

研究・開発

***Research &
Development***

142 ● 研究・開発

IT (Information Technology) やデジタル化技術の発展による製品の高機能、多機能化が進む中で、現在、注目されているのが「使い勝手のよさ」や「わかりやすさ」といったユーザーのニーズを反映した「ユーザビリティデザイン」である。1999年6月、このユーザビリティ活動を規定する国際規格“ISO13407”が制定され、2000年にJIS化されたことを受けて、日立製作所は、人間中心設計のプロセスを用いた製品づくりに取り組んでいる。

使いやすさの品質という価値を創造していく ユーザビリティデザイン



モニタールームからテストイングループが観察できるユーザビリティラボ“FACE”

● ユーザビリティとは

ひと言で言えば、ユーザーの視点に立った使いやすさ、わかりやすさの品質のことです。技術革新が進み、今ではだれもが高機能、多機能な製品と接するようになりましたが、実際には、せっかくの機能も使い方がわからないためにユーザーが価値を享受できないといった場面が多く見受けられます。高機能な製品だったとしても、使ってもらえない、あるいは頻繁に操作をまちがえてしまうようでは、満足できない製品と言わざるをえません。そうした中で、ユーザーの利用状況や製品に対する満足度を科学的、客観的に評価、分析し、その結果を製品開発に反映させることで、使いやすく満足度の高い製品を作り出していこうというのが、ユーザビリティデザイン活動です。

● 具体的な手法は

製品企画の段階から、ユーザーの利用状況を調査、理解し、ユーザーがほんとうに必要とする機能を検討して仕様を決定し、使い勝手のよさを重視した設計活動を行い、出来上がった製品に対して使いやすさ、わかりやすさを評価するとともに、設計改善のためのフィードバックを行います。例えば、ウェブ画面の操作性を向上

させるためには、実際に試作ウェブ画面をユーザーに操作してもらい、その様子を観察することによって使いづらさやわかりにくさの理由を指摘してもらい、原因を特定します。この評価を開発プロセスの段階で繰り返し行い、デザイナーや設計者の開発関係者もその現場を観察したり、ユーザーの利用状況をビデオに撮影します。これを分析することにより、よりよい操作性を見いだします。あるウェブ画面の検索ページの場合、当社の改善提案により、検索にかかる操作時間が平均165秒から7秒にまで短縮されたという事例もあります。

● ユーザビリティデザイン活動の効果とは

製品の使い勝手を向上させることで、ユーザーの満足度を高め、製品イメージをアップさせることができます。また、開発精度の向上も期待できます。開発プロセスの早期段階からユーザビリティ評価を重ねておけば、工程のやり直しやクレーム対応などによるコスト増を未然に防ぐことができます。さらに、今回の調査・評価を生かして、次期製品開発にも有効なマーケティングデータの収集をすることができます。

● 今後の課題は

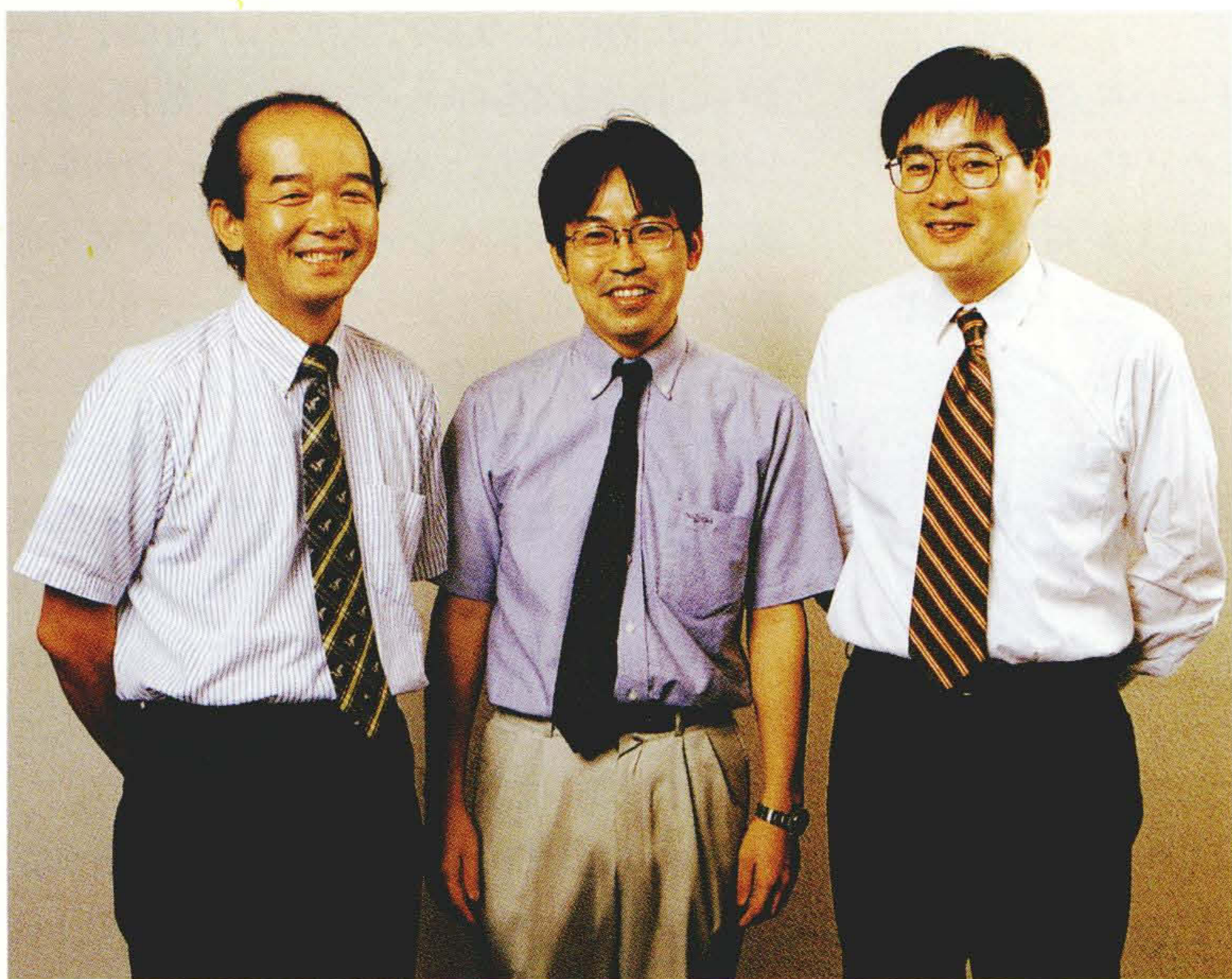
「人間中心設計プロセス」を唱える国際規格“ISO13407”に準拠した開発プロセスの確立を目指し、学際的なメンバーによって多面的な視点でユーザー行動や発話内容を分析していきたいと思っています。また、2000年9月には東京の青山と国分寺の各オフィス内にユーザー観察のための実験室「ユーザビリティラボ」を設置しました。今後は、活動内容を広く告知して、設計部門や商品企画部門などと連携を取りながら、使い勝手のよさを目指したユーザビリティデザイン活動を強化していきたいと考えています。

デザイン本部ユーザビリティデザイングループの鹿志村香主任デザイナー(右)と河崎宣史デザイナー(左)



インターネットの急速な発達に伴い、伝送容量のいっそうの増大が求められている。日立製作所は、主要機能のすべてをIC化した40 Gビット/s 光送受信器の試作に世界で初めて成功した。これにより、小型かつ低消費電力での光送受信器1台当たりの伝送容量増加が可能になり、次世代光伝送システムの実用化に大きく接近した。

世界初の試作に成功した 40 Gビット/s全モノリシックIC化光送受信器



中央研究所 ULSI研究部の
鷲尾勝由主任研究員(左), オ
プトエレクトロニクス研究部
の武鎗良治主任研究員(右),
および白井正敬研究員(中)

● 開発の歩みは

光伝送の分野で通信容量を増やすには、現在は波長の違う多種類の光信号を流す波長多重伝送という方法が主流です。一方、私たちが実現したのは1波長当たりの速度を上げる方法です。波長の速度を上げるにはデバイスを高速化する必要があるため、デバイス自体の開発から始めなければなりません。1992年の着手から試作の成功までに10年近くを要したのは、そのためです。この送受信器に使われている技術は、光デバイスと電子デバイスに大別できます。最初は光デバイスの中の光変調器、続いて電子デバイスの一つであるInP HBT (Indium Phosphide Heterojunction Bipolar Transistor), そしてもう一つの電子デバイス SiGe (Silicon Germanium) HBTという順で開発し、これら三つの技術を結集することによって、この試作器を完成させました。

● この光送受信器の優位点は

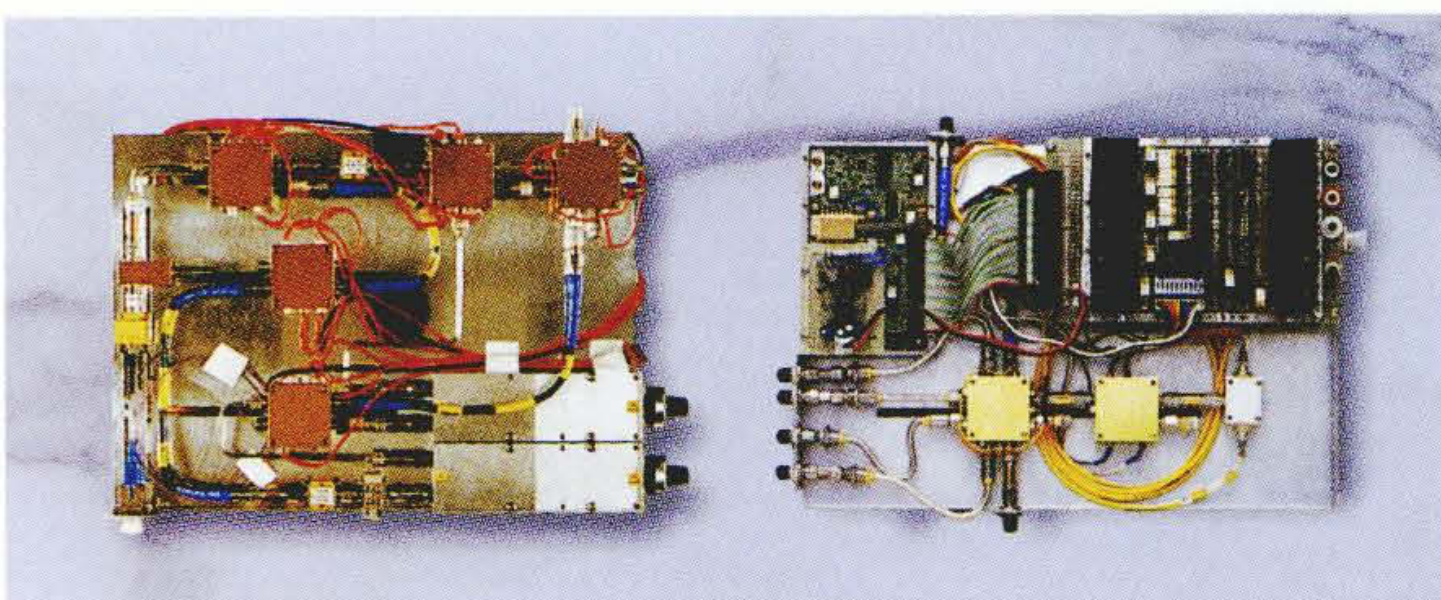
まず、現行の10 Gビット/s送受信器の

4倍、1秒間にCD約8枚分のデータが送受信できる40 Gビット/sもの超高速伝送を実現したことです。同速度の送受信器は他の研究機関でも開発中ですが、それらと根本的に異なるのは、主要コンポーネントのすべてをモノリシックIC化したことです。これにより、実用化に不可欠な小型化・低消費電力化が可能になりました。現在、消費電力は14.4 Wという実用的な値を達成しています。大きさは送・受信器それぞれA4サイズですが、当面の目標はこの $\frac{1}{8}$ 、両方合わせてA6サイズに収めたいですね。

