平成3年度

日立技術の展望

研究

21世紀への最後の10年を迎え,東西冷戦構造 の解消,統一ドイツの誕生など世界は大きな変革 の時代に入った。日本も決してその例外ではない。 特に,近年のわが国の経済を中心とした国際社 会での地位向上とともに、わが国を見る世界の目も 大きく変化しており、21世紀へ向けて積極的にこの 変革を主導していくなど大国にふさわしい行動が 求められている。わが国はこれまでも技術開発の 成果を提供することで国際社会の進歩に貢献し てきたが、今後はさらに人類の将来に役立つ科学 技術や技術の移転についても世界への貢献の度 合いを強めていかなければならない。科学技術庁 発行の「科学技術白書」のサブタイトルも、昭和 63年度版では「創造的研究環境の確立をめざし て」, 平成1年度版では「平成新時代における我が 国の科学技術の新たな展開」となっており、わが 国の政府,産業界,大学が協同して創造的研究 開発を進めていく必要性を強調している。世界が わが国に求める技術開発のあり方そのものも大きく 変わりつつあるのである。

日立製作所でも,創業以来の理念である「技 術で社会に奉仕する」の方針を堅持しながら、従 来以上に研究開発に力を入れており、平成2年度 では研究開発に売り上げの10%以上を投入する など,広範な活動を展開している。特に,創造的研 究活動は日立製作所の最も重視するところで,今 から約50年前に「今日の問題とともに10~20年先 を考える」ことを目的として中央研究所が設立さ れ,現在のエレクトロニクス社会の原動力となった 半導体、電子計算機などの分野で先駆的な成果 をあげてきた。また、5年前には21世紀へ向けての 技術の苗床となる基礎研究所を新設し、21世紀に 花開くであろう独創的研究を強力に推進している。 さらに, 日立製作所は(1) 国際会議の支援, (2) 海 外研究拠点の設置,(3) 外国人研究者の受け入 れ、(4) 国家的プロジェクトへの参加など、広く世 界に目を向けた創造的研究活動を推進している。 国際会議支援の一例として、1989年8月に開催さ れた「量子力学の基礎と新技術国際会議 (ISQM)」をあげることができる。本国際会議は、 日立製作所の後援のもとに中央研究所を会場とし て行われているもので、すでに第3回を数える。今 回の会議でも、電子線ホログラフィー、超電導、量 子機能素子の分野で日立製作所は重要な貢献 を行った。

地球規模で深刻化しつつある地球環境の保 護も,日立製作所の重要な研究課題の一つであ る。オゾン層破壊につながるフロンの問題は緊急 を要する人類社会の重要課題で,2000年までに 特定フロンを全廃することが国際的に取り決めら れた。日立製作所では自主的に1995年までに特 定フロンの使用を全廃することを目標に、全社をあ げて代替フロンの利用技術開発に取り組んでい る。また、地球温暖化や電力事情の逼迫(ひっぱ く),さらには中東情勢に端を発した新たな石油危 機の問題は、新エネルギー開発、資源再利用、 深海や宇宙の新たな資源の利用といったことへの 技術的要請を強めており、この面でもわが国の果 たす役割は大きい。日立製作所では,太陽電池 や燃料電池の開発,宇宙空間利用技術の開発, 超電導や核融合を利用した新たなエネルギー利 用技術の開発などの研究を国家プロジェクトへ の参加を含めて、積極的に推進している。

現今の社会は, 高度な情報処理技術の発達に よって地域や言語の違いを越えて情報を共有化 し、地球規模の価値観の創成が可能な時代にな りつつある。この理想を実現するためには、より豊か で平和な世界の実現へ向けて,情報処理技術を さらに高度化し、ヒューマンフレンドリーな「人に優 しい技術」を現実のものとしなければならない。日立 製作所は、こうした目標に向けて材料からシステ ム、ソフトウェアまでに至るまでの幅広い研究開発 を進めている。基盤技術として、64 MビットDRAM に代表されるULSI半導体技術、磁気ディスクなど の大容量ストレッジ技術, 高性能磁性材料などの 新材料や, STM (Surface Tunneling Microscopy)などの高度分析技術についてもその確立を 急ぎつつある。これらの基盤技術を基に、光交換 などの広帯域ネットワーク技術、次世代の各種計 算機技術, DEQSOLなどのヒューマンフレンドリ ーな計算機言語, AIやニューラルネットワーク技 術を用いた高度システムなどの開発を実現したい。

以上のように、日立製作所は人的交流、共同研究、海外研究拠点を通じて研究開発のグローバリゼーションを図り、人類の英知を結集して現在世界が直面している課題に技術開発の面から貢献していく考えである。

計算機の知的能力を高める高次推論技術

計算機の知的能力を高め、人間並みの推論を実現するため、仮説推論、定性推論、事例ベース推論など高次推論の基本技術とその統合化方式を開発した。

人工知能の研究の目的は、計算機をより人間に近づけることにある。このためには、現在のエキスパートシステムの持つ推論機能に加え、より高度で融通性に富む推論機能を実現することが求められる。このため、図に示すような仮説推論、定性推論、事例ベース推論など、人間の思考形態に近い推論方式の基本技術とその統合化方式の開発を進めてきた。

(1) マルチパラダイム統合方式

人間の思考のパラダイムは種々さまざまである。これらのパラダイムを統合的に管理し、有機的に連携させるための統合方式を新たに設計し、各パラダイムをその上に構築できるソフトウェア構造を設定した。この設定により、任意のパラダイムを自由に組み合わせることが可能となり、推論の柔軟性を大きく高めることができる。

