

## 研 究

情報システム分野では、今後急速な進展が期待されるインターネット・イントラネットに向けて、グループ暗号システムや、動画・音声処理を最適化するためのリアルタイムカーネルなど、キーとなる技術を開発した。

通信分野では、音声に加えて画像・データを安価に伝送できるCDMA方式の無線パケット通信システムを開発し、今後のマルチメディア分野への展開が期待される。

半導体分野では、マルチメディア分野のニーズにこたえたDRAM・論理混載の三次元CGチップを開発した。また、世界初の単一電子メモリ集積回路の室温動作の実証により、その実用の可能性を確かなものとした。

基盤技術の応用分野では、リチウム電池の大容量化、酸化物超電導コイルによる世界最高磁場の実現、発電プラントでの振動解析技術の高度化、新しいX線撮像法などに大きな進展を見た。

そのほか、環境関連の分野では、新技術による湖沼水の浄化装置や耐震試験装置などの製品開発に鋭意取り組んだ。

今後とも、豊かで安全な社会を支えるこれらの研究開発に積極的に対応してゆく。

## インターネット・イントラネット対応グループ暗号システム

WWWやメールなどでのセキュリティを実現するため、情報の開示先を氏名、所属、職位などの組合せで指定できるグループ暗号技術を開発し、プロトタイプを試作した。

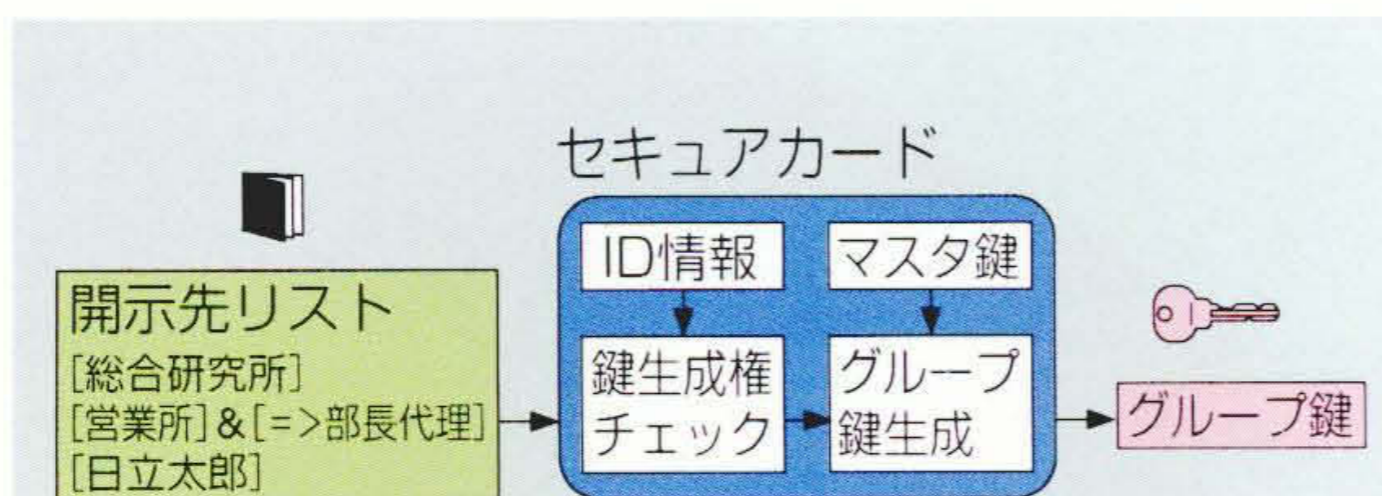


図1 あて先リストを用いたグループ鍵の生成

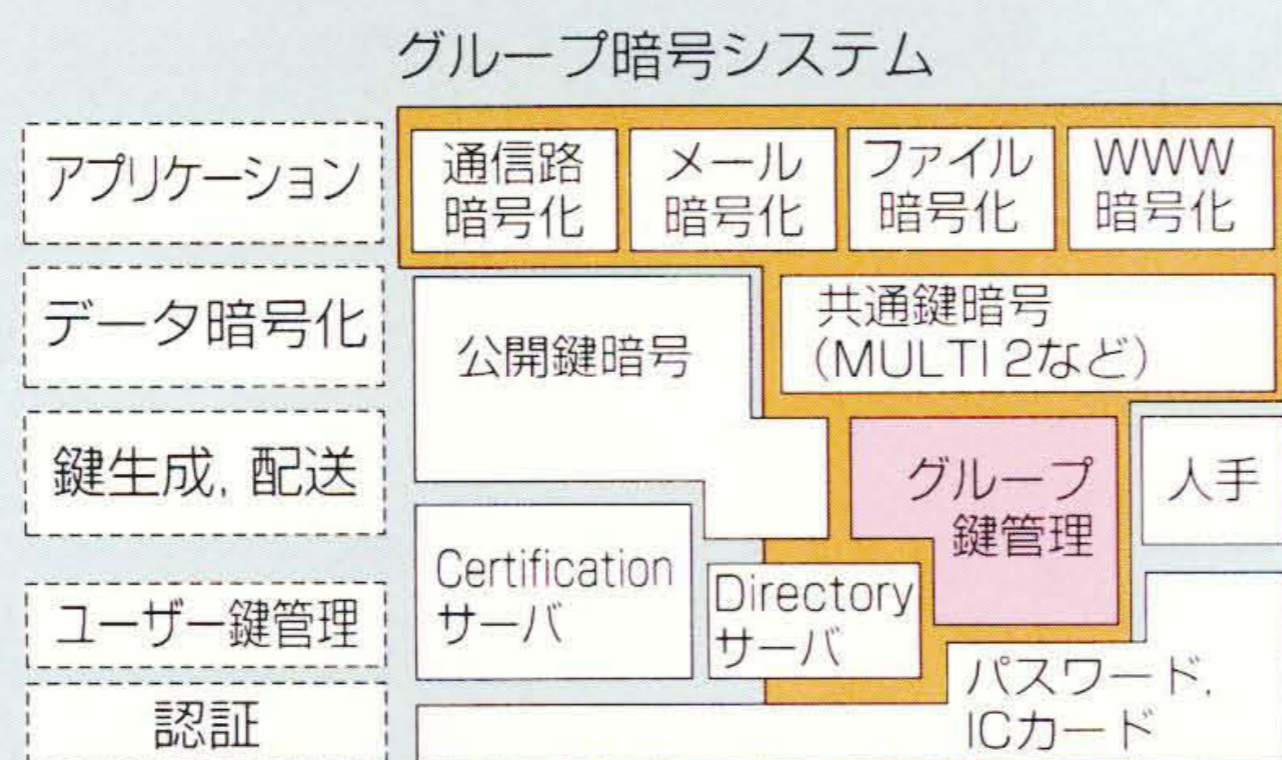


図2 グループ鍵管理とそのシステムの位置づけ

インターネット時代を迎え、企業内情報システムにインターネットの仕組みを利用する「イントラネット」が急速に普及しつつある。イントラネットでは、企業の組織に柔軟に対応でき、かつ使い勝手の良いセキュリティシステムが強く求められている。

そこで、情報の開示先を、氏名、所属、職位などの組合せで任意に指定できるようにし、この開示先リストを基にセキュアカードで暗号鍵を動的に生成するグループ鍵管理技術を開発した。これにより、従来は困難であった複数の人へのセキュアな情報発信を、鍵の配送や管理をユーザーが意識することなく実現可能とした。

さらに、このグループ鍵管理技術と日立製作所のMULTI 2 (Multimedia Encryption 2) 暗号アルゴリズムを用い、WWW (World Wide Web) 上の情報やメール、ファイルの暗号・復号化を実現するシステムを試作した。

