

平成2年度

日立技術の展望

研究

世界経済でのわが国の地位の向上とともに、その発展を支える研究開発のあり方について種々の議論を呼んでいる。いわゆる経済摩擦は、しだいに科学技術摩擦の様相を呈しつつあり、基礎研究の充実をも含めた前向きに対応が求められている。さらに「世界とともに発展する」ためには、環境問題など世界規模での研究開発に貢献し、いっそうの国際協調を進める必要がある。科学技術会議の政策委員会も、平成2年度の科学技術振興指針として、(1) 基礎的・先導的な科学技術の推進および創造的人材の充実、(2) 国際交流、協力の拡充、(3) 科学技術振興基盤の強化および研究交流の促進をあげている。

企業での応用研究の重要性は言うまでもないことで、これまでわが国が最も得意としてきた分野である。しかし、今後は基礎、探索研究から応用研究、生産技術開発に至るまで、幅広い領域をバランスよく進めることが重要な課題となる。日立製作所では、これまでも研究開発人員の約10%を基礎部門に当て、基礎的、独創的な研究を進めてきた。特に1985年には、21世紀に向けての技術の苗床として基礎研究所を開設し、量子計測、ソフトウェアサイエンス、バイオテクノロジーなどの研究を進めている。最近では、電子線ホログラム技術によるアハラノフ・ボーム効果の検証を通じて、物理学の進展に寄与するなどの成果も挙げている。また、この技術をオングストローム以下の極限計測技術へ応用することも試みている。

地球規模での環境問題は、人類の生存と繁栄にかかわる重要問題である。1989年5月には、西暦2000年までのできるだけ早い時期に特定のフロンを全廃することを骨子とするヘルシンキ宣言が採択された。また、地球温暖化や酸性雨などの問題に対してもその対策が急がれている。日立製作所では、代替フロンの利用技術や高効率エネルギー利用技術の開発などを軸として、これらの問題に対する研究開発体制を強化するとともに、国内外の研究プロジェクトに積極的に参加する予定である。

高度情報化社会の実現に向けては、基幹となるマイクロエレクトロニクスやシステム、ソフトウェア技術の新展開を目ざし、先行研究を進めている。半導体ULSIでは、0.3~0.1 μm のディープサブミクロン時代に対応する極微細加工技術の開発を進めてきた。さらに、電子を波としてとらえる超格子デバイスや超電導デバイスなど、ナノメートルデバ

イスについても研究を進め、新しい成果を得た。集中と分散化が同時進行するシステム、ソフトウェア技術については、次世代の超高速プロセッサや周辺機器の開発、マルチメディア時代の広帯域ネットワーク技術の開発などに取り組んでいる。また、膨大な情報の中から真に有用な情報を選択・提供する高度戦略情報システムやヒューマンフレンドリーなインタフェースの実現もこの分野での重点課題で、人工知能の応用を含めた研究に取り組んでいる。

本誌では、これらに関連するものとして、核融合、超電導、電子線応用計測、新半導体素子、医用電子、AI(Artificial Intelligence)ファイルシステム、エキスパートシステムなど広い範囲にわたる研究成果の一端を紹介する。

研究開発の国際協調に関しては、従来から研究員交流、相互訪問、学会活動などを通じて積極的に進めてきた。現在、日立製作所には約50人の外国人研究者が滞在し、また約半数の研究員が欧米の大学などで研究を進めている。さらに、1989年4月には、これを一步進めるものとして米国および欧州に海外研究拠点を設置した。研究開発体制の本格的な現地化を図るものである。このうち米国では、すでに進出している日立グループの事業を支えるものとして、半導体および自動車関連の応用研究に、欧州では大学との協力関係を軸にして人工知能、量子効果デバイスの基礎研究に取り組んでいる。

研究基盤の強化に関しては、国際展開と並行し、国内でも研究体制の整備、拡充を図り、新しい時代に備えている。例えば、システム、ソフトウェア開発の強化を目的として、大阪に関西システムラボラトリを開設し、知識工学ツールや応用システムの開発を進めている。また、東京青山に開設したデザイン研究所の“FEEL”では、デザイン開発にふさわしい環境の中で若い研究者がのびのびと情報収集や研究開発に励み、全社の情報発信基地としての役割を果たしている。

21世紀を間近にひかえた変化の激しい時代の中で、豊かで創造的な社会の実現を担う研究開発の役割はますます重要になる。日立製作所は、高度で独創的な研究開発の成果を社会的ニーズに結実させていくことを企業の社会的責任と考えている。その実現に向けて、なおいっそう努力していく考えである。

世界で初めて超電導磁束量子を直接観察

超電導体が作り出すミクロな磁束、「超電導磁束量子」を電子線ホログラフィーで世界で初めてとらえた。超電導研究の新たな突破口と期待されている。

磁束量子は、超電導メカニズム解明の糸口になるばかりでなく、超電導臨界電流値を決める重要な働きをする。さらに、未来の超電導コンピュータの情報担体としても期待されている。その磁束量子の姿を直接見ることは物理学者の長年の夢であった。それを可能にしたのが日立製作所が開発した電子線ホログラフィー観察法で、世界で初めて磁束量子の実像をとらえることに成功した。これにより、超電導の基礎研究から産業への応用研究にわたって新たな進展が期待される。

超電導体に磁場を印加すると磁束が内部から排除されて超電導性が維持される(マイスナー効果)。しかし、磁場が強くなるとミクロな領域で超電導性が破れ、磁束が非常に細い糸状になってそこを通り抜ける。この磁束を磁束量子と言う。磁束量子の構造は超電導発現機構に密接にかかわり、特に高温超電導の謎(など)を解く手がかりになると考えられている。また、超電導体に電流が流れると磁束量子が運動を始め、それに伴って熱が発生して超電導性が破れてしまう。この現象が臨界電流を制限し、超電導マグネットなど産業への応用のネックとなっている。実用化のためには、磁束量子を固定する手法が必須(す)になってくる。また、一本一本の磁束量子を使

って、論理演算や情報を記憶することができる。つまり、超電導コンピュータの情報担体として利用することができ、その研究も盛んに行われている。このように磁束量子の構造および動的な特性は、超電導の基礎から応用に至る広い分野で重要と考えられている。

電子線ホログラフィーは、1948年にノーベル賞学者ガボールによって電子顕微鏡の分解能を上げるために考案された。しかし、当時は干渉性のよい電子線がなかったために実現されなかった。日立製作所では電子顕微鏡の技術を応用して、世界に先駆けてその実現に成功した。つまり、電界放射形電子銃を安定に使用できる技術が必要であったのである。ところが、電子線ホログラフィーが実用段階に入ってくると、発明者のガボールが予想もしなかった応用が開けてきた。物体の立体形状を原子尺度で測定したり、ミクロ領域の磁場・電場分布を観察することができるようになった。さらに、AB(アハラノフ・ボーム)効果を実験的に検証したり、さまざまな応用を試みてきた。

ホログラフィー電子顕微鏡(図1)の中で、鉛膜に磁場を印加しながら液体ヘリウムで冷却し、鉛を超電導状態にすると磁束量子ができる。そこに電子線を照射してホログラムと呼ばれる特殊な写真を撮影する。次に、そのホログラムにレーザ光を照射すると磁束量子の像が拡大されて観察される(図2)。超電導鉛表面から磁束量子が現れて真空中に広がるようすが磁力線として観察されている。1本の磁力線が1本の磁束量子である。位相差増幅という手法によって、1本の磁束量子の構造をさらに詳しく解析することもできる。また、2本の反対向きの磁束量子が作る対も観察された。この磁束量子対は理論的にその存在が予言されていたが、実際に観察されたのはこれが初めてである。

