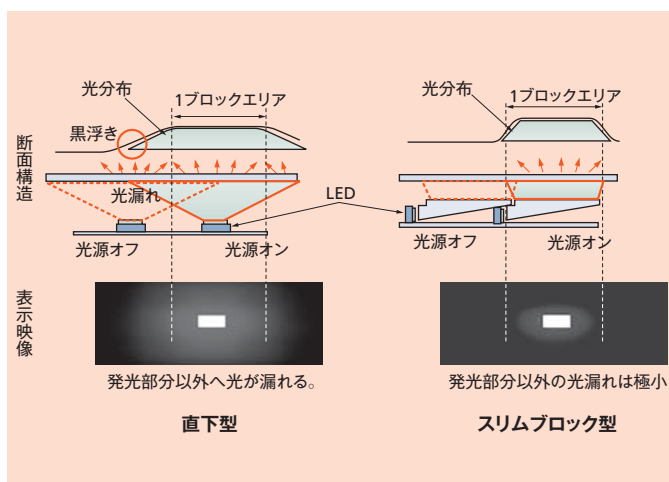
少数のLED (Light Emitting Diode) と導光板から成る光学ブロックを一つの単位として、画面サイズに応じて光学ブロックを並べ、ブロック単位で輝度を制御する薄型液晶LEDバックライトシステムを開発した。

この開発においては、光分布を高精度に制御する導光板光学技術により、光漏れや黒浮きを最小化した。あわせて、映像信号に応じて導光板ブロックの光量を最適に制御する新開発のエリア制御アルゴリズムにより、業界最高水準の動作時消費電力の低減と高コントラストを実現した。このバックライトシステム技術は、液晶テレビ「Wooo ZP05シリーズ」に搭載されている。

今後は、エリア制御アルゴリズムの高精度化によるさらなる省電力化と、導光板の大型高精度成型技術による低コスト化を進めていく。



39 ビデオシンクライアントプロトタイプシステム



40 直下型とスリムブロック型バックライトの比較