

昭和61年
日立技術の展望

研 究

1980年代前半は、半導体に代表される技術進歩の成果を生かして、我が国が一段と大きな発展を遂げた時代であった。

しかし、技術的に、また経済的に先進国としての地位が高くなればなるほど、世界の中で我々の果たすべき役割は変わってくる。情報化、ハイテク化といわれる社会で、世界各国と協調をとりながら公正に競争していくためには、我が国のこれまでの技術開発の進め方を反省し、国際的視野にたって今後の技術開発の方向づけを行なって、その方向でいっそうの技術開発力を養って、技術先進国としての役割を果たさねばならない。

こうしたなかで、首相の諮問機関である科学技術会議は、1985年の暮に、1990年代に向けての「科学技術政策大綱」の原案をまとめ、特に我が国で拡充・強化すべき重点領域として、「新しい発展が期待される基礎的、先導的科学技術(物質・材料系科学、情報・電子系科学、ライフサイエンス、ソフト系科学、宇宙、海洋、地球科学の7分野)」、「経済活性化のための科学技術」、「社会、生活の質的向上のための科学技術」の三つを挙げている。このことは、「技術を通して社会の発展に貢献する」ことをモットーとする日立製作所の基本方針とも軌を一にするもので、ハードウェア、ソフトウェアの両面で先端的な研究を行ない、それらを融合して人類にとって有用であり、使いやすいシステムの開発を積極的に進めていきたい。ここには上記のような考え方で進めている日立製作所の研究・開発の最近の成果の一端について紹介する。

「産業の米」といわれるように、半導体素子は一段と微細化、高機能化の度合を強めている。微細化の面では、1.3ミクロンプロセスから、1ミクロンプロセス、サブミクロンプロセスへと線幅は一段と小さくなり、メモリ素子でいうならば、1 MビットのDRAMが近い将来に商品化されようとしている。更には、4 Mビット及びそれ以上の容量をもったメモリ素子の開発も行なわれている。またそのメモリ素子を種々のシステムに応用す

べく、メモリの周辺回路も1チップにする方向での開発も行なわれている。マイクロプロセッサも、16ビットから32ビットワンチップマイクロコンピュータの実現へと進みつつある。このほかに、未来の光コンピュータなどにつながる技術として、光素子と電子素子とを同一半導体チップに集積するOEIC(光電子集積回路)や光ICの開発も行なっている。これら半導体の技術開発は、先端技術の先導的役割を担うものであり、なおいっそうの力を入れていきたい。

この半導体技術の進歩に伴い、コンピュータの性能も飛躍的に向上している。その性能を十分に引き出し、人間にとって使いやすいものにするのがソフトウェアである。日立は知識工学の研究に注力して、種々の知識工学応用システムを開発するとともに、コンピュータを画像処理や科学技術計算に応用する手法の開発も行なっている。前者の例としては、知識処理形推論言語“LONLI”の開発や、知識処理の手法を使ったプラント保守システム、地図情報処理システム、自然な日本語で問合せができるガイダンスシステムがあり、後者の例としては、信号の強度情報だけでなく、位相情報も利用する新しい画像処理を開発して、MRI(核磁気共鳴イメージング)装置で、断層像撮影と血液流速測定を同時に可能にするシステムや、各種数値計算、シミュレーション手法の開発がある。これらは情報の活用や各種機器の設計の高度化、省資源化、安全性の確保などに役立っている。またこれらの情報処理の結果を人間に見やすいものとするための超高精細のディスプレイなどの開発も進めている。

1985年4月に21世紀を見据えた先端技術の研究のための設立された基礎研究所の建設用地も、埼玉県宮山台に定まり、基礎から応用に至る研究と開発の体制も一応整えられた。この体制の全力を挙げて先端技術の研究・開発を進め、社会の発展に貢献していきたい。

文部省高エネルギー物理学研究所納め トリスタン計画用電磁石とその電源設備

現在進行中の高エネルギー物理学研究用大形加速器建設計画であるトリスタン計画の高精度・高均質の電磁石及び高精度・高安定度電源を各々大量に納入完了した。

筑波研究学園都市の一角で建設中のトリスタン計画は、入射蓄積リング(直径120m)と電子リング(直径960m)をもつ大形加速器によって、電子及び陽電子を各々反対方向に30GeV(光の速度)に周回・加速し、電子リングの円周上に設けた4箇所の実験室で衝突させ、素粒子物理の先端的研究を行なうものである。この加速器は、我が国で計画された最大の加速器であるばかりでなく、世界的にも有数の規模を誇るもので、昭和61年秋の完成が待たれている。日立製作所は、この意義深い計画の主要構成機器である偏向・四極電磁石及び電子リング用同電磁石の励磁用電源設備の全量を納入した。

衝突形加速器の実験効率を上げるためには、リング内の電子及び陽電子のビーム径を極力小さくすることと、極めて高い安定度が要求される。そのため、電磁石及び電源に要求される性能は極めて厳しいものであった。

各加速リングに用いられた電磁石の寸法、台数は表1に示すとおりで、これらの電磁石は、薄ケイ素鋼板をプレスで高精度に打ち抜き、積層後、溶接して一体構造とした上、別工程で作られたコイル(冷却用水路をもつ中空銅導体を成形加工したもの)をはめて作られた。磁場分布特性 10^{-4} を得るために、鋼板打抜寸法精度 $\pm 0.025\text{mm}$ を確保、組立溶接変形は、ねじれを含めて $\pm 0.05\text{mm}$ (一般回転電気機械の同種加工に比べ一けたの精度が高い)など、随所にみられた厳しい要求を満足できたことは、日立製

作所の永い経験と、実験・研究に裏付けられた綿密な計画によるものである。

電源設備の概略仕様及び台数を表2に示す。各々の電源は、設定値に対する相対値で $\pm 1 \times 10^{-4}$ 以内(8時間)の安定度、各電源間の設定値に対する偏差が 10^{-4} 以内、脈流電流率が $1 \times 10^{-4}(\text{p-p})$ 、指令電流値に対する追従性及び再現性が $\pm 1 \times 10^{-3}$ 、 $\pm 1 \times 10^{-4}$ という厳しい仕様を満足している。