高温超電導はいまだにその発現機構が解明されていない。高温超電導体の磁束量子を観察、解析することによって、その超電導メカニズムを解明することが期待される。また、超電導体に電流を流しながら観察して磁束量子の動的な挙動を解析し、超電導臨界電流を増大させる方法に関する知見が得られる可能性がある。



図1 ホログラフィー電子顕微鏡



図2 超電導鉛膜の表面に表れた超電導磁束量子
(上図は、鉛の膜厚0.2 μm 、下図は1.0 μm の場合を示す。)

ウェーハスケール ニューラルネットワーク

ニューロン間の信号伝達を時分割デジタルバスによって行うニューラルネットワークを提案し、5インチのウェーハスケール集積回路として実現した。

最適化問題や認識問題に適した情報処理装置として、ニューラルネットワークが注目されている。従来の計算機が人間の左脳のように、複雑な問題を順序立てて逐次的に処理することによって最適解を求める装置であるのに対し、ニューラルネットワークは人間の右脳のように、多数のニューロン(単純なプロセッサ)を並列的に動作させることによって、最適に近い解を高速に求める装置である。

もともとニューラルネットワークの研究の歴史は古く、アナログ計算機にまでさかのぼることができる。これが最近になって注目を集めたのは、1985年にホップフィールドがニューラルネットワークを使った最適化問題の解法を示し、ラメルハートが強力な学習アルゴリズムを発表したことにより、その応用先が見えてきたためである。

ところが、ニューラルネットワークをハードウェア上に構築する場合、図1(a)に示すようにニューロンどうしを接続するシナプス回路は、ニューロンの数の二乗に相当する数が必要であり、大規模なニューラルネットワークの実現は物的に困難であった。一方、従来の計算機を使ってソフトウェア上にニューラルネットワークを構築する場合、すべてのシナプス回路の動作を限られた数

(通常は1個)の演算器でトレースするために、ニューロン数の二乗に比例する時間を要し、大規模なニューラルネットワークの実現は処理時間の点で困難であった。

日立製作所が開発した時分割方式は、この両者の欠点を互いに補ったものである。すなわち、図1(b)に示すようにシナプス回路は各ニューロンに1個ずつ持たせる。また、1個のニューロンが他のニューロンに信号を出力するときは、すべてのニューロンに対して同時に出力する。そして、各ニューロンは時分割で順次信号を出力する。したがって、全体でのシナプス回路数はニューロン数に等しく、また演算に必要な時間もニューロン数に比例する程度に収まる。つまり、ハードウェアの量も演算時間も共にニューロン数に比例する程度となり、二乗に比例する量がなくなって大規模なニューラルネットワークの実現が可能となる。

ウェーハスケール集積回路上に実現したニューラルネットワークを図2に示す。0.8 μm のCMOSゲートアレイプロセスを使って、5インチウェーハ上に576個のニューロンを搭載した。ゲートアレイのチップ間に相当する領域にアルミ配線を設け、隣り合うチップどうしを接続している。このニューラルネットワークは、267 μs ごとにすべてのニューロンが1回ずつ信号を出力できる。代表的な最適化問題である巡回セールスマン問題(複数の都市を最短経路で巡回する道順を探す問題)を解かせたところ、16都市の問題の答を約0.1秒で出した。