(2) 仮説推論機能

真偽がわかっていないデータに基づく推論を可能とする推論方式である。そのデータが真であるとの仮説に基づく推論を進め、推論の途中で矛盾が生じたり、そのデータが偽とわかったとき、そのデータが関係する部分の推論過程だけを棄却する。これは、人間の「推測に基づく推論―仮にこうだったらこうしよう―」を計算機上に実現するものである。日立製作所では、強力な推論の絞り込み機能を備えることにより、実用に耐えられる方式の開発に成功した。

仮説推論は,工程計画や機器配置設計などでの試行錯誤的割り付けや,行動計画での相手の行動に即応した計画再編成などに応用でき,計画形エキスパートシステムが容易に構築できるようになる。

(3) 定性推論機能

床の上にガラスコップを落とすとどうなるか。コップと床から成る系に関する微分方程式を解けば、コップの状態は完全に予測できる。しかし、「ガラスコップは固いものにあたると割れやすい。」「床は固い。」「だからコップは割れる。」という程度の推論でもコップの状態はわかる。

このように詳細を無視し、傾向だけを推論の連鎖に使う推論方式が定性推論である。

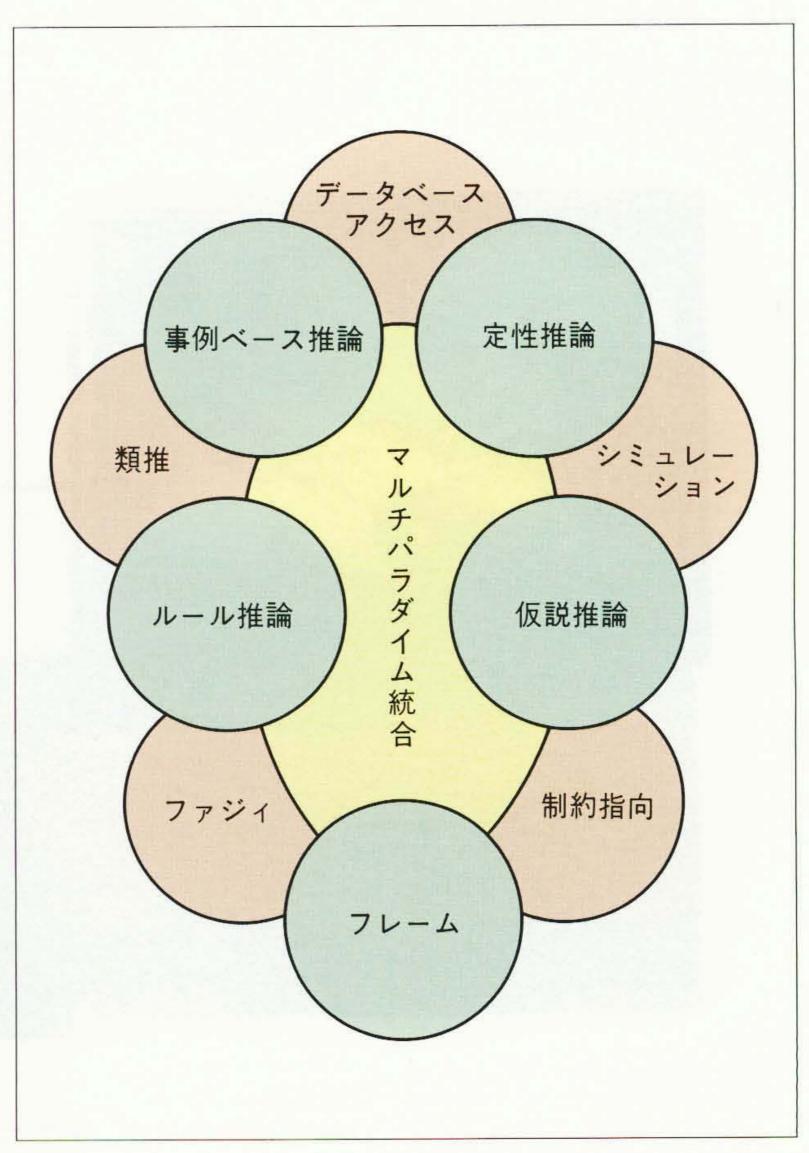
定性推論には、物理現象を微分方程式を解くことなく 説明するためのエンビジョニング技法と、種々の考えら れるシナリオを定性的なルール(公定歩合の上昇に対し て、市中金利は上昇、不変、下降の三つの定性的状態を とるなど)に基づきリストアップする定性シミュレーションがある。日立製作所では、定性シミュレーションの 実用を目指し、定性推論に定量化技術を加味した新方式 を提案し、その具体化を図っている。

定性推論の主な適用としては、経済シミュレーションや大規模システムの事故シミュレーションなどがあり、 定量的なモデルを持たないシステムの挙動の予測に有効である。

(4) 事例ベース推論機能

ルールの代わりに事例を知識ベースに蓄えておき、現 在の状況に似た事例を知識ベースの中から探し、その行 動内容を参照、修正して現在の状況に対する行動を決定 するのが事例ベース推論である。この方式はルールによ る推論では時間がかかる場合や、ルールでは表現しにく い知識を活用する場合に特に有効である。日立製作所で は、表形式による事例の蓄積と項目別に基準化した評価 尺度を備えることにより、多項目での類似例検索を可能 とした方式を開発し、事例ベース推論のツール化を可能 とした。

この事例ベース推論は、プログラムのチューニングや 計算機室レイアウトをはじめ、医療診断、運転制御など に幅広く利用することができる。



マルチパラダイムの統合化

光スイッチを用いた大容量ATM交換方式

将来の大規模広帯域ISDNの実現には、大容量の ATM交換機が不可欠となる。その有望な実現手段である 光交換技術を応用したプロトタイプを試作し,有効性を確 認した。