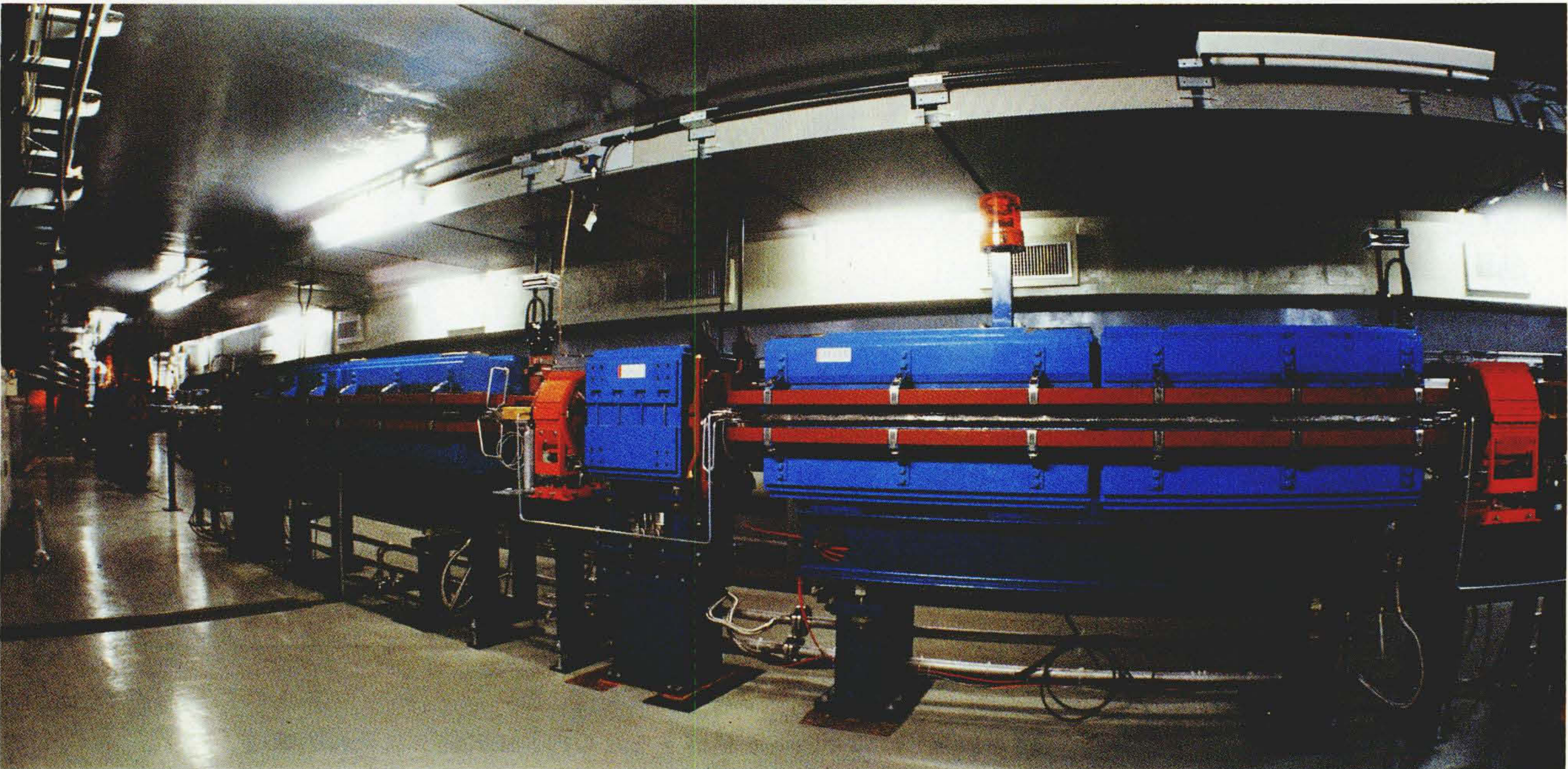
以上の高精度かつ高均質のものを大量に、しかも短期間に完納したことは前例のないことであり、御指導いただいた高エネルギー物理学研究所の関係各位に対し深く謝意を表わす次第である。

表-1 電磁石の寸法及び台数

加速リング名	偏向電磁石		四極電磁石	
	鉄心寸法(mm)	台数	鉄心寸法(mm)	台数
入射蓄積リング	560×600×(1,290×2)	56	506×506×500 800×800×1,100	78
電子リング	467×450×5,860	264	780×780×800 780×780×1,000 780×780×1,500	240 128 8
合計	—	320	—	462

表-2 電源仕様

No.	名 称	仕 様			員数(台)
		出力(kW)	直流電圧(V)	直流電流(A)	
1	B電源	6,408	4,272	1,500	1
2	OF, OD電源	2,452	1,816	1,350	2
3	ORF, ORD電源	309	206	1,500	8
4	OCI, OC2電源	267	157	1,700	8
5	OC3電源	117	78	1,500	4
6	OC4-6電源	90	60	1,500	12
7	OSI-7電源	105	70	1,500	28
8	OWI-4電源	70.5	47	1,500	16
9	BW電源	3.6	180	20	1



運転中の入射蓄積リング(青色が偏向・四極電磁石)