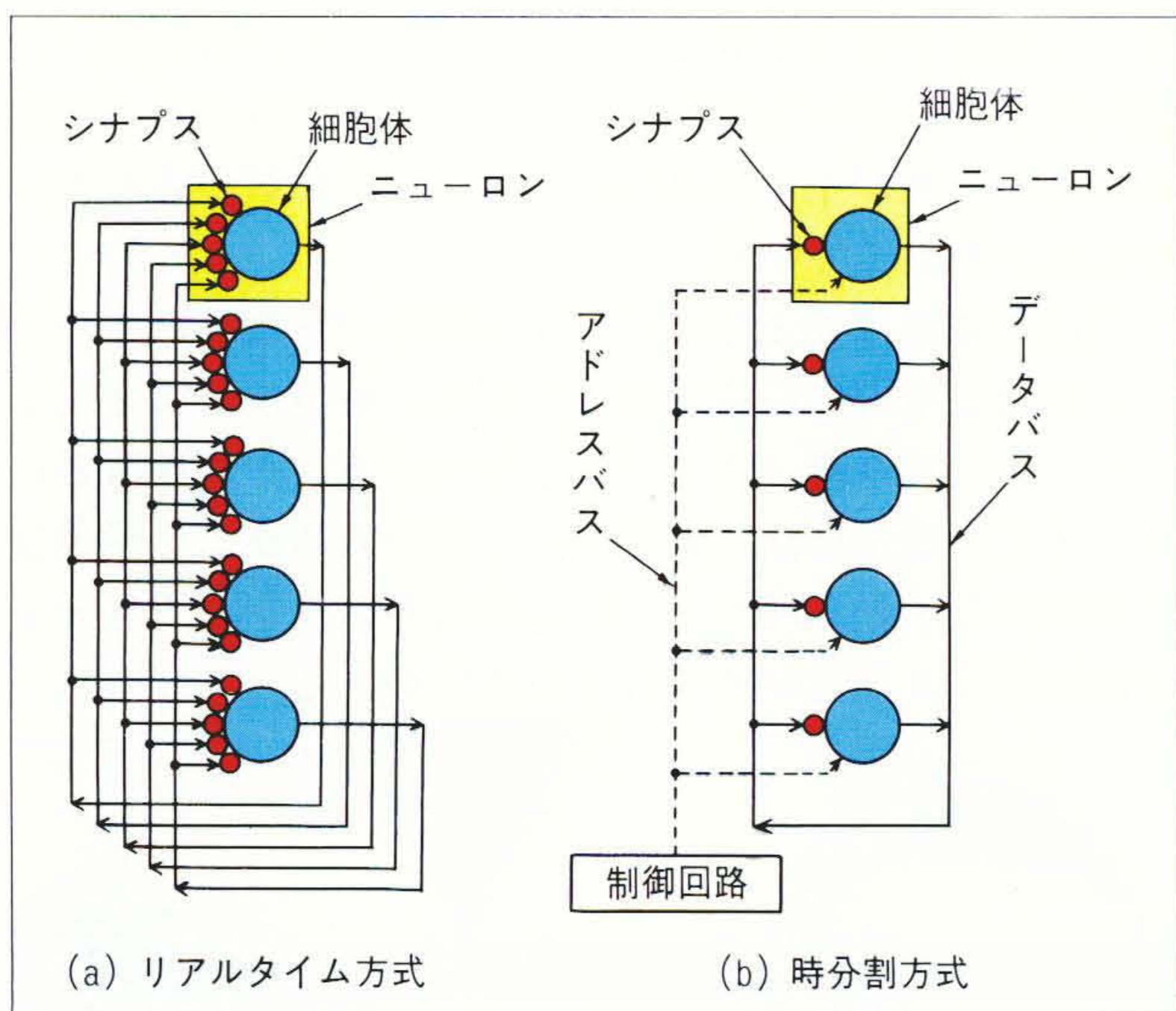


図1 ニューロン間の信号伝達方式

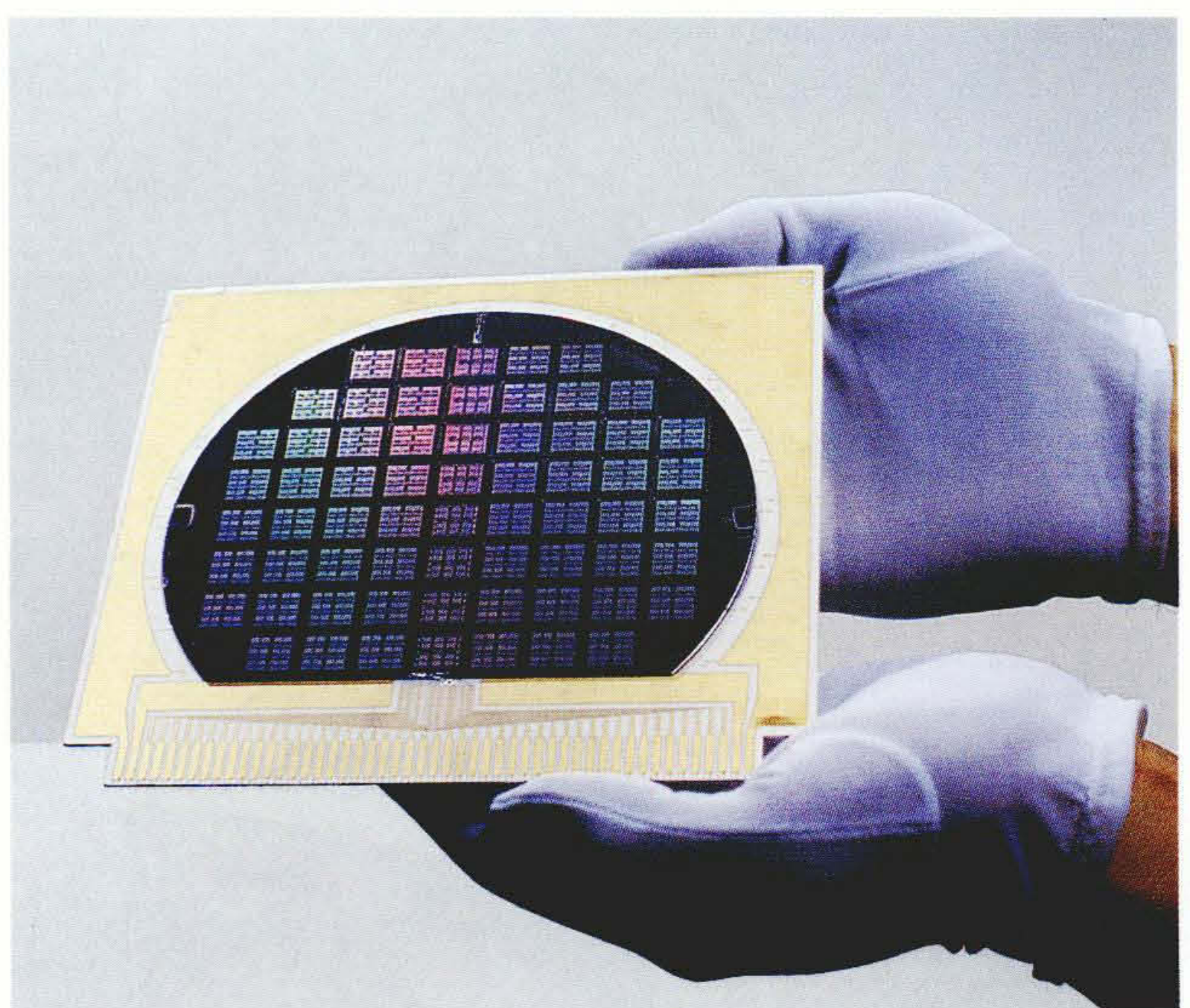


図2 ウェーハスケールの集積回路

超高速文書検索システム

毎秒100 Mバイトの速度でフルテキストサーチができる超高速文書検索システムを開発した。インデックスなしでどんなことばの検索も可能にするものである。

近年急速に進展する情報化社会の中で、生成される情報量も急激に増大しつつある。こうした膨大な情報を効率的に蓄積するとともに、この中からの確かつ迅速に必要な情報を探し出すことが、企業の戦略を決定する上でも、個人の知的な創造活動を支援するためにも重要な課題となってきた。

このような情報検索では、従来人手によるキーワード付け方式が主流であった。しかし、これにはインデキシング作業が非効率的であること、シソーラス(統制語辞書)を使用するため検索の専門家が必要になること、さらに新しいことばでの検索が困難であること、データベースの大規模化とともに絞り込み性能が低下することなど、幾つかの点で限界が見え始めてきた。

こうした問題に対して、インデキシングによらず文書の本文を直接参照して検索を行うフルテキストサーチ方式が提案されている。しかし、この方式も以下の二つの課題が解決されないため本格的実用には至っていない。

(1) ユーザーが指定したキーワードと文書中に記述されていることばとの間に表現上の食い違いが生じることがあり、この場合には検索漏れとなってしまう。同義語(例：計算機とコンピュータなど)や異表記語(例：コンピュータとコンピューターなど)がその例である。

(2) すべての文書の本文を直接読んで指定されたキーワードを探し出す方式では、文書データの読出しとキーワードの探索に膨大な処理時間を必要とする。

これらの問題を以下の技術によって解決し、これを用いた超高速文書検索システムを開発した(図1)。

(1) 同義語・異表記自動生成検索方式

これは、ユーザーが指定したキーワードから自動的に同義語や異表記語を生成して、これらをキーワードに加えることによって検索精度を向上させるものである。



図1 超高速文書検索システムの試作機

(2) 階層形プリサーチ方式(図2参照)

これは、あらかじめ文書の本文から自動的に作成し、情報圧縮しておいた文字成分表と凝縮本文をプリサーチすることによって検索速度を高めるものである。

文字成分表は、本文中に現れる文字を抽出し、これをビット情報で表したものである。凝縮本文は、本文の中から助詞や接続詞などの付属語を削除するとともに、繰り返し現れる単語の重複を排除したものである。

第一段階で文字成分表による文字単位の、第二段階で凝縮本文による単語単位のふるいに掛け、本文をサーチする件数を削減することによって、等価的に検索速度の高速化を図っている。

(3) 並列形磁気ディスク装置

12台の小形磁気ディスク装置を並列に並べ、文書データを同時に読み出すことにより、読出し速度を約10倍高速にしたものである。

(4) 多重文字列の高速照合方式

これは、最大1,000語の同義語や異表記語を一括して、文書データのただ1回の走査で高速に探索する文字列照合方式である。文字列照合専用のプロセッサを開発することにより、毎秒20 Mバイトの照合速度を実現している。

これらの技術により、今回開発した高速文書検索システムでは、等価的に毎秒100 Mバイトの検索速度を達成することができた。すなわち、約1万字からなる2万5,000件の文書を約5秒で検索できる性能が得られた。

ここで開発した技術は、情報サービス分野だけでなく将来のOAシステムの核となるものと期待されている。今後、ユーザーニーズに応じたシステム形態を明確にし、早期製品化に向けた技術開発を行っていく考えである。