画像、データ通信など広帯域サービスの実現が可能な 広帯域ISDN (Integrated Services Digital Network)の 実用化が期待されている。広帯域ISDN国際標準化の進 展に伴い, 実用システムの検討が活発に行われ, 世界的 にATM (Asynchronous Transfer Mode)技術を用いた 交換機, 伝送装置の開発も加速されつつある。ATMは広 帯域ISDN標準の交換伝送モードで150 Mビット/sを基 本速度とし、音声、データ、画像などすべての情報を固 定長パケットに変換して統一的に処理する方式である。 ATMシステムが実用化され、導入段階からさらに将来 の大規模システムに発展するためには、150 Mビット/s 数千チャネル規模の大容量交換機の開発が大きな課題と なる。

従来の電気回路,電子スイッチだけを用いる構成では, 高速信号の配線が困難なことから大容量化が制限され る。開発した光交換方式は,入力信号を電気的に多重し, 光信号に変換して交換段に送り光信号のまま交換するも ので, 高速信号の配線を容易にし, 高速に交換処理する

ことで大容量化を可能としている。光交換段にはInPを ベースとした半導体導波路形光スイッチを適用し, 超高 速のスイッチングを実現している。さらに, 波長多重交 換方式を提案し、より大容量化を図っている。これは、 入力信号を複数のブロックに分割して多重化し、それぞ れを別の波長の光に変換し、光交換段ではすべての波長 の光の信号を一括交換するものである。これによって電 気回路の動作速度を上昇させることなく実効的に交換容 量を増加させることを可能とする。

プロトタイプを試作し、基本的な交換実験を行った。 2波長多重を適用している。プロトタイプの交換容量は 9.6 Gビット/s(150 Mビット/s, 64チャネル)であり、そ のうち4.8 Gビット/s分を実装している。実験ではディジ タル化されたHDTV信号2系統を信号源として使用し, 外部からの制御信号によって切換を行い、データを誤り なく交換できることを確認した。また, 画質劣化もない ことを確認した。

今後,光増幅器の集積化による光スイッチの低損失化, 多ポート化をはじめとする光デバイス改良を進める。ま た,波長変換交換方式などさらに大容量化を目指した光 交換方式の研究を通して、将来の大規模ISDN実現を図 る。



(左からHDTVモニタ, HDTVコーデックおよび光ATM交換機)

高飽和磁束密度Fe16N2単結晶膜

 $Fe_{16}N_2$ 単結晶膜をMBE(分子線エピタキシー)法を用いてInGaAs基板上にエピタキシアル成長させ、 $Fe_{16}N_2$ の飽和磁束密度が2.9 Tであることを世界で初めて明らかにした。

1972年に東北大学は、窒素雰囲気中で作製した鉄と窒素の混合 (Fe-N) 膜の飽和磁束密度が $2.5\,\mathrm{T}$ となり、鉄の $2.2\,\mathrm{T}$ より高いことを報告した。この原因は $\mathrm{Fe_{16}N_2}$ の生成であり、 $\mathrm{Fe_{16}N_2}$ の飽和磁束密度が $2.8\,\mathrm{T}$ になることを推測した。この報告が契機となって国内外の研究機関で、特性確認のために $\mathrm{Fe_{16}N_2}$ 単結晶の作製を試みているが、これまで成功していない。

日立製作所は、 $Fe_{16}N_2$ の格子定数(原子間隔)がIn-GaAs(インジウム・ガリウム・ヒ素)の格子定数にほぼ等しいことに着目し、 $InGaAs基板上にFe_{16}N_2$ 膜のエピタキシアル成長を検討した。その際、基板と $Fe_{16}N_2$ 膜の反応を防ぐため、あらかじめ安定な鉄の薄い(10 nm)単結晶膜を形成し、その上にFe-N膜を作製した。

得られたFe-N膜の反射電子線回折像を表1に示す。同表で、蒸着速度が0.01 nm/s以上では回折像にリングがみられることから、膜は多結晶である。これに対して、0.004 nm/s以下の蒸着速度ではリングは消え、膜が単結晶であることがわかる。そこで、蒸着速度をさらに一桁(けた)程度遅くし、0.0006 nm/sでFe-N膜を作製した。この膜の電子顕微鏡像を $\mathbf{図1}$ に示す。同図から $Fe_{16}N_2$ の

表 I Fe-N膜の反射高速電子線回折像

蒸着速度 rm/s	反射高速電子線 回折像	結晶構造
0.1~1		多結晶
0.01		多結晶
0.004		単結晶

原子配列に対応する0.28 nm周期の格子縞(しま)が観察でき、Fe-N膜が Fe_{16}N_2 単結晶になっていることがわかった。この膜の磁化曲線を**図2**に示す。 Fe_{16}N_2 の飽和磁束密度は2.9 Tと、従来最高の飽和磁束密度となる鉄・コバルト合金の2.4 Tを大きく上回った。しかも、磁性材料の磁化の強さを理論的に整理した「スレーター・ポーリング曲線」から高くかけ離れており、磁性物理学上、きわめて興味深い結果を示した。

しかし、 $Fe_{16}N_2$ の磁性やその他の物性を詳細に評価するには、下地の鉄膜を取り除き、 $Fe_{16}N_2$ 膜だけをエピタキシアル成長させる必要がある。そこで、膜作製中の雰囲気ガス、蒸着速度などの作製条件を検討した。その結果、窒素とアンモニアの混合ガスを用いることにより、InGaAs単結晶基板上に $Fe_{16}N_2$ 膜を直接エピタキシアル成長できることがわかった。飽和磁束密度は2.9 Tであり、鉄単結晶上にエピタキシアル成長した $Fe_{16}N_2$ 単結晶の値と一致した。