移動ロボットのための人工知能

観測データと地図とを照合することで、周囲の状況を識別したり地図を改訂したりしながら、実環境内を自律的に移動するロボットのための人工知能を開発した。

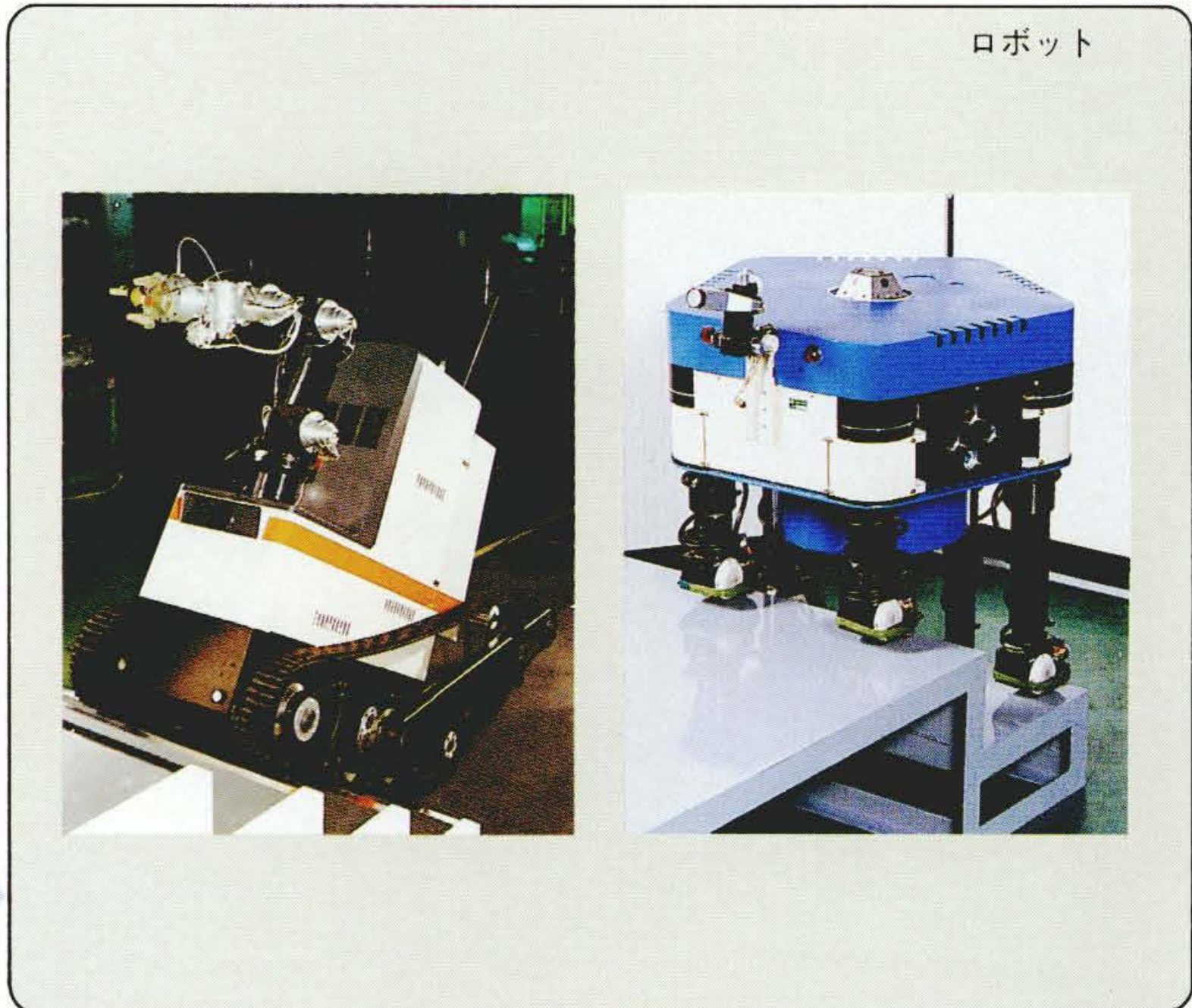
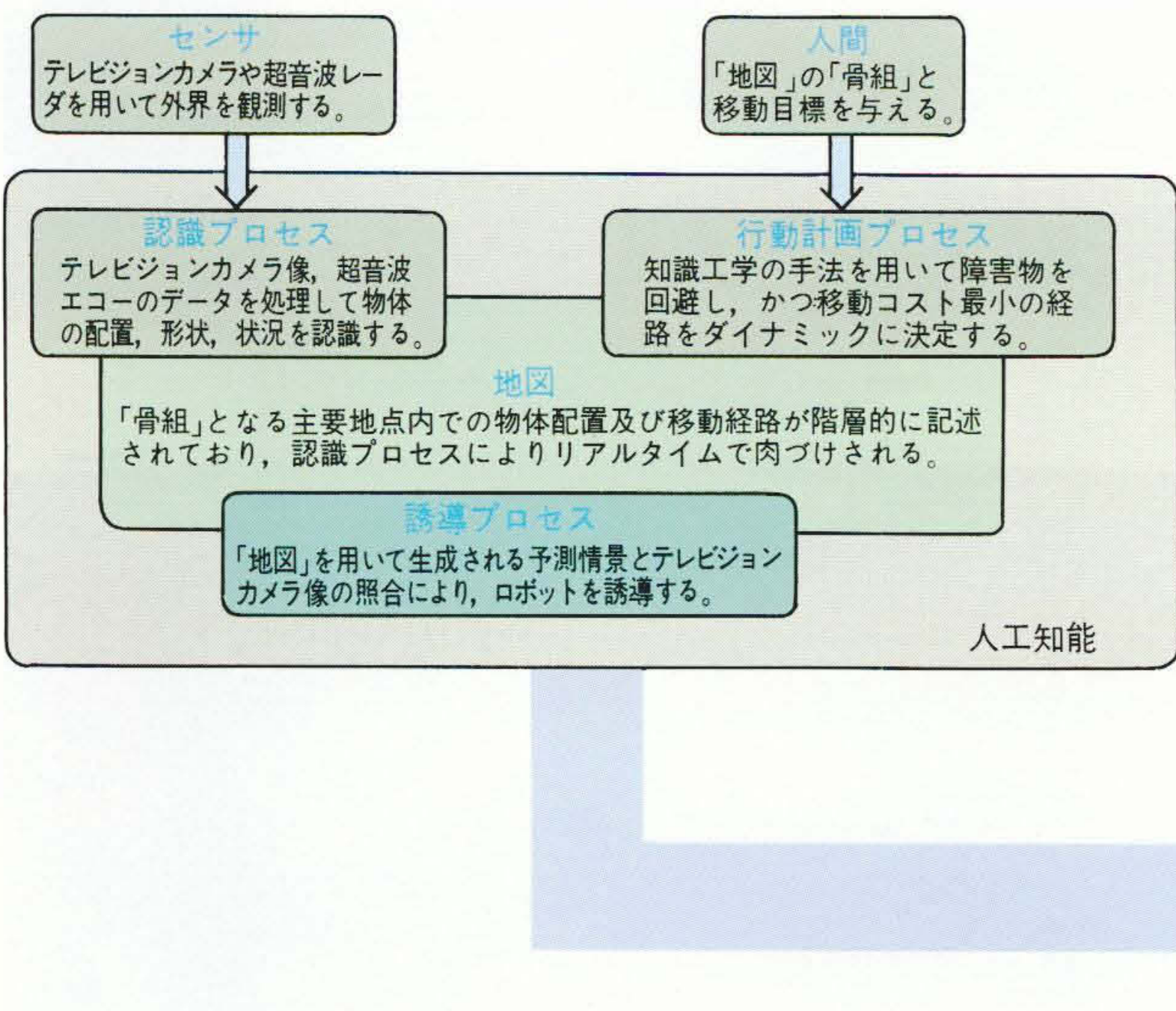
プラント、オフィス、家庭などへのロボットの導入が期待されている。このようなロボットは人間と同じ活動領域内を移動しながら作業するため、環境の認識及び行動計画の立案をダイナミックに行なう高度な知能を備える必要がある。

現実の環境には様々な物体がランダムに置かれており、その配置状況は絶えず変化する。このような複雑な環境を能率よく理解するには既知の情報を手がかりに観測データを処理する必要がある。そこで、環境に関する知識を有機的に集約した「地図」をセンサ情報に基づいてダイナミックに改訂しながら、経路計画及び誘導を行なう人工知能システムを開発した。

本システムは、図1に示すようにロボットの環境を表現する「地図」、各種センサ情報を用いて「地図」を改訂する認識プロセス、最新の「地図」に基づいて経路を決定する計画プロセス及び「地図」を予見情報として移動機構を制御する誘導プロセスから構成される。「地図」には主要地点内での物体配置及び各地点を結ぶ移動経路を階層的に記述している。

移動に先立って、操作者はロボットに「地図」の「骨組」と「地図」の上の移動目標を与える。ただし、実際の環境は操作者が事前に教示できるほど単純ではないので、認識プロセスは移動中にさまざまなセンサを用いて

「地図」を逐次修正する働きをもつ。具体的には、2台のテレビジョンカメラの映像を、人間の視神経回路網をモデル化したアルゴリズムで高速処理することによって物体までの距離を求め、「地図」中の物体の形状及び配置を修正する。同時に、超音波レーダのエコーを分布及び反射方向に着目して分類することによって障害物の輪郭を推定し、「地図」に書き加える。更にドアのように同一の物であってもさまざまな見え方がする場合には、輪郭線像の画面内での分布を解析して状況を識別する。このように絶えず環境の変化に対応して改訂される「地図」に基づいて計画プロセスは自律的に移動経路を決定する。このとき大局的な経路から局所的な経路へと経路探索の範囲を順次狭めることによって秒速60cm以上の高速での自律移動を実現している。具体的には、まず各地点を結ぶ経路を移動するのに要する時間及びエネルギー消費を勘案して目標地点に至る最適経路を求め、次いで各地点内では移動中に検知された障害物を回避する経路を創成する。次いで「地図」内の計画経路を移動したと仮定して計算される予測情景と現実にはロボットに搭載したカメラで撮影した映像のずれを走行機構に直接フィードバックすることによってロボットを計画経路に沿って自律的に誘導する。さまざまな移動ロボットを用いて実験した結果、本システムを用いることで実用的な速度で複雑な環境内を自律的に移動できることが確かめられた。このような人工知能はプラントの保守点検を自律的行なう移動形ロボットの実現を可能にするほか、生産の自動化に不可欠の産業用ロボットの知能化など広範な用途への応用が期待される。