● 実用化がもたらすものは

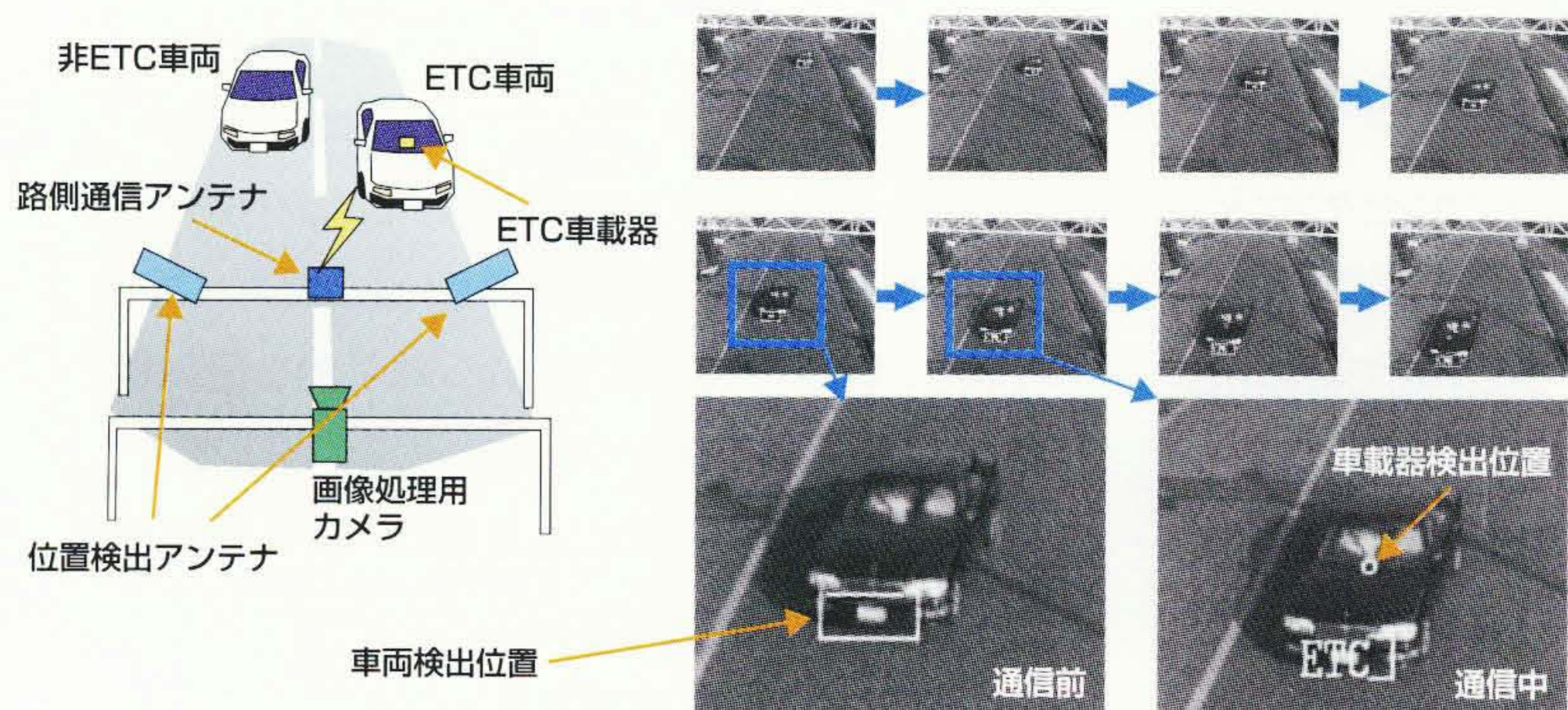
数年以内には実用化のめどをつけたいと考えています。そのころには光ファイバ網もかなり整備されているでしょうから、現在は基幹ネットワークで主に使用されている高速送受信器がローカルネットワークにも浸透していくでしょう。それによって通信速度がけた違いに増加すると、アプリケーションの形態自体も大きく変化します。例えば、世界各地にいる何人ものエンジニアが、製品の三次元シミュレーション画像をネットワーク上で共有し、細部の設計を進めていくといった共同作業によるe-エンジニアリングなども実現が可能になるでしょう。超高速送受信器の研究開発というのは目に見えにくい分野ですが、社会や産業、余暇のあり方まで変えてしまう可能性を秘めた、非常に重要な技術であると自負しています。

光受信器(左)と光送信器(右)の試作器



次世代ETCの核として注目されているのが「フリーフローシステム」である。画像処理装置と車載器位置検出装置を併用することで、一定領域の自動車の情報を収集し、ETC車と非ETC車を識別する。このシステムが普及すれば、料金所ゲートが不要となり、大幅な渋滞緩和が期待できる。

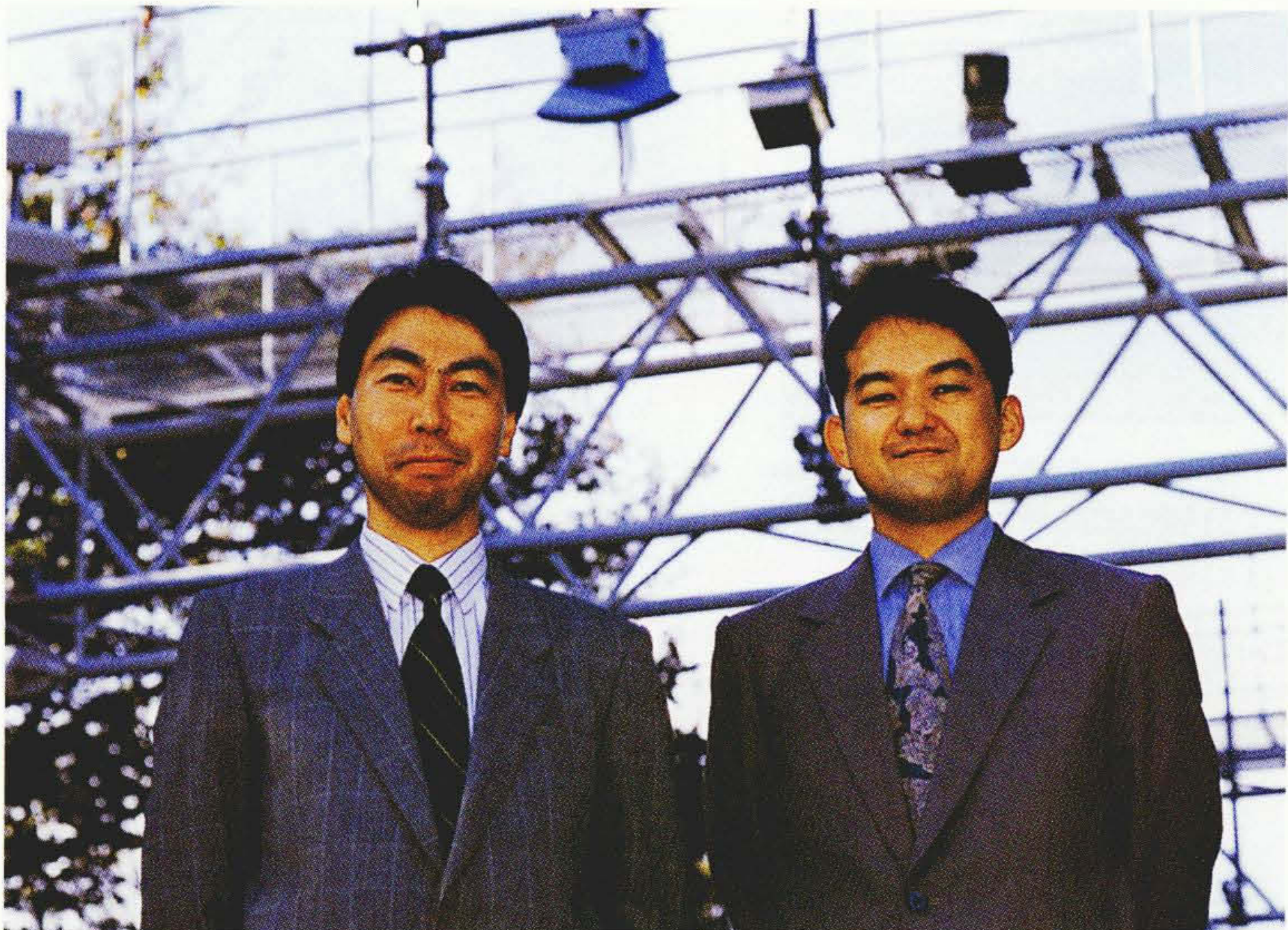
走行中の車を識別する次世代ETC 「フリーフローシステム」



● フリーフローシステムの特徴は

現在のETC(ノンストップ自動料金収受システム)は、車が料金所ゲートを通過するときに、ETC車載器を無線通信で識別し、料金を収受するものです。しかし、料金所ゲート自体をなくしてしまえば、車はスピードを落とす必要もなく、いっそうスムーズに通過でき、料金所も今よりずっと低価格で設置できるようになります。このような料金所形態を実現するシステムを「フリーフローシステム」と呼んでいます。フリーフローシステムを実施する際、すべての走行車がETC車載器を搭載していれば問題はありませんが、実際には非ETC車も出てくるでしょう。ETC車と非ETC車をどう識別するかが、このシステムのポイントになります。走

日立研究所の高橋和範主任
研究員(左)と佐藤義人研究
員(右)



行車すべてのナンバーを記録してチェックするのが最も正確な方法ですが、それでは膨大な時間とコストがかかりますし、プライバシーにもかかわります。そこで、非ETC車だけを識別すれば、時間もコストも大幅に削減できることになります。

● システムの仕組みは

このシステムでは、ETC車載器と無線で交信する通信装置を設置し、走行中の複数の車と通信を行います。また、高速で走る車を瞬時に認識するため、本線上に画像処理装置とETC車載器の位置検出装置を設置します。画像処理装置は1秒間に30枚間隔で画像を処理し、テンプレートマッチングという方法で車を追跡します。一方、位置検出装置では、無線電波の到来方向を検出してETC車載器を追跡します。この二つの情報を照合することによって、ETC車がどこにいるかを識別するのです。さらに、画像処理情報と位置情報は必ずしも一致しないので、通信中に双方の情報が一致したとみなせる割合を意味するマッチング率を測ります。これにETC車載器位置情報の推定処理を加味することで、高精度の識別が可能となるのです。画像処理技術は日立製作所が得意としてきた分野であり、このシステムでもその高度な技術を用いています。この画像処理技術と位置検出技術を融合した結果、このフリーフローシステムが実現できます。

● 今後の展望としては

現在、国土交通省はスマートインターチェンジ構想を打ち出し、低価格なインターチェンジを目指しています。また、東京都も、都内に入ってくる自動車を管理する「ロードプライシングシステム」を導入しようとしています。ETC車載器は今後ますます普及し、それに伴い、フリーフローシステムへの要求も高まっていくでしょう。私たちは、今後もこのシステムをさらに精密なものとするために努力していくつもりです。

ITをベースとした情報化社会がグローバル規模で急速に発展し、新たなサービス・ソリューションとそれらを可能にする高度な先端技術が求められている。日立製作所は、ブロードバンドネットワーク用ストリームサーバ、モバイル用超低消費電力デバイス、多言語音声自動翻訳、光脳機能計測など、時代を先取りしたシステムやデバイスの開発に取り組んでいる。

技術支援サービス事業 “i-engineering”

産業界では、企業独自のコアコンピタンスと、これを核とした商品開発のスピードアップ、“Time to Market”への対応がこれまでも増して重要な課題となっている。また、製品開発には、新技術や高度化された従来技術を積極的に取り込む必要があり、その事業化のための技術開発が重要視されている。このような状況の中で、日立製作所は、顧客の新商品開発のプロセスを支援するサービス事業“i-engineering (Intellectual Engineering)”を開始した。

“i-engineering”は、日立製作所の研究所や開発部門が保有する豊富な技術リソースを基盤としたソリューションの提供事業であり、顧客と協同で、顧客の事業化プロセスにおける「モノづくり」やシステム化などでの課題解決を目指すものである。技術リソースとは、専門技術者、装置、設備、研究・開発ツールや技法などといった、日立製作所の研究陣が幅広い製品開発の中で培っ