今後、Fe₁₆N₂が高飽和磁束密度となる機構を解明し、 さらに新たな磁性材料の開発へ展開する予定である。

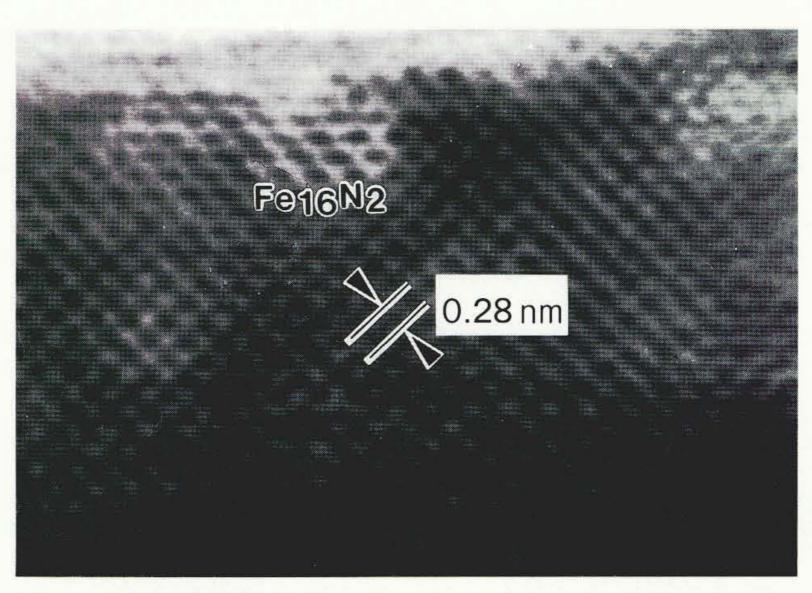


図 I Fe₁₆N₂膜の格子像

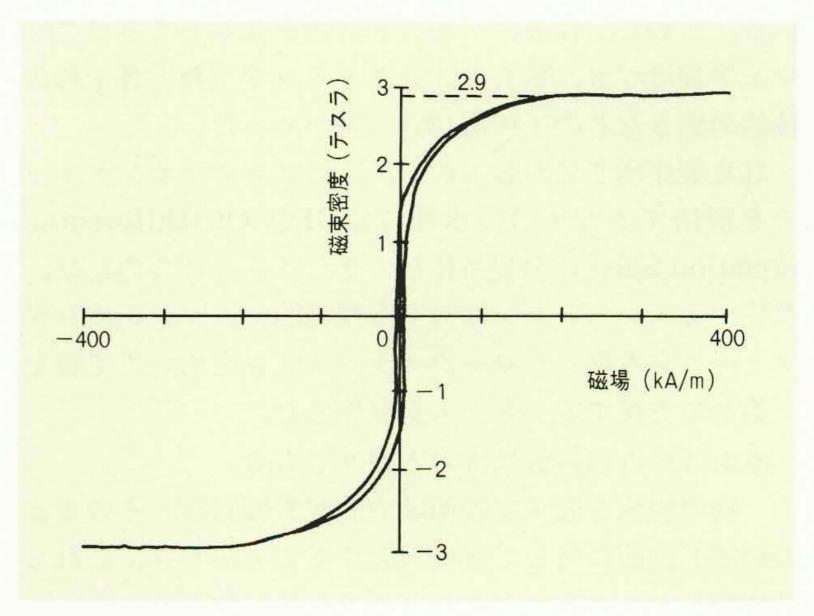


図2 Fe₁₆N₂膜の磁化曲線

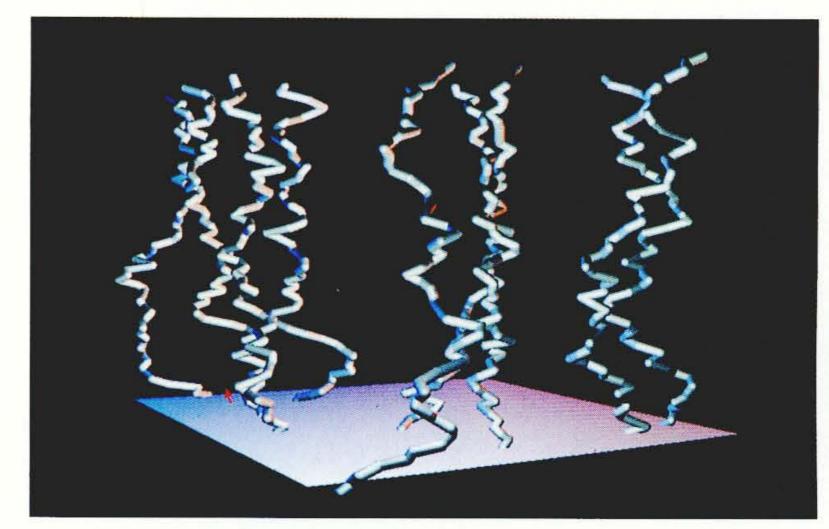
高温超電導体の量子磁束系のダイナミックス

酸化物高温超電導体を貫く量子磁束の複雑な集団運動 を、分子動力学的計算手法によって解析し、酸化物に特有 なアモルファス的磁束相の存在を理論的に示唆した。

量子磁束の運動は超電導状態での電気伝導特性を定める重要な要因となるため,酸化物高温超電導体を高温(液体窒素温度以上)で動作する超電導マグネットやデバイスに応用する際,その動的挙動の解析や温度・磁場に対する相図の確立などが必要とされる。

本研究では、従来の近似理論を越え、量子磁束系の多体相互作用を正確に取り込んだ分子動力学的計算手法を開発し、スーパーコンピュータ上でベクトル化向け高速アルゴリズムによって数値シミュレーションを実行した。1本の量子磁束は通常細いひも状となって超電導体内部を貫くが、このとき磁束のひもが曲がりくねる効果は、酸化物では従来の金属に比べ10~100倍程度大きい。これは層状結晶構造を持つ酸化物に特有の擬二次元的性質による。数値計算の結果、この性質を反映し多数本の量子磁束がトポロジカルに絡み合った磁束相が存在する