このシステムは、インターネット・イントラネットだけでなく、銀行や医療機関など多方面への応用が期待できる。

## マルチメディア処理向けリアルタイムカーネル

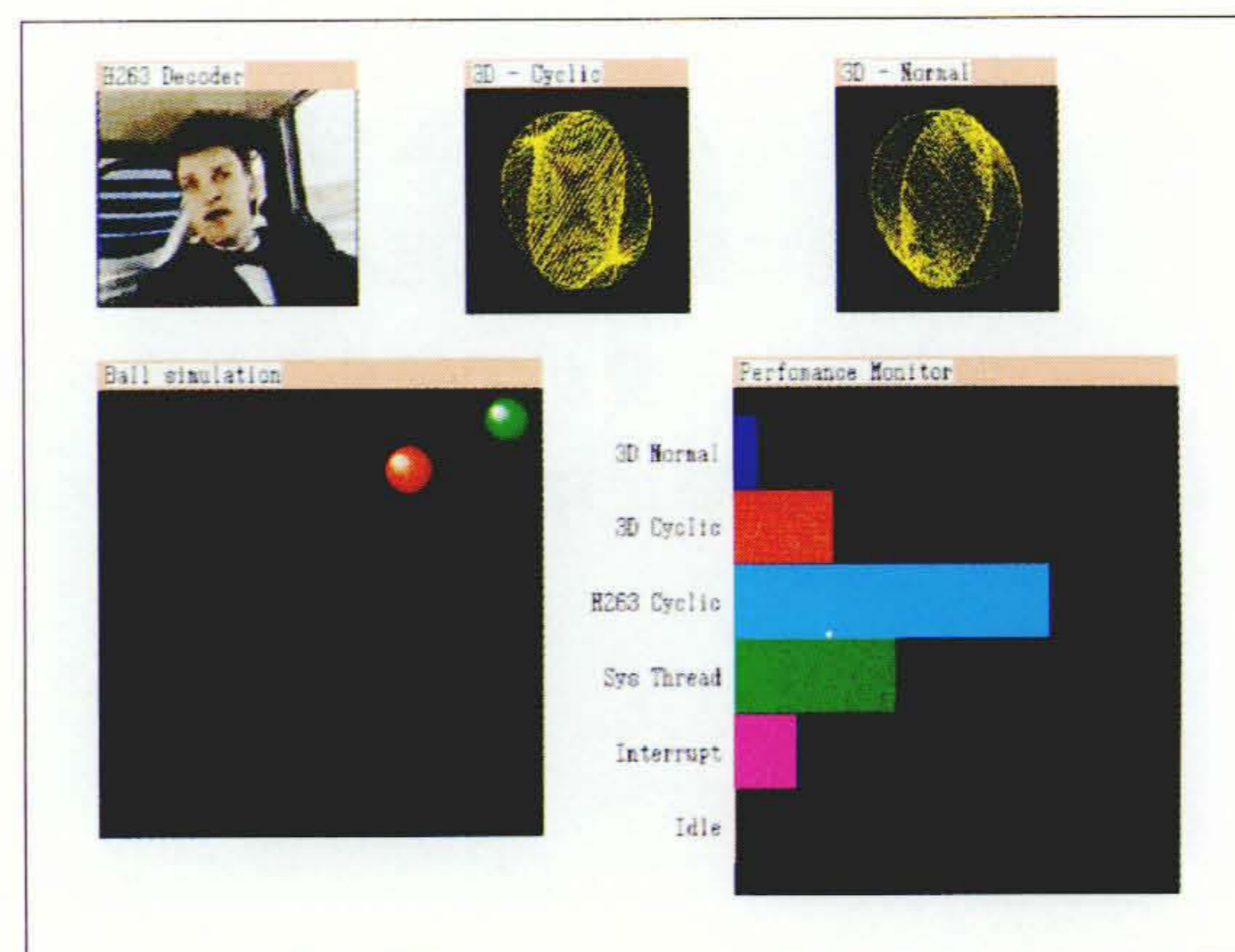
ビデオやオーディオなどのマルチメディア処理に最適なスケジューリング機能を持ったリアルタイムカーネルを独自開発した。

インターネット時代のコンピュータシステムでは、ビデオやオーディオなどのマルチメディア処理性能向上が、製品競争力強化の戦略技術として重要である。

リアルタイムカーネルは、既存の汎用OSやリアルタイムOSでは実現できなかった、高性能かつ高品質のリアルタイム連続メディア処理を可能とする。すなわちこのカーネルは、ネットワークあるいは光磁気ディスクなどの記憶媒体から転送されてくる連続メディアデータを、ユーザーに不自然さを感じさせない滑らかさで再生するのに不可欠なスケジューリング機能や品質保証機能を提供する。ソフトウェア処理の最小単位であるスレッドごとの高精度周期スケジューリング方式の開発により、既存の汎用OSに比較して5~10倍の連続メディアデータ転送性能を達成している。

現在までに、PC-AT\* (Advanced Technology)

互換機上で基本性能評価用のプロトタイプが完成し、ビデオ オン デマンドなどのベンチマークでは、所期の性能目標実現を確認した。



新カーネル上でのマルチメディア処理の並行実行例

## バーチャルリアリティによる大規模プラントの建設支援技術

プラントの建設現場をバーチャルリアリティで表現し、あたかもその場にいるような感覚で、建設や搬入の手順を模擬する技術を開発した。

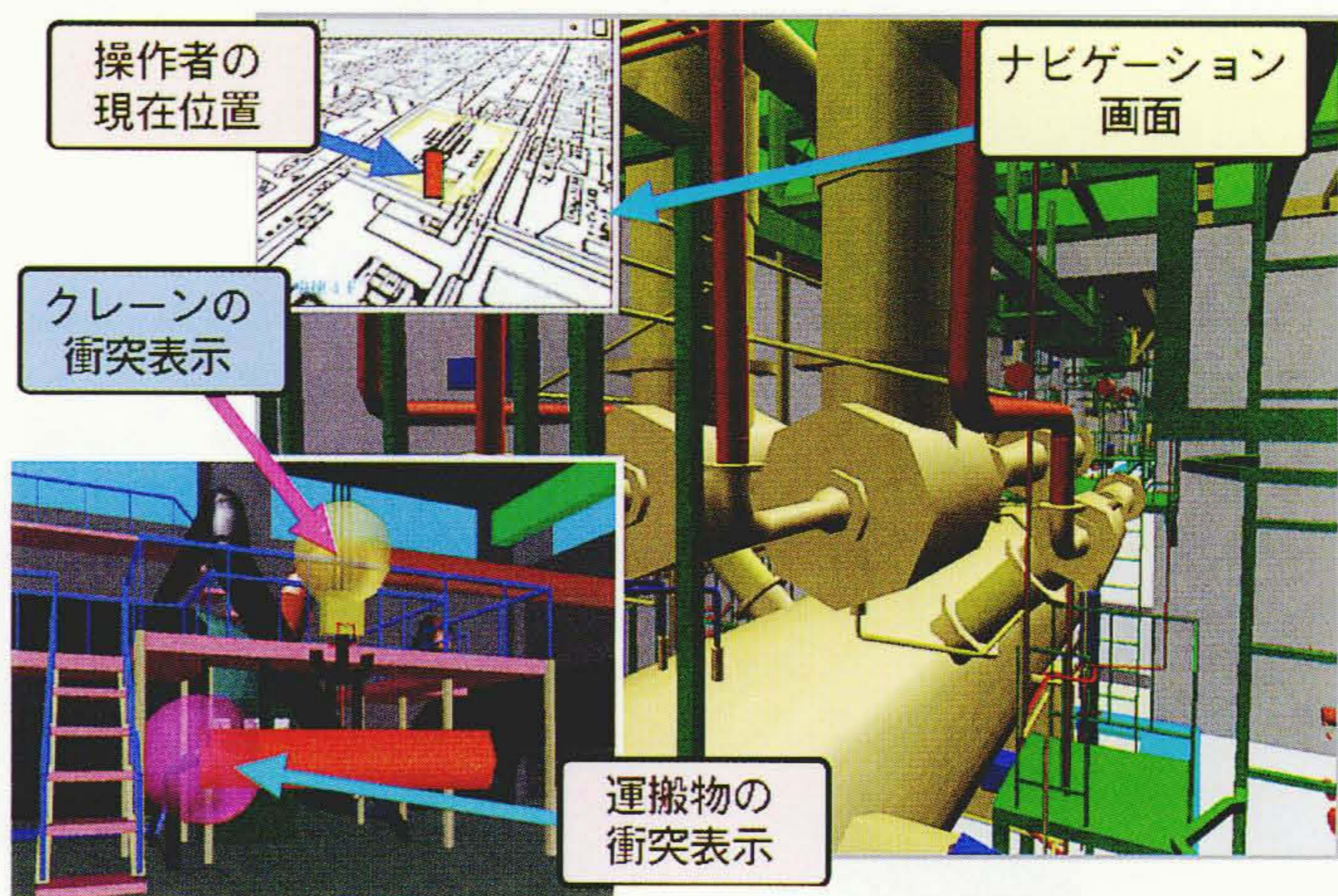
現実世界と同じような環境を造り出すバーチャルリアリティは、描画・衝突判定処理などをリアルタイムで行う必要がある。ところが、発電プラントは大規模で複雑な構造物であるためリアルタイム処理が困難であった。そこで、動的に表示領域を制御する省略表示方法や投影処理を利用した衝突判定方法などを開発し、大規模データでもリアルタイム処理を行うことに成功した。