たものである。

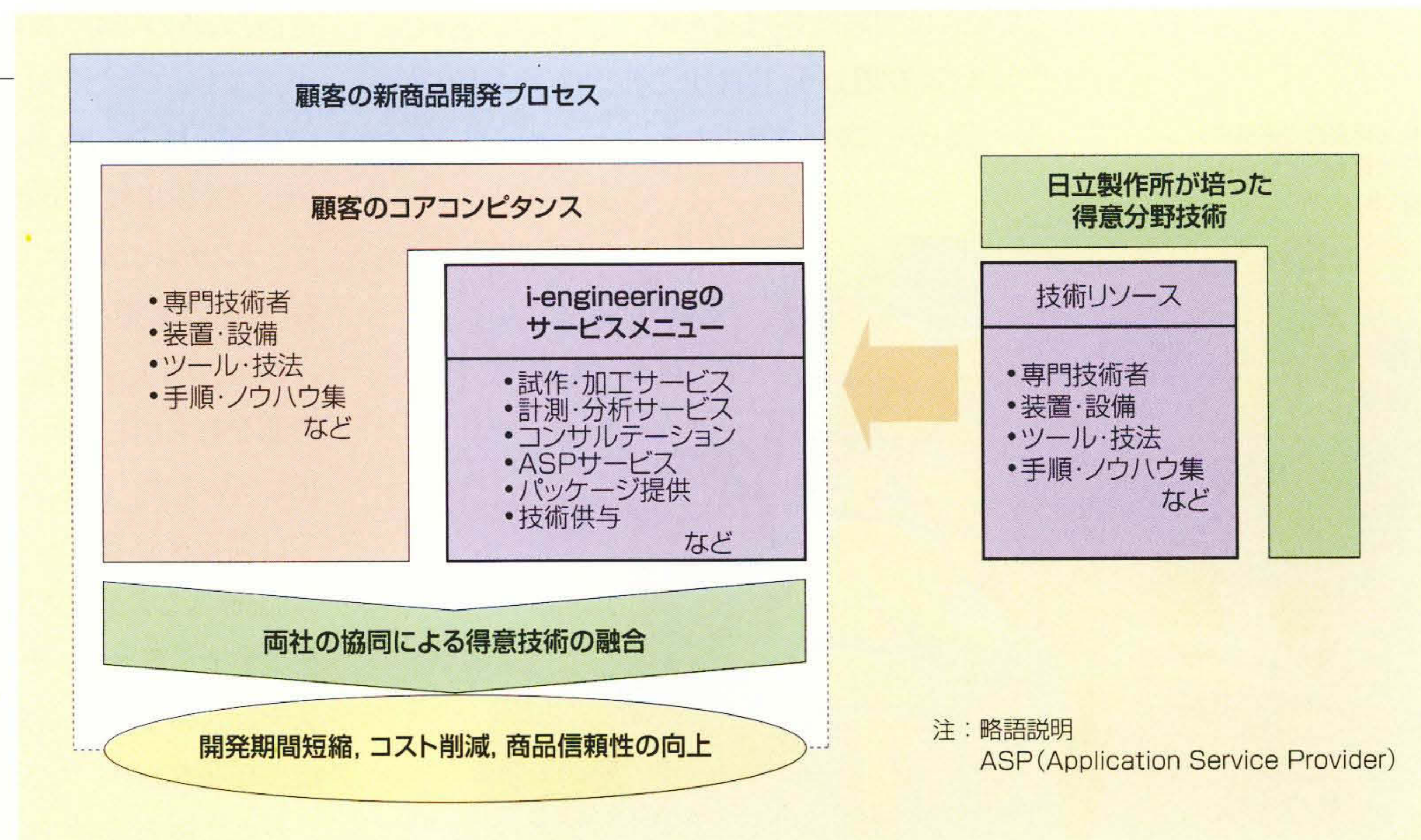
“i-engineering”では、ソリューションの紹介とともに、顧客とのコミュニケーション促進も含めてインターネット上にポータルサイト (<http://www.i-eng.hitachi.co.jp>) を開設している。このサイトでは、顧客との直接の交流を通じ、生きたニーズを吸収し、顧客の視点に立った、効果的な協同関係を築けるように務めている。

この事業のベースとなる思想は、商品開発業務の一部を他社にゆだねることにより、開発期間の短縮とコストの低減を実現しようというものである。これが、今後の製造業での時流の一つであり、同時に、商品の向上にもつながるものと考えられる。日立製作所の研究所にとっては、顧客のニーズに直接触れることのできる「窓」でもあり、これにより、研究・開発の新展開を図っていくことをねらいの一つとしている。

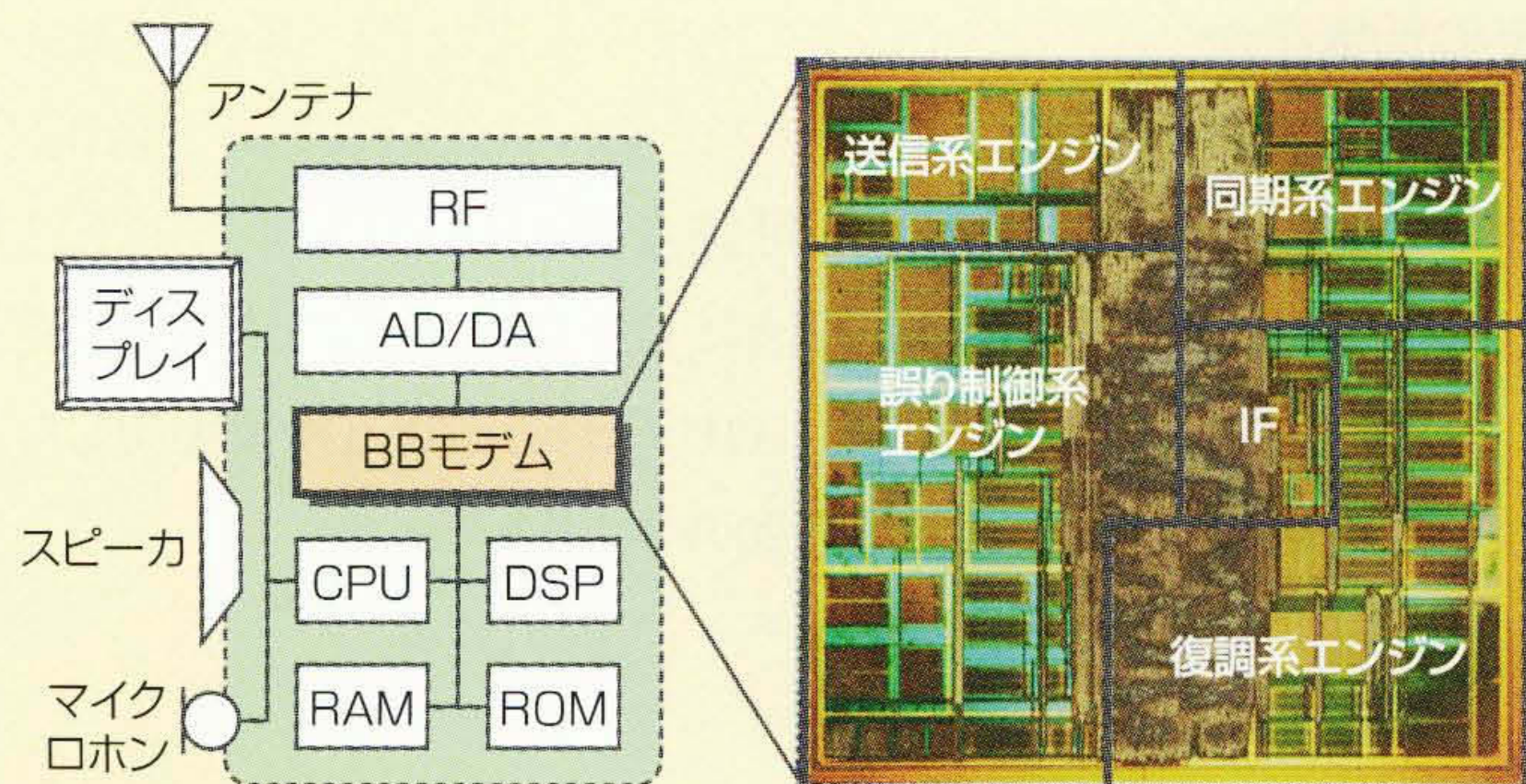
日立製作所は、“i-engineering”を顧客との接点とし、広い分野で顧客の「ベスト・ソリューション・パートナー」となることを目指している。

“i-engineering”が目指すイメージ

顧客の研究・開発プロセスを側面から支援する枠組みが“i-engineering”である。日立製作所は、技術リソースを顧客に提供することにより、顧客と協同で課題解決を目指す。



第3世代携帯電話W-CDMA 対応ベースバンドモデムLSI



注：略語説明 RF(Radio Frequency)
AD/DA(Analog-to-Digital/Digital-to-Analog)
BB(Baseband)
CPU(Central Processing Unit)
DSP(Digital Signal Processor)
RAM(Random Access Memory)
ROM(Read-Only Memory)
IF(Interface)

携帯電話の基本構成とW-CDMA対応ベースバンドモデムLSI

ベースバンドモデムLSIではCDMA拡散信号の変復調を行う。
(右写真の中央が論理部、周辺がメモリ部を示す。)

第3世代携帯電話方式であるW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)に対応したベースバンドモデムLSIを開発し、ワンチップで384 kビット/sという高速データ通信機能を実現した。

独自のマルチエンジンアーキテクチャを特徴とし、四つの信号処理エンジンをソフトウェアで制御することにより、各エンジンに同期・変調・復調・誤り訂正という異なる動作を行わせた。

マルチエンジンの並列処理により、シングルプロセッサ方式に比べてクロック周波数を $\frac{1}{6}$ 以下に低減し、高速通信時でも消費電力を160 mWに抑えた。さらに、ソフトウェア制御によってW-CDMAの多様な機能に対して柔軟な設計を可能にし、開発工数を削減した。

今後、RF-ICやRFモジュールとともに、W-CDMA携帯電話用コンポーネントのベストソリューションを目指す。

(発表時期：2001年1月)

ナノテクノロジーを利用した 携帯機器用メモリを試作

DRAM(Dynamic Random Access Memory)と同程度の容量を持ち、消費電力を $\frac{1}{100}$ に減らせるメモリを提案し、試作によって動作を確認した。これにより、携帯機器用メモリの低消費電力化と大容量化が可能となる。

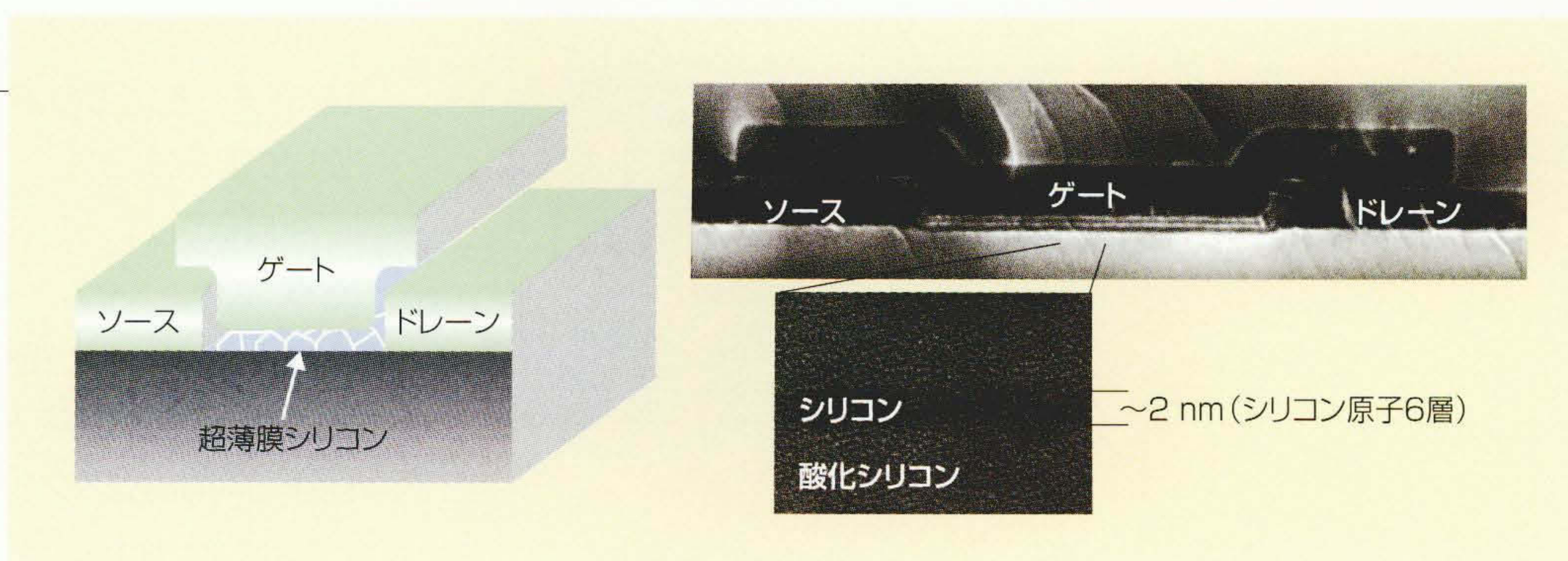
携帯機器に要求されるメモリの容量は増大している。DRAMは大容量化に優れるが、構成