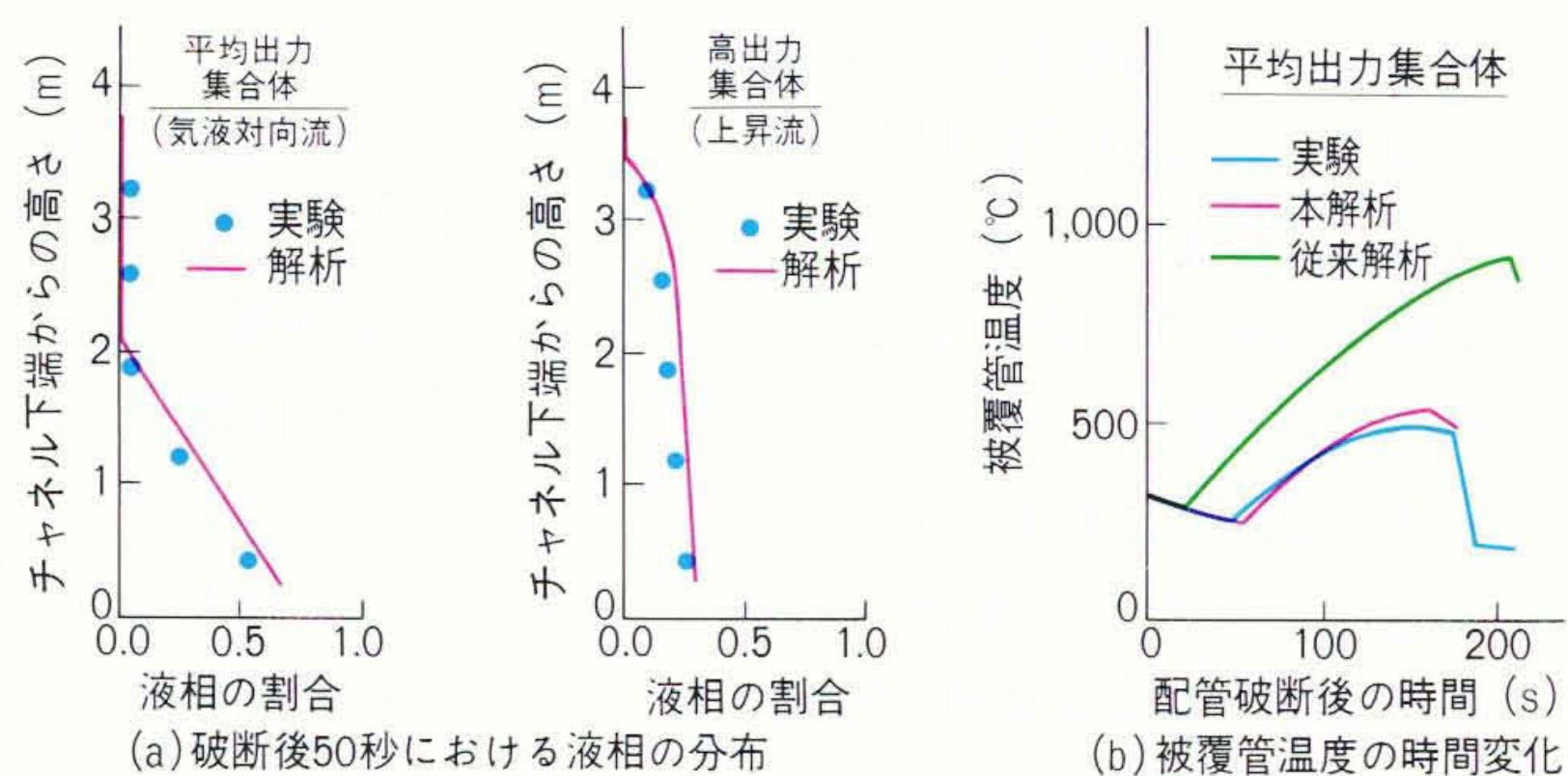


「地図」をダイナミックに改訂しながら、経路を計画し、ロボットを誘導するための人工知能システムの構成

BWR多チャネル炉心の事故時熱流動解析手法

BWR冷却材喪失事故時の減圧過程で、燃料集合体間に現われる流動様式の違いと、その過渡変化を考慮した新しい事故時安全評価手法を開発した。

これまでのBWR(沸騰水型原子炉)冷却材喪失事故時の安全評価手法では、多数の燃料チャネルが存在する炉心を最高出力をもつ一体のチャネルで代表し、燃料被覆管の温度を高め評価するモデルが使われていた。このような従来手法で設計されたECCS(緊急炉心冷却装置)



実証実験と解析との比較 高出力集合体では、冷却水(液相)が上部にまで到達し、冷却効果が大きい

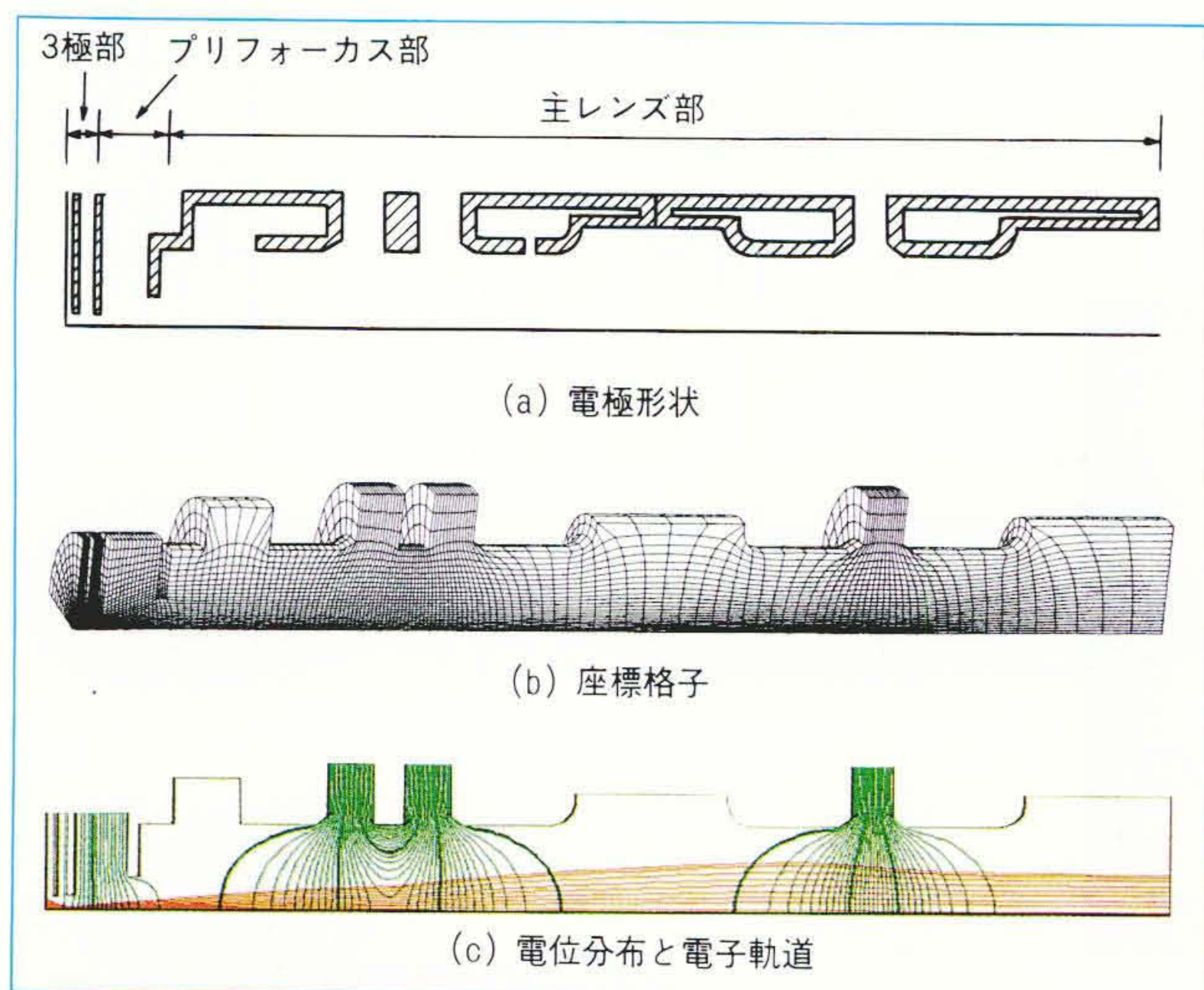
は当然過剰な設備容量をもつこととなる。しかし、今後建設するプラントでは経済性向上の観点から設備の最適化が要求される。こうしたことから、精度の良い解析手法の開発が急務となっていた。

