

研 究

21世紀の到来を前に、新しい技術の創出が我が国を含む先進諸国の重要課題となっており、人間と機械の対話をよりスムーズなものとするシステムやソフトウェアの技術、高度情報社会の基盤となる半導体をはじめとするマイクロエレクトロニクス、オプトエレクトロニクスなどの技術、エネルギー問題の解決を目指すエネルギーの発生と省エネルギーのための技術、すべての技術革新に不可欠な新しい材料の技術、食糧や人間の健康維持に深い関連のあるバイオテクノロジーといった先端技術の研究が、社会の各方面で行なわれている。

このことは、「技術を通じて社会の発展に奉仕する」日立製作所の基本姿勢とも軌を一にするもので、日立グループ各社と協力しながら、これら先端技術分野での自主技術の開発に努めている。昭和59年暮、東京、ニューヨークで開催した「日立技術展」はその一端を示すもので、エネルギー、産業、新材料・素子・共通技術、情報、ME(メディカル エレクトロニクス)、生活の各分野にわたって多数の新技术・新製品を発表して注目を集めた。本章では、紙数の関係もあり、そのうちの一部の紹介にとどめた。

材料技術は、すべての分野に共通する重要な要素技術である。本章では、エネルギー分野の研究成果として、高温ガスタービンと通商産業省工業技術院のムーンライト計画の一環である溶融炭酸塩型燃料電池を紹介しているが、前者では、冷却構造と並んで耐熱材料の開発が重要な鍵となっており、後者の場合は、耐食性のある電池材料の開発が成功のポイントとなっている。そのほか、高真空中でのプラズマ粒子との相互作用による損傷及び高エネルギーの中性子やガンマ線の照射といった厳しい環境にさらされる核融合炉第1壁材料の開発も進めている。こうした極限状態で使われる材料の開発には、材料照射用の試験設備の開発も必要で、こうした面での自主技術も積み上げながら、新材料