するトランジスタに漏れ電流があることから低消費電力化が難しく、携帯機器には搭載されなかった。そのため、約6層の原子から成る超薄膜を利用することで量子効果を導入し、漏れ電流を従来の $\frac{1}{1,000}$ 以下である毎秒電子1個以下に低減するトランジスタを開発した。このトランジスタを用いたメモリにより、携帯機器でも電池駆動時間を低減することなく高度なアプリケーションを実行することができるようになる。

(発表時期：2000年12月)

超低漏れ電流トランジスタの構造

ナノテクノロジーを利用した新開発超低漏れ電流トランジスタの構造模式図(左)と、電子顕微鏡写真(右)を示す。



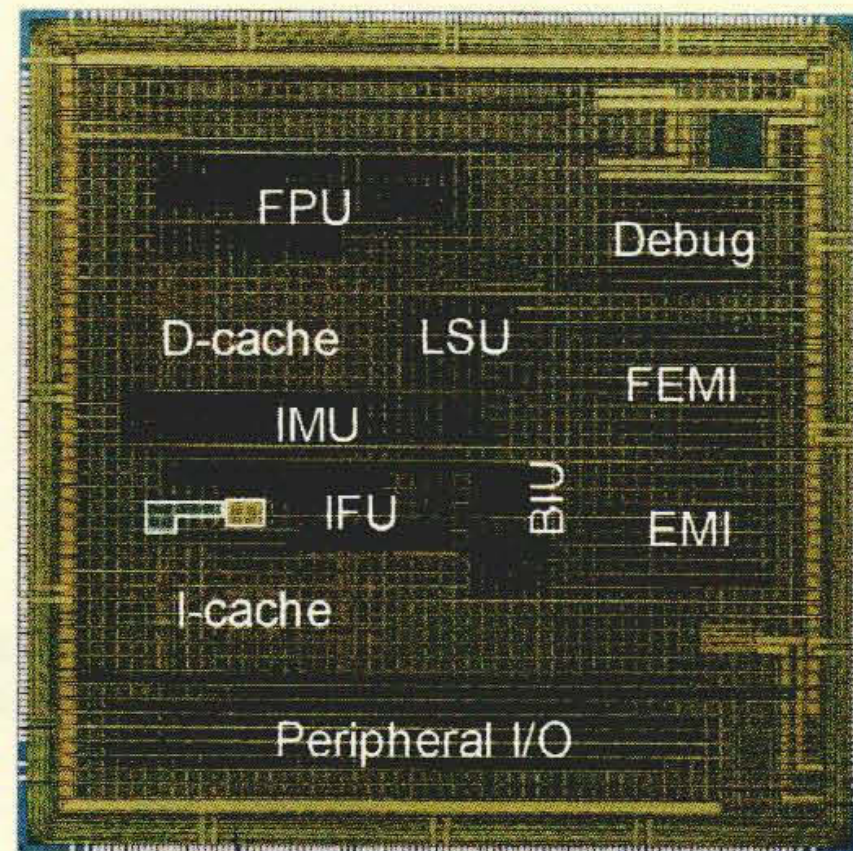
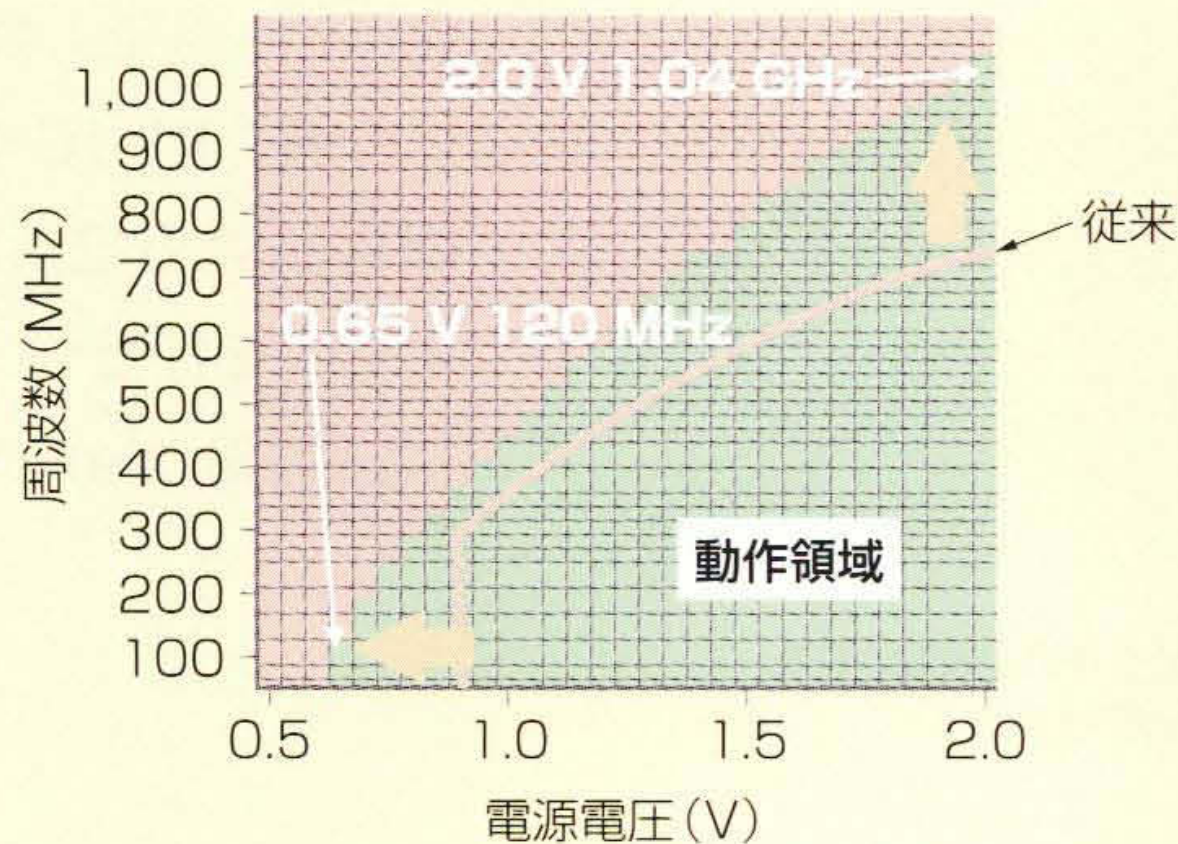
0.65 V動作のシステムLSI用 低消費電力キャッシュメモリ

携帯情報端末のシステムLSIに搭載されるキャッシュメモリ用に、0.65 Vの低電圧から2.0 Vまで幅広い電圧で連続動作が可能な回路技術を開発し、その性能を試作チップによって実証した。この技術により、処理の負荷に応じて最適の電圧と周波数を選択することができ、動作消費電力を最大でこれまでの $\frac{1}{300}$ に削減することができる。

従来のシステムLSIに搭載されるキャッシュメモリでは、内部タイミングのずれに起因する幅広い電圧での連続動作が難しく、また、低電圧ではメモリセルの動作が不安定になるという課題があった。この研究では、(1) 電圧に応じて最適なタイミングを生成する複数ダミービット線方式や、(2) リソグラフィーのマスクずれに強く、低電圧での動作が可能な横型メモリセル技術により、0.65 Vのときに120 MHzを1.7 mWで達成し、2.0 Vでは、1.04 GHzを530 mWで実現した。(発表時期:2001年2月)

試作メモリの周波数特性(左)と、このキャッシュメモリを搭載した32ビット次世代マイコン(右)

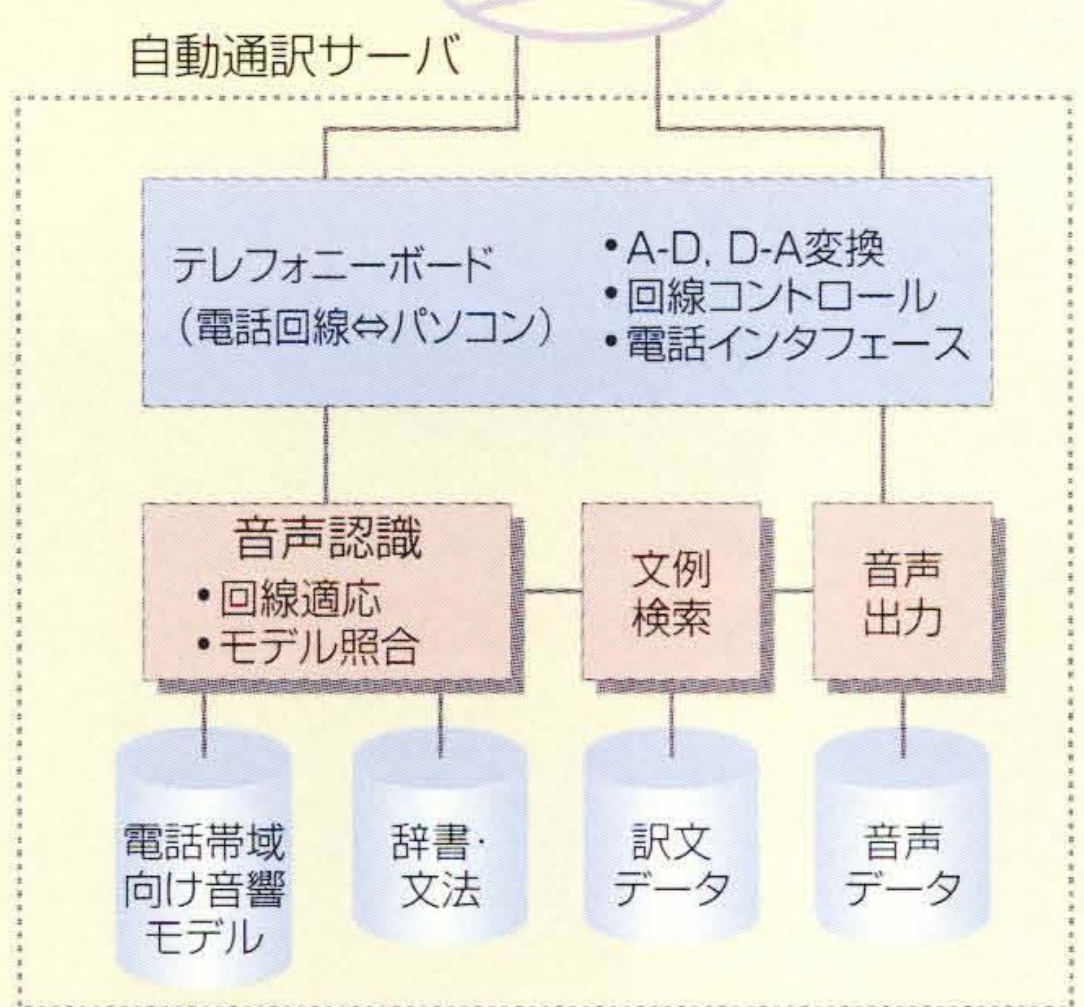
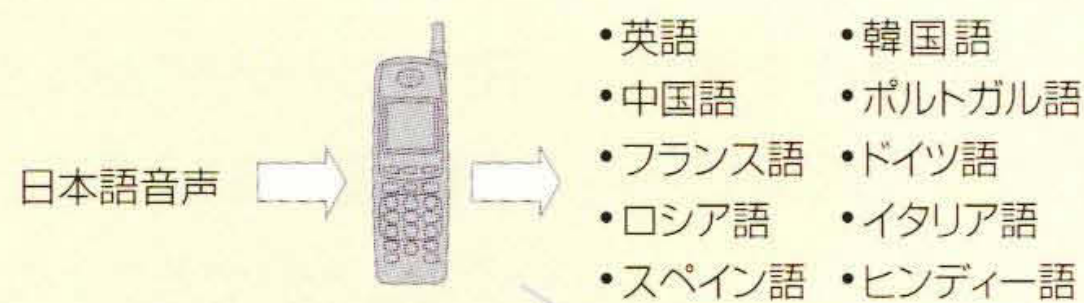
0.65 Vのときに120 MHzで動作し、2.0 Vのときに1.04 GHzで動作することを確認した。



