

研 究

高度成長を目指した生産性あるいは効率向上といった視点からでなく、生活する人を中心に考え、かつ地球の資源は有限であるという視点に立った技術開発が今後ますます重要となってくる。

このような潮流を含め、社会的要請を的確に把握すること、そして、本文で示す情報システム、エレクトロニクス、エネルギーのほか、通信・放送・家庭電気機器などの幅広い事業分野でシナジー効果を発揮し、上記の社会的要請にこたえるための新しい技術および製品を開発して、社会に送り出すことが総合電機メーカーとしての責務である。

健全な理性に基づく調和のとれた技術の進歩は、間違いなく21世紀の人類に、より豊かな社会をもたらすであろうという期待のもとに、今後も日立製作所は新技術の開発に取り組んでいく。

オープンベース自律分散システム

WS(Workstation)がLAN接続された分散処理環境で、オンライン拡張・保守、耐故障性を達成するオープンベース自律分散システムを開発した。

近年のダウンサイジングやオープン化の要求の中で、従来の大型計算機による集中システムではなく、さまざまな機種(PC(Personal Computer)、WSを適材適所に配置した分散システム構築への要求が高まっている。このような背景のもとで、複数のWSから構成される分散システムで、従来、達成困難であったオンラインでの拡張性・保守性、耐故障性を実現するUNIX[※]ベースの自律分散システム環境ADS(Autonomous Decentralized System)をクリエイティブステーション3050/R上で開発した。開発技術は、日立製作所オリジナルのシステム概念である自律分散を、オープン分散計算機システム分野に展開したものである。

ADSでは、LANで接続された各UNIX WSに自律分散基本ソフトを組み込み、各WSが自内ソフトウェアモジュールを独自の判断で状況に応じて実行可能とし、各WS間での自律的な連携を実現している。これにより、システムの拡張や保守を実行中業務を止めることなく容易に行うことが可能となった。また、アプリケーションモジュール、ファイルをネットワークで接続された任意のWSに多重に配置することができ、耐

故障性を容易に実現できる。ADSではユーザーは自分の行う業務だけを考えればよく、それが、どこで、どのように実行されるか、システムがどのような構成、状態になっているかを意識する必要がない。開発技術は、オープン分散計算機システムに対する使い勝手、構築・運用・保守の容易性を向上するものである。

自律分散は16年前から日立製作所が独自に提案し、研究、開発しているものであり、すでに情報制御計算機のシステム、オフィスプロセッサのシステムで製品化、実用化している。世界の大学、企業でも数年前から自律分散の考え方にのっとった分散システムの研究開発が進められており、近年わが国でも盛んになっている。このような中で、このADSは自律分散技術の海外共同研究先であるカリフォルニア大学バークレイ校、アーバイン校およびフロリダ大学のUNIX WSに搭載されており、各大学で分散システム、分散OS、オブジェクト指向分散ソフト開発技術の研究、開発に活用されている。

※) UNIXオペレーティングシステムは、UNIXシステムラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。



自律分散システム環境を開発したクリエイティブステーション3050/R

世界最小の新方式AND型フラッシュメモリセル

新しい動作方式とセル構造に基づく世界最小のフラッシュメモリセルを開発した。多様な市場ニーズを同時に満足する次世代フラッシュメモリのコア技術として期待される。

フラッシュメモリは、電源オフの状態でも書き込まれたデータが失われない不揮発性、システムに実装した状態で自由に書き換えができる使いやすさ、およびDRAM(Dynamic RAM)をしのぐ高集積性を合わせ持った半導体メモリである。こうした特長を生かして、今後、パーソナルコンピュータやプリンタなどのOA機器、セルラ電話や個人情報端末などの小型携帯機器分野を中心に急速な市場拡大が期待されている。

今回、BIOSなど制御プログラムの格納、メインメモリの拡張、磁気ディスクに代わる外部記憶など、多様な用途に幅広く対応することを目的として、新方式AND型フラッシュメモリセルを開発した。新しい動作方式とこれに適したメモリセル構造を考案することにより、従来の技術では実現できなかった微細化、低電圧・低消費電力化、高速動作、分割消去の要求を同時に満足することが可能となった。新方式の主な特長は次のとおりである。

(1) Fowler-Nordheimトンネル現象を用いた書き込み方式を考案した。1ビット当たりの消費電流が小さいため、動作に必要な正負の高電圧をオンチップ昇圧・

降圧回路から供給することができ、3.3V単一電源化が実現される。

(2) 上記の低電流書き込みは、多ビットを同時に書き込む並列動作を可能にするため、実効的な書き込み高速化が実現される。

(3) 32~128個のメモリセルをブロック化して、拡散層配線で並列接続するコンタクトレス構造を考案した。フラッシュメモリとして世界最小のセル面積($0.4\mu\text{m}$ 加工で $1.28\mu\text{m}^2$)と、XIP(Execute in Place)用途で必要不可欠な高速ランダムアクセスが同時に実現可能となる。

(4) 上記のブロックごとに選択トランジスタを設けて、データ線、ソース線配線の階層化方式を採用した。これにより、セル間の相互干渉抑制が可能となり、512バイト単位(ワード線単位)の分割消去が達成される。

上述したAND型フラッシュメモリセル技術は、低コストと高性能を同時に実現できる。今後、多様な用途に対応可能な次世代大容量フラッシュメモリのコア技術として、精力的に製品適用を進めていく計画である。