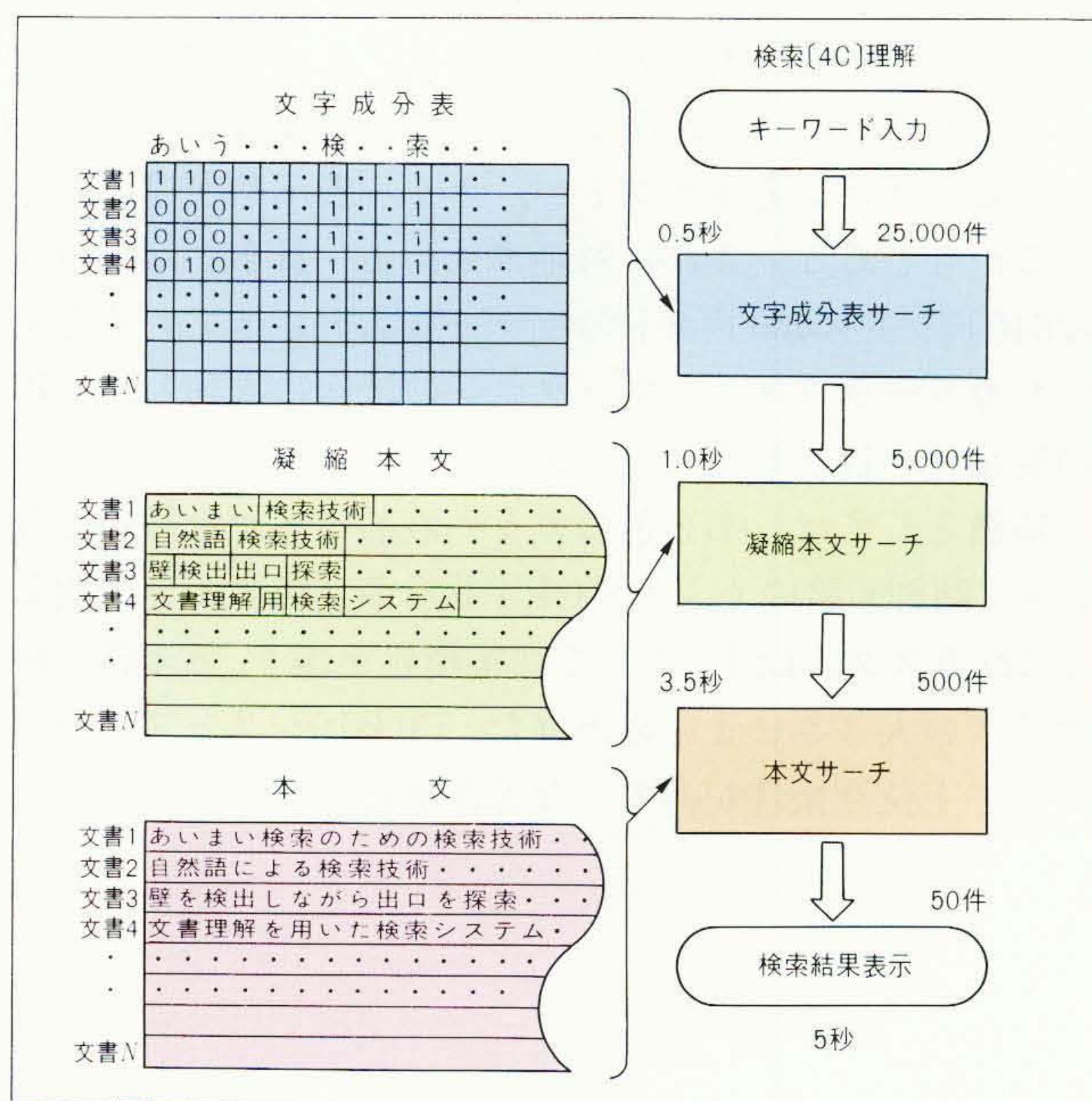


図2 階層形プリサーチ方式

広帯域ISDN用超高速半導体レーザー

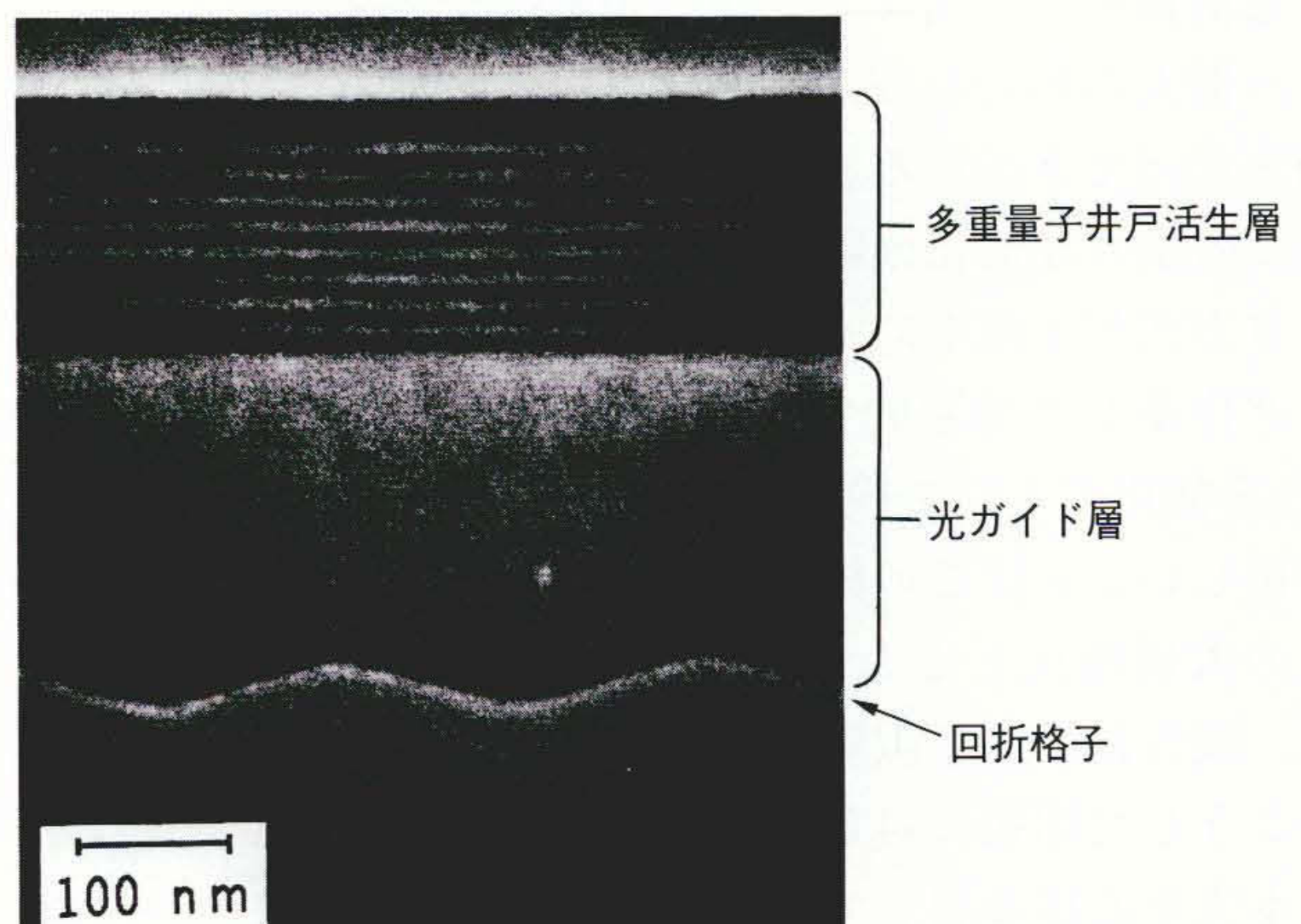
伝送速度10 Gビット/秒の次世代大容量光通信光源として、活性層を多重量子井戸構造とした分布帰還形半導体レーザーを開発し、長距離光伝送実現への見通しを得た。

将来の高度情報社会の根幹である広帯域ISDNでは、幹線系の伝送速度は10 Gビット/秒となる見通しである。その光源である半導体レーザーでは、超高速変調実現のためのレーザー素子自体の寄生容量の低減化と、高速変調時の発振波長の揺らぎ(チャーピング)の低減化がきわめて重要である。特に後者は、変調時のレーザー内部のキャリア密度変動による屈折率揺らぎ、すなわち半導体固有の性質に起因し、光ファイバの屈折率分散を介して、伝送可能距離を決める重要な要因である。