携帯電話による多言語(10か 国語)音声自動通訳システム

多言語音声自動通訳システム「モバイリンガル」の概要

携帯電話を用いて、日本語音声を変換するシステムである。



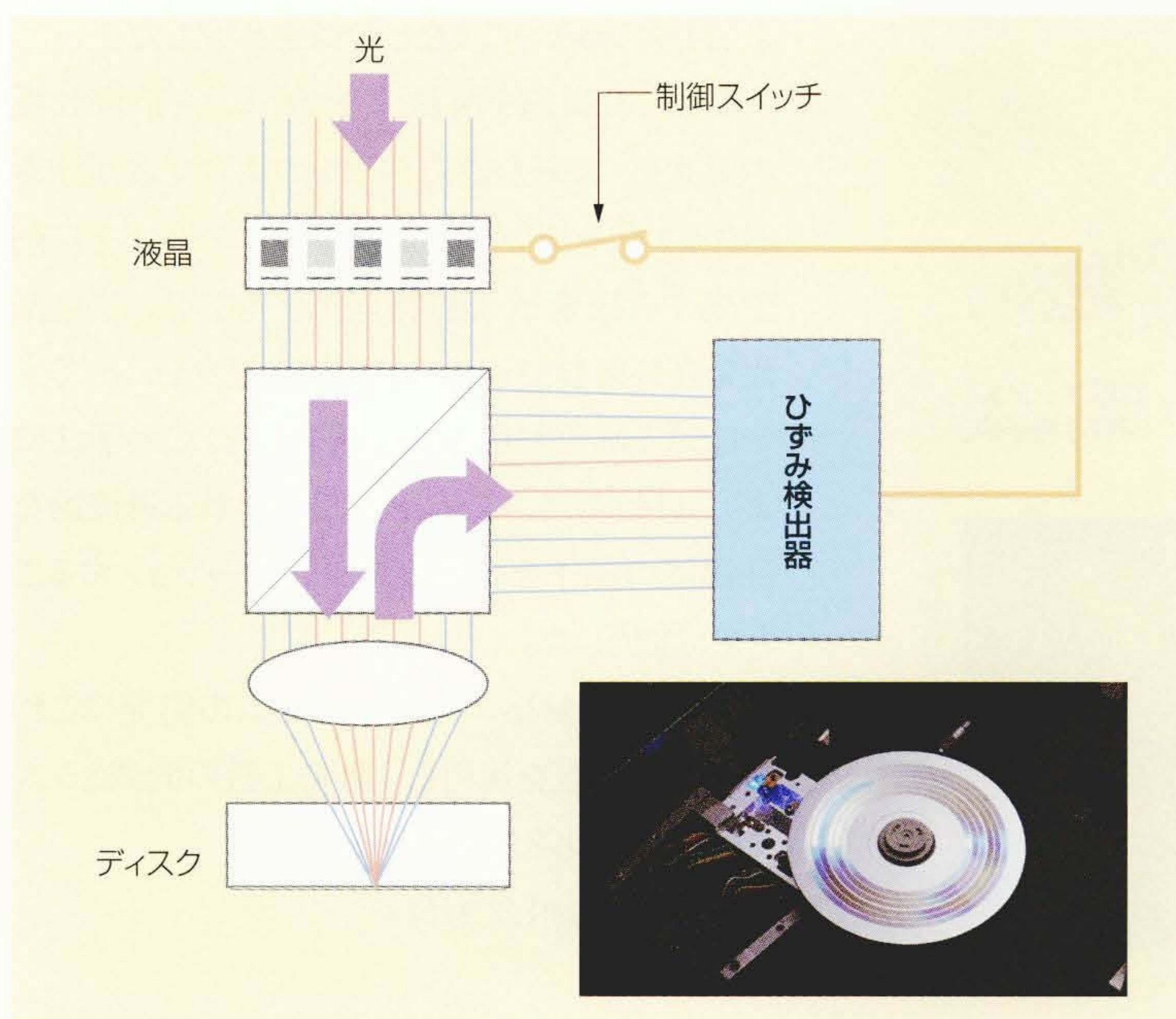
音声認識技術を用いた携帯電話多言語音声自動通訳システム「モバイリンガル」を開発した。このシステムは、あらかじめ登録されている日本語文を携帯電話に向かって発話すると、センターのサーバで音声を認識し、対応する外国語音声と同じ携帯電話で聞けるもので、10か国語の音声出力が可能である。

〔主な特徴〕

- (1) 日常使用している携帯電話をはじめ、いろいろな電話機での利用が可能
- (2) はっきり話せば、だれの声でも高い精度かつ速いレスポンスタイムで通訳
- (3) 「えーと」などの不要語が含まれていても除去して正しく通訳

今回はさらに、広くユーザーの意見を求めるため、このシステムを一般に公開して実証実験を施行し、ニーズの把握や問題点の抽出を行った。今後、騒音環境下での性能向上を図り、国際化に向けた新コンセプトサービスを目指す。(発表時期:2001年4月)

両面記録容量 100 G バイトの次世代 DVD 用高信頼光ヘッド技術



高分解能対物レンズを搭載した自己補正型光ヘッドの概略構成

次世代高密度光ディスク対応自己補正型光ヘッドでは、高分解能の1枚対物レンズを用いた。

旭 光学工業株式会社と共同で、次世代高密度DVD(Digital Versatile Disc)用に、対物レンズ1枚で高分解能かつ高信頼性を実現する小型光ヘッド基本技術を開発した。

次世代DVDでは対物レンズの高分解能化が必要となり、光ヘッド調整やディスク厚むらの精度が非常に厳しくなる。また、レンズとディスクとのすきまが狭くなることから、衝突の可能性も危ぐされている。そのため、従来提案されていた2枚構成のレンズを旭光学工業株式会社の高精度レンズ成形技術で1枚化してすきまを広げ、これに調整ずれによる光スポットひずみを検出して自動補償する、日立製作所の自己補正型光ヘッド技術を組み合わせることにより、上述の課題を解決した。

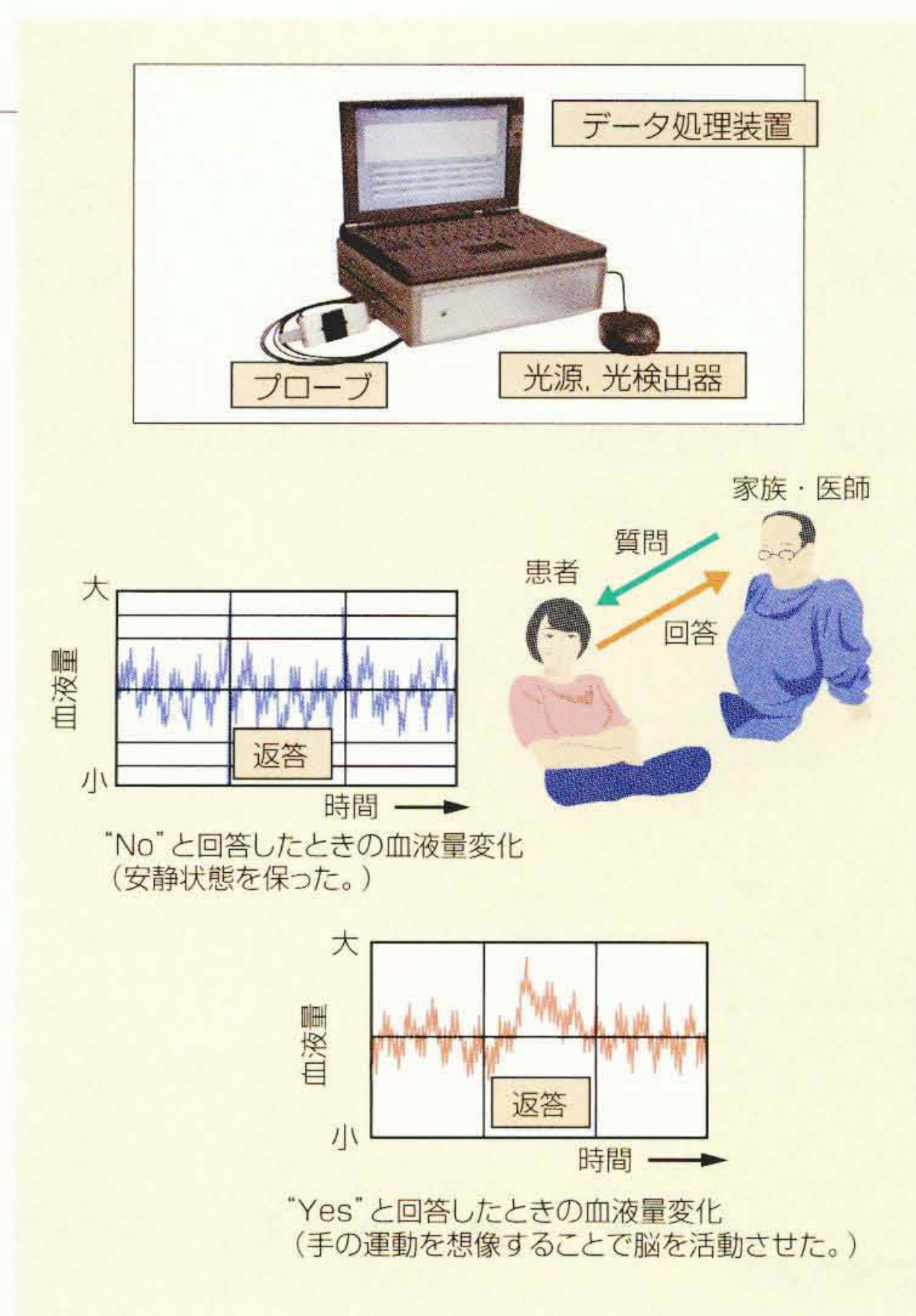
この技術は、光ヘッドの信頼性を飛躍的に向上させ、高密度DVDの低価格化への道を開くものである。現行と同じ直径12 cmのサイズで、両面100 Gバイトの記録容量の光ディスクを実現する基本技術として期待できる。

(発表時期:2001年10月)

光脳機能計測法を用いた ALS 患者用意思伝達装置

意思伝達装置の外観(上)と血液量の変化

試作したALS患者用意思伝達装置の外観を示す。下部に示した2本の光ファイバを患者の頭部に装着する。



A LS[筋萎(い)縮性側索硬化症]は、脳から筋肉への運動指令を伝える脊(せき)髄の運動神経が侵される進行性の難病である。病気の進行に伴って筋肉を動かすことが難しくなり、意思の伝達も困難になるが、脳は正常に機能することが知られている。このようなALS患者のために、光脳機能計測法を応用した意思伝達装置を試作した。

この装置では、微弱な近赤外光を光ファイバの先端から頭部に入射させ、大脳皮質を通過した反射光を他の場所に配置した光ファイバで検出する。この反射光の強度変化は、脳活動に伴う血液量を変化させる。家族や医師の問いかけに対して患者は脳を活動させ、これに伴う血液量の変化から患者の意思(YesまたはNo)を判定する。