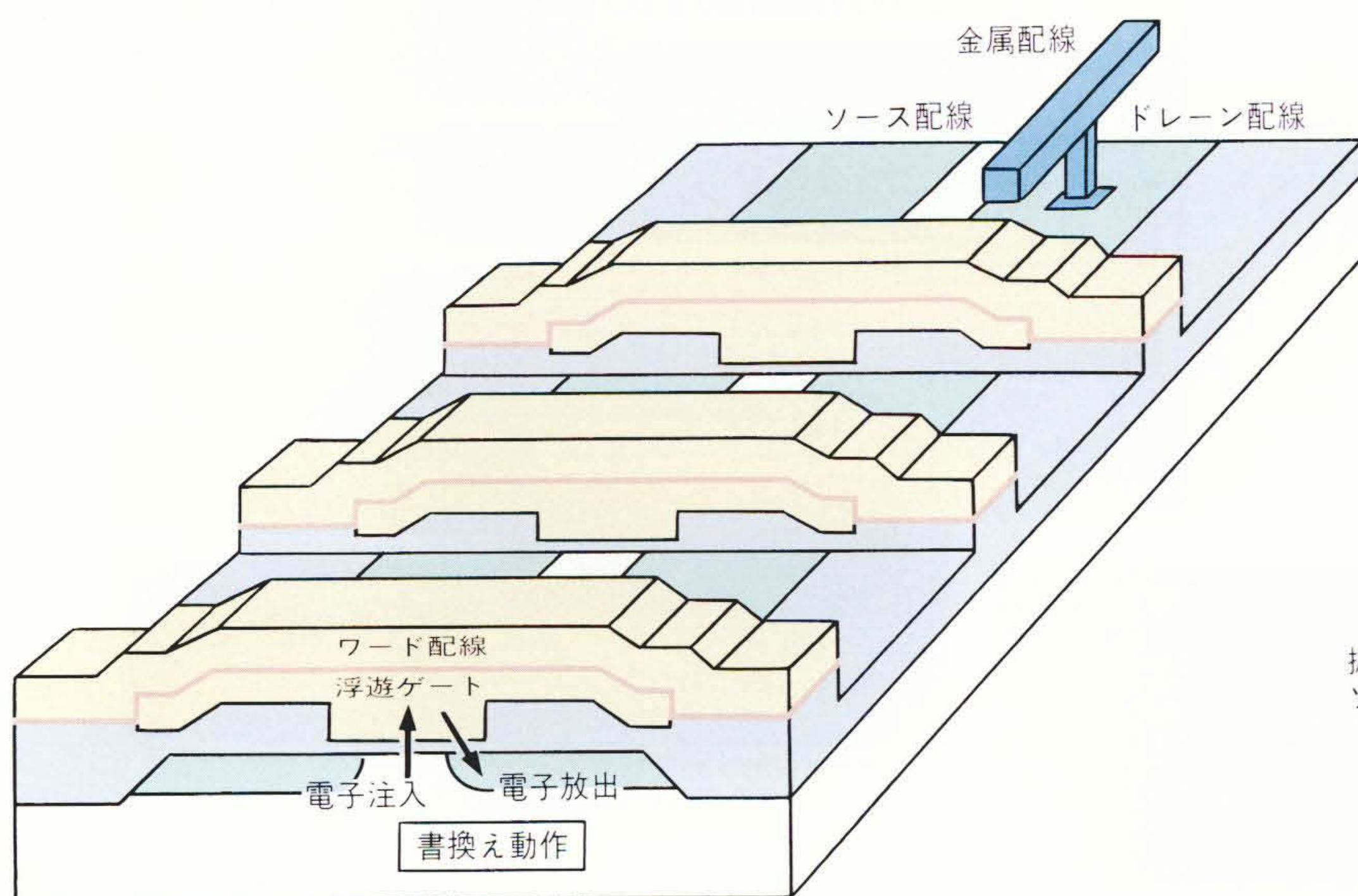


図1 新方式AND型フラッシュメモリセル

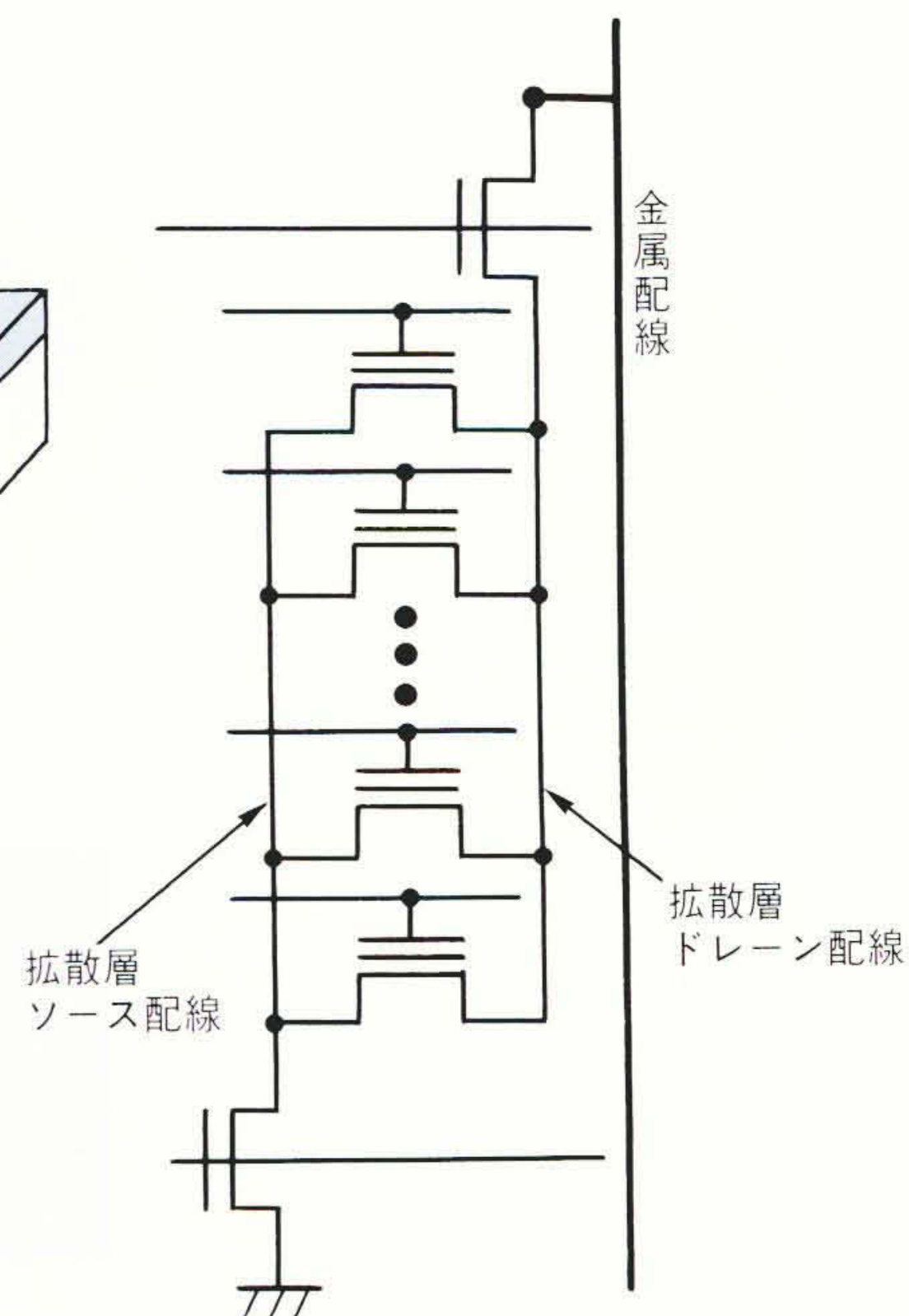
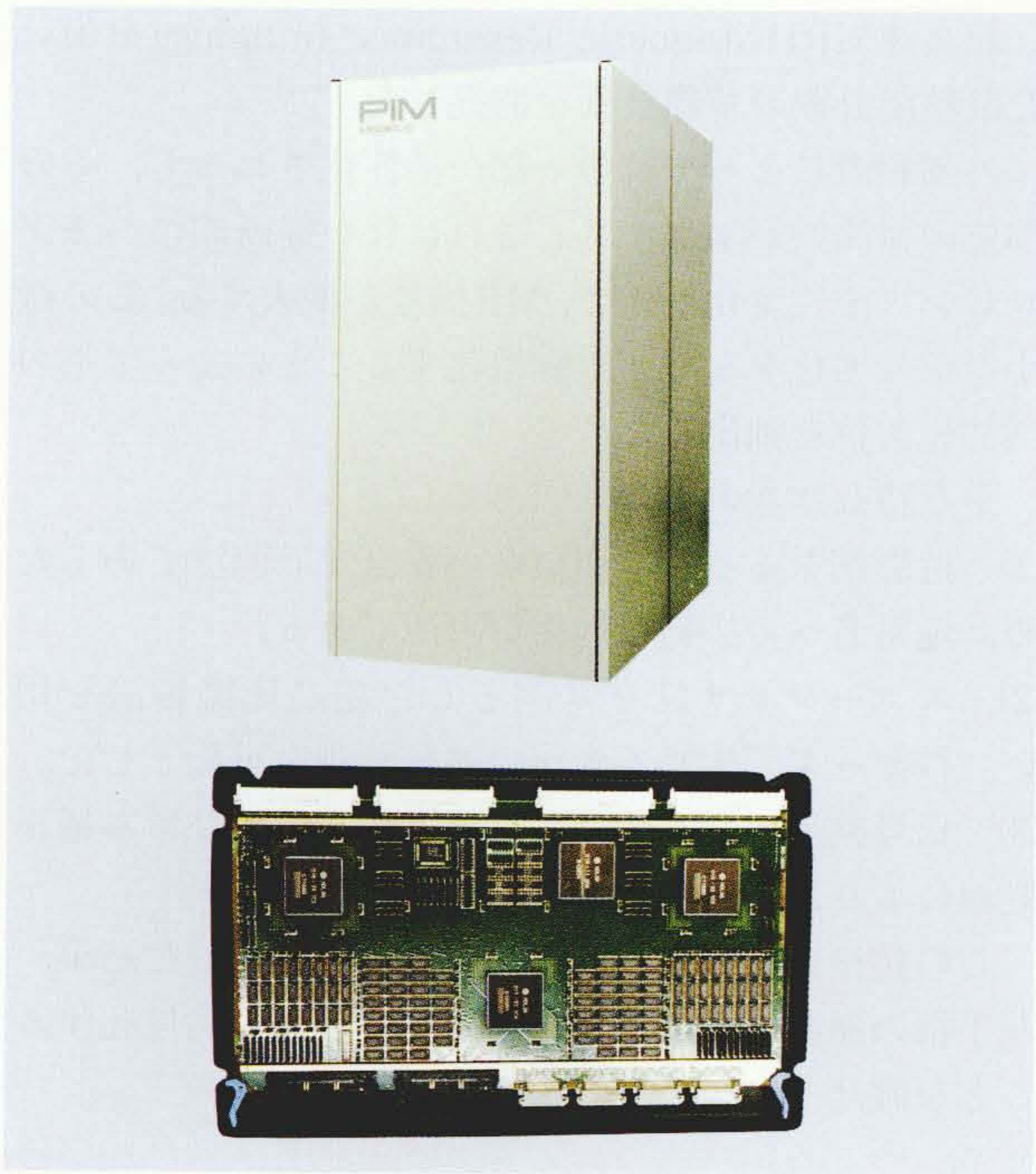