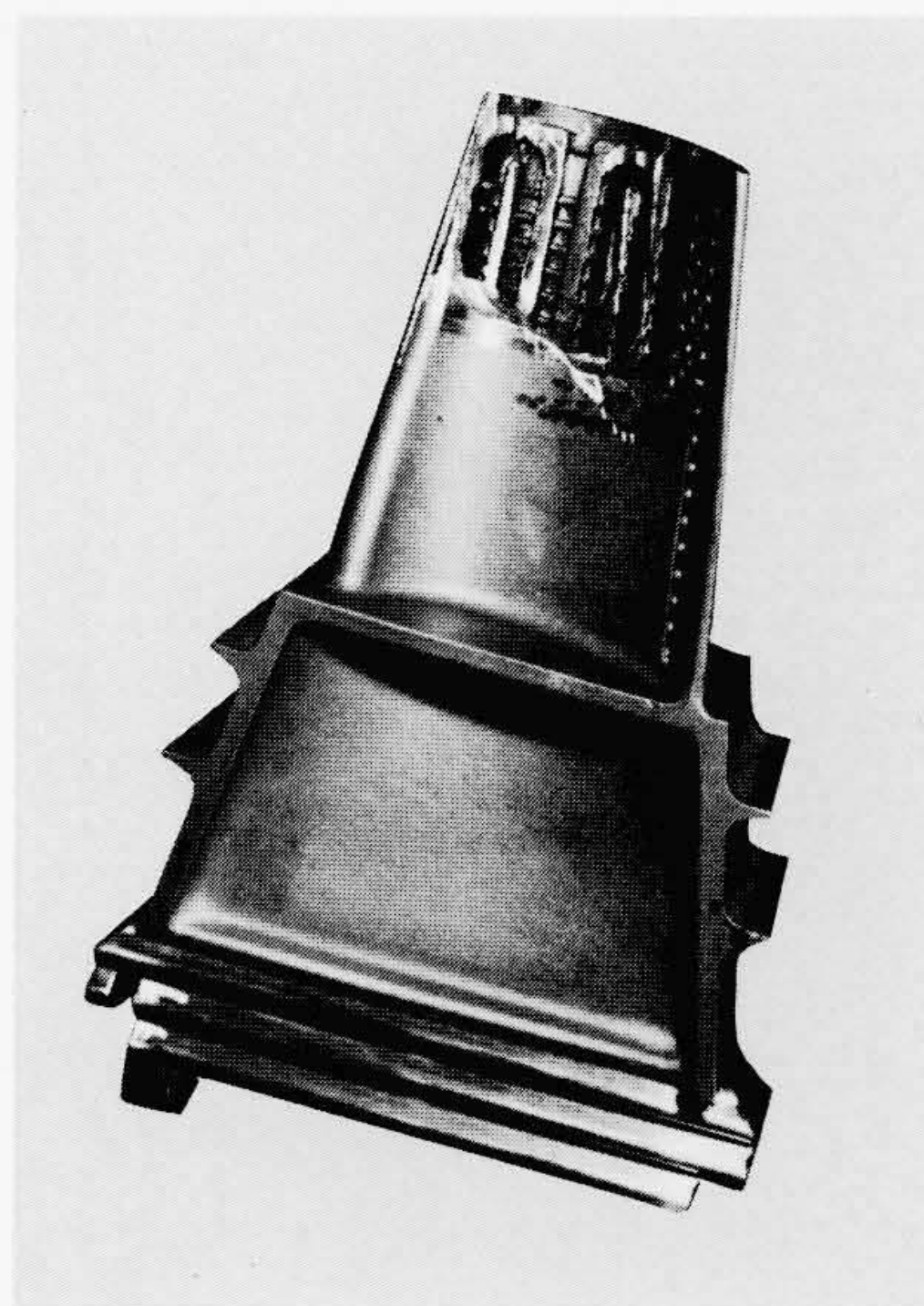


図1 リターンフロー形冷却翼

の開発、更には新エネルギー、代替エネルギーの開発へと前進してゆくわけである。

本章ではまた、株式会社ブリヂストンと共同開発した人工筋肉ロボットと光記憶合金についても紹介している。前者は、これまでだれもが考えなかったゴムという材料をロボットのアクチュエータに使ったもので、柔軟性の高いロボットであり、人間と共同作業することの多い場所への応用が期待されている。後者は、光などの熱エネルギーによって、色調を可逆的に変えることのできる新金属材料で、光ディスクをはじめ多くの分野への適用が可能であろう。このように、新技术の開発に果たす新機能材料の役割はたいへん大きい。

情報の分野では、知識工学の応用が各方面に広がってきたことが特筆される。本章でも、知能移動ロボット、レイアウトCAD、日英機械翻訳システムなどを紹介している。知識工学の基本技術の確立によって、OA、FAなどへの展開がいっそう活発になってくるであろう。

こうした知識工学の応用展開を支えているのが、マイクロエレクトロニクスの進歩で、日立製作所は、もちろんこの面でも積極的に研究開発を進めている。加工装置を含めた微細化によるLSIの高集積化のための技術開発、バイポーラとCMOSの特長を生かしたHi-BiCMOSに見られるような回路技術の開発、新しいジョセフソン論理回路の開発などがその一例である。更に、これらのマイクロエレクトロニクスの技術と情報処理の技術とを合体させた新機能素子の開発や、これを使いやすくするための入出力装置や記憶装置の開発なども行なっている。