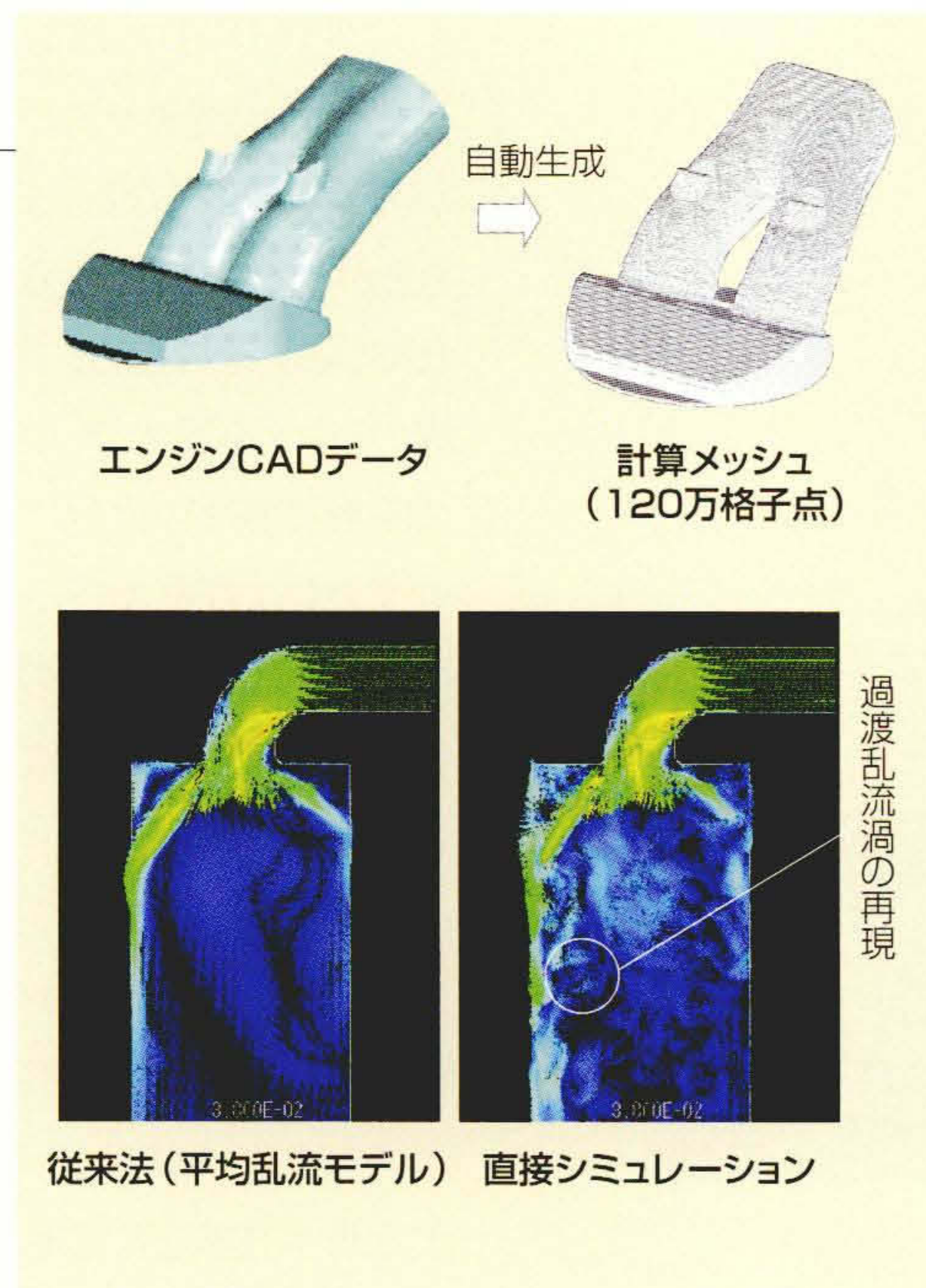
今後は、装置の小型化や検出時間の短縮化などを図り、実用性を向上させる計画である。なお、この装置は、東海大学医学部との共同研究の成果である。

(発表時期:2001年5月)

環境規制対応エンジン開発用 高度流体シミュレーション技術

ボクセル法によるメッシュ生成(上)と、シリンダ内流れシミュレーション例(下)

三次元CADデータから計算メッシュを自動生成し(上)、直接シミュレーションによってエンジン内の過渡的な乱流渦を再現する(右下)。



自動車用エンジン開発で重要な解析手段となりつつある、流体の数値シミュレーションでは、計算のためのメッシュ作成に多大な労力を要することと、シリンダ内に生成される乱流を精度よく再現できないことなどの課題があった。

これらの課題を解決するために、(1)流れ場の形状を、微細な直方体セルの集合で表現するボクセル法を用いて大規模な計算メッシュを自動生成する技術と、(2)物理モデルを用いずに乱流を直接計算で求めるDNS(直接シミュレーション)による乱流解析技術を開発した。この手法により、自動車用エンジン内に生成される過渡的な乱流渦の様子を高精度にシミュレーションすることを可能とした。

環境規制対応エンジンシステムの開発にこれらの解析技術を適用し、開発工数の低減とシステムの高度化を図っている。

(発表時期:2001年9月)

高効率永久磁石同期モータの 位置センサレス駆動技術

永久磁石同期モータは、小型・高効率という特徴を持ち、省エネルギー時代の主要な動力源として期待されている。永久磁石モータを自在に制御するためには、回転子位置を検出する位置センサが必要であり、このセンサの取り付け作業、精度、信頼性などが、製品への適用時の課題となっている。

開発した位置センサレス技術は、回転子の位置を推定することで、位置センサなしでモータを

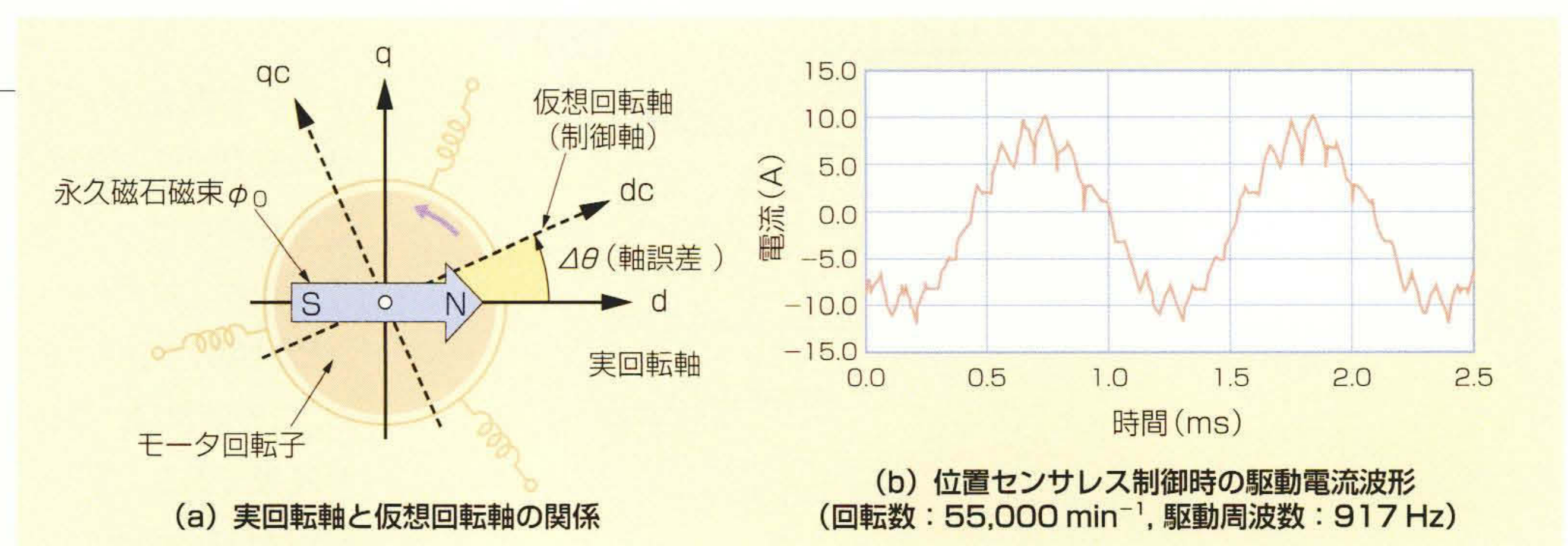
駆動するものであり、装置の小型化と信頼性向上に貢献することができる。回転子位置の推定は、実際の回転軸であるd-q軸と、制御器内の仮想回転軸であるdc-qc軸との軸誤差 $\Delta\theta$ を、独自開発の手法によって直接推定演算するものである。

この位置センサレス技術により、永久磁石モータを55,000 min⁻¹まで駆動できることを確認した。この技術は、汎用性と簡便性を重視して開発したものであり、今後、家電や産業機器などさまざまな製品への適用が期待できる。

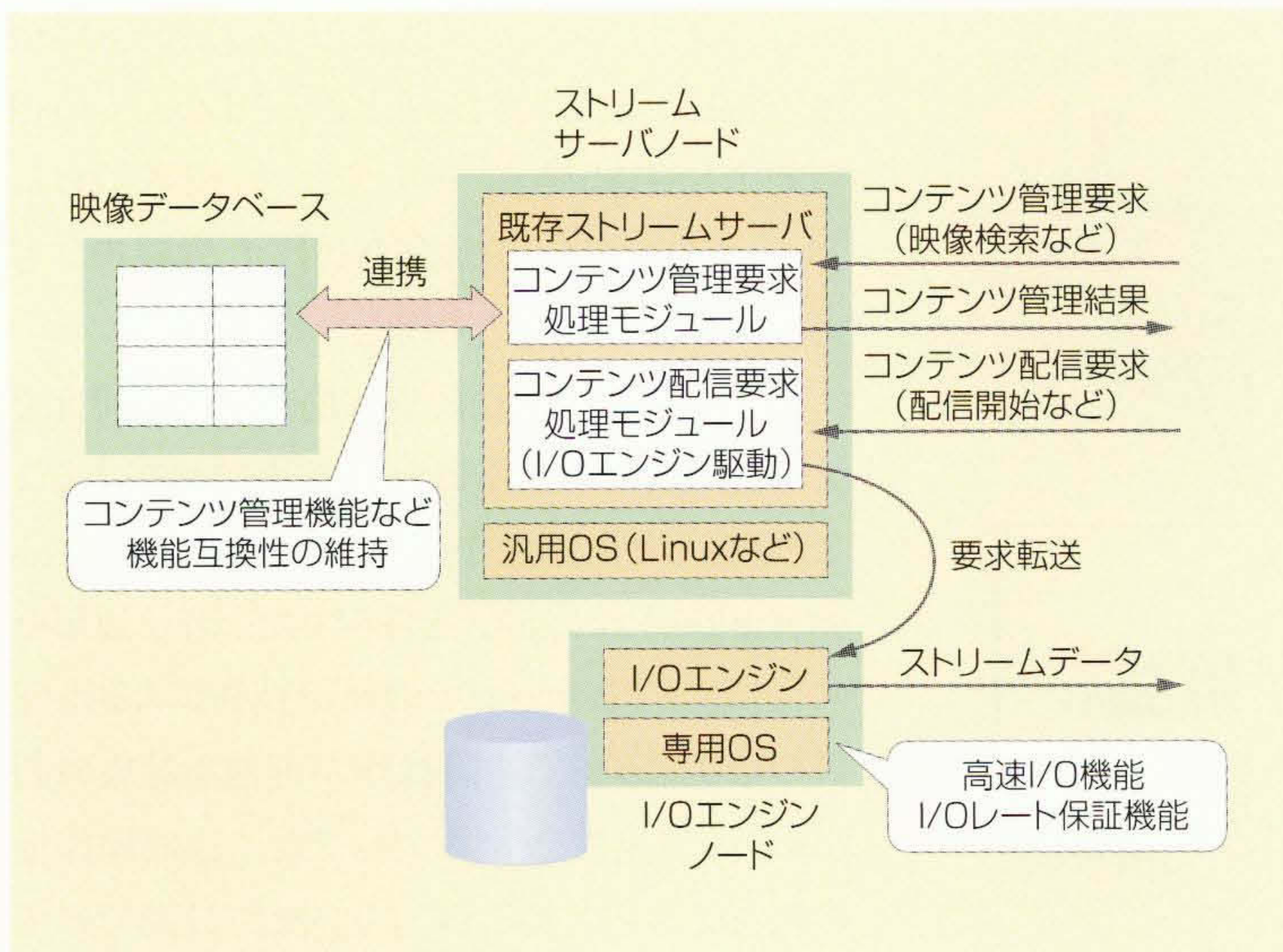
(発表時期:2001年8月)

位置センサレス駆動の原理と駆動電流波形

永久磁石モータの位置センサレス駆動技術・原理(a)と実運転時の電流波形(b)を示す。



今回、既存ストリームサーバの機能を維持しつつ、その配信性能の向上や配信品質の保証を可能にするストリーム サーバ システムを開発した。このシステムは、ストリーム サーバ ノードと、I/O(入出力)エンジンノードから成る。ストリーム サーバ ノードでは、各種の管理、要求受け付け、実行制御だけを行わせ、コンテンツの読み出しや送信はI/Oエンジンノードに実行させる。I/Oエンジンノードでは、ストリーム配信専用OSにより、遅れ・乱れのない高品質な動画を、既存システムの数倍の数のクライアントに配信する。