図2 メモリセルブロック構成

知識処理向け並列計算機

第五世代コンピュータ研究開発プロジェクトの一環として256個のプロセッサを持つ並列推論計算機PIM/cを試作し、知識処理プログラムの高速並列処理を実現した。



並列推論計算機PIM/c筐体(上)と要素プロセッサボード(下)

国際的に高い評価を得ている第五世代コンピュータプロジェクト(1982~1992)は、知識情報処理指向の並列推論を中核とした新しいコンピュータを世界に先駆けて開発した国家プロジェクトである。PIM(Parallel Inference Machine)は、このプロジェクトで開発した並列論理型言語KL1(Kernel Language 1)を実行する並列計算機である。

日立製作所は、ICOT(新世代コンピュータ技術開発機構)の委託を受けて、以下の二つの特徴を持つPIM/cを開発した。

- (1) プログラムの局所性を生かし通信を効率的に行う、ネットワーク・主記憶共有の階層構造アーキテクチャ
- (2) プロセッサ間で、仕事の分配を自動的かつ高速に行う、動的負荷分散支援ハードウェア

ICOTの応用プログラムの一つである並列配線プログラムを用いた評価の結果、並列知識処理の有効性を確認した。

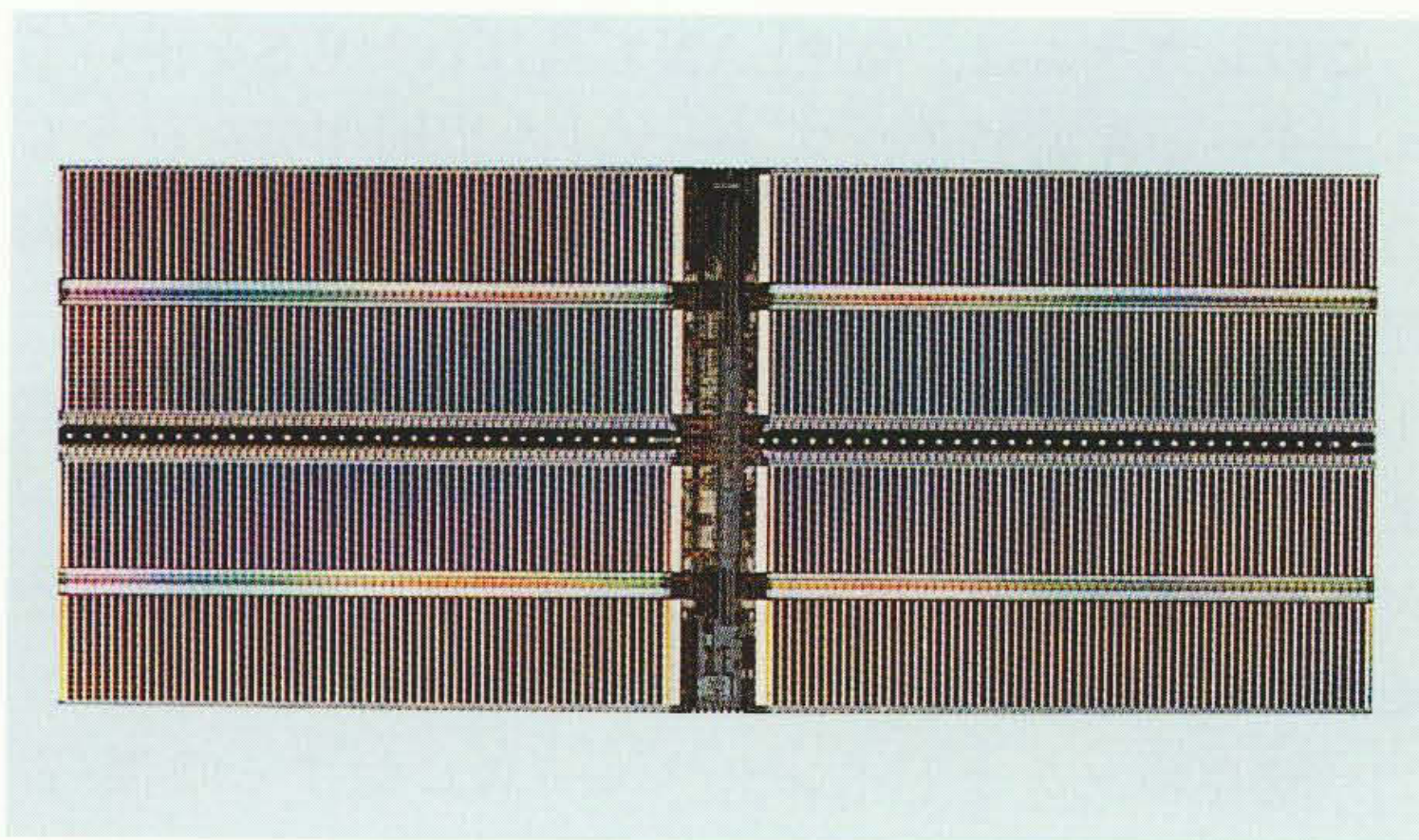
これにより、今後の急展開が期待される並列知識処理技術の進展に大きく貢献することができると思われる。

256 MビットDRAM基本技術

電池動作可能な低電力化技術、および高歩留り化技術の特長とする256 MビットDRAMを、0.25 μm 微細加工技術を用いて試作し、基本動作を確認した。

音声、画像、映像などを扱うマルチメディア時代の大容量DRAMでは、電池バックアップ動作に備えて、低電圧・低電流での安定動作、およびチップ歩留りの向上と製造コストの抑制が重要である。