本研究では、単一スペクトルで発振する $\frac{1}{4}$ 波長シフト分布帰還形半導体レーザーの活性層に多重量子井戸構造を導入し、その量子サイズ効果による光-電子系の相互作用の増大によって揺らぎの低減を図った。凹凸のある回折格子基板上への超薄膜成長を、原料ガスの切り替えが急峻(しゅん)な減圧気相成長法により実現した(図)。多重量子井戸活性層は、膜厚6 nmのInGaAs量子井戸層と膜

厚10 nmのInGaAsP障壁層の10周期構造である。さらに、低寄生容量化のための狭メサ構造を新たに導入した。

これらの新技術の導入により、10 Gビット/秒変調時の揺らぎ幅を0.4~0.5 nmと従来の約 $\frac{1}{3}$ に低減することに成功した。この値は光ファイバの損失が最も少ない1.55 μ m帯の波長での世界最高水準であり、10 Gビット/秒、100 km以上の超高速長距離光伝送への適用が期待される。



多重量子井戸分布帰還形半導体レーザーの断面写真

10インチカラーラップトップパソコン

10インチのカラー液晶ディスプレイを搭載したカラーラップトップパソコンの試作に成功した。

ラップトップパーソナルコンピュータ(以下、パソコンと略す。)の市場拡大とともに、ラップトップパソコンでもカラー化のニーズが高まっている。市場に広く普及しているパソコン応用ソフトが、カラー表示を前提としているからである。これに対処するため、日本語対応可能な640ドット×400ドットのカラー液晶ディスプレイを用いたカラーラップトップパソコンの試作に成功し、実際の製品化を目指し開発中である。

特徴としては、(1)8色のカラー液晶パネルを採用しながら、制御回路のくふうでCRT並みの16色表示を実現した、(2)カスタムLSIによって高集積化を図り、従来機と同サイズの大きさにまとめあげた、(3)B16シリーズのパソコンと上位互換性がある、などが挙げられる。



10インチカラーラップトップパソコン

自然画を利用したプレゼンテーションシステム

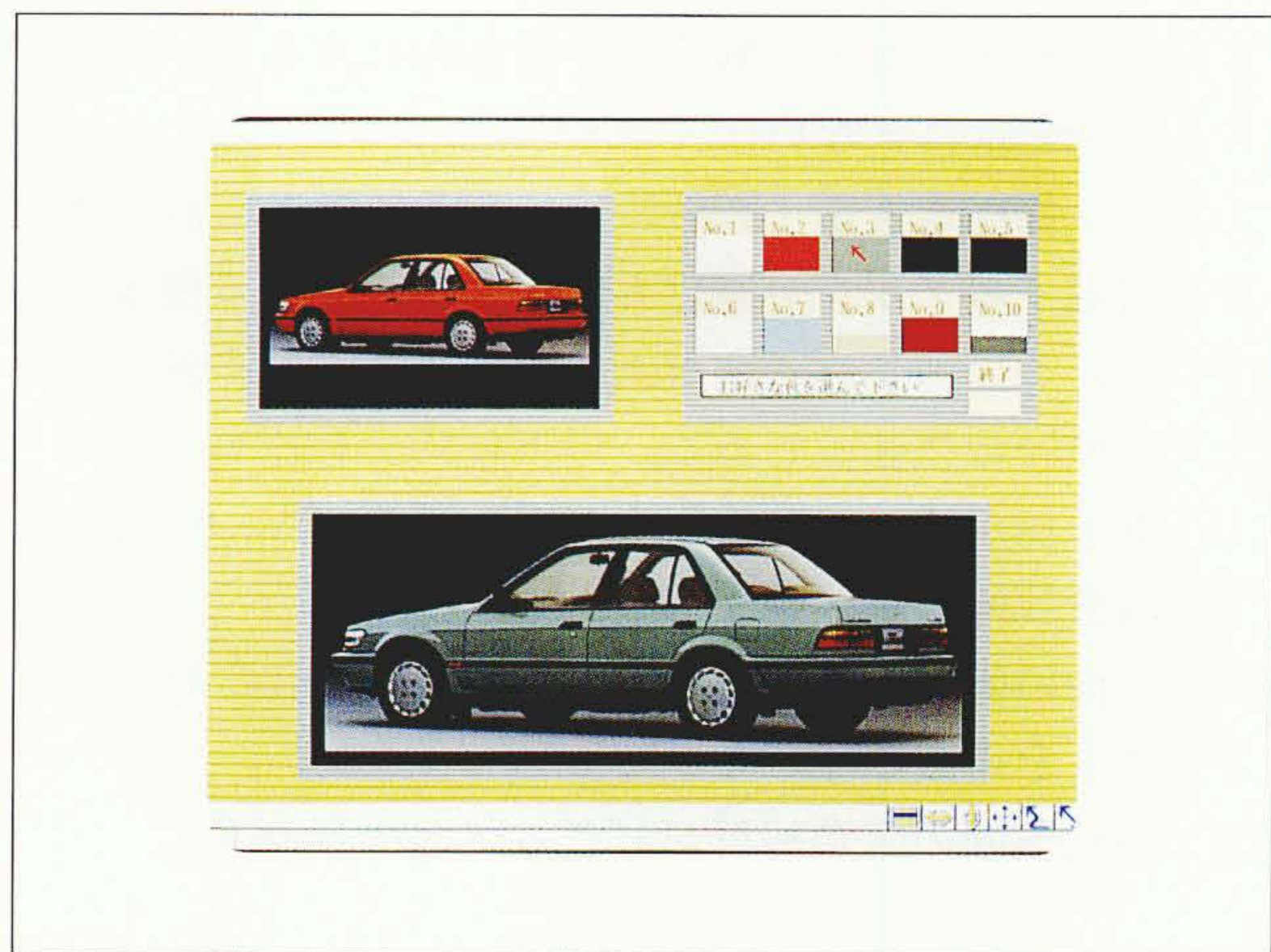
マルチメディア情報を編集・蓄積し、使い勝手の良い検索インタフェースとイメージシミュレーション機能により、多彩なプレゼンテーションを行う。

光ディスクなどの記憶媒体の進歩、ISDNなどの通信基盤の充実に伴い、計算機の扱えるメディアは、数値、テキスト、図形から音声、画像へと広がりつつある。これらのマルチメディア情報を総合的に利用して、感性に訴えるプレゼンテーションを行い、多様化していく消費者ニーズに対応した商品紹介や商品企画を行うシステムの必要性が高まってきている。

このようなねらいのもとに開発中のプレゼンテーションシステムは、自然画像を始めとする大量のマルチメディア情報を編集・蓄積し、画像中の対象物やテキスト中の単語を直接指示することによって、関連情報を次々と引き出していく使い勝手の良いインタフェースを提供している。さらに、本システムでは商品を実際に使用する環境に置いたようす、商品の色およびオプションの選択結果を、リアルタイムで映像化するイメージシミュレーション機能を備え、消費者の感性に基づく意思決定を支

援している。このイメージシミュレーション機能を実現するため、画像中から特定物体を切り出す画像構造化技術、高品質の画像合成技術、色変更シミュレーション技術などを開発している。