プロトタイプ of システム構成

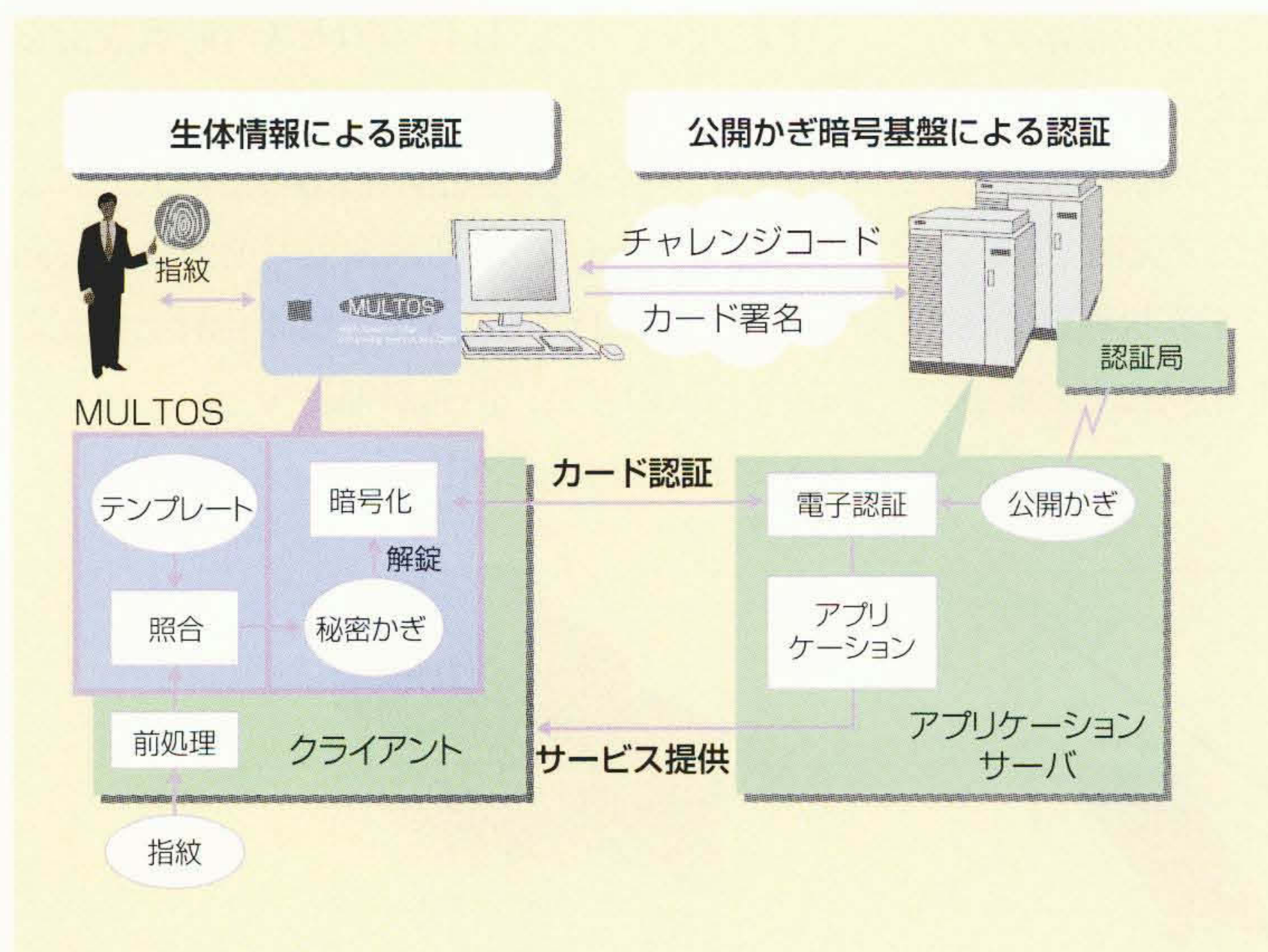
インターネット利用者の安全な 認証を実現するMULTOSカード 実装型指紋認証システム

ネ ットワークを介した電子商取引では、安全性の高い本人認証が要求される。ICカードを用いた本人認証では、PKI(公開かぎ暗号

基盤)によってカードの正当性を、パスワードによって本人の正当性をそれぞれ確認している。しかし、パスワードによる本人確認では不正な成り済ましが容易なため、指紋を用いた生体認証が注目されている。

指紋照合を適用するにあたっては、指紋テンプレートや照合結果の改ざんによる成り済ましを防ぐことが重要である。この研究では、成り済ましを防ぐことを目的に、指紋照合処理をMULTOSカードで実行するMULTOSカード実装型の指紋認証システムを開発した。

このシステムでは、カードに保存した指紋テンプレートと新たに入力した指紋をカード内で照合し、本人と確認されれば、カード内の暗号化機能により、PKIによるカード認証を行う。指紋テンプレートと照合結果はカードの外にさらされることなく、ICカードの耐タンパ性によって保護されているので、安全性の高い本人認証を実現することができる。

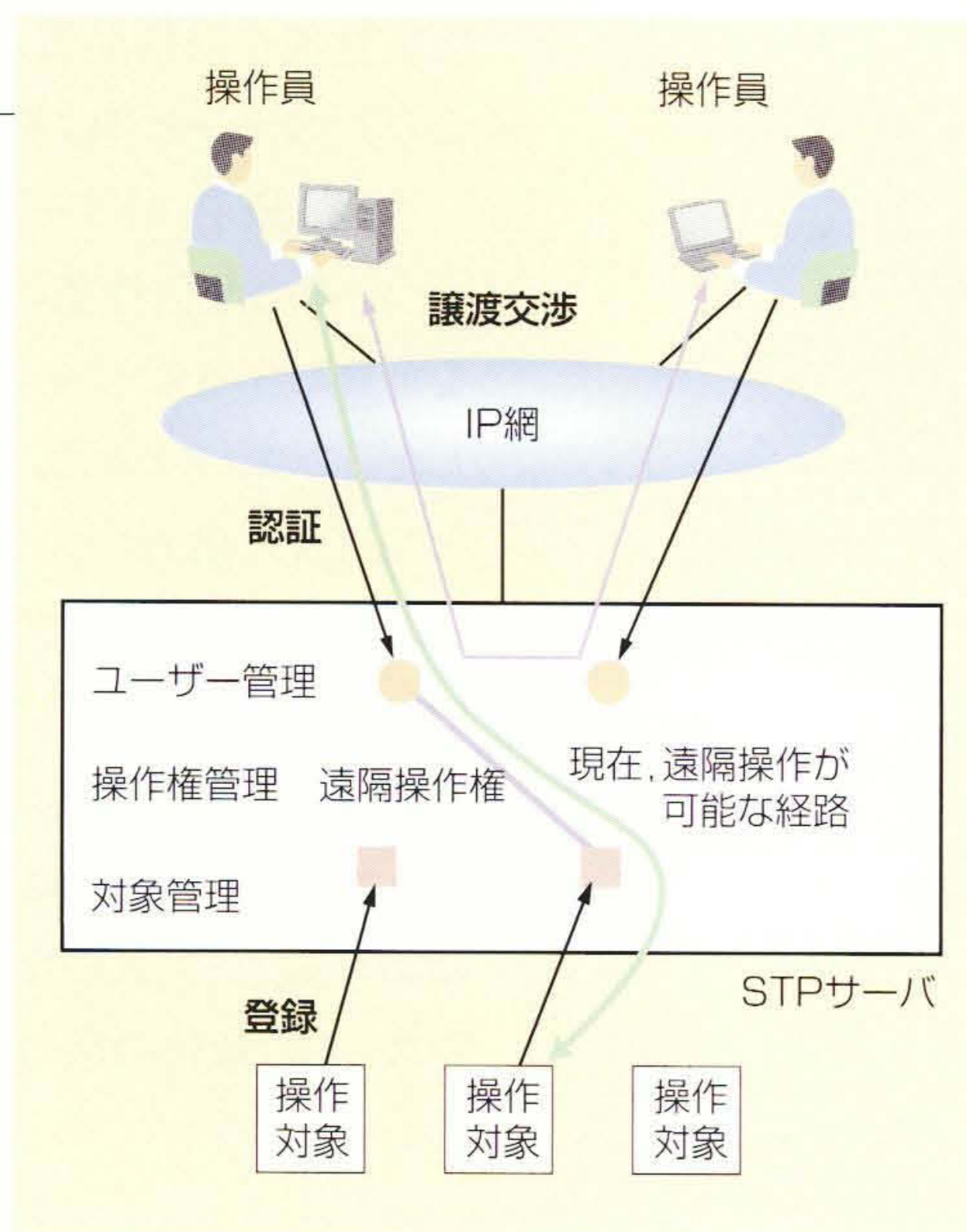


MULTOSカード実装型指紋認証システムの構成

複数操作員のネットワーク上存在を想定した遠隔操作技術

遠隔操作権の概念を持つ 遠隔操作技術の概要

STPサーバがネットワーク上の操作員と操作対象を動的に結合する。操作員間の権利交換もできる。



上 下水や河川、電力などのプラントの監視制御分野では、IP (Internet Protocol) 網を利用した WWW (World Wide Web) 関

連技術の導入が進んでいる。これらの技術は、特に、設備の有人管理や専用の監視制御室の構築などが困難な場合に有効である。さらに、関係者間の情報共有の進展に伴い、監視制御用途としてだけでなく、連携運用・維持管理・点検保守・設計・緊急時対応などさまざまな面での相乗効果も期待できる。最近では、制限を設けるという条件付きで、IP 網を利用した遠隔操作も実現したいという要求も増えつつある。

今回、情報処理振興事業協会の委託研究を受けて、複数の操作員が IP 網上に存在することを想定した遠隔操作技術“STP (Secure Teleoperation Protocol)”を開発した。暗号通信を前提に、STP サーバでの認証技術による操作員の絞り込みや、遠隔操作が可能な対象の制限などの安全性を確保した。また、遠隔操作権の概念を導入することにより、操作員間での権利の譲渡交渉や、操作の連続性確保などの柔軟性という特徴も併せ持っている。今後は、日立製作所が開発した“PointGuard” (40 ページを参照) にこの STP サーバ機能を実装した展開を図っていく。

Si 結晶のひずみ制御による半導体デバイス高速化技術

高 度情報化時代での大容量信号伝送を実現するため、信号処理を行う半導体デバイスを高速化する技術を開発した。

半導体の性質は、電子のエネルギー状態を規定するバンドギャップという概念で説明できる。このバンドギャップを Si 結晶のひずみ状態を変化させることによって安定に制御できることを量子

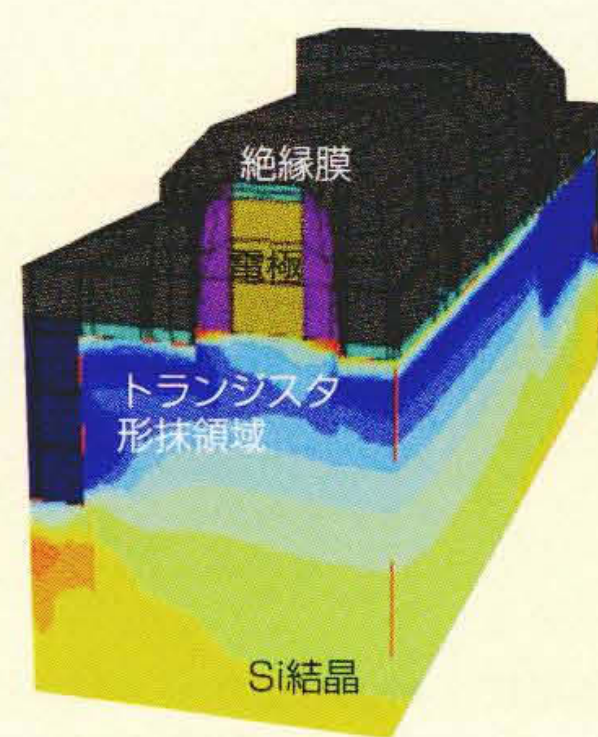
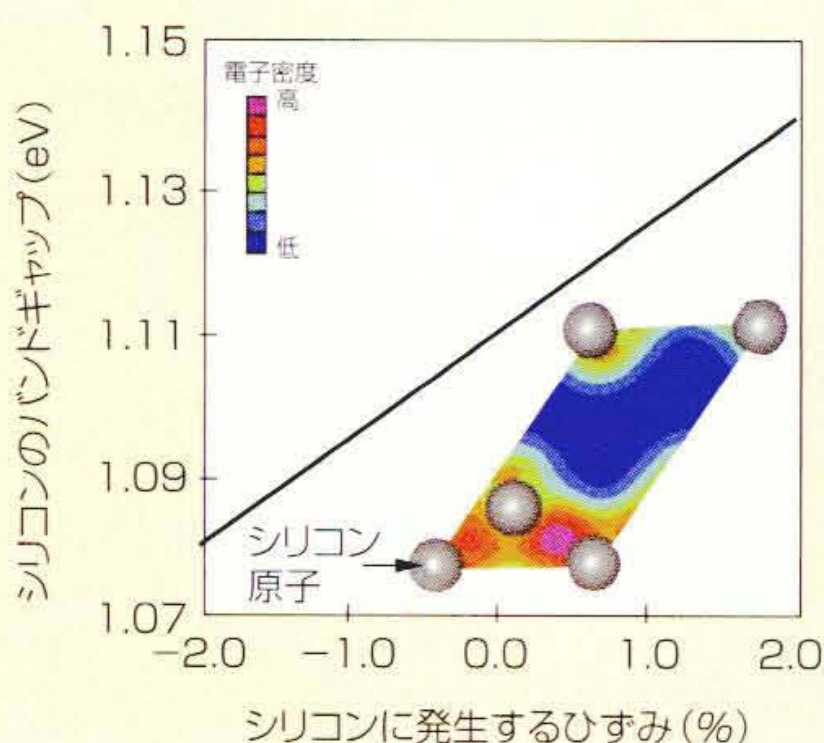
力学解析で明らかにした。この解析に基づいて最適な半導体特性を実現する結晶ひずみ状態を決定することが可能となった。実際の半導体デバイスでそのひずみ状態を実現するため、デバイス内部の応力・ひずみ状態のシミュレーション技術を用い、構造・材料・プロセスの最適設計を行っている。