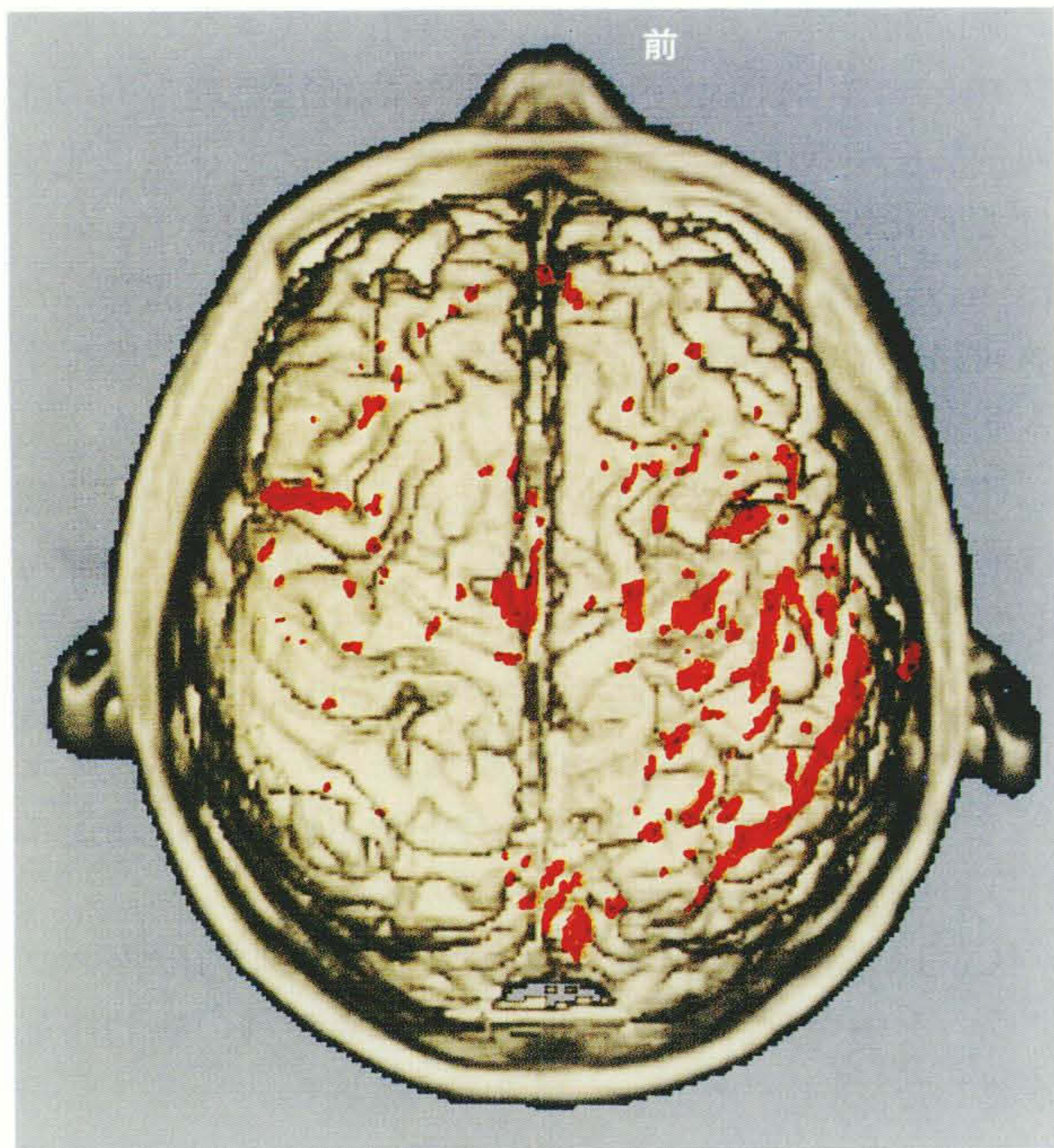
そのため低電流回路技術として、トランジスタのオフ時のリーク電流を抑制するドライバ回路と電荷リサイクル型リフレッシュ方式を開発し、データ保持電流を50 μA 以下に抑えた。高効率冗長方式として、メモリアレー内のリーク電流による不良を救済するサブアレー置換冗長方式を開発し、理論的には現在の16 MビットDRAMと同程度の歩留りが得られる見通しを得た。製造技術として、シリコン基板に段差を付けてからメモリアレーを形成する平坦化技術を開発し、量産性に優れた光リソグラフィ技術で0.25 μm の微細加工を可能とした。これらを用いて実験用256 MビットDRAMを試作し、メモリ基本動作の確認に成功した。



256 MビットDRAMの試作チップ
(チップ面積: 14.4 mm × 33.2 mm)
(メモリセル: 積層型, 0.72 μm^2)

超高速MRIによる脳機能の画像化

超高速MRIを用いて、運動想像時の脳内反応を観察する技術を開発した。現在、高次脳機能の高精度計測システムを目指して研究を進めている。



左手指運動想像時の脳活性化部位(頭頂から見た脳表上に赤で示す。左手指を動かさずに、それを想像するだけでも右脳が活性化する様子をとらえることができる。)

超高速MRI(Magnetic Resonance Imaging)を用いた脳機能計測の基礎技術を開発した。

外部刺激によって脳の一部分が活性化されると、その部位の血流量が増加する。これに伴い局所的にヘモグロビンに磁性変化が生じ、MR信号が増大する。この微小な信号変化をとらえ、画像化することによって脳の活性化部位を抽出した。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 造影剤をまったく用いない安全な計測法であるため、健常者への広範な適用が可能である。
- (2) エコープレナ法を基調とした超高速撮影法を用い、秒オーダーで生じる変化の連続計測を可能とした。
- (3) 信号検出用プローブの高感度化や位相ひずみ補正処理により、高精度画像を得た。