本システムは、上記の応用のほか、今後、教育分野などに広く応用展開することが可能と期待される。



自動車のボディ色変更シミュレーション画面

乱流のスーパーコンピュータによるシミュレーション

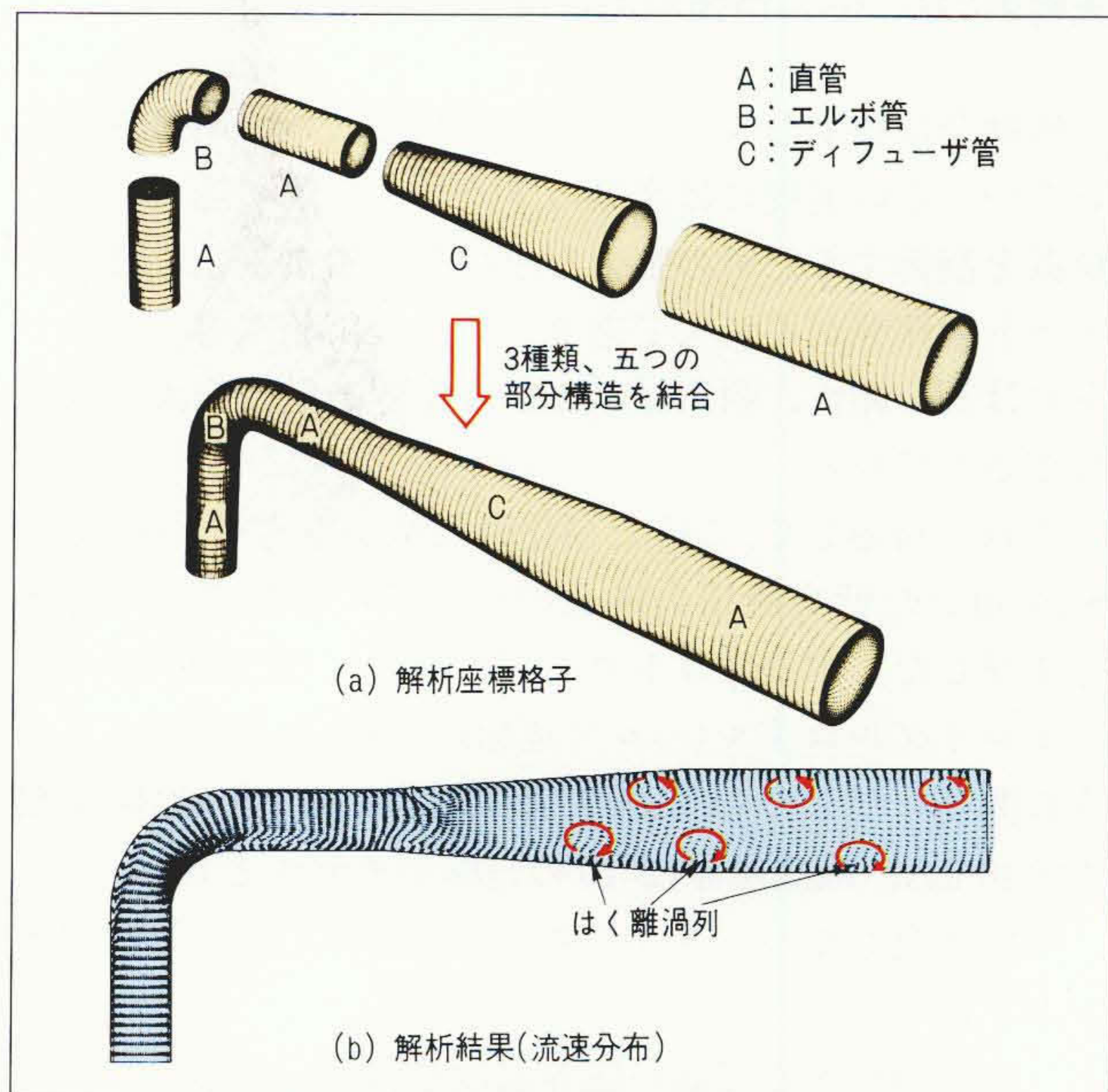
複雑な形状を持つ配管系、熱交換器内の乱流を解析する技術を開発し、従来、解析が困難であった渦の発生・成長・消滅などの非定常な乱流挙動を解明した。

流れの不安定性や構造物と流れとの連成による流動振動の問題は、乱流の非定常な挙動に深く関連している。この挙動を定量的に把握することのできる解析技術の開発が、流体機器の信頼性を向上するために強く望まれていた。そこで、実験データや経験則を必要とせず、ナビエ・ストークス方程式を直接解いて乱流挙動を求める三次元解析プログラムを開発した。特徴を以下に示す。

- (1) 任意の形状に沿って曲線座標格子を作成し、複合立体を複数の部分構造に分割して扱うことにより、複雑な曲面形状や分岐構造などが扱える。
- (2) 高精度な差分法により、渦列の発生や消滅などの乱流挙動を解析できる。
- (3) スーパーコンピュータを用いて、計算時間を従来の $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ に短縮できる。