ことを発見した(図参照)。この相は、磁束配位は無秩序ながらも拡散運動が異常に遅いアモルファス的な特徴を持った新しいタイプの磁束相である。特に、この動的な性質は多数の磁束が集団として絡み合う効果を反映したものであり、臨界電流密度を向上させるのに必要不可欠な磁束の集団的ピン止めを有効にすることが期待される。



高温超電導体内部の量子磁束のようす

ビジュアルDEQSOL

物理現象を計算機内で模擬的に再現する数値シミュレーションで、プログラミング、計算実行、結果検証から成る工程を一貫して支援するシステムを開発した。

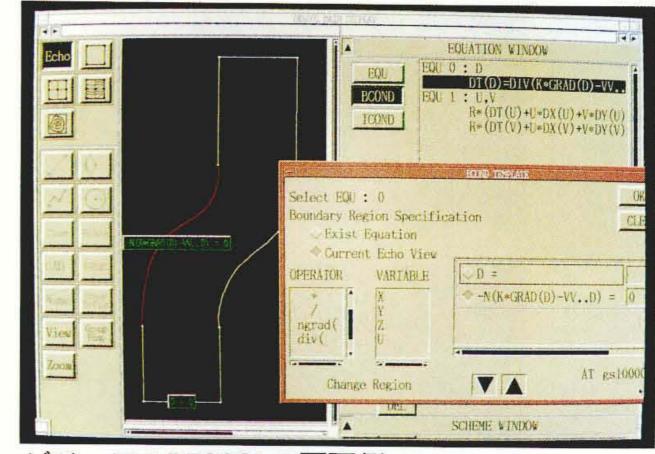
スーパーコンピュータ, エンジニアリングワークステーションの普及に象徴されるように, 数値シミュレーションは研究, 設計・開発の不可欠なツールとなってきている。しかし, 従来のテキスト言語を基本とするソフトウェア環境では, 膨大なプログラミング工数, 各工程の接続の悪さなどの工程隘(あい)路があった。

日立製作所ではかねてから、このプログラミングネックを解消するための高水準言語DEQSOL(Differential Equation Solver)を製品化してきた。さらにこのたび、数値シミュレーションに対する視覚的マンマシンインタフェースを考案し、ワークステーションを用いて工程を一貫して支援するシステムを試作した。

本システムの特徴は次のとおりである。

(1) 物理現象を表す定義領域や支配方程式を, そのままの形式で画面に対して直接入力することができ, これらの情報からシステムがプログラムを自動生成する。

- (2) すべての工程を同一のウインドウ上のアイコンとメニューを操作するだけで実行でき、入力時のガイダンス機能、計算実行時の対話的な介入機能、結果検証時の診断補助機能などにより、すべての工程を支援する。
- (3) OSF/Motif**)をベースとしたウインドウ設計により、画面の見え方や操作に対する動作を標準化している。本システムにより、計算機やプログラミング言語に関する特別な知識を持たなくても数値シミュレーションを容易に実行することができ、FORTRANなどの従来言語による工程を10~10に短縮することができる。



ビジュアルDEQSOLの画面例

※) OSF/Motifは、米国オープンソフトウェアファン デーション社の登録商標である。

時系列データのパターン認識(記号化)技術

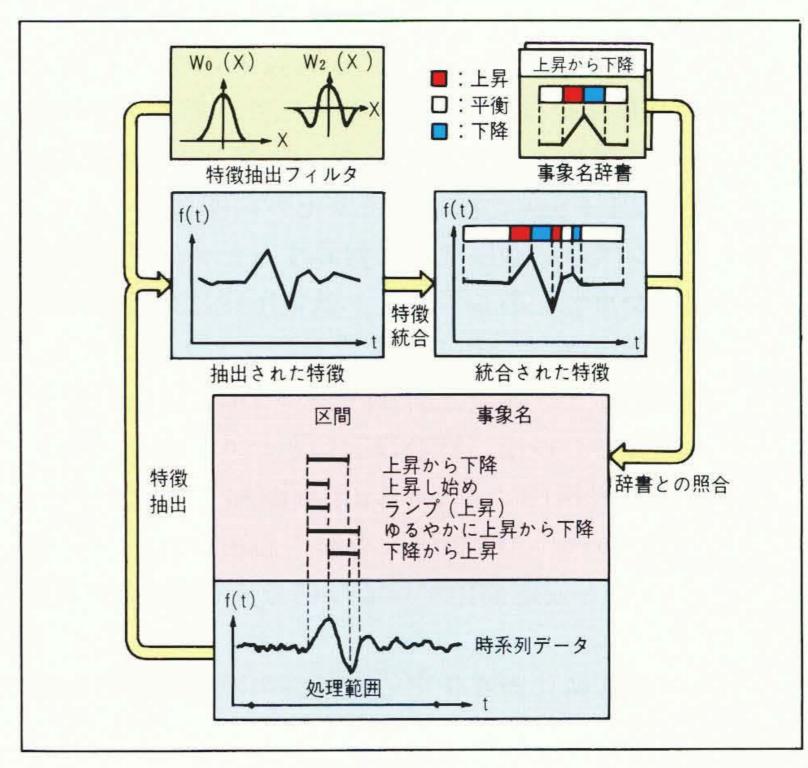
生体の情報処理様式からヒントを得て、プラント計測データ波形を運転員にわかることばに圧縮・変換するパターン認識(記号化)技術を開発した。

システム化範囲の拡大により、プラント制御で運転員 が監視する計測点数は数百点にまで増大している。この ため、運転員に代わりプラントの状態を自動的に識別で きるパターン認識技術の開発が強く要求されつつある。