この技術を磁場強度1.5 TのMRIに適用した結果、左手指の運動によって対応する右運動野が活性化することを確認した。

高速LANを用いた多地点電子対話システム

高速LAN上で映像・音声通信を行うための基本技術を開発し、その応用として多地点のWSを結んだ電子対話システムを開発した。

このシステムは、高速LANで結ばれたWSを用いてユーザーが在席でインフォーマルな協同作業を行うもので、このシステムの実現のため以下の基本技術を開発した。

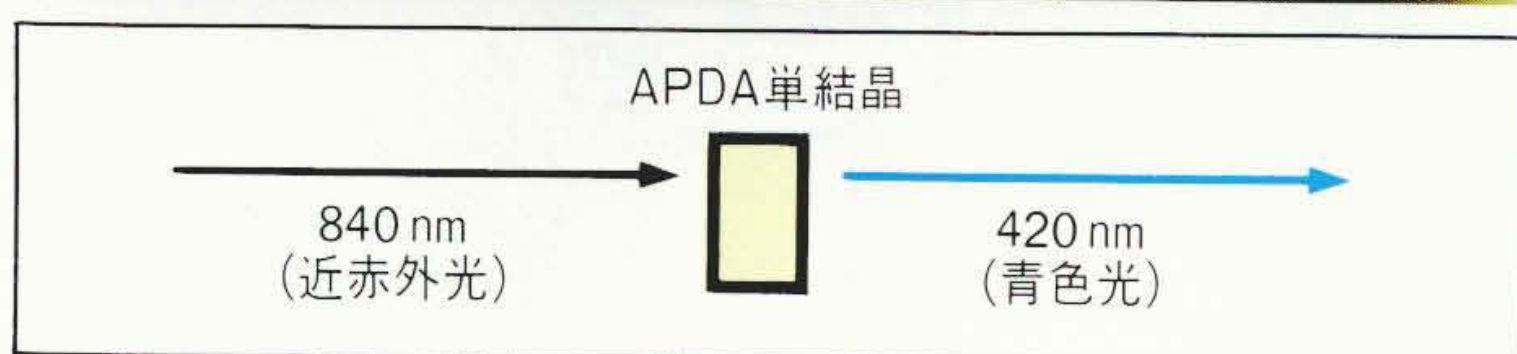
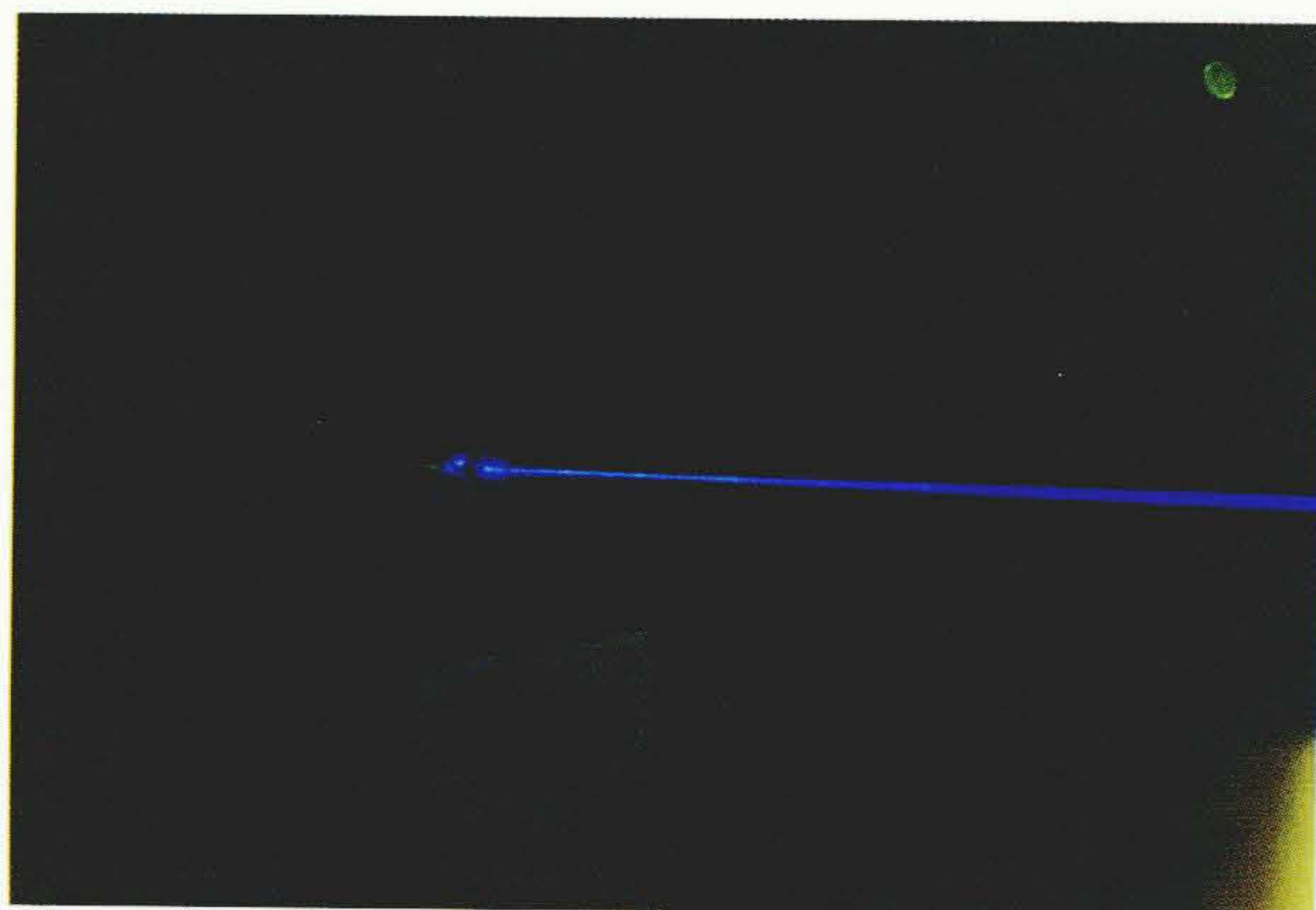
- (1) 端末数に応じて映像の解像度を変え、最大16地点まで接続可能なパケットコーデックを開発した。コーデック部では解像度を制御して符号化し、デコーデック部では各地点からの符号を時分割で複号化する新機能を備えた。
- (2) 既存のソケットインタフェースに対する映像・音声伝送の実現手段を開発した。
- (3) 協同作業の空間を表した仮想の部屋メタファによるインタフェースHMR(Hyper Meeting Room)を開発した。HMRによって多地点に分散しているユーザー間でも、容易に同一の協同作業空間の認識ができる。また、複数の協同作業空間をサポートし、協同作業空間ごとの音声映像の切り換えをウィンドウフォーカスに連動して制御する方式を開発した。



システム実行画面例

有機単結晶による青色レーザー光発振

短波長マイクロレーザー光源として期待される有機非線形光学材料の単結晶を用いて、高効率で青色～紫外光の第二高調波発生に成功した。



有機単結晶からの青色発振

〔APDA単結晶に特定の角度から近赤外レーザー光を照射し、青色光(波長420 nm)を得た実験例〕

非線形光学現象の一つに照射光の $\frac{1}{2}$ 波長の光を発生する第二高調波発生(SHG)があり、既存の半導体レーザーを光源として、波長450 nm以下の青色光マイクロレーザーを製造できる有力な方法として注目されている。有機非線形材料は、従来の無機光学結晶に比べて変換効率は高いが、短波長で透明な材料は少なく、また素子化に必要な単結晶の製造が難しいなどの課題があった。

日立製作所は日立化成工業株式会社と共同で、可視域で透明で、かつ非線形性の高いジシクロ系新有機材料(APDA)を開発し、さらにブリジマン法で単結晶を製造した。この単結晶を最適な方位に加工した試料を用いて、Tiサファイアレーザー光を光源として、波長450 nmから380 nm(有機材料として現在世界最短レベルの波長)の青色～紫外光の第二高調波の発生に成功した。変換効率は実用化されている緑色領域(532 nm)のKTPの2倍に匹敵し、この波長域では例のない優れた特性である。