エルボ管、ディフューザ管などを結合した配管系に対する座標格子、および流れの解析結果を図に示す。エル

ボ管内側で生じたはく離渦が、成長と消滅を繰り返しながら非定常に下流側に流されるようすが再現されている。



配管系内の流れ解析座標格子と解析結果

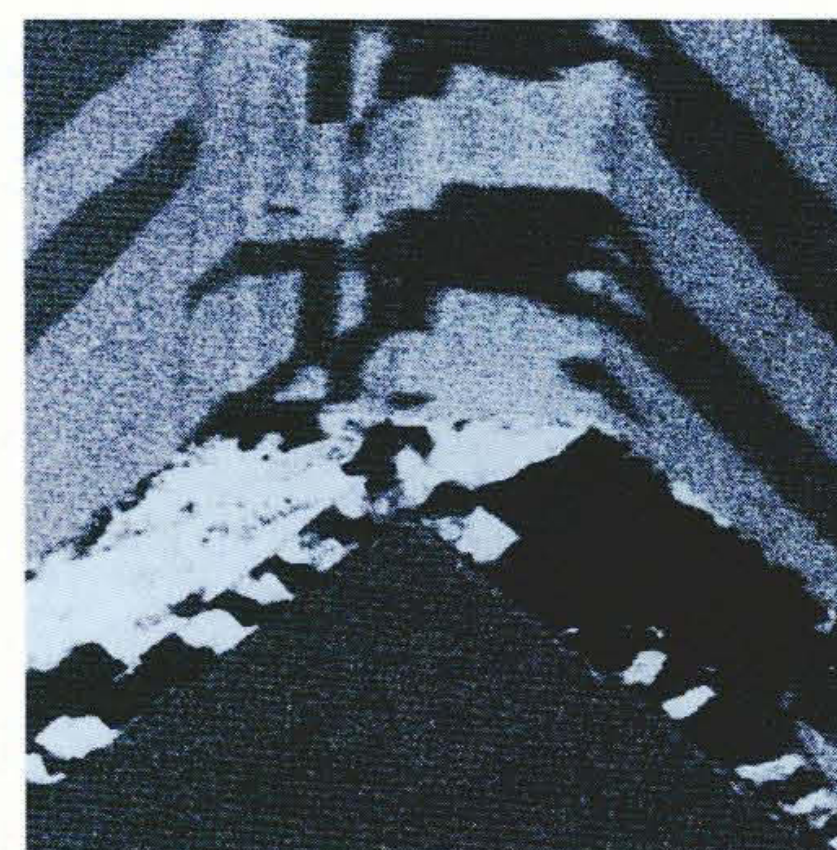
スピン偏極走査電子顕微鏡

立体的な試料の表面磁区構造を鮮明に観察でき、磁化方向の定量解析も可能な走査電子顕微鏡を開発した。

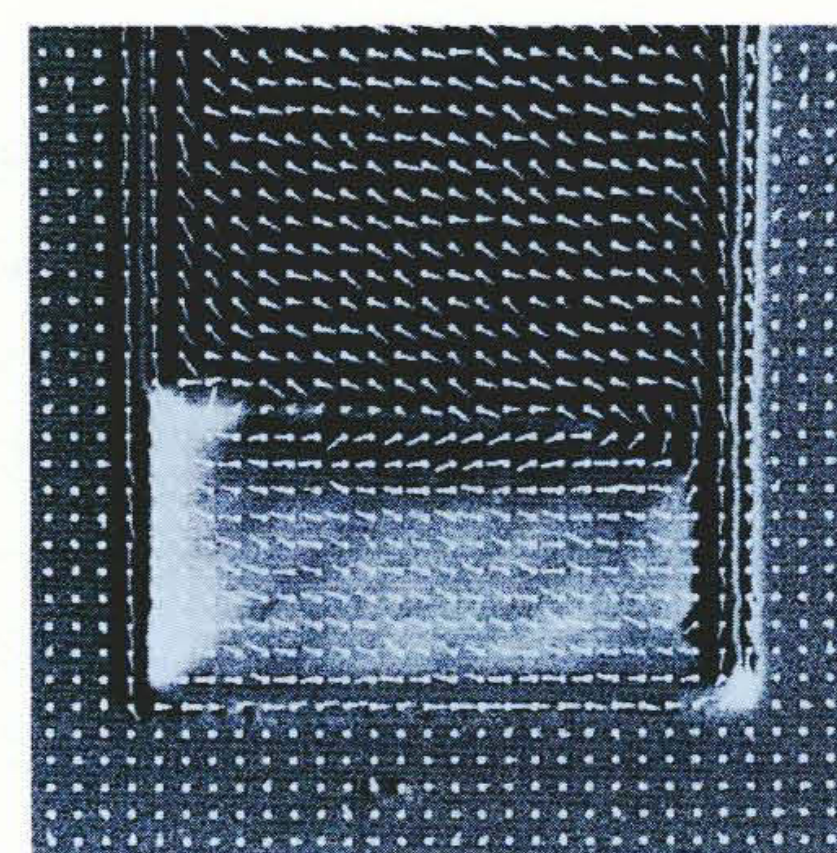
磁気記録での媒体やヘッドの高性能化に、磁区観察は必要不可欠である。従来の磁区観察手法としては、偏光顕微法、走査電子顕微法、ローレンツ電子顕微法などさまざまなものがあるが、空間分解能や画像情報の定量性、また試料形状に対する制約など総合的にみると、満足できる性能とは言えない。

スピン偏極走査電子顕微鏡は、強磁性体から放出される2次電子のスピンの磁化方向にそろっている現象を利用して、このスピン状態を画像化するまったく新しいタイプの磁区観察装置である。以下に特長を述べる。

- (1) 電子線が透過しないような厚い試料でも、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の高分解能で磁区観察ができる。
- (2) 表面の幾何学的形状に影響されない磁化だけのコントラストを得ることができる。
- (3) 磁化方向の定量解析ができる。



立体的な表面構造を持つ磁気ヘッド先端部の磁区像



薄膜磁気ヘッド用磁性多層膜の磁区像と磁化ベクトルマッピング

核融合用 $(\text{Nb}, \text{Ti})_3\text{Sn}$ 強制冷却型超電導導体

核融合用超電導マグネットに適用可能な、高磁界特性の良い化合物系超電導材 $(\text{Nb}, \text{Ti})_3\text{Sn}$ を用いた低交流損失構造のバンドル型強制冷却導体を開発した。

核融合は将来のエネルギー源として大いに期待されているが、その実現には高温のプラズマを閉じ込め、その位置を制御するための強大な磁場を発生する超電導マグネットの開発が不可欠である。核融合用超電導マグネットには高い剛性、耐電圧および安定性と低い交流損失が要求されている。

これに対応して、このたび化合物系超電導材 $(\text{Nb}, \text{Ti})_3\text{Sn}$ を用いた低交流損失構造のバンドル型強制冷却導体を開発した。本導体はトロイダルコイル(直流運転)およびポロイダルコイル(パルス運転)の両方に適用できるように開発したもので、試験装置の制約から実機導体(定格電流40 kA、最高磁界12 T)の $\frac{1}{16}$ 縮小モデルとした。

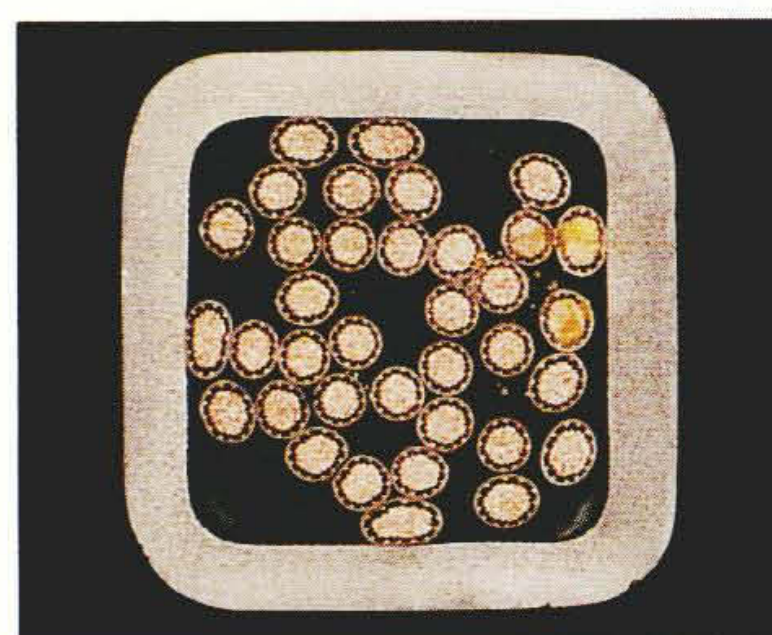
今回開発したバンドル型強制冷却導体の特長は次のとおりである。

- (1) 超電導材として高い臨界温度を持ち、高磁界特性の良い $(\text{Nb}, \text{Ti})_3\text{Sn}$ を採用している。
- (2) 交流損失低減のために、超電導フィラメントの直径

を $1.4\ \mu\text{m}$ と極細にし、高抵抗のCuNi層とNbバリアで、フィラメント群と安定化銅を複数個に分割している。

本開発の導体を用いて小形強制冷却超電導コイルを製作し、外部印加磁界10 T中で直流励磁試験と繰り返しパルス励磁試験によって以下に示す性能を確認した。

- (1) 高熱安定性：従来のNbTi線材に比較して、約4倍の熱擾(じょう)乱に耐える高い熱安定性を持つ。
- (2) 高速励磁：10 T磁場中で、定格電流値まで13 kA/s (0.85 T/s)の高速繰り返しパルス励磁が可能である。
- (3) 低交流損失：本導体の超電導素線1本当たりの交流損失は、交流励磁(50 Hz, 100 A)で3.3 kW/m³であり、これはNbTi/Cu/CuNi三層構造の交流用線材の交流損失に匹敵するほど小さい。