この技術を各種製品開発に適用することにより、高速デバイスの早期量産立ち上げや品質向上に効果を上げており、高度情報化社会を支えるデバイスの普及、促進が期待できる。

(発表時期: 2001 年 12 月)

Si 結晶のバンドギャップ解析例(左)と半導体デバイス内部のひずみ分布解析例(右)

量子力学解析で半導体デバイス特性を最適化する Si 結晶ひずみ状態を決定し、応力シミュレーションでその実現手段を設計する。

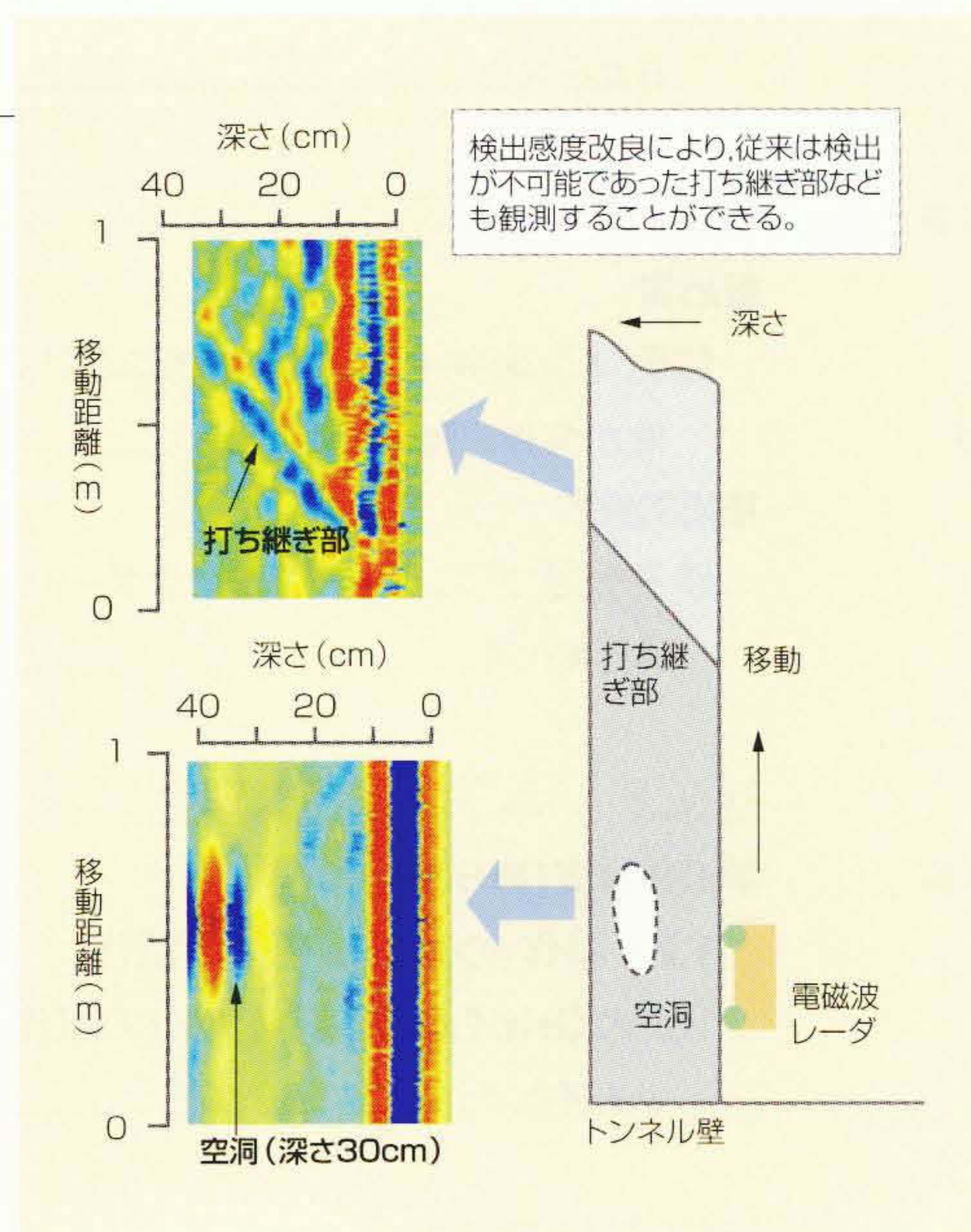


コンクリート構造物検査用 電磁波レーダ

トンネルやビルなどのコンクリートは、使用条件や経年変化などで劣化するおそれがある。

レーダによるトンネル壁検査例

感度を改良した電磁波レーダを使って、検出が不可能であったコンクリート打ち継ぎ部と内部空洞を表示した例を示す。



る。このため、内部の健全性を確認する検査法が強く求められている。コンクリート内部の検査法には電磁波レーダが有効である。しかし、電磁波のコンクリート表面反射と内部伝搬減衰が大きいので、表面から深い位置まで、劣化を感度よく検出することは難しい。

日立製作所は、株式会社日立エンジニアリングサービスと共同で、感度改良型レーダ装置を開発した。この装置では、10億分の1秒幅の電波を用いる。レーダを検査対象の表面上で移動させ、内部の割れや空洞などを連続的に検出し、反射画像として表示する。この装置では、数値解析を基に送受信アンテナの感度を向上させた。さらに、送信電磁波の振幅を制御し、表面付近は小さな振幅で、深くなるにしたがって大きな振幅で検査する方式により、浅い位置から深い位置までの感度の確保を図った。

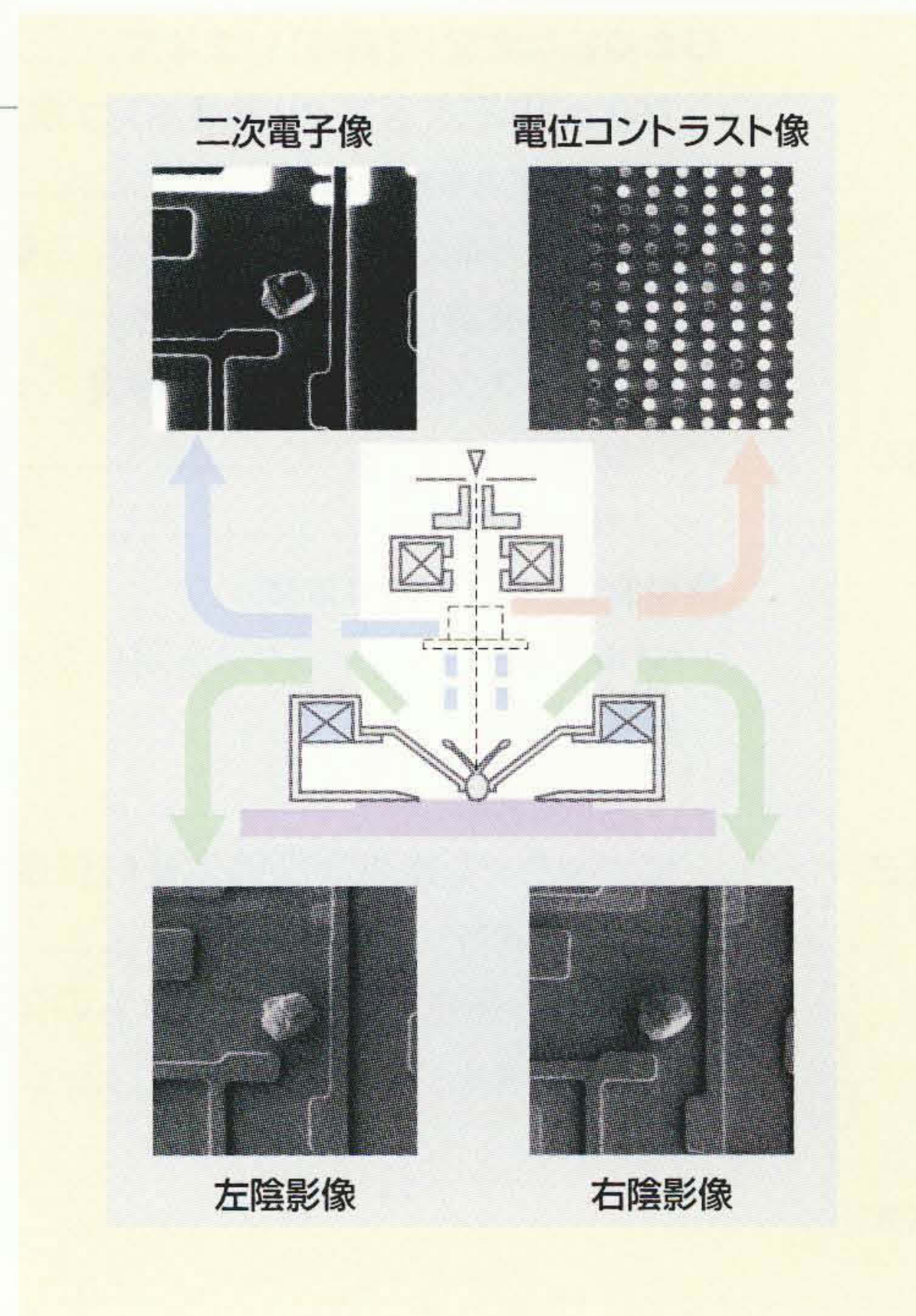
内部にコンクリート打ち継ぎ部や空洞を人工的に作成したトンネル壁のテストピースで実験した結果、当社従来比で10倍以上の検出感度を得ることができた。

（発表時期：2001年10月）

0.1 μm 以下の欠陥画像を 自動分類するアルゴリズム

ADCを搭載したレビュー 走査形電子顕微鏡の構成

複数の電子光学系によって多角的な欠陥の画像情報を得て、これに基づいて正確な欠陥識別を実現している。



半導体の微細化の進展は著しく、現在では0.1 μm よりも小さな欠陥が製造上の問題となってきている。これらの中には多様な欠陥が含まれており、発生している欠陥の種類を観察し、把握することで、製造プロセスの異常を的確に知ることが求められている。

この欠陥種類の定量的な識別を目的として、走査形電子顕微鏡で撮像した欠陥画像を自動分類するアルゴリズム“ADC (Automatic Defect Classification)”を開発した。欠陥観察専用開発した検出器によって得られる画像から、欠陥の濃淡情報や形状情報など、欠陥に関する多様な情報を取り出し、その情報に基づいて欠陥の分類識別を自動的に行う。1時間に600欠陥処理が可能であり、従来の目視による観察作業に比べて飛躍的に作業効率を向上することができる。

開発したアルゴリズムを、欠陥観察専用のレビュー走査形電子顕微鏡“RS-3000”に搭載している。（製品化時期：2000年12月）