瞬時に学習できるファジィ推論システム

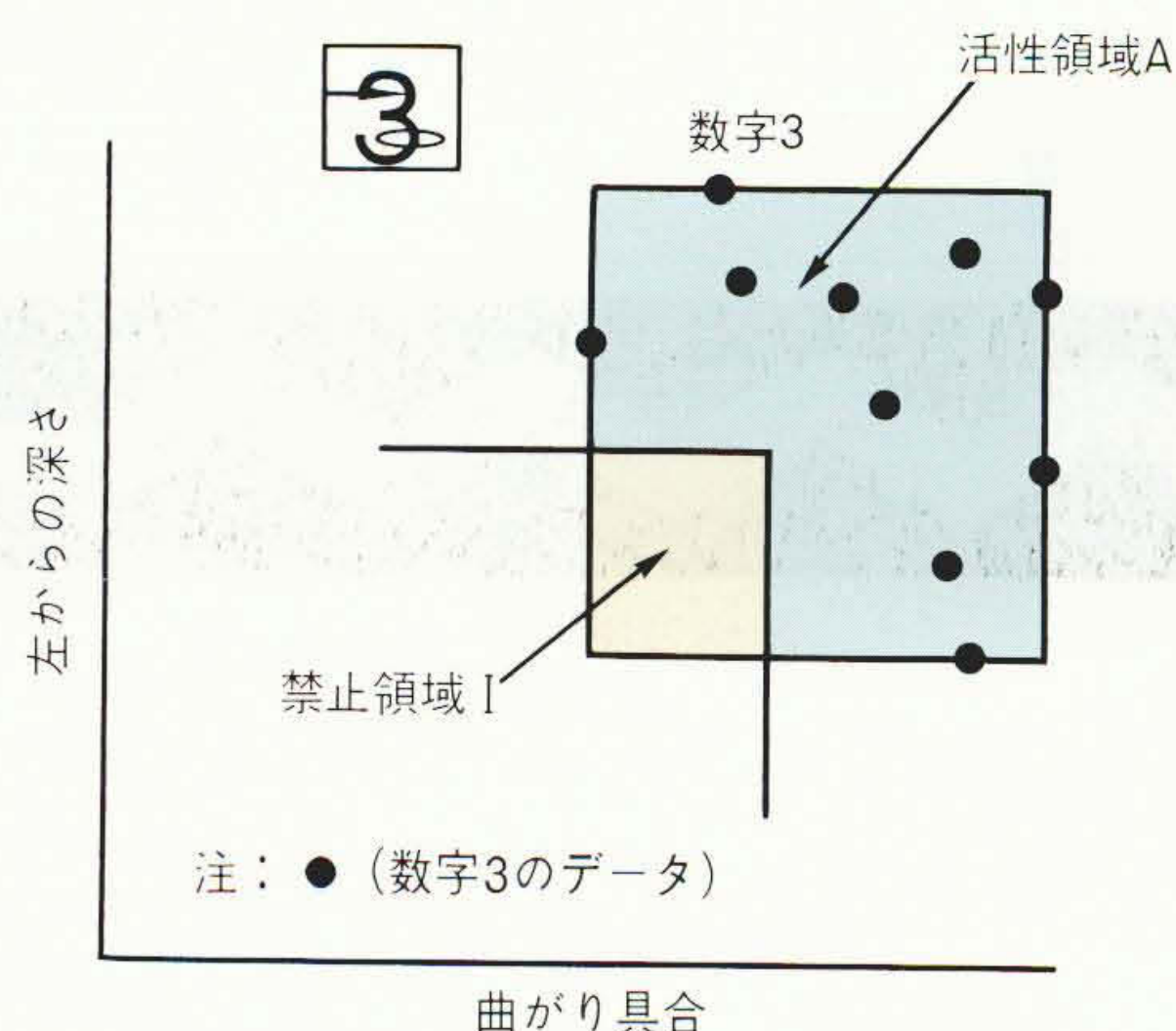
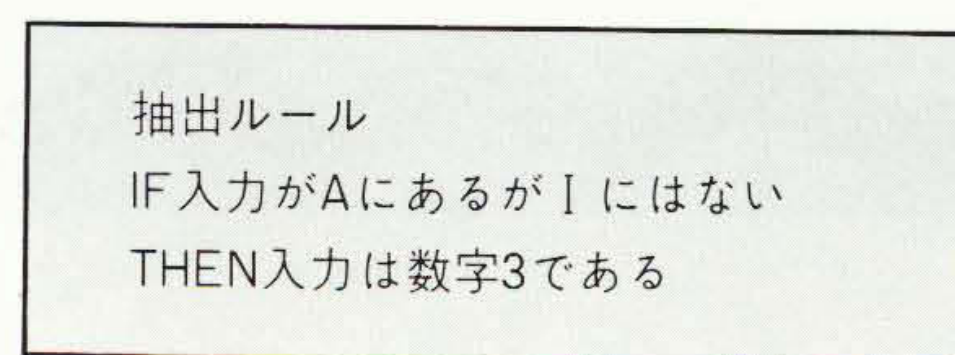
ロックウェルインターナショナルコーポレーションサイエンスセンタと日立製作所とは共同で、瞬時にファジィルールを学習するファジィ推論システムを開発した。

ニューラルネットは学習によって問題解決に適したネットになる反面、内部の仕組みがわからないことと、学習が遅いという欠点があった。

また、従来のファジィ推論システムは、内部の仕組みはルールによってわかるが、ルール自体の抽出が難しいという欠点があった。

開発したファジィ推論システムは、数値データの最大値、最小値を求めるという簡単な計算でファジィルールを抽出できるという大きな特長を持つ。このため、学習時間はニューラルネットの学習時間に対して無視できる。

これまでニューラルネットを適用してきた分野に、このシステムを適用したところ、推論性能はほぼ同等で三けた以上の学習が高速化されることが確かめられた。このシステムはパターン認識、モデリング、予測問題などに適用できるが、特に、オンライン学習など高速学習が必要な分野への適用を進める予定である。



数字認識のときのファジィルールの抽出

レーザビームプリンタ用の超高速ポリゴンミラーモータ

レーザビームプリンタの高速・高精細化やカラー化に対応できる新開発の磁性流体軸受を採用したレーザ走査用の超高速ポリゴンミラーモータを製品化した。

レーザ走査用のポリゴンミラーモータは、クリーンな環境での高速性や厳しい回転精度が要求されており、軸受技術がキーテクノロジーとなっている。従来、このモータの軸受として転がり軸受と空気軸受が使用されていたが、転がり軸受は高速回転に限界があり、空気軸受は量産性や製作コストの面で問題があった。

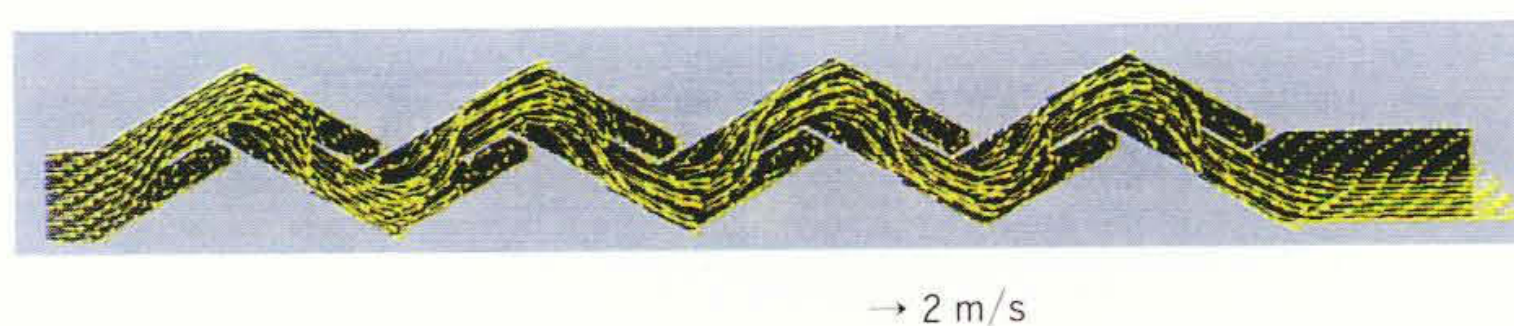
新開発の磁性流体軸受は、磁性流体を軸受の潤滑とシールに利用した流体潤滑軸受で、特殊な成形加工法によって精密な軸受ユニットの量産化と低価格化を図っている。性能面では、高速性能に優れた複合シールを軸受ユニットに一体化するとともに、磁性流体の粘性効果によって軸受の荷重支持能力と軸振動に対する減衰能力が大きくなる特長がある。この特長を生かしてモータの薄型、静音化とポリゴンミラーをサブミクロンオーダの高い回転精度で支持することを可能にし、高速レーザプリンタに対応できる1万～3万r/minのモータを開発した。