創業75周年の記念事業として基礎研究所の設立も既に決定しており、基礎研究から開発研究までの充実した研究体制の下で、人間生活や産業社会の向上発展に役立つ新技术、新製品を開発してゆきたいと願っている。

高温ガスタービン用要素技術の開発

高効率複合発電プラントを目標に、ガスタービンの高温・高効率化を図る各コンポーネントの要素技術を開発した。ガスタービンの高効率化に対しては、翼冷却空気の消費量を増大せずにタービン入口温度の高温化を図ることが重要で、このために冷却効率の高いタービン冷却翼を開発した(図1)。冷却構造は最適なタービュレンスプロモータによる伝熱促進を図ったリターンフロー形で、冷却効率が従来の単純対流冷却方式に比較し約50%向上した。また、耐熱金属として高温強度特性に優れたノズル材料、燃焼器ライナ材などを開発しクリープ寿命、低サイクル疲労特性の改善効果を確認した。更に、高温ガスタービンの応用システムである石炭ガス化発電複合プラント用の低・中カロリーガス化燃料に対し、安定かつ高効率で燃焼可能な燃焼器の検討を行ない、燃焼の基礎技術を確立した。

材料照射用デュアルビーム形イオン加速器の開発

原子炉材料の中性子照射損傷を荷電粒子により加速模擬するためには、格子欠陥の生成と核反応によるHeの生成を同時に模擬する必要がある。このため2種の荷電粒子を交互に加速照射できるデュアルビーム形イオン加速器を開発した。