今回開発した手法は、多チャネル効果を考慮している点に特徴がある。すなわち、事故時の減圧過程を模擬した基礎実験から、燃料集合体内の流動は、従来知られていた気液対向流のほかに下降流、上昇流が存在し、かつ、これらが相互に遷移するという多チャネル効果があることを初めて明らかにした。更に、上昇流のチャネルでは水滴が蒸気に伴って吹き上げ、これが炉心中央部の高出力燃料の冷却に支配的であることを明らかにし、これらの効果をモデル化して、新しい解析手法を開発した。

本手法を、複数の実寸大模擬燃料集合体を用いた実証実験によって検証した。その結果、事故時の燃料被覆管最高温度は制限値1,200°Cに対して600°C以上もの余裕があることが明らかとなった。ECCSの安全余裕度を定量的に明らかにしたもので、今後のプラントの安全設計手法を確立し、設備の最適化を図ることが可能となった。

Boundary-Fit法による数値シミュレーションシステム

航空機の流体解析の分野で開発されたBoundary-Fit法を拡張し、各種製品の流体、伝熱、構造強度、電流・電圧などの特性を高精度に解析する汎用システムを開発した。



カラーブラウン管電子銃の電子軌道解析

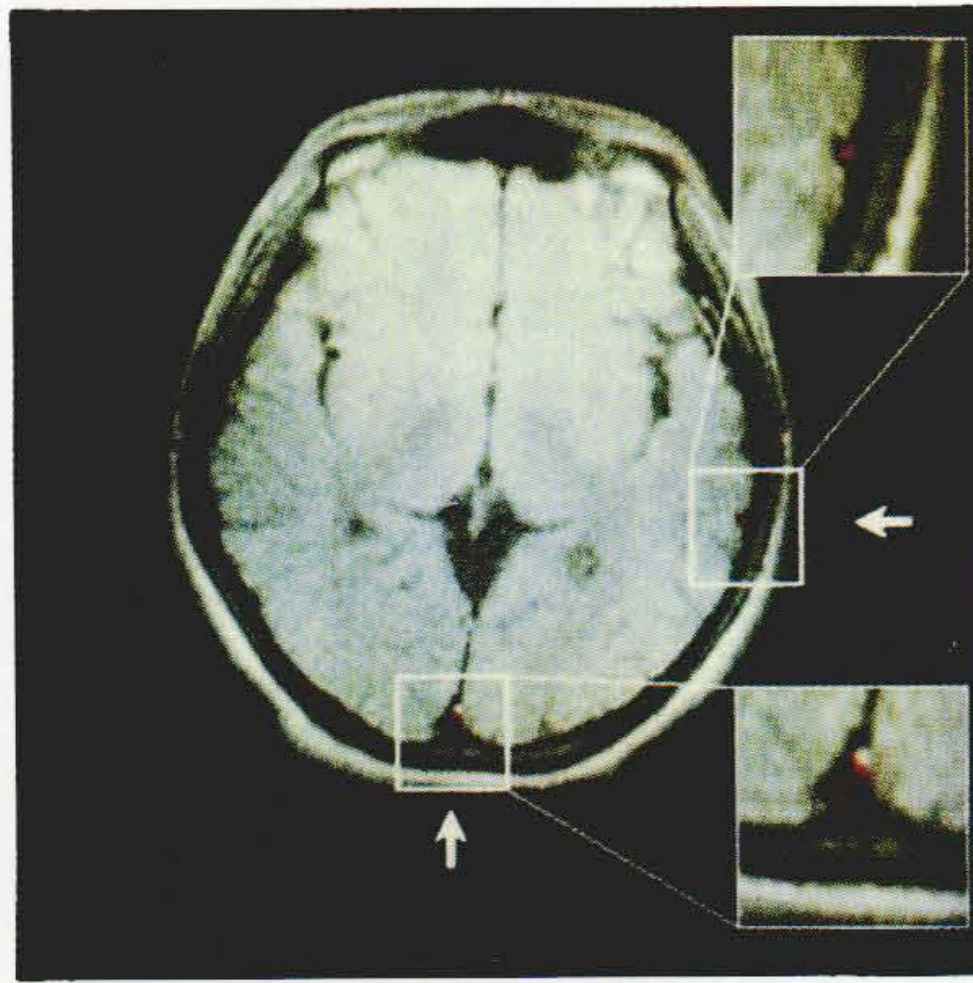
重電機器、家電製品、半導体などの高性能化、信頼性向上、コスト低減を達成するためには、大形計算機の高利用で製品性能を高精度で予測するとともに、設計解析作業を効率化することが不可欠である。

今回開発したシステムでは、Boundary-Fit法で境界形状に沿った座標格子を自動生成することによって、製品形状の正確な取扱いを可能にし、形状データ作成に要する作業量を $\frac{1}{10}$ 以下に短縮した。また、部分領域ごとに物理現象を解析する手法自由曲面上に座標格子を自動生成する手法などの独自技術を加えることで、大規模かつ複雑形状の製品の性能解析を可能にするとともに、流体・伝熱・構造・電磁解析など広範囲の分野に適用できるようにした。