これにより、バーチャルリアリティを用いてプラント内を自由に歩き回り、さまざまな角度から眺めたり、運搬物を移動させながら衝突の有無を判定することが可能となった。さらに、作業場所の位置確認を行うためのナビゲーション画面の生成方法もあわせて開発し、複雑なプラント内で位置確認も容易となった。

この技術と建設工程計画システムを組み合わせることにより、事前検討段階でさまざまな試行錯誤が容易に行え、建設工程の最適化を図ることに

より、プラント建設のコスト低減や工程短縮が期待できる。

(発表時期：平成8年電気学会産業応用部門全国大会)



バーチャルリアリティで表現された発電プラントの建設現場

## CDMA方式を用いた無線パケット通信システム

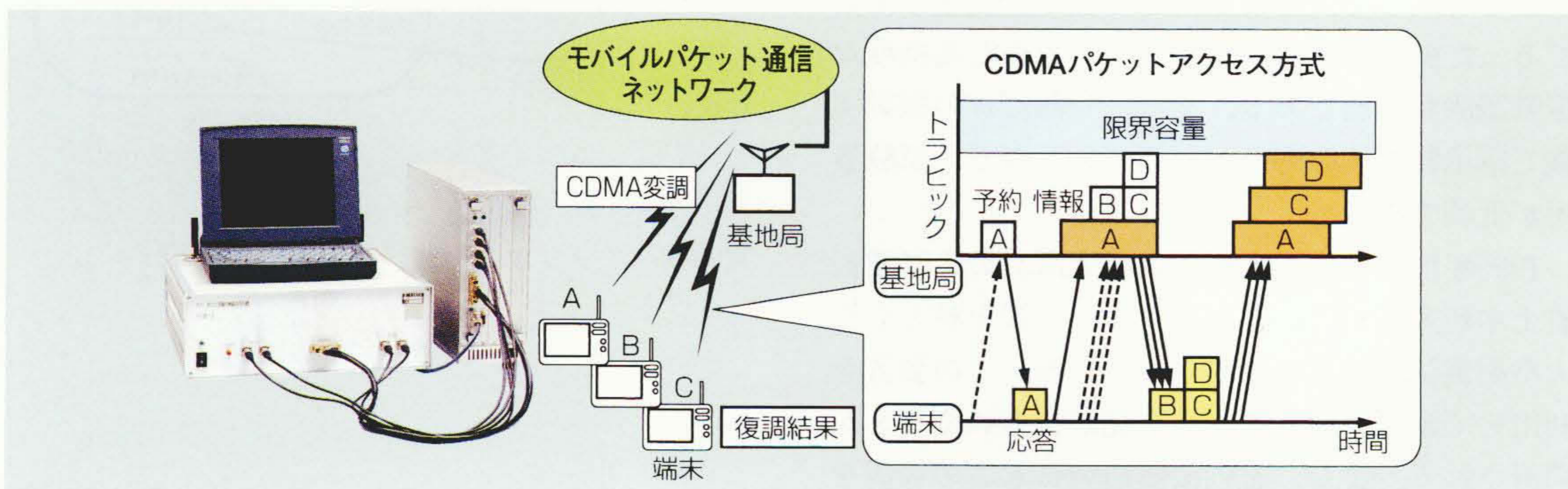
マルチメディア時代の無線通信システムとして、音声信号だけでなく画像信号やデータを低価格で伝送できるCDMA方式を用いた無線パケット通信システムを開発した。

マルチメディア時代の無線通信システムとして、CDMA(Code Division Multiple Access)方式を用いた無線パケット通信システムを開発した。このシステムでは、まずユーザー側の端末から予約パケットを基地局に送出する。次いで基地局からデータ送信のタイミングを指定する応答パケットが届くので、これに従ってデータ送信を行う「予約型マルチアクセス方式」を採用している。これにより、無線周波数利用効率の向上を実現した。

試作機を用いて基地局—端末間をPPP(Point-

to-Point Protocol)で接続し、無線パケットによるTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)通信を行った結果、連続転送要求時に約64 kビット/sの伝送速度が得られた。

無線パケット通信システムでは、限定された周波数資源をデータ発生時にだけ使用し、その他の時間はほかのユーザーに開放するため、回線交換方式に比べて回線使用料を低価格に抑えることができるという特徴がある。



CDMA無線パケット通信システム

## 高速藻類超電導磁気分離装置

多量の藻類が発生した湖沼水の浄化を目的に、冷凍機一体型超電導磁石を応用し、高速で藻類を原水から分離、除去する「高速藻類超電導磁気分離装置」を開発した。



高速藻類超電導磁気分離装置

湖沼、河川などの富栄養化で夏場に多量に発生する藻類は、環境条件によって過剰に増殖しておこを発生し、水質障害を引き起こす。そこで、これらの藻類を短時間で除去する「高速藻類超電導磁気分離装置」を開発した。

この装置の磁気分離法では、前処理として原水に磁性粉と凝集剤を加え、磁性粉と藻類が凝集した磁性フロックを形成させる。超電導磁石の強い磁気力を利用した磁気分離部で、この磁性フロックを原水から高速で分離、除去して浄化する。超電導磁石は小型ヘリウム冷凍機で直接冷却しているので、液体ヘリウムなどの液化冷媒を補給する必要がない。

この装置により、多量のおこが発生した湖沼のサンプル水の浄化実験を行い、磁気分離部でおこの95%が数秒間で分離、除去できることを確認した。超電導磁石の運転電力が小さいため、この技術によって浄化設備の小型化が図れ、船などへの搭載が可能となる。