本装置の特徴は、図2に示すように2種の粒子A、Bを単一イオン源で同時にイオン化し、分析マグネットの磁場を変化させて所定の粒子を選別し、設定エネルギー(最大400keV)まで交互に加速、照射できる点にある。更に、磁場や加速電圧の切換え及びビームの集束、偏向をマイクロコンピュータで自動制御して、ビームの切換えを試料

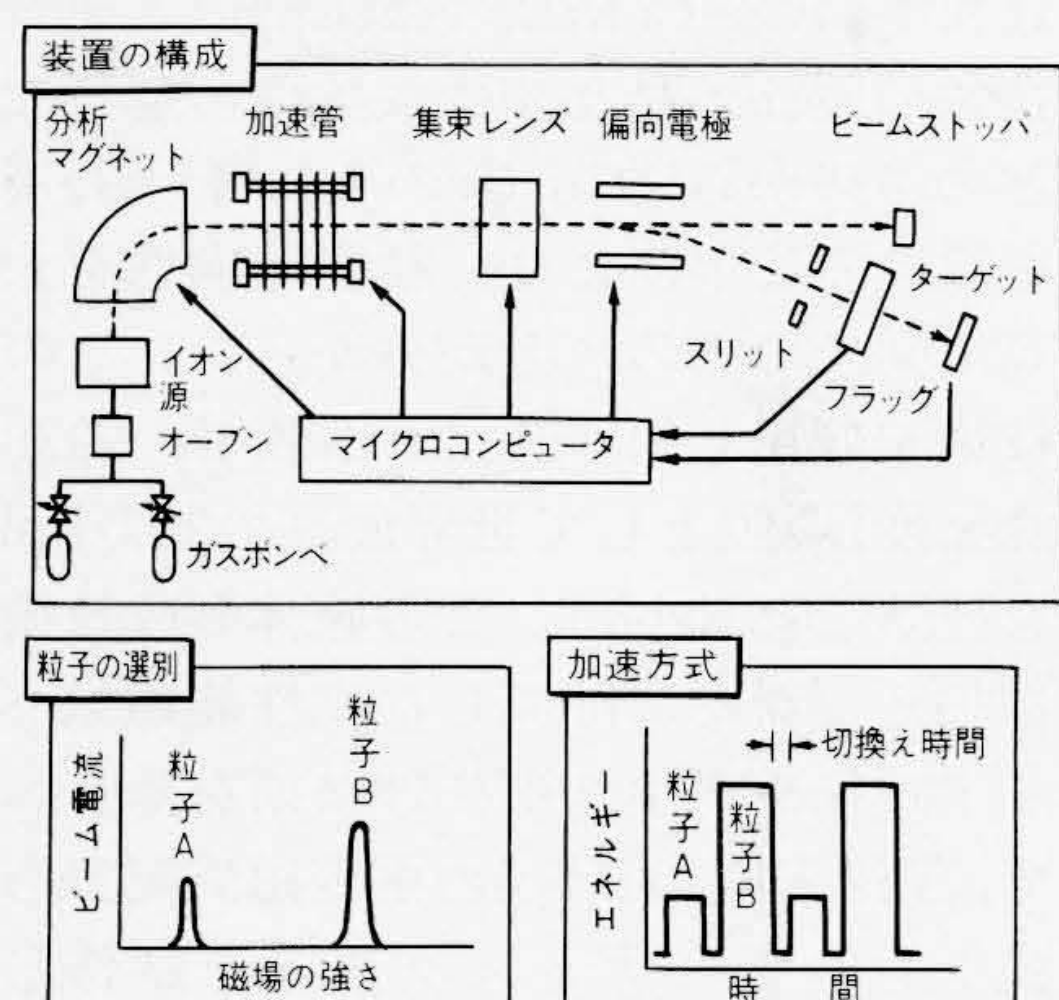


図2 デュアルビーム形イオン加速器の構成と加速方法

中でのHeの拡散時間に比較し十分短い30秒以下で実施できるようにした。性能試験の結果、 He^+ 、 Ar^+ 、 Ni^+ などを最大 $500\mu\text{A}/\text{cm}^2$ まで加速できることを示した。

熔融炭酸塩型燃料電池の開発

熔融炭酸塩型燃料電池は、熔融炭酸塩を電解質とし、 650°C の高温で作動させる燃料電池である。この燃料電池は発電効率が高く、天然ガスから石炭ガス化ガスまで燃料の多様化が可能な発電システムが構成できるため、その実用化が期待されている。