$(\text{Nb}, \text{Ti})_3\text{Sn}$ 強制冷却型超電導導体の横断面

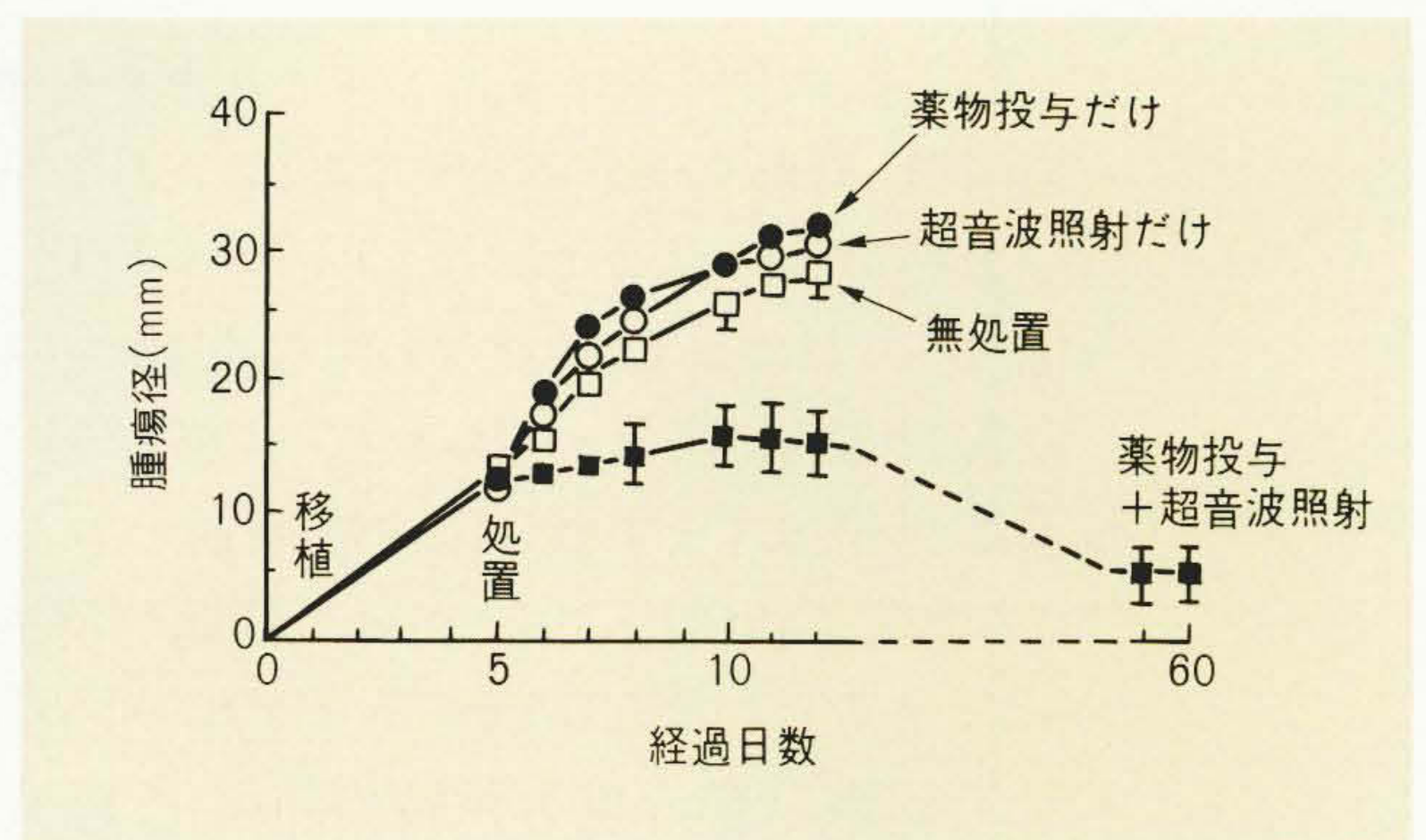
超音波を利用した癌治療技術

患部にフォーカスした超音波で薬物を局所的に活性化する新しい癌(がん)療法を研究している。この療法に適する薬物を最近見いだすことができ、実用への可能性が見えてきた。

腫瘍(しゅよう)部位に対する高い選択性と、身体に対する低い損傷性を両立させる新しい癌(がん)療法の実現を目的として、超音波の応用を研究してきた。レーザー療法もこれらを両立させるが、深部到達性が不足で適用部位が体表や体腔表面(胃壁など)に限られるのに対し、超音波にはそうした制約がない。超音波が利用できれば深部腫瘍も治療対象になるものと期待される。

超音波の化学作用に着目して薬物を探索したところ、低毒性の光増感性物質であるヘマトポルフィリンが、超音波照射によって活性化して、著しい抗腫瘍効果を発現することを見いだした。ラットに移植した腫瘍に対し、ヘマトポルフィリン投与後に超音波照射したところ、図に示すように、腫瘍の増大を阻止し、最終的に縮小させることができた。ヘマトポルフィリンそのものは致死毒性を持たないので、超音波照射を受けない部位での副作用が制癌剤などと比べて無視できるのが特長である。

したがって、この成果は癌の音響化学治療(Sonodynamic



音響化学療法のラット腫瘍に対する効果

Therapy)を成立させるための突破口となる可能性がある。

音響化学効果によるヘマトポルフィリンの抗腫瘍効果発生のメカニズムは、現在のところ、超音波キャビテーションからエネルギーを受けたヘマトポルフィリンが、活性酸素を発生することによるものと考えられている。メカニズムの解明が進むにつれて、将来は人体サイズの生体でも確実に空間的選択性を発揮できる超音波照射技術を確立することができ、また、この療法に効果的な他の薬物も多く見いだしていくことができると予想される。

技術抄録

■LSIのオンチップ配線修正技術

LSIの開発期間短縮のため、その配線をチップ上で直接修正し、LSIのデバッグ、不良解析を行う技術である。配線切断には、集束イオンビーム加工(精度 $\pm 0.25\mu\text{m}$)を、配線接続にはレーザーCVD(抵抗 $20\Omega/\text{mm}$)を用いた。

■酸化物高温超電導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の電子構造解析

実験値を使用せず電子数などの原子固有のデータから材料特性を解析できるスーパーコンピュータ向けプログラムを開発した。 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の結晶構造での銅-酸素クラスターに適用した結果、電子を占有していない主要なホール軌道は、銅と酸素の相互作用による σ 結合軌道であることを突き止めた。

■アナログ・デジタル混在LSI設計ツールレベルシミュレーション技術

システムオンチップ化・ASICでは、LSI上流設計の効率化が重要である。連続系シミュレーション技術を駆使し、アナログ・デジタルの記述が混在するLSIの方式設計を早期に検証するための基礎技術を開発した。

■列車ダイヤ作成エキスパートシステム基本技術の開発

ー札幌市地下鉄で実用化ー

ダイヤ作成という目的を要素目的に階層分割し、協調しながら総合的に目的を達成する協調推論形ダイヤ作成基本技術を開発した。札幌市交通局の地下鉄ダイヤ作成システムとして実用化し、ダイヤ作成時間の一桁(けた)短縮などの効果を得た。

■非線形最適化問題のための汎用プログラム

数値計算誤差を監視・制御する独自のアルゴリズムを開発し、工業や経済の分野に登場する非線形最適化問題を解く汎(はん)用プログラムを作成した。国際標準的なテスト問題集に適用し、世界で初めて全問求解に成功した。

■産業用高エネルギーX線CT

厚さ350mmの鉄材の断層撮影ができるCT装置を開発した。電子線加速器で得られる透過力の高いX線を利用することで実現したものである。これにより、自動車用エンジン、発電所用大形ポンプ・弁などの非破壊検査が可能になった。

■ウラン濃縮用銅蒸気レーザー

レーザー濃縮技術研究組合は、次期ウラン濃縮法としてレーザー法の開発を進めている。日立製作所は、色素レーザーの励起光源として、高出力、高繰り返し動作の銅蒸気レーザーを開発し、国内で初めて出力80Wで連続300時間以上の運転に成功した。