この新たなニーズにこたえるため、プラント計測データ波形を運転員にわかることばに圧縮・変換する技術を開発した。主な特長は次のとおりである。

- (1) 生体を模した3段階の処理(特徴抽出,特徴の統合,辞書との照合)により,時系列データ波形を運転員の感覚に近い形でパターン認識する(例えば,図で「上昇から下降」などに記号化)。
- (2) 実データを使用した評価実験の結果,200点/分(制御用計算機V90/45で負荷率10%)の処理速度であり、大規模プラントの実時間処理にも適用可能である。

本方式の適用により、プラントの監視業務の効率化が 図れるばかりでなく、計測データの変化傾向を用いた異 常診断や、過去のデータ変化をパターン的に分類・検索 することが可能となる。



記号化の過程と記号化例

プラスチック射出成形のシミュレーション

金型内での溶融プラスチックの流動および固化と、成形後の熱変形を予測することのできるプラスチックの射出成形シミュレーション技術を開発した。

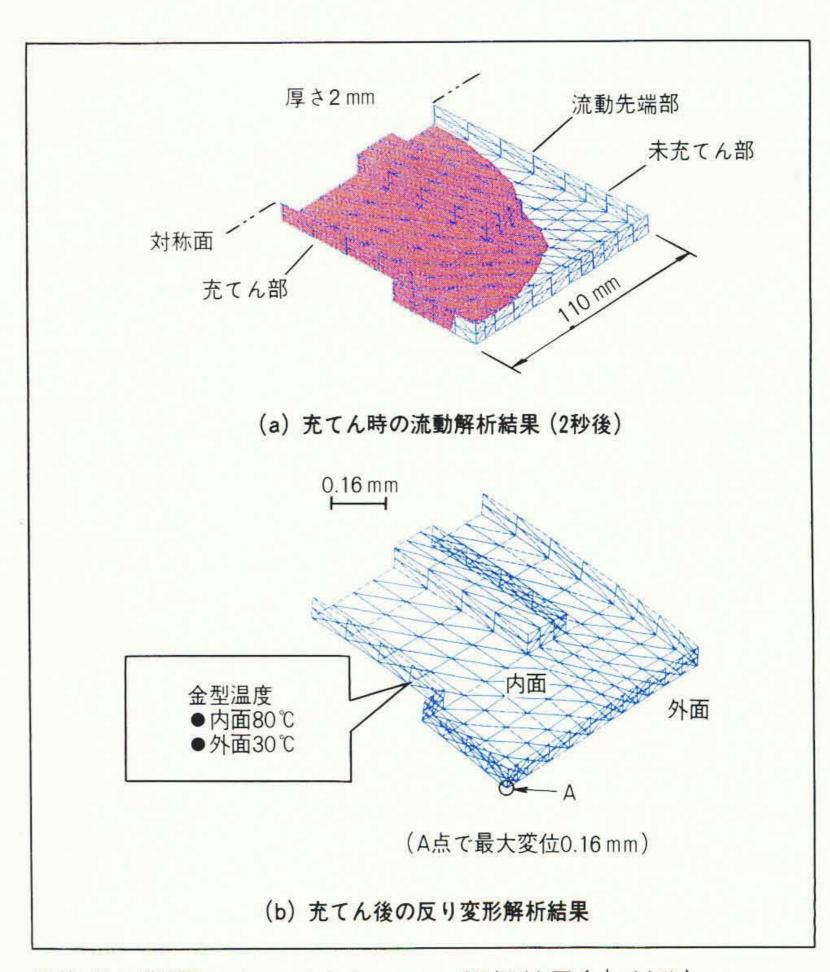
プラスチック射出成形のための製品設計や,金型形状 および成形条件の最適化を図るために,従来の勘と経験 に代わるシミュレーション技術の開発が強く望まれていた。射出成形のシミュレーションでは,金型内での溶融 プラスチックの流動と流動後の固化時の熱変形を一貫して解析する機能が必要となる。これに対応するため,次の特徴を持つシミュレーション技術を開発した。

- (1) 金型内の流れと温度分布を三次元で解析でき¹⁾,成形品の残留熱応力と金型から取り出した後の熱変形を求めることができる。
- (2) 成形品の強度を増すために混入する繊維の分布を解析でき、さらに繊維の不均一な分布による熱膨張率やヤング率の異方性を考慮した熱変形解析が可能である。

このシミュレーション技術を,債券発行装置のウエイトケースに適用した例を図に示す。

参考文献

1) 寒河江,外:機械学会論文集B,56-522(1990-2)



債券発行装置のウエイトケースの解析結果(½ 対称)

実験用64 MビットDRAM

0.3 μmの微細加工技術による高容量立体形メモリセル と低電圧高速回路技術とを用いて、1.5 V電池動作が可能 な実験用64 MビットDRAMを試作した。

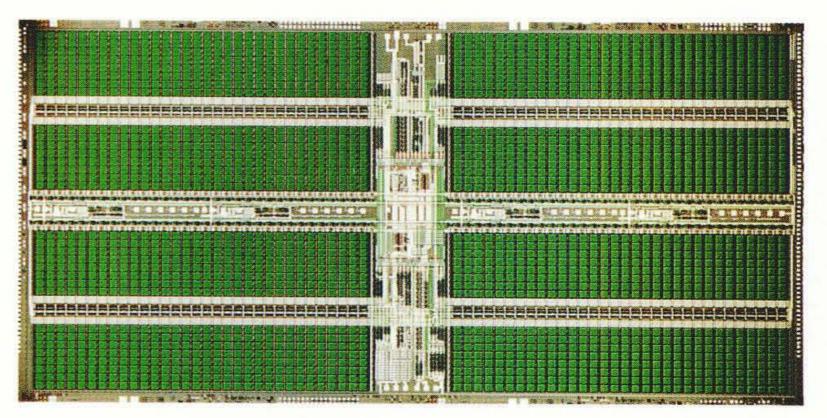
1 Mビットから 4 Mビット、さらにその先へと続く DRAMの高集積化は、トランジスタなどの素子寸法の微細化によって達成されてきている。64 MビットDRAMでは、面積約1.3 μm²の微細メモリセルの開発とともに、微細トランジスタの耐圧低下に対処するため、低電圧化技術の開発が重要である。また、低電圧化は今後期待が大きいDRAMの電池動作を大変容易にするものである。