この開発は、通商産業省工業技術院のムーンライト計画で推進されている。日立製作所もこれに参加し、要素技術研究として、耐食性のある電池材料の開発、電池の高性能化、長寿命化の研究を進めてきた。昭和59年度は、電池積層化技術の開発を進め、電極面積 900cm^2 のキロワット級電池の発電試験を実施している。

今後は10kW級電池の開発を対象に、積層化技術の確立を図るとともに、大形化を進める予定である。

ゴム人工筋応用ロボット

空気圧で伸縮するゴム人工筋をアクチュエータに用いた小形・軽量で柔軟なロボットアームを、株式会社ブリヂストンと共同で開発した(図3)。このアームは人間の骨格を参考にし、7自由度で全長60cm、自重6kg、可搬重量2kgと大幅な軽量化を実現した。ゴム人工筋は、能動的なばね特性(内圧によって人工筋の硬さが変わる性質)をもつため、微妙に力を加減する作業や柔らかくショックを吸収する動作が可能で、人間と共存する分野での応用が期待できる。

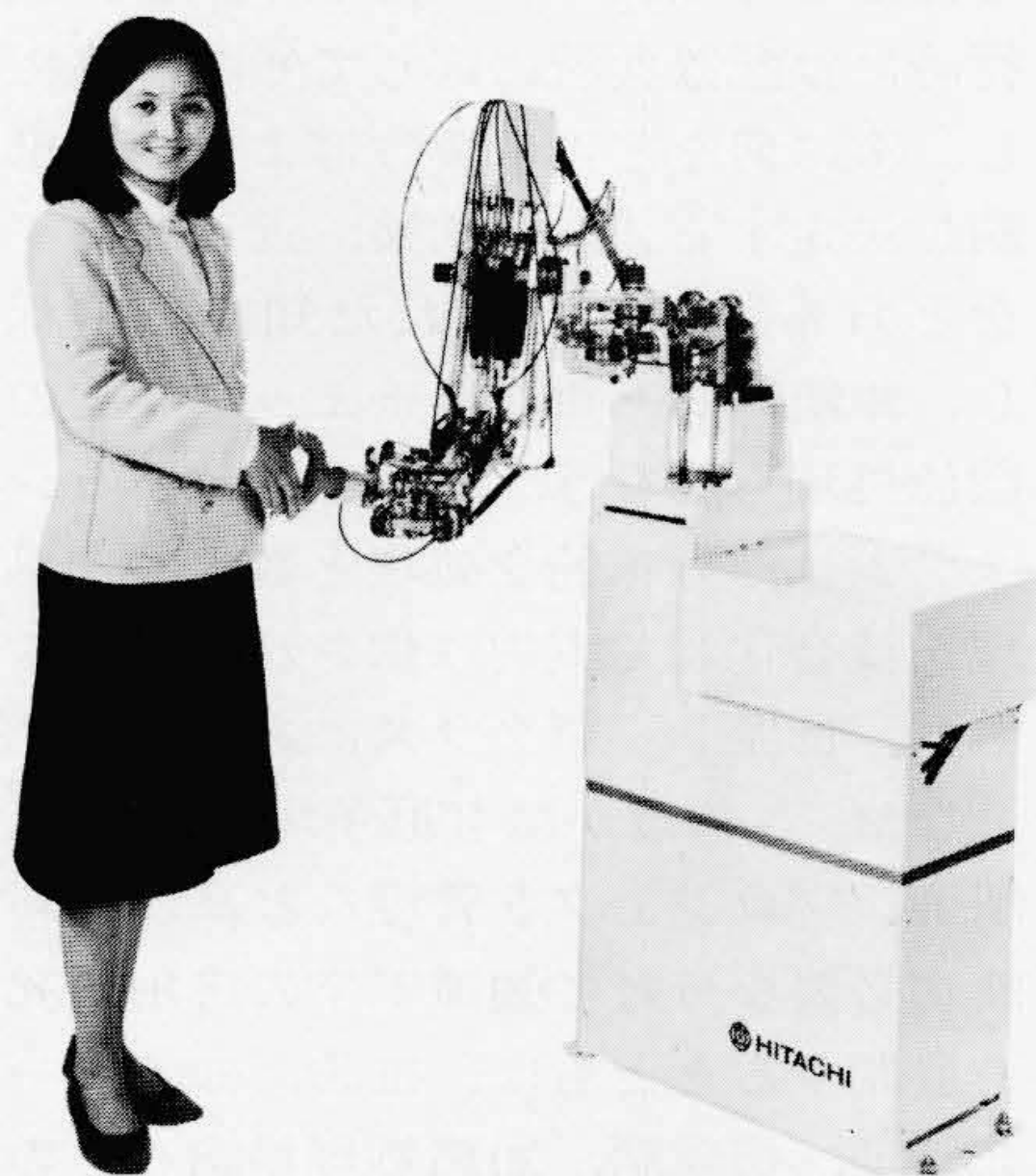


図3 ゴム人工筋応用ロボット

知能移動ロボットの開発

ロボットは、従来の製造業での実績を踏まえて、今後は新しい分野へ応用範囲が拡大していくと予想される。例えば、大形プラントの点検・補修、ビルのメンテナンスなどの作業を人間に代わって実行するロボットである。しかし、そのためには従来のロボットの中心技術であった「マニピュレーション」に加え、新たに「移動とそのための知能」の開発が必要である。

トピックス2ページに示すロボットは、路面の起伏に合わせて形状を変えられるクローラ形移動機構に、力フィードバック形の軽量アームを搭載したもので、広視野視覚により周囲状況をとらえ自身の判断で高速で移動し、行き先で作業をすることができる。また、動力源を内蔵し、外部との通信には高速スペクトル拡散通信を採用している。機動性と軽量化の両立、高速の自律移動について従来の技術をはるかに超えている。

また、移動経路の計画については、超音波レーダで常に周囲の状況をとらえ、もし地図にない障害物を経路上に発見したときは、最近目覚ましい進歩を遂げている知識工学を応用して、あたかも人間が行なうように最も可能性の高い代替経路から順に調査していくことによって障害物を回避し、しかも最適な経路を短時間に決定する方法を開発している。

FAセル制御用統合言語の開発

これからの多品種生産の自動化システムを考えると、基本となる要素はロボット、センサ(特に視覚)、周辺機器の同期制御を行なうプログラマブルコントローラである。これら基本要素を、セルとして組み合わせて有機的に結合したシステムを作るため、セル制御用統合言語“FA-BASIC”を開発した。FA-BASICの特徴は、次に述べるとおりである。

- (1) ロボット、画像処理、プログラマブルコントローラが同一の言語で記述できる。
- (2) 強力な問題向き命令を備え、ユーザー作成プログラムステップ数が $\frac{1}{10}$ 以下となり、開発工数が大幅に削減できる。
- (3) 通信機能により、高機能なセルを容易に構成できる。