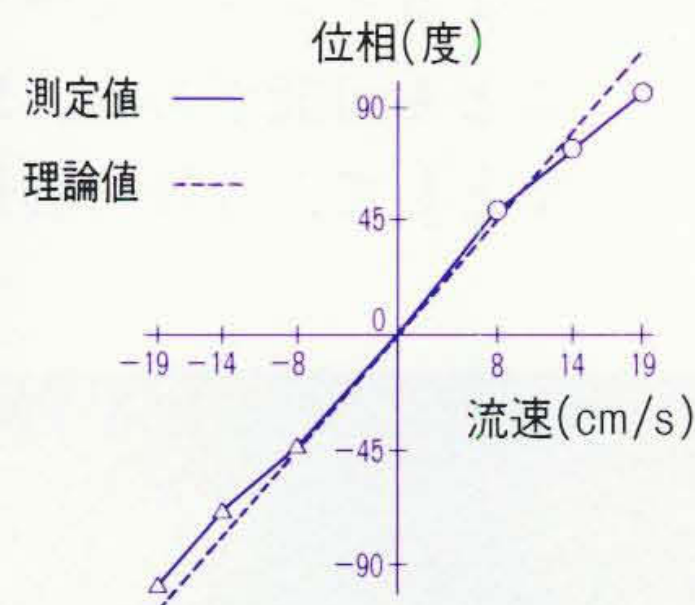
本システムをカラーブラウン管内の電子軌道解析に適用した例を図に示す。本システムによって、従来不可能であったカソードから蛍光面までの一貫した解析が可能になった。また、座標格子を電極形状、等電位線に沿って自動生成し、解析上重要な三極部及び中心軸近傍に座標格子を集中することによって、解析精度を大幅に向上できた。この結果、電極形状の最適化によるビームフォーカス特性の向上を定量的に予測できる見通しが得られた。

MRI血流イメージング基本技術

MRI(Magnetic Resonance Imaging : NMRイメージング装置)で、計測信号の位相情報を利用し、血管部の抽出、血流の向き、速度の計測を可能とする血流イメージングの基本技術を開発した。



血管部を抽出(赤く表示)した頭部断層像



注：直径1cmのチューブに硫酸銅を0, 8, 14, 19cm/sで流し、流速によるNMR信号位相の変化を測定

流速測定模擬実験結果

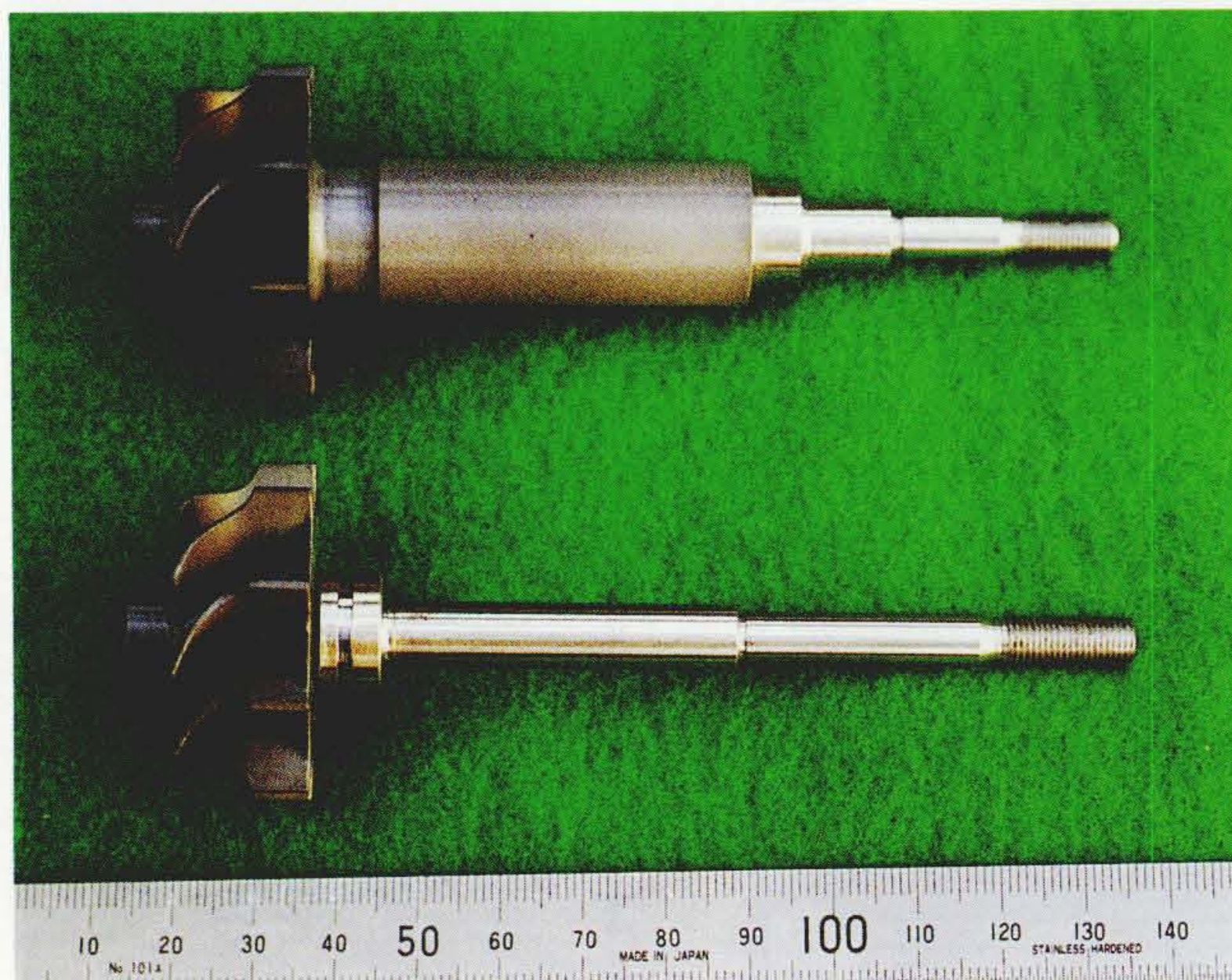
従来の血流の計測診断には、超音波診断装置やX線CT(Computed Tomography)が用いられているが、超音波は骨や空気に妨げられて測定部位が限定され、X線は造影剤を必要とするなどの問題があった。これに対し、NMRイメージング装置による血流イメージングは、無侵襲かつ造影剤を必要としない方式として注目されている。ただ、従来方式は、複数回の繰返し撮影が必要で、血管部位置と流速の定量的な測定も困難であった。

今回、画像再生の理論的検討により、計測信号の位相情報を利用した新方式による血流イメージング技術を開発した。この結果、人体の静止部には影響を与えず、血流部の位相にだけ影響を与える傾斜磁場印加法(パルスシーケンス)を開発して、血流による位相変化量を正確に抽出することが可能になった。1回の撮影で通常の画像のイメージングと血管部の抽出を行なうことができる。同時に、血流の向きと速度(定常流)を計測できる見通しを得た。

今後、NMR信号の位相情報を更に活用したイメージング技術を開発し、診断に有効な情報を引き出す技術へと発展させる予定である。

活性金属インサート法によるセラミックスの接合技術

機械部品のセラミックス化のため、Al合金系、Fe-Ni合金系活性金属をインサート材として用いた、高い接合強度をもつ新しい接合技術を開発した。



ターボチャージのセラミックロータ
(上) 気体軸受用(太径側がセラミックス)
(下) 油軸受用(翼がセラミックス)