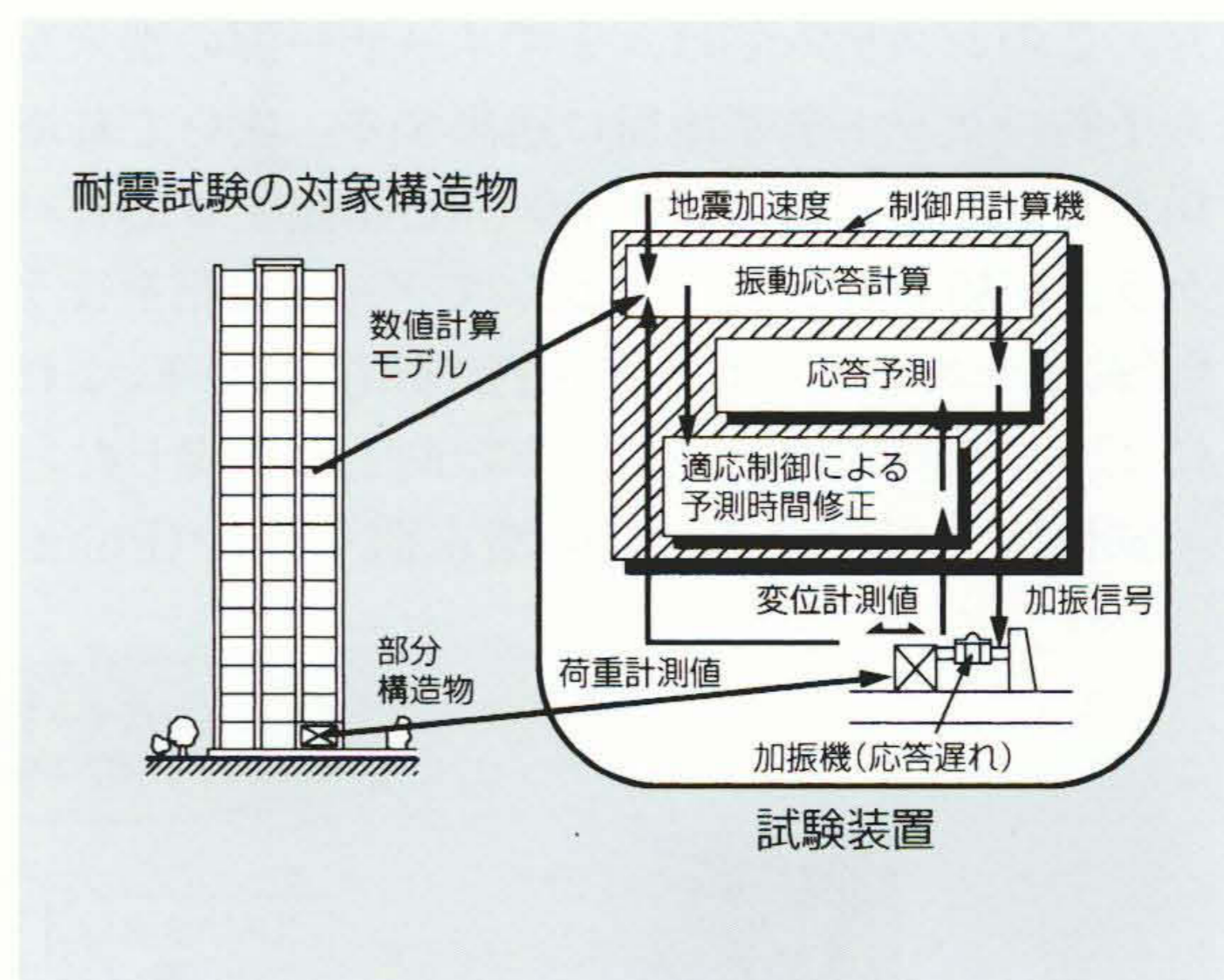
## 実時間ハイブリッド耐震試験装置

高精度かつ経済的な耐震試験装置として、構造物の一部だけの振動試験と、数値計算を実時間で結合することによって全体の応答を評価する装置を開発した。

従来の耐震試験装置である振動台では、その加振可能規模に限界があり、大型構造物の耐震試験では縮小モデルを使用する必要があるなどさまざまな制約がある。そこで、構造物の一部だけを実モデルで振動実験し、ほかは振動応答計算で代替して、両者を実時間で結合する試験装置を開発した。

この装置では、加振機応答遅れ補償などの制御手法を導入して実時間加振を実現し、従来は困難であった動的荷重(減衰力など)を含めた高精度な振動試験が可能である。また、一部だけの振動実験で構造物全体の応答が評価できるので、試験費用が低減できる。

1995年度には京都大学防災研究所、および建設省土木研究所から、それぞれこの装置を核とした大型耐震試験装置を受注した。今後、この装置を利用して耐震研究で新しい知見が得られることが期待される。また、社内耐震研究にもこの装置を活用している。



実時間ハイブリッド耐震試験装置の概念図

## DRAM・論理混載LSI技術

各種マルチメディア処理の高速化に有効なDRAM・論理混載LSI技術を開発し、三次元CGチップを試作した。

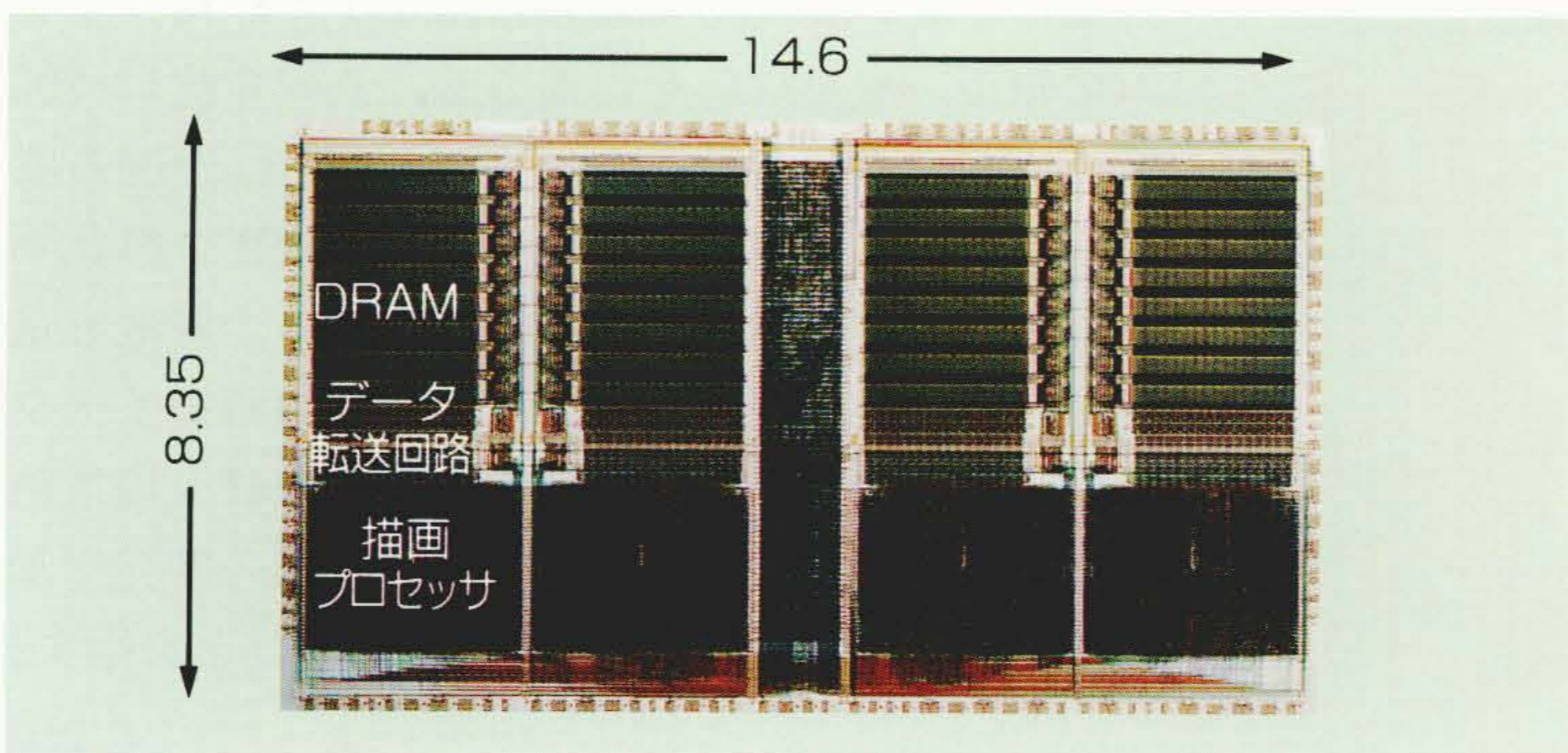
従来のDRAMの10倍以上の速度でデータの読み書きが可能なDRAM・論理混載LSI技術を開発し、三次元CG(Computer Graphics)チップを試作した。

試作したチップには8MビットのDRAMと描画処理を行うプロセッサ4個が集積されている。DRAMと描画プロセッサは、合計512本のデータ入出力線で結合され、最高每秒6.4Gバイトという高速のデータ転送が可能である。

DRAM・論理混載LSIは、マルチメディアを中心にさまざまな用途が期待できるが、用途によっ

て異なるDRAM容量が要求される。そこで今回、DRAMをメモリアレー部とそれを制御する周辺回路部とに分解し、それらを組み合わせることさまざまな記憶容量を実現する「モジュール化設計方式」を開発した。これにより、用途に合わせた最適なチップを容易に実現可能とした。