これによって、プログラミングの専門家でなくても、各々のニーズに即したFAシステムを自在に構築することができる。

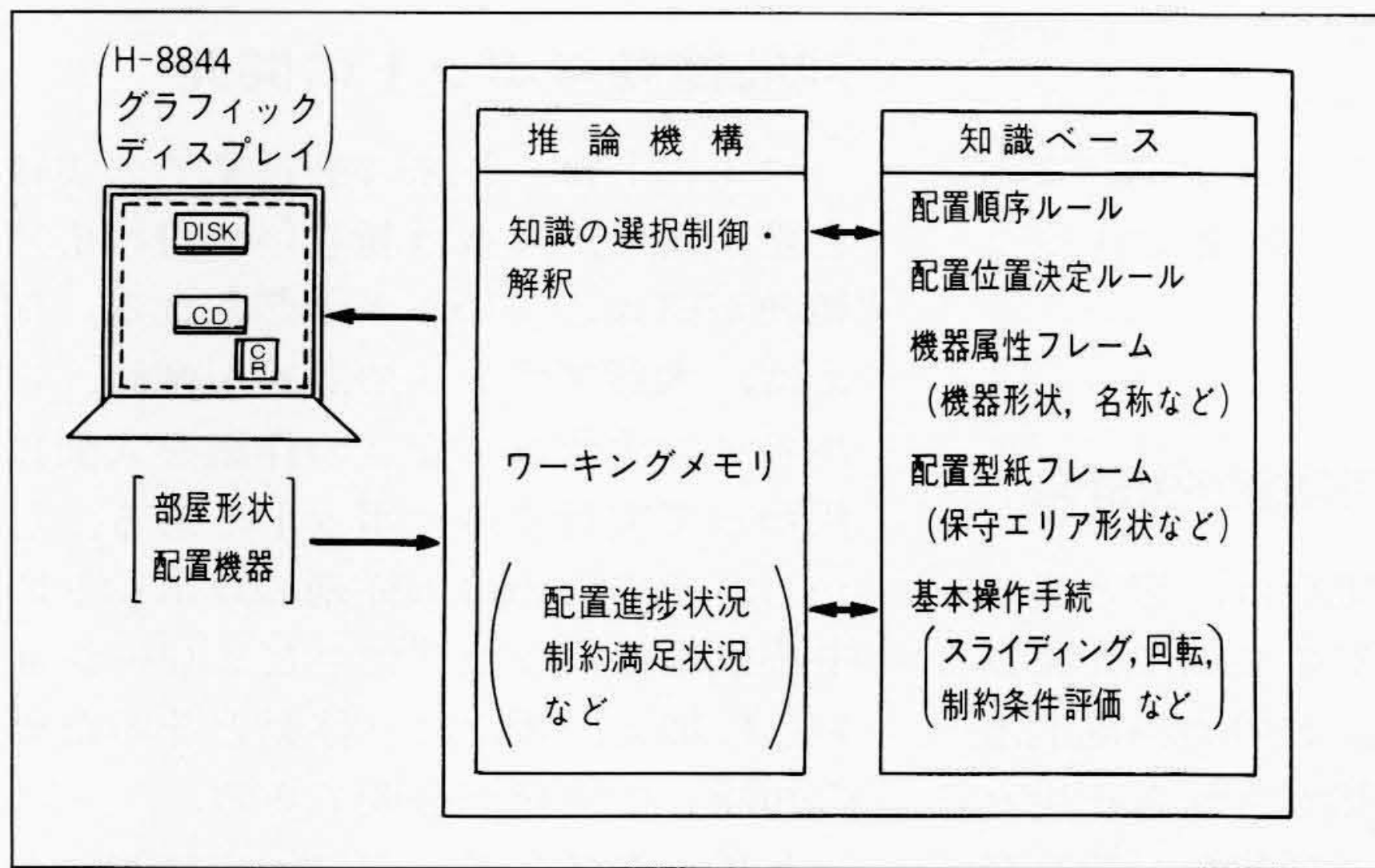


図5 レイアウト エキスパートシステムの構成

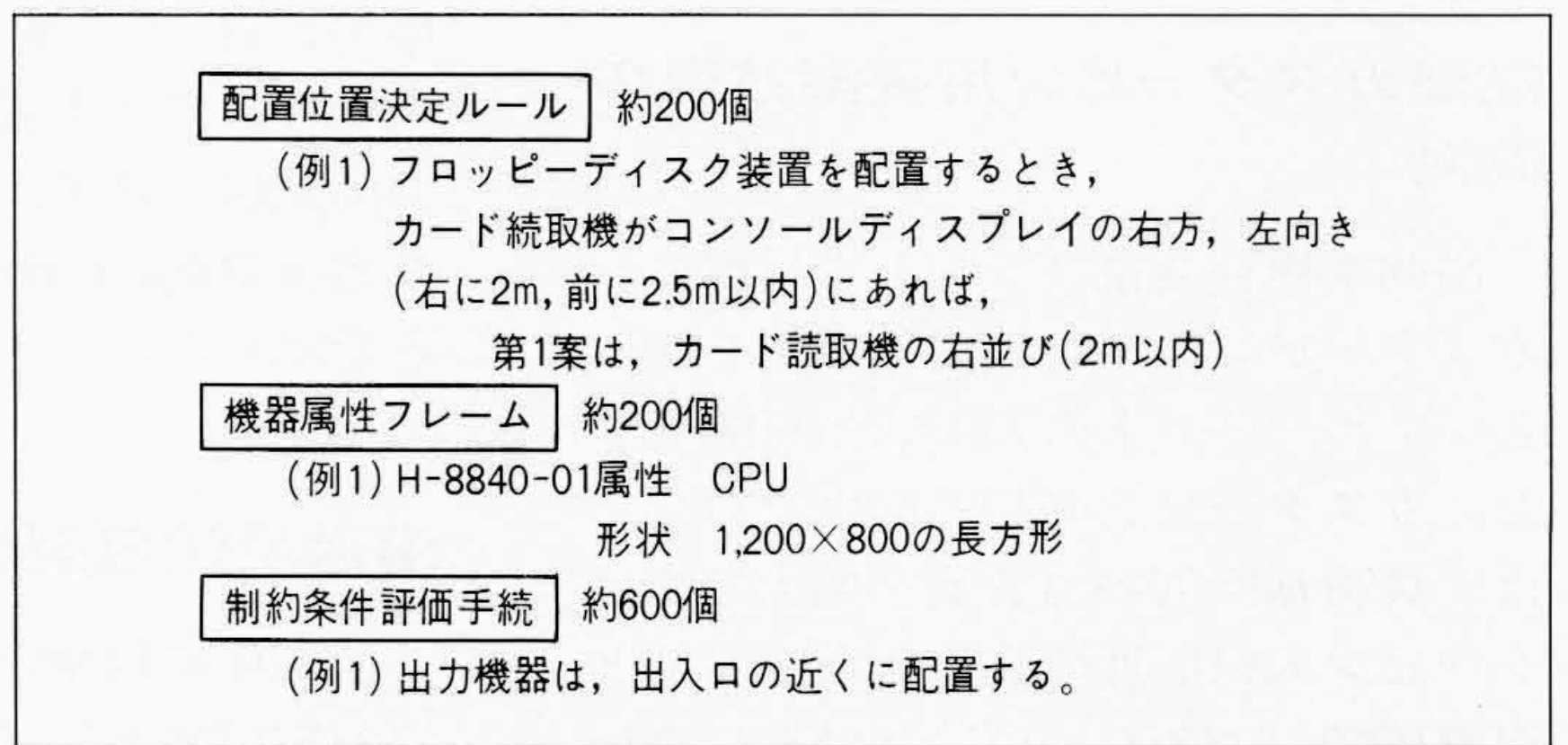


図6 計算機室レイアウト エキスパートシステムのノウハウ知識の例

5.6psジョセフソン論理回路

超電導電子のトンネル現象を利用したジョセフソン接合は、計算機用のスイッチング素子として、消費電力・遅延時間積が半導体素子より3桁小さい。日立製作所では論理回路用ジョセフソン接合の高耐久化と高速化の検討を行なった。耐久性向上のために、従来のPb合金に代えて窒化Nbを用いた。臨界電流密度を $2 \times 10^8 \text{ A/m}^2$ に高めるとともに、接合面積を従来の $\frac{1}{3}$ である $1.5 \mu\text{m}$ 角に微細化することにより高速化を図った。このジョセフソン接合を用いて、10段鎖状論理回路を作製した。スイッチング波形の測定結果によれば、ゲート1段当たりの遅延時間は5.6psであった。この値はスイッチング素子の中で最も速いものの一つである。今後はNb系のジョセフソン接合を用いた高集積論理回路の開発を進める。

マイクロイオンビーム加工技術の開発

LSIの配線パターンがサブミクロンへと微細化するに伴い、微細回路やこれを製作するための露光用マスクを局部的に高精度に加工する必要性が高まりつつある。このため、高輝度な液