機械部品のセラミックス化は、昭和60年代半ばに急速に進行するものと予想されており、そのための技術開発が内外で活発に行なわれている。なかでも、硬くてもろいセラミックスを使いこなすためには、延性に富んだ金属との組合せが有利で、両者の接合技術が重要な課題となっている。こうしたなかで、今回日立製作所の研究所ではセラミックスと金属との間にAl合金又はFe-Ni系合金のはくを挿入し、真空中あるいは不活性ガス中で加熱、加圧して一工程で強固な接合を行なう比較的簡便な接合方法を開発した。本方法は、すべてのセラミックスに適用できるばかりでなく高い接合強度をもつもので、サイアロンと超硬合金の組合せの場合、Al合金インサート法では、室温から300℃までの強度は33kg/mm²、Fe-Ni合金インサート法では、室温から700℃まで15~20kg/mm²と世界最高レベルの接合強度が得られている。

地図情報エキスパートシステム“GENTLE”

関係データベース管理機能の拡張と知識ベースとの結合によって、図形情報をその属性情報とともに効率的に扱える知的地図情報処理システムを実現した。

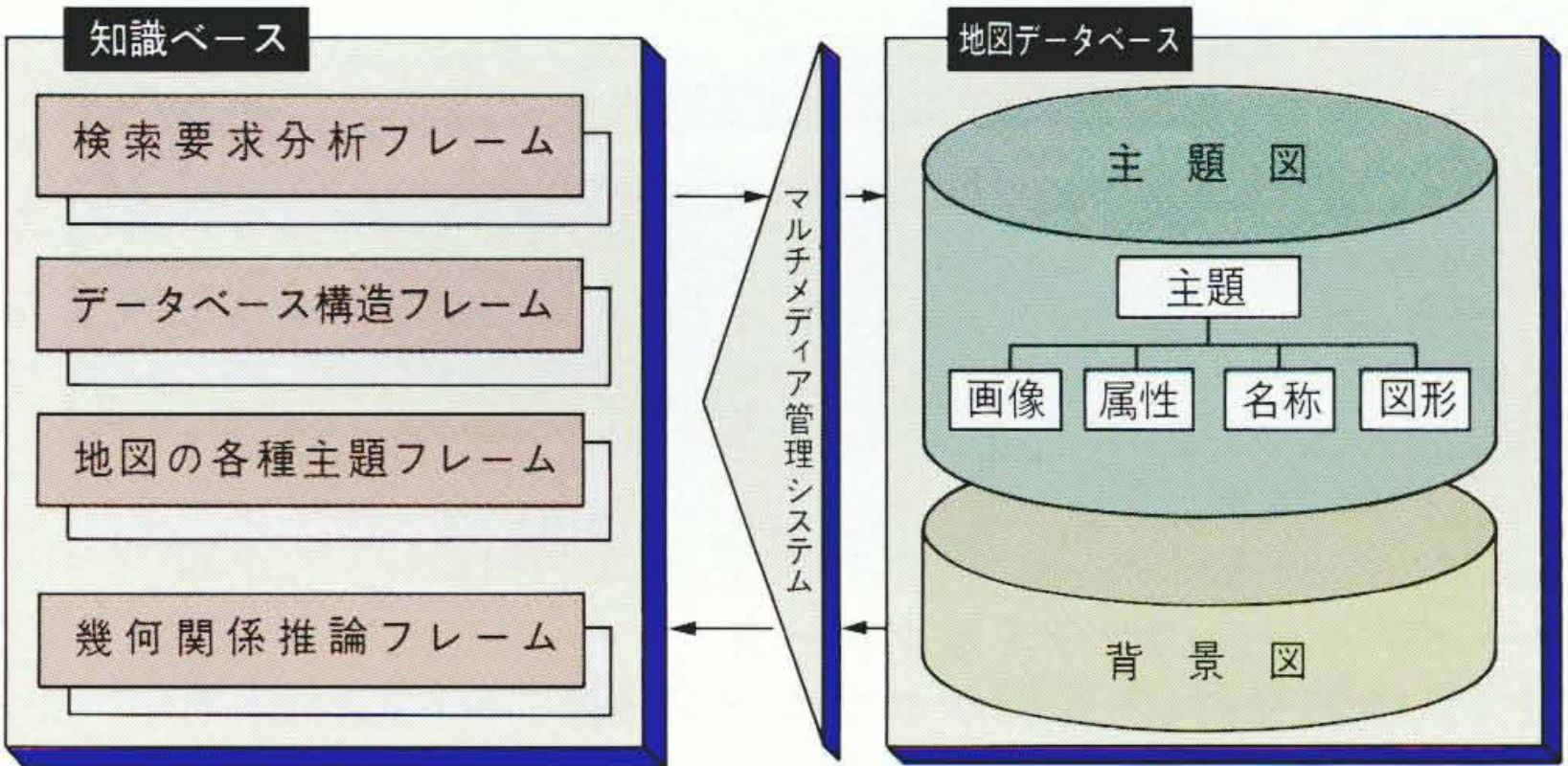
地方自治体での地域計画策定や、公共事業体での設備計画策定に関連して、地図情報を取り扱える対話応答特性の良い情報処理システムの実現が期待されている。このような地図情報処理システムでは、地形図などの図形データはもちろん、写真などの画像データ、文書などのテキストデータなど、マルチメディア情報を効率的に統合管理する必要がある。そのため、従来から研究してきた図面認識技術を基盤に、高度な地図情報処理システムの研究を行ない、このたび人工知能言語LISPを用いた知

的地図情報処理のプロトタイプシステムGENTLE (GENeral Topographical Land-use Expert system)を開発した。このシステムでは、関係データベースの拡張によるマルチメディア管理システムを構成したほか、その上にフレーム表現を基本にした知識ベースを置く構成とし、各種の知的機能を実現している。例えば、不確実な名称の入力で地図上の図形を検索する機能、指示された地図上の図形からその属性や風景画像を検索する機能など、メディア間にまたがる各種の検索が実行できる。また、2地点間の距離・時間などの属性値に基づく経路探索なども実現した。これらの諸機能は、自然な日本語によるインタフェースを通じて、日本語で問い合わせることも可能である。知的情報処理システムの一つのひな型として、今後の展開が期待される。

- 地 図：東京銀座5, 6丁目付近
(ゼンリン住宅地図1/1500)
- 紫色部：地下鉄銀座駅の7番出口から歩いて2分以内にある喫茶店の位置
- 黄色部：印象派の作品のある画廊の位置
- 橙色部：ルノアールの作品
- 赤 線：ルノアールの作品のある画廊をみて回るのに最適な経路



自然な日本語によるインタフェースが可能



地図情報エキスパートシステム“GENTLE”の構成図

低熱膨脹性ポリイミド

金属やセラミックス並みの熱膨脹係数を高分子材料で達成した。この材料の開発で、複合体の不可避の問題であった熱応力による反りやクラックの発生を解決できた。

熱膨脹係数が金属やセラミックス並みに小さく、かつ500℃以上の耐熱性と通常の高分子材料の数倍の強度をもつ画期的な新材料・低熱膨脹性ポリイミドを開発した。この材料の開発で、高分子材料と金属やセラミックスを一体化したときの不可避な問題であった反り、はく離やクラックの問題を一挙に解決できるため、半導体などのエレクトロニクス分野をはじめ、多くの分野での技術の飛躍的な進歩が期待できる。