1) T. Watanabe, et al. : A Modular Architecture for a 6.4-Gbyte/s, 8-Mbit Media Chip, 1996 Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers, p.42~43(1996)



試作した三次元コンピュータグラフィックスチップ(メディアチップ)

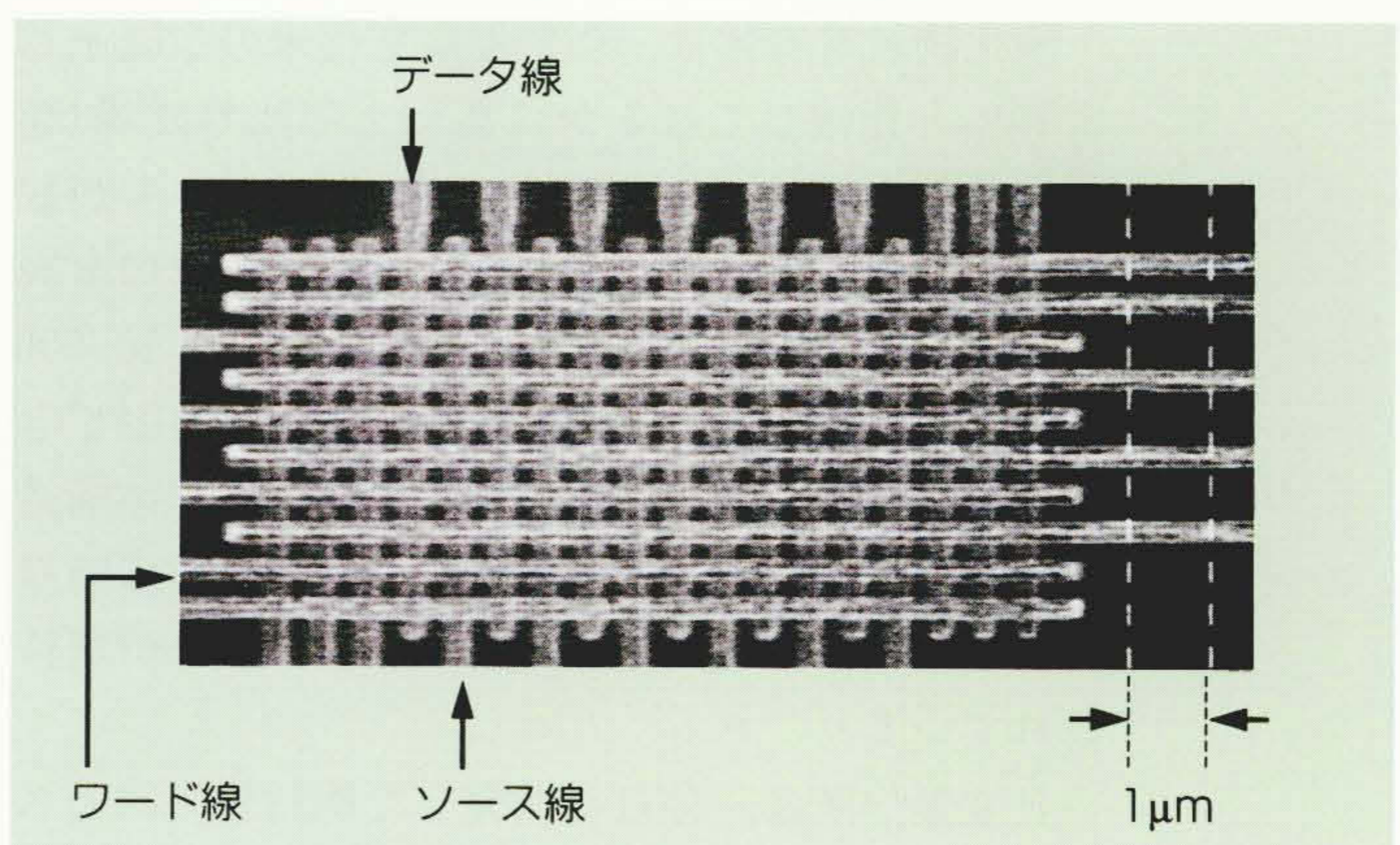
## 単一電子メモリ集積回路

電子を1個単位で制御して記憶を行う単一電子メモリの64ビットセルアレーを試作し、動作を確認した。世界初の単一電子集積回路の実現である。

従来のシリコンデバイスの限界を越える可能性のある、単一電子素子の研究が盛んになっている。日立製作所は1993年に単一電子メモリの室温動作を世界で初めて実現した。今回、64ビットと小規模ながら、世界初のメモリ集積回路の動作に成功した。

独自の技術で開発したこの単一電子メモリは、極薄の多結晶シリコン膜を用いる点に特徴がある。集積化にあたっては、厚さ3nmのシリコン超薄膜を安定に形成する技術、およびはしご形セルアレー構造の新技术を用いた。データ線、ワード線を用いてアレー内の所望のメモリセルに選択的に情報の書込み、読み出しが行え、メモリとしての基本動作を確認している。少ない電子数で動作するため高速動作が可能であり、書込み時間10 $\mu$ sと、従来の不揮発性メモリと比べて2けた高速の動作を実証した。初期段階ではあるが、信頼性の点で、百万回以上情報を書き換えても正常に動作するという良好な結果を得ている。

(発表時期：1996 IEEE International Solid-State Circuit Conference)



64ビット単一電子メモリセルアレー

## 大容量リチウム二次電池

国家プロジェクトとして、従来比で20%高容量の銀複合黒鉛負極と、低コストのニッケルやマンガン酸化物正極で、20~30 kWh級のシステム用大型電池(210 Wh)を開発中である。



角型リチウム二次電池

通商産業省工業技術院のニューサンシャインプロジェクトに参画し、家庭用電力貯蔵システムや電気自動車用電源として使用可能な20~30 kWh級の大容量リチウム二次電池システムを新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて開発中である。

正極材料としては、市販製品のコバルト系に比べて低価格で、かつ放電容量が高く資源的に豊富な、ニッケルやマンガン系材料を開発中である。負極材料にはリチウムを吸蔵、放出する黒鉛に銀の微粒子を析出させた銀複合黒鉛を開発した。銀の優れた電子伝導性(黒鉛の1,000倍)により、リチウムの吸蔵・放出反応を促進させ、長寿命化(>700サイクル)、高容量化(従来材の20%向上)を図ることが可能となった。新規開発したマンガン酸化物正極と銀複合黒鉛負極の組合せにより、電池容量210 Wh、エネルギー密度230 Wh/lの角型リチウム二次電池を試作した。今後は200 Wh級大型電池の性能向上、2 kWh級モジュール技術の開発を加速し、20~30 kWh級システムの実用化を目指す。