1.5 V電池動作が可能な64 MビットDRAMを実現するために開発した技術の特徴は次のとおりである。

- (1) 電子線直接描画による0.3 µm微細加工技術を用いた立体形メモリセル(積層形と溝形:面積1.3 µm²)を考案し、1.5 Vでも安定動作が可能な信号電荷量(約30 fC)を確保した。
- (2) 低電圧動作時に顕在化する信号線の浮遊容量の影響

を低減する高速回路技術を考案し、従来回路に比べてアクセス時間を20 ns短縮した。

これらの技術を用いて世界最初の64 Mビットチップを試作した(図)。16 MビットDRAMと同等の高速性能(アクセス時間50 ns)が、約 10の低消費電力(44 mW)で実現可能となった。これにより、電池で動作する携帯用OA機器へのDRAMの利用がいっそう促進されるものと期待される。



実験用64 MビットDRAM(チップ寸法:20.28 mm×9.74 mm)

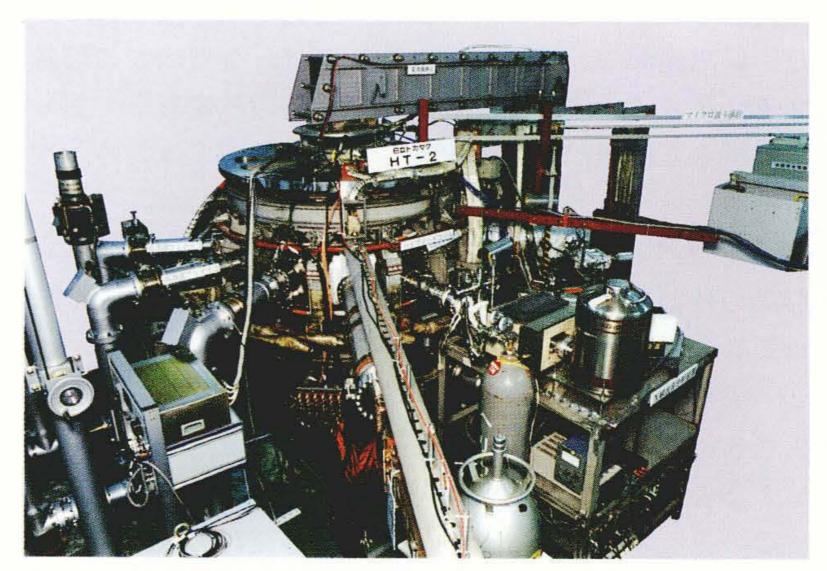
核融合における速波による電流駆動の検証

速波と呼ばれるVHF帯の高周波でプラズマ中の電流が流せることを、日立トカマク(HT-2)で確認した。これは核融合炉の定常運転化につながる技術である。

今世紀末に実験炉の建設が見込まれるなど、核融合発電炉の実用化研究がトカマク型を中心として急ピッチで進んでいる。トカマク型核融合炉が実用炉として成立するには、プラズマ内部に連続的に電流を流し、火力発電所のように定常運転できることが必須(す)であるが、現状では実用炉に適用できる電流駆動法がなかった。「速波」と呼ばれるテレビジョン電波と同じVHF(100 MHz)帯の高周波でプラズマ中の電子を一方向に加速すれば、2億度に達する核融合プラズマの電流が駆動できる可能性があるが、確認されていなかった。

今回,日立製作所の小型トカマク装置HT-2を使って,この速波によるプラズマ電流駆動を観測した。速波は高温プラズマに対しては電流を流しやすいが,現状の2,000万度以下のプラズマでは波が吸収されにくく,電流が流れない。本研究では,(1)部分的に高速電子を作る放

電方式を採用、(2) 速波を出すアンテナ形状を最適化するなど、小型実験装置でも速波を吸収しやすくするくふうを施して、定格電流10 kAを最大20 ms間流すことに成功した。この技術が核融合炉に実用されるにはまだ多くのステップを要するが、定常運転化につながる基礎技術を実証したものと位置づけられる。

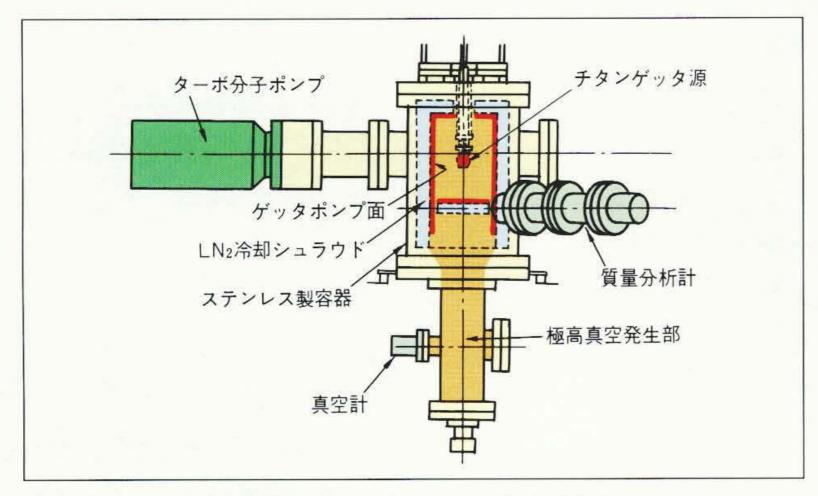


日立トカマク(HT-2)