薄型・高速化を実現した磁性流体軸受採用のポリゴンミラーモータ

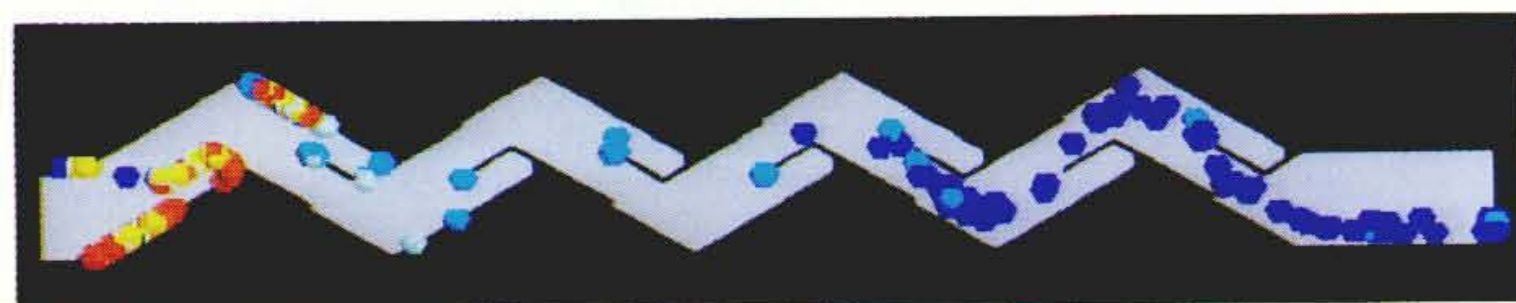
噴霧流・液膜流の数値シミュレーション技術

気流が液滴と液膜を同伴して流れる現象の解析技術を開発し、沸騰水型原子炉の蒸気乾燥器や自動車エンジン吸気系の性能予測を可能にした。



(a) 蒸気の流速分布

液滴径 (μm)	0～40	80～120	200以上
	40～80	120～200	



(b) 液滴の挙動

蒸気乾燥器内の流動解析結果

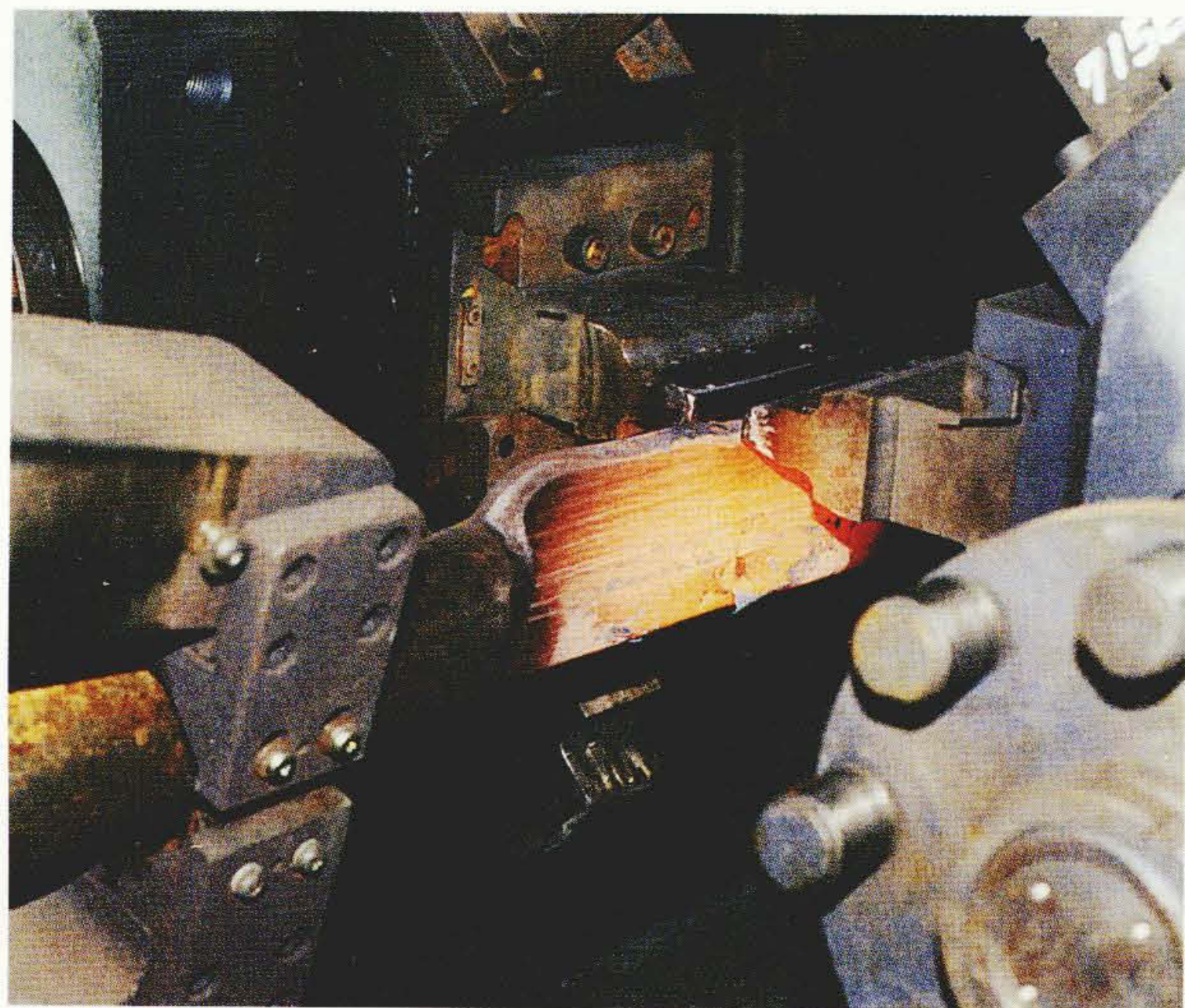
噴霧流解析では、個々の液滴が気流から受ける力を計算して気流中の液滴の挙動を求める。液膜流解析では、気流が液膜に及ぼす摩擦力、液滴が衝突するときの運動量、重力を考慮して液膜の挙動を求める。

沸騰水型原子炉では、炉心で発生した蒸気をタービンに送る前に水分を除く必要があり、原子炉圧力容器内に蒸気乾燥器を設けている。水平断面図に示す4段の波板に衝突した液滴は、液膜流として落下する。解析の結果、1段目の波板で多くの液滴を除去することができ、直径の小さい液滴は蒸気流に乗って波板間を蛇行しながら通過することを初めて明らかにした。この技術を用ることによって、従来の実規模試験の回数を低減でき、開発期間の大幅な短縮が可能になる見通しを得た。

また、この技術を用いて、自動車エンジンの燃料噴射弁から出たガソリンが気筒に流入する様子を解析し、エンジン吸気系の改良に貢献している。

タービン翼の局部逐次鍛造技術

高価な総型を使用せず、単純形状の工具で素材を局部的に加圧し、材料流動を制御して非対称断面を加工する逐次鍛造技術を開発し、タービン翼の加工に適用した。



発電用蒸気タービン翼(静翼)の局部逐次鍛造

ニーズの多様化に伴い、従来大量生産を得意としてきた塑性加工でも、多くの機種に対応できる加工技術の開発が求められている。今回、設備費、金型費が高価な総型鍛造に対して、簡単な工具を用いて、三次元非対称品を加工する局部逐次鍛造技術を開発した。

開発した技術は、従来の自由鍛造では欠陥とされていた曲がりやねじれを逆に利用する試みである。材料流動についての基礎研究に基づき、ストローク数が最大毎秒7回の油圧サーボ制御高速鍛造機と、4軸数値制御マニピュレータ、および高周波加熱装置で構成した実用機を開発し、世界で初めて非対称断面を持つ発電用蒸気タービン翼の低加工力(従来比： $\frac{1}{50}$)による加工を実現した。

また、金型および素材形状と鍛造プロセスを製品形状データから設定できるCAD/CAMシステムを開発し、治工具類の設計・製作期間を含めた開発期間全体の短縮を可能にした。