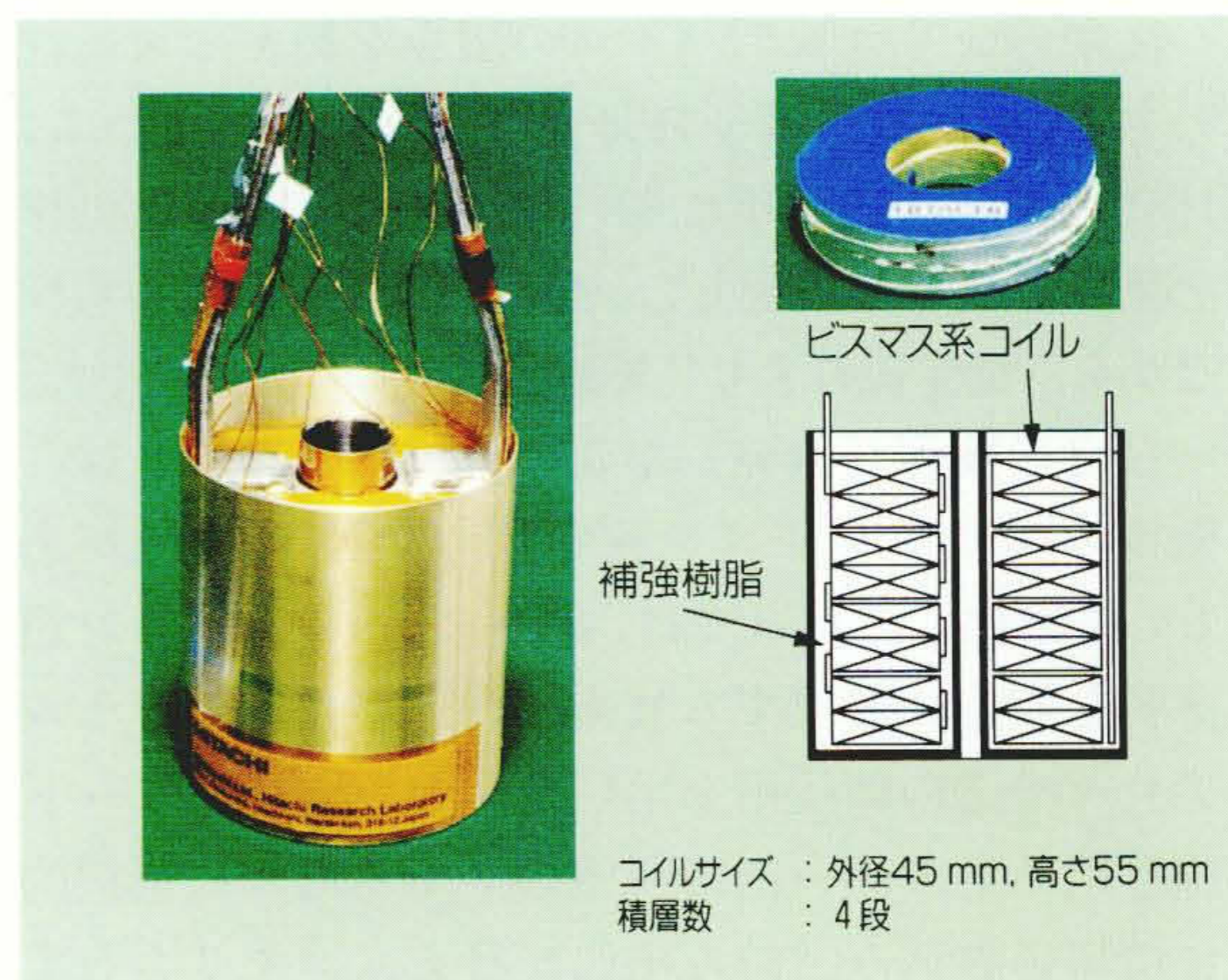
## 酸化物超電導コイルで世界最高磁場を発生

酸化物超電導マグネットと金属系超電導マグネットを組み合わせることにより、超電導マグネットによる世界最高磁場22.8 Tの発生に成功した。

酸化物超電導体は、極低温で従来の金属系超電導体と比較してはるかに高い上部臨界磁場(超電導状態を維持できる最大磁場)を持つことが知られている。この性質を利用すれば、従来の金属系超電導体では到達できない20 T(1 T=10,000 Gauss)を大きく超える磁場を超電導で発生できる可能性があり、たんぱく質や遺伝子の立体構造の解明に必須な核磁気共鳴分析装置や人体の断層撮影装置(MRI)などの医療機器への応用が期待されている。

日立製作所は、独自に開発した線材化プロセスを用い、銀被覆したビスマス系超電導テープ線材(幅5 mm、厚さ約0.2 mm)を開発した。このテープ線材を用い、科学技術庁金属材料技術研究所と共同で、ビスマス系高磁場コイルを開発した。

このコイルは、従来の金属系超電導マグネットと組み合わせることにより、最高磁場22.8 Tを発生し、超電導マグネットによる発生磁場の世界記録を1 T更新した。

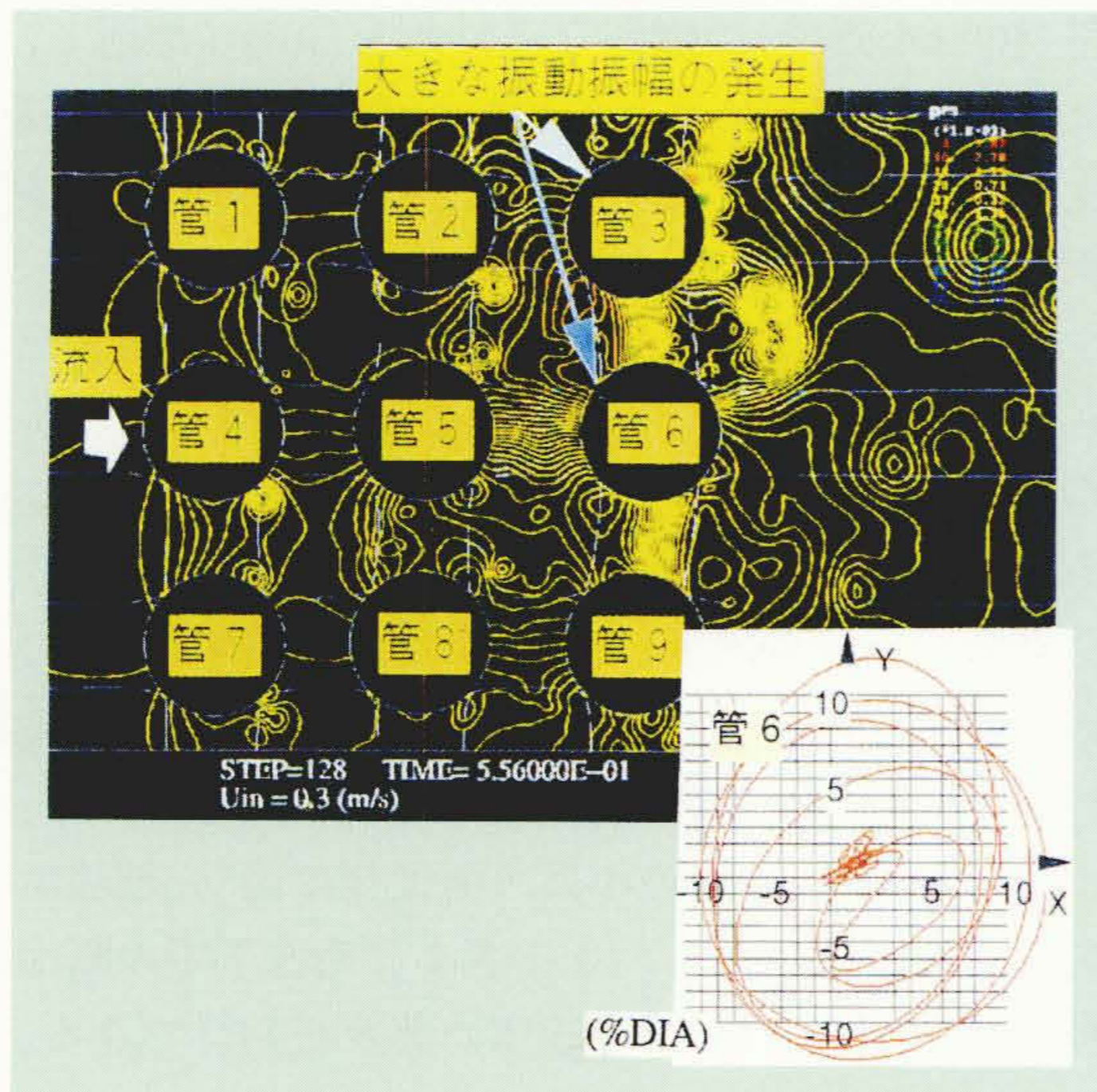


ビスマス系高磁場発生用積層コイル

1) Japan Journal of Applied Physics, Vol.35, pp. L623~626 (1996)

## 発電プラント機器内の流体と構造体の連成振動解析技術

熱交換器や配管内の各種構造物が流れに伴って振動する現象を解析する技術を開発し、発電プラント機器の高性能化と信頼性向上を可能とした。



管群の流力弾性振動時の圧力等高線と振動軌跡

火力・原子力発電プラント機器では、高性能化、低コスト化を図るために流動条件が厳しくなる一方、構造物は軽量化される方向にある。機器の信頼性を確保するためには、流れに起因する流体と構造体の連成振動を事前に予測し、異常振動を防止する必要がある。そのため、数値流体解析を用いた流体と構造体の連成振動解析技術を開発した。