極高真空 7 × 10⁻¹¹ Paを発生

ステンレス鋼製の真空容器の残存ガスをチタンサブリメーションポンプで排気する方式を用い, 9日間で7×10⁻¹¹ Paという世界最高の極高真空の発生に成功した。

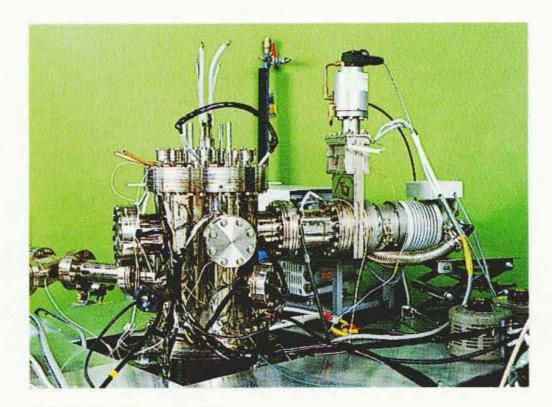
極高真空とは、超高真空よりもさらに低い 1×10⁻⁹Pa 以下の圧力を言う。この圧力発生のため、まずステンレ ス鋼製の真空容器のガス放出速度を、真空中450℃予備 加熱と大気中加熱酸化処理による表面改質により、大き く低減させた。次に、チタンサブリメーションポンプの チタンゲッタ源を、超高真空中で長時間加熱することに



7×10⁻¹¹Paの極高真空を発生させた真空装置

よって徹底的に高純度化し、ゲッタ膜の吸着効率を高めた。これら二つの要素技術を合わせ、排気開始後9日間で室温で3×10⁻¹⁰Paが得られた。さらに、ゲッタ面を液体窒素で77 Kに冷却するとともに、チタンサブリメーションポンプの単独運転にすることにより、7×10⁻¹¹Paを発生させることができた。この到達圧力、所要時間とも液体窒素温度レベルでは従来の公表データをしのいで、世界トップのものである。本技術は、現在の超高真空応用装置の改良に役立つだけでなく、将来の数ギガビットクラスのLSI製造のための基盤技術となる。

なお,本研究は科学技術庁の振興調整費による委託研 究によって行われた。



真空装置の外観

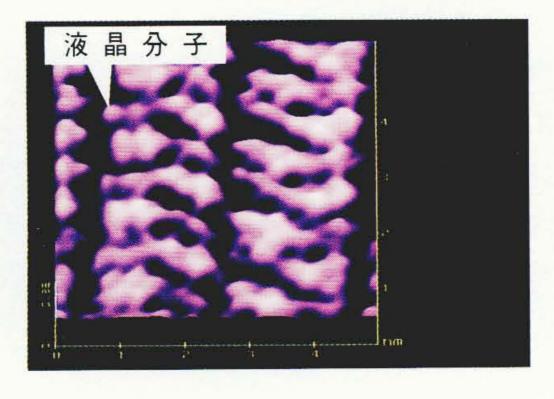
技 術 抄 録

■半導体量子井戸中のポラリトンの検証

光と電子の両方の性質を兼ね備えた励起 子ポラリトンが、GaAs化合物半導体量子 井戸中で安定に存在することを検証した。 この粒子は、その高速性および電界・磁界 による高い制御性から、次世代新機能光・ 電子素子実現に道を開くものである。

■STMによる液晶分子配向状態の直接観察

STM(走査形トンネル顕微鏡)を用いて 液晶分子を直接観察し、基板の表面構造に よって配向状態が分子レベルで異なる現象 を世界で最初に見いだした。これは、液晶 配向メカニズムを解明する上で有力な手が かりとなる(理化学研究所との共同研究)。



■光リソグラフィ技術

LSIの最小加工寸法が、これを加工するために用いられている光の波長と同程度になり、限界を迎えている。この限界を打破するため、今回さらに短い波長の採用、結像位置の多重化、位相情報の利用などの新技術によって、0.2 μm以下の加工を実現した。

■液面の揺動を考慮した流体構造連成解析

容器内の流体が地震などによって揺動 し、内部の構造物が流体力によって変形す る現象を解析する技術を開発した。液面の 揺動の解析には境界要素法を、構造物の変 形解析には有限要素法を適用して、液面の 揺動と構造物の変形を同時に解析できる。

■高温超電導線材とそのコイル化技術

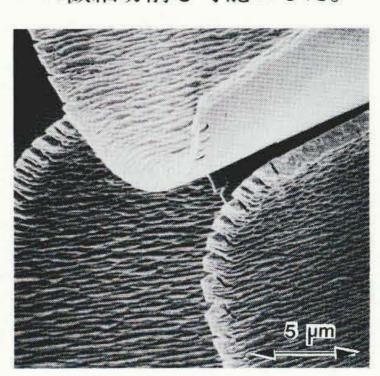
液体窒素動作の超電導応用では,高温超電導体の線材化とそのコイル化が鍵(かぎ)となる技術である。今回,10mの長さにわたり,均質な臨界電流性能を持つ長尺線を開発し,コイルに巻いて103Gの磁場発生に成功した。

■磁気ヘッドの浮上量変動の解析技術

磁気ディスク装置用ヘッドは回転ディスク上に約0.2 µmの微小間隔で浮上しており,浮上量変動の精密な評価が必要である。 乱流解析と構造解析を連成し,支持ばねの流力振動による浮上量変動の評価を初めて可能にした。

■ガラスの極微細切削

光学部品では、ガラスの高精度微細形状加工技術の開発が望まれており、それには、切り込み量をナノメータ精度で制御する必要がある。今回、ピエゾ駆動工具微動機構(分解能 1 nm)を開発し、ガラスのクラックレス微細切削を可能にした。



ガラスの塑性流動切削切りくず