本材料は、単に熱膨脹係数が小さいだけでなく、共重合などによって任意の値に制御することも可能である。そのほか、500℃以上の耐熱性と、通常の高分子材料の数倍の機械強度をもつことも、通常の高分子材料では考えられない優れた特徴である。

既にIC、LSIの絶縁薄膜、フレキシブルプリント板の基材、フロッピーディスクの基板、高密度銅/ポリイミド配線板用絶縁薄膜、液晶デバイスの配向制御膜など、多くの分野でその有用性が確認された。写真は、この材料を

LSIの配線絶縁膜として使用した例である。従来の無機ガラスを用いた配線構造(b)に比較し、本材料を用いた場合(a)は、フラットな配線構造が得られるため大幅に高密度化と高信頼度化が可能である。更に低熱膨脹性なので、保護膜として無機ガラスを積層して形成でき、耐湿信頼度の飛躍的な向上を可能にした。



(a) 低熱膨脹性ポリイミド層間膜

(b) 無機ガラス層間膜
(従来例)

技術抄録

■高温触媒用耐熱性セラミック担体

触媒燃焼技術をガスタービン、燃料電池リホームなどへ適用する研究を進めている。日立製作所開発のランタン・ベータ・アルミナ系触媒を用いて1,200℃の燃焼試験を行なった結果、NOxの発生は少なく、触媒の耐久性も良好であった。

■大出カイオンビームミキシング装置

核融合プラズマ加熱用の大容量イオン源の技術を応用し、イオン注入と電子ビーム蒸着を併用した金属などの表面改質装置を開発した。常温の母材にTiNなどの耐摩性膜が形成できること、熱による変形がないことを確認した。

■高密度プリント回路板の新製造方法

回路パターンはエッチング、スルーホールは化学銅めっきだけで形成する回路板の新製造方法(TAF-II)を開発した。本法は、2.54mm間に導体4本の高密度配線が可能で、かつ経済性も良く、今後の発展が期待される。

■高性能沸騰伝熱管

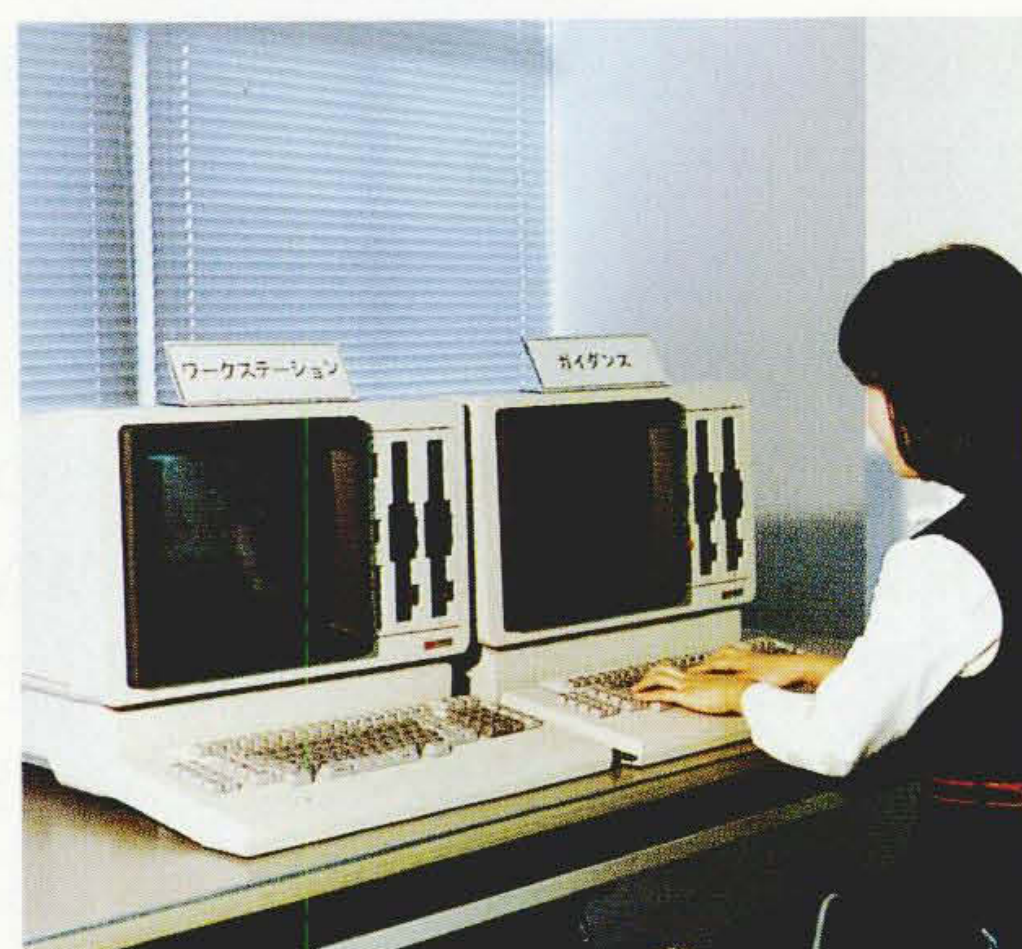
伝熱表面に多孔状の微細構造を設けて、伝熱面と液との温度差が小さいときでも、安定して沸騰気泡が発生する高性能伝熱管を開発した。ターボ冷凍機に適用した結果、25%の小形化、5%の省エネルギー化が得られた。

■3次元半導体デバイスシミュレータ

半導体デバイスの電気的特性を予測するシミュレータを開発した。汎用性(MOS・バイポーラ素子適用可能)、高速計算(従来比300倍)、3次元カラーグラフィック表示、直流・交流・過渡解析機能が特徴である。

■知識工学を適用したプラント保守支援システム

プラント機器の保守を支援する専門家システムを開発した。本システムは、保守の専門家のノウハウや故障経験を記憶した知識ベースと推論機構から成り、観測された故障兆候から故障原因を推定し、保守法を提示する。



知的ガイダンスシステム 質問応答の対象となるワークステーション(左側)と質問の入力、応答の出力に使う端末

■知識処理核言語“LONLI”

PROLOGと同じ分野の述語論理型言語LONLI(Logic Oriented Language Inferencer)を汎用大形計算機上に実現した。実用システムに必要な高速実行能力、大容量メモリの利用機能、他言語・データベースとの有機的結合機能をもつ。

■ワークステーションの操作法と自然な日本語で問い合わせる知的ガイダンスシステム

OAの進展に伴い、システムの予備知識が十分でない非専門家にも容易に利用できるワークステーションが期待されている。今回、自然な日本語でワークステーションの使用法を質問すると、知識処理技術を駆使し、最適な回答を行なう基本技術を開発した。

■アトムプローブの試作

材料の表面原子を電界蒸発させ、原子配列の観察と質量分析を行なう高性能アトムプローブを試作した。本装置で材料表面での原子と汚染分子との反応を計測し、よりクリーンな超高真空の実現を目指した研究を進めている。