この開発技術では、時々刻々変化する流動状態を解析して構造物に加わる各時刻ごとの流体力を評価すると同時に、移動座標を用いて物体の振動に伴う流れの変化も解析する。これにより、流路内の構造物で生じる渦励起振動、および管群構造物の設計で重要となる流力弾性振動の発生限界流速を予測することに成功した。3×3正方形配列管群における流力弾性振動発生時の圧力等高線図と振動軌跡を図に示す。管振動と加わる流体力の位相差の関係により、一定流入速を超えると管6の振幅が増幅し、これに伴ってほかの管の振幅も増幅することが予測できた。

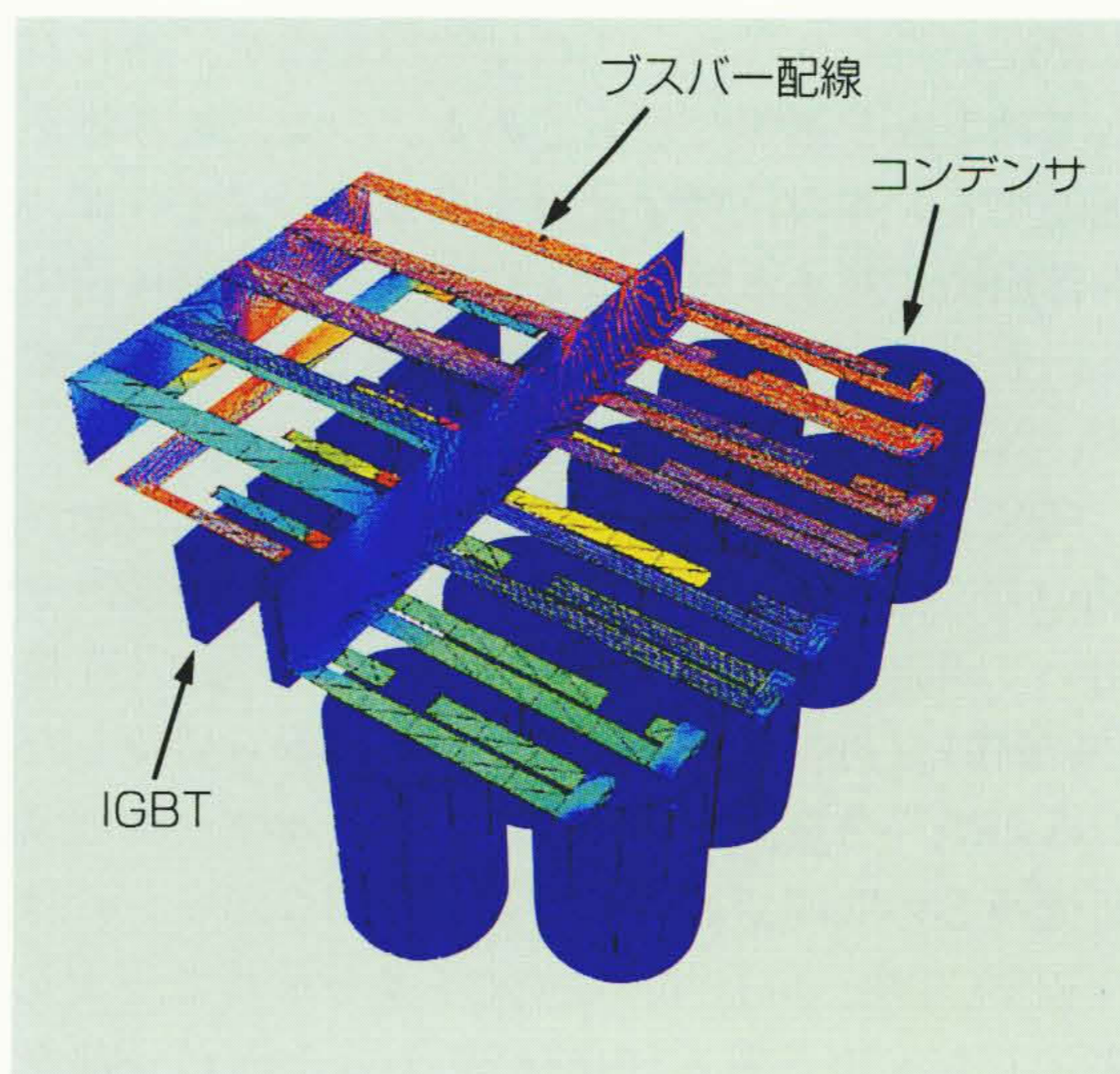
## 電気・電子機器の実装回路連成解析技術

電気・電子機器の過渡電気特性最適化のため、三次元電磁場と非線形回路との連成解析技術を開発した。電力変換装置、半導体メモリ基板など広範な製品に適用中である。

電気・電子機器の小型・高密度化、動作高速化に伴い、バス配線やプリント配線などの微弱な電気特性が過大な電圧振動などの予期しない回路過渡現象を引き起こし、機器の誤動作や破壊を招いている。設計時点でこれらの問題を解決するには、部品実装配置を考慮して回路特性を最適化する必要がある。

このため、部品実装配置と配線構造の電気特性、および半導体素子や抵抗から成る非線形回路の特性を一括して解析できる技術を開発した。これにより、回路動作時の配線材の電流分布や電磁干渉、それに起因する過渡現象を高精度に評価でき、製品性能の大幅向上、試作期間の短縮、コストの低減が可能となった。

この技術は、鉄鋼、電車、自動車、汎用モータなどに用いられる半導体電力変換装置に適用されている。また、DRAMによる半導体メモリモジュールなど、電子機器の多層プリント基板構造の最適化にも適用中である。



GTOインバータ用ゲートドライバの電流分布

## ヒト脳活動の新しい可視化技術

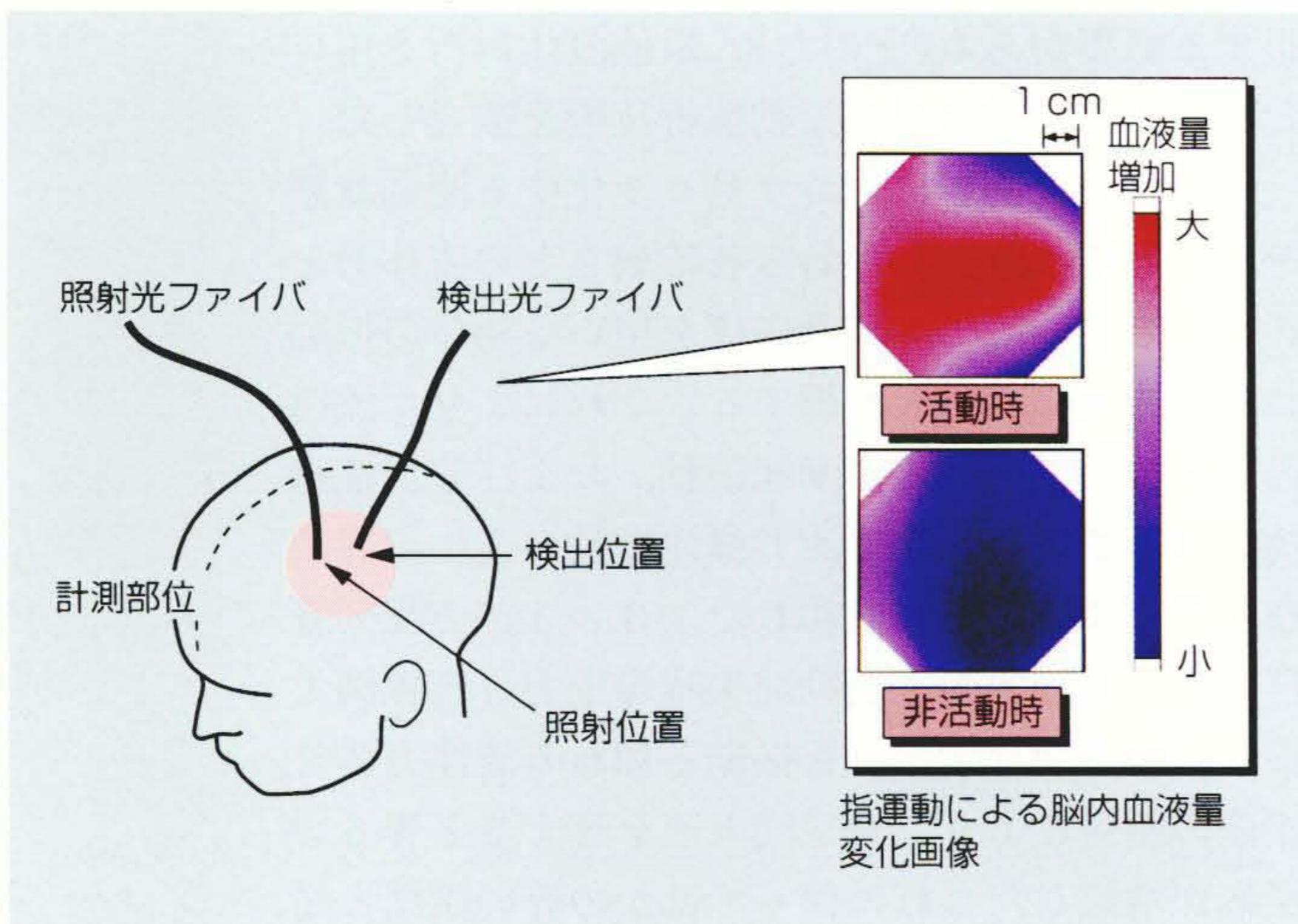
特定波長帯の赤外線が生体に対して透過性が高く無害であることに着目し、ヒト脳活動を可視化する新しい技術である「光トポグラフィー」を開発した。