反射面移動記録方式光ディスク

記録前後で反射面が移動する新しい記録材料と記録方式を開発した。この技術の応用で、再生光ディスク互換型の記録可能光ディスクを実現した。

高画質、アクセス機能、耐久性といった特長を持ち、従来のLD(Laser Disc)と共用のプレーヤを実現できる、LD互換型の記録可能光ディスクを開発した。ディスク作製に要する期間はわずか1日と短く、オリジナルLD作製のニーズにもこたえることができる。

このディスクは、記録用の溝付き基板上に Sb_2Se_3 干渉膜とBi反射膜を形成したものである(図1)。記録前、再生用レーザは下層の反射膜で反射する。このディスクに記録用のレーザを照射すると、熱によって2層が反応して反射面が上側に移動する(図2)。このような記録前後での反射面の移動を活用することにより、従来に比べて記録部と非記録部の強度比(コントラスト)をはるかに高くすることができた。

信号品質は、現状で最も高い再生専用光ディスクと同等であるため、LDあるいはハイビジョンLDとフォーマット互換のある記録可能光ディスクを実現できる。

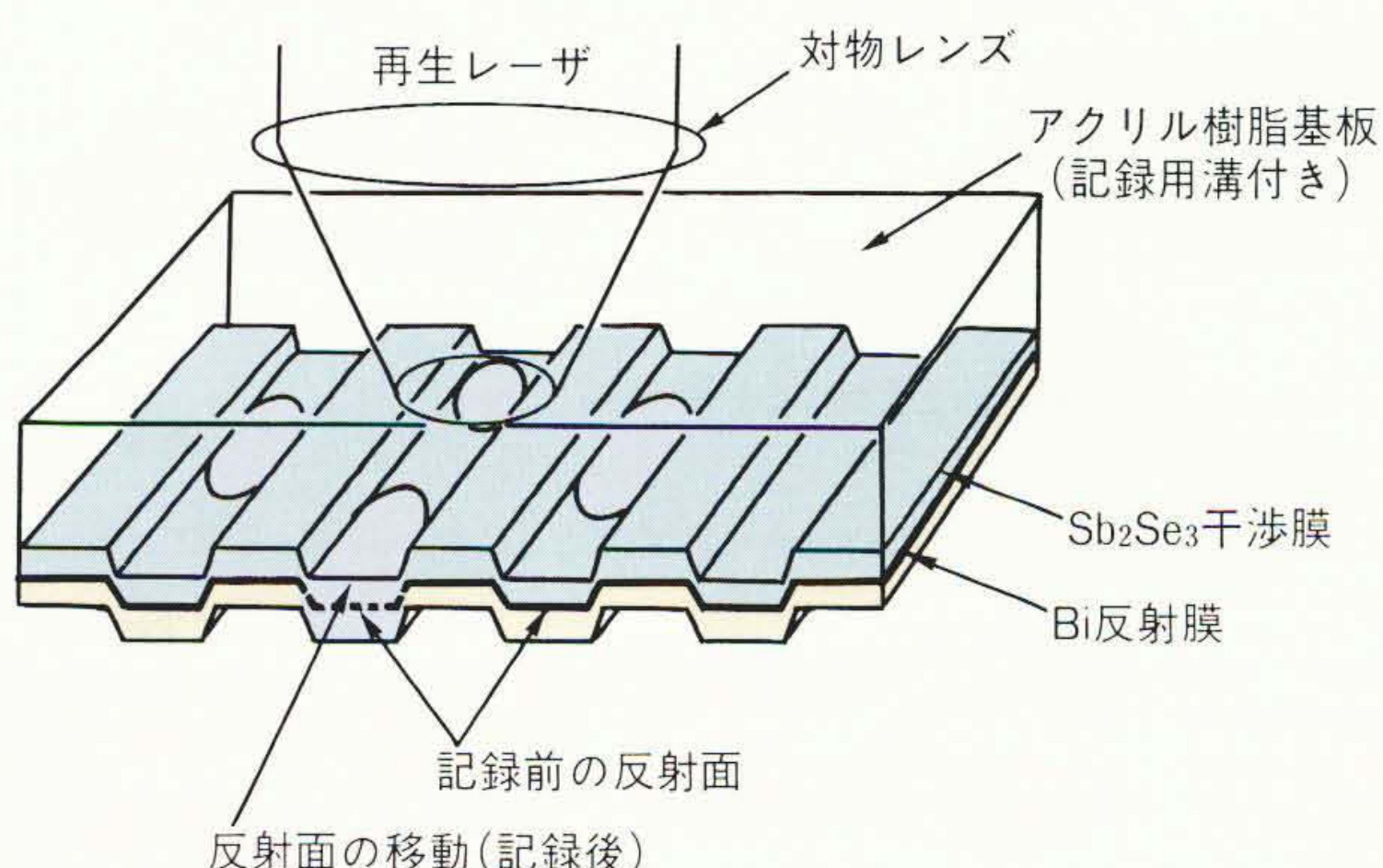


図1 記録溝の効果による信号のコントラストの上昇

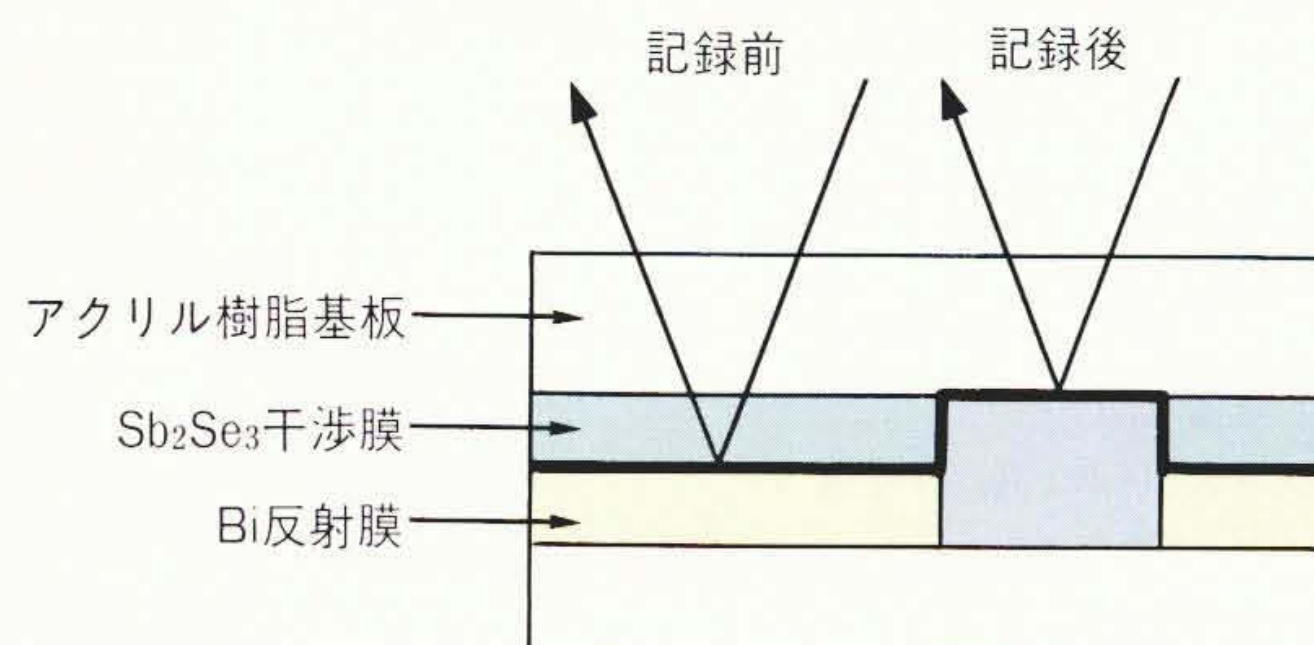


図2 記録による反射面の位置の変化