生体に対して害を与えずにヒト脳活動を計測、可視化する技術の開発は、臨床医療・福祉の現場から脳神経科学・情報工学などの学際的な領域までの幅広い分野で望まれている。今回、特定波長

帯(800 nm近傍)の微弱な赤外線を頭部に照射し、反射強度の計測によって頭がい骨内側にある大脳皮質の活動を可視化する「光トポグラフィー」技術を世界で初めて開発した。

この技術を用いて、手指運動時の左脳の活動を画像化した。その結果、左脳の関与の少ない左手指運動時には血液量の変化は非常に少なく、左脳の働きが大きく関与する右手指運動時には局所的に顕著な血液量増加が観測された(図参照)。この観測結果はこれまでの知見と一致しており、この技術の有効性が確認できた。

この技術は、装置の小型・簡便化に適し、被験者の拘束性が低いため、さまざまな条件下での脳活動計測が可能であり、今後広い普及が期待できる。



手指運動による脳活動の光トポグラフィー画像

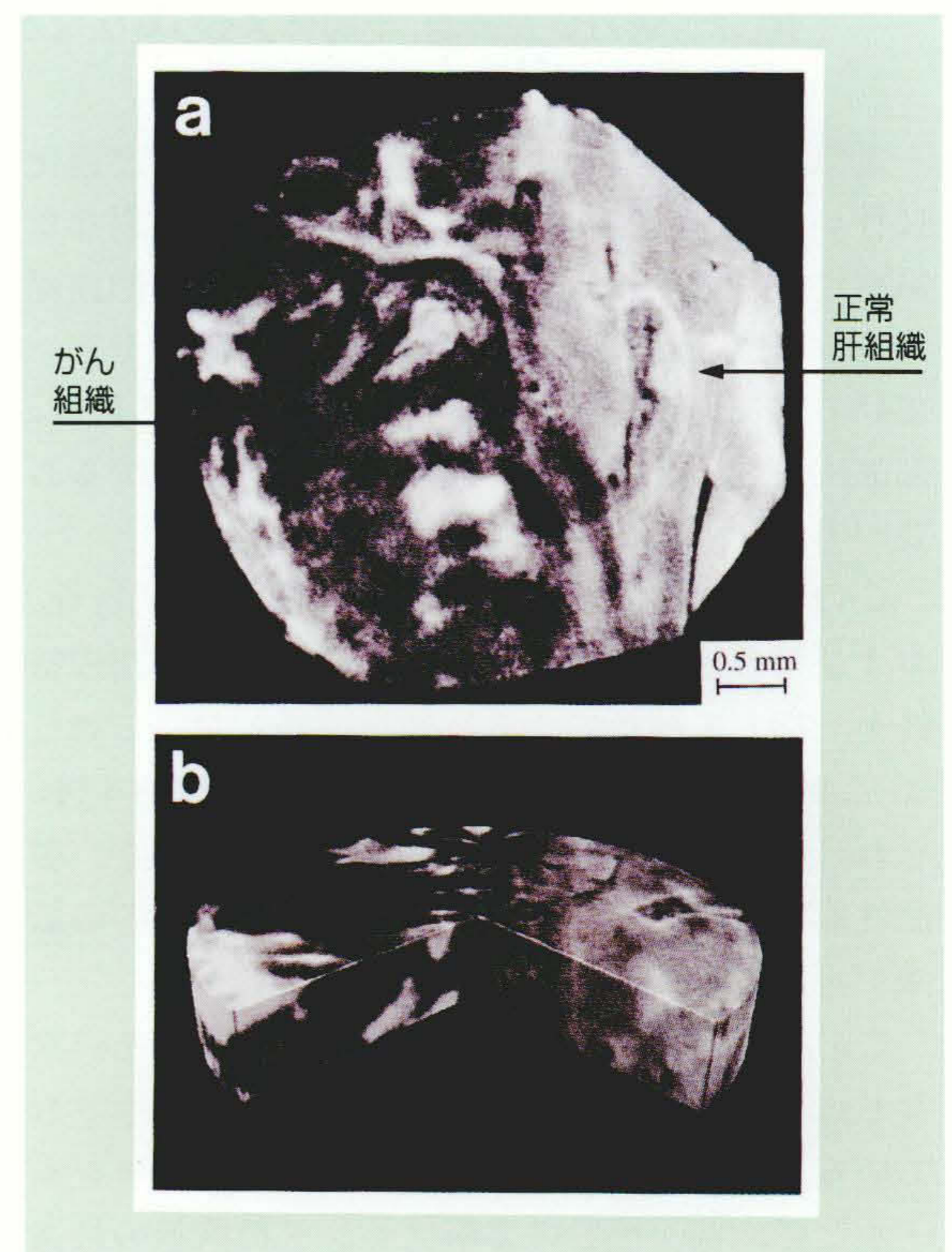
- 1) A. Maki, et al.: Medical Physics, Vol. 22, No. 12, 1997(1995)
- 2) Y. Yamashita, et al.: Review of Scientific Instruments, Vol. 67, No. 3, 730(1996)

## 新しいがん診断が期待できるX線撮像法

X線の位相情報から三次元像を再生する新しい撮像法を世界で初めて提案、開発した。従来法よりも感度が千倍高く、将来、がん診断への適用が期待できる。

X線の吸収の大小でコントラストを得る従来法は、がん病巣など、生体の軟部組織に対して十分な感度が得られない。これは軟部組織がX線に対してほとんど透明だからである。一方、被写体を透過するX線の位相を計測して像を形成すれば、軟部組織に対する感度はX線吸収像の千倍に達する。したがって、特別な造影剤の注入を必要とせず、X線照射量も大幅に軽減できる。

開発した位相型X線CT(Computed Tomography)は、被写体による位相シフトをX線干渉計を用いて測定し、これを計算機処理することでCT像(断層像)を再生する。うさぎの肝臓から切除したがん組織片を筑波大学および高エネルギー物理学研究所との共同で観察した結果を図に示す。(a)は位相型CT像、(b)はすべてのCT像を重ねて三次元表示したものである(内部が見えるように一部を省略して表示)。がん組織(左側)と正常組織(右側)が識別でき、腫瘍(しゅよう)内にかんの状態の違いに起因するコントラストもとらえられている。



うさぎの肝臓から切除したがん組織の観察例