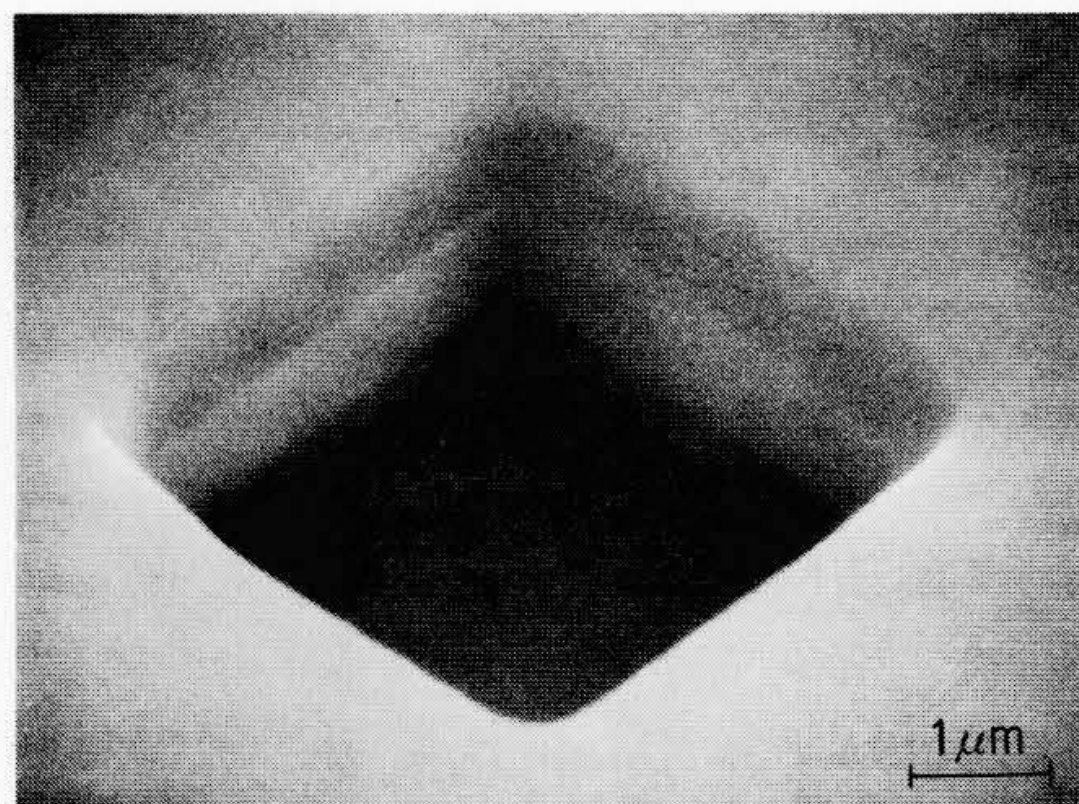


図4 LSIウェーハのマイクロイオンビームによる加工部

体金属イオン源を用いたマイクロイオンビーム加工技術を開発中である。主な特長は、(1)イオン源の形状を最適化することにより、高い電流安定性が得られること、(2)高性能な静電光学系の採用により、 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の微細スポットに対し高い電流密度を得、これにより十分高い加工速度が得られること、(3)Al, Au, SiO_2 , Siなどの各種材料に対し高精度の加工が可能なこと、などである。本技術は、LSIの局部加工(図4)などへの適用が期待されている。

知識工学応用レイアウトCAD基本技術の開発

限られたスペース(例えば計算機室)に、物体(機器)を適切に配置するレイアウトの自動化は、従来、非常に困難であった。今回、次世代ソフトウェア技術である知識工学を適用し、知的レイアウトCADシステムを開発し社内実用化した。これは知識ベースと推論機構をもち(図5)、熟練者のもつノウハウ(図6)をルール、フレーム、手続きという3種の表現方法の最適組合せによって知識ベースに取り込む。実行時には配置状況に応じて知識を選択し、次に何をどこに置けばよいかを推論し決定する。「左右前後、近く遠く」など日常語で与えられた知識を解釈し、距離計算、重なりチェックなどの数値処理も行なう。本エキスパートシステムは、意味的な処理と数値的な処理を統合化して実用に供されたものであり、世界トップクラスにある。

なお、このほかにも原子炉診断、FA制御、プロジェクト管理など高度な判断が必要な分野で知識工学の応用研究を展開するとともに、推論、知識ベース管理、核言語、知識処理言語などの基本技術の研究を進めている。

日英機械翻訳プロトタイプシステムの開発

科学技術文献、コンピュータマニュアル、特許情報などを対象とする日英機械翻訳プロトタイプシステムを開発した。このシステムは、日立製作所の大形コンピュータ用オペレーティングシステムVOS3のもとで稼動するものであり、最上位機種HITAC M-280Hで実験した結果、1時間に6万語の翻訳スピードが得られた。

このシステムの最大の技術的特徴は、文中の語の意味的な役割関係、すなわち「何が(主体)、何に対して(対象)、何を用いて(手段)、何をして(述語)、どうなった(帰結)」というような関係をモデル化した「概念依存図式」を採用している点である。この概念依存図式をいろいろ変形操作することによって、日本文と英文の構造的ギャップを解消し、自然で正確な英文を訳出することが可能となった(図7)。

垂直磁気記録技術の開発

垂直磁気記録技術は次世代の高密度磁気記録方式として期待されている。垂直記録では、垂直磁化媒体であるCo-Cr結晶を媒体面垂直方向に一様に配向させることが極めて重要である。これまでのCo-Cr結晶の微細構造と磁気特性の関係、結晶の成長機構の解析などの結果から、Co-Crの下に薄いGe層を設けることにより、結晶配向性を大幅に向上できることが分かった。この技術を適用した垂直Co-Cr膜で、線記録密度 D_{50} 値として世界最高の23万bpiを確認した(図8)。この媒体形成技術に加え、新たに開発した高性能磁気ヘッド技術や再生波形処理技術を総合して、記録密度10万bpiの垂直磁気記録方式フロッピーディスク装置を試作した。今後、本装置の早期製品化を図るための研究を展開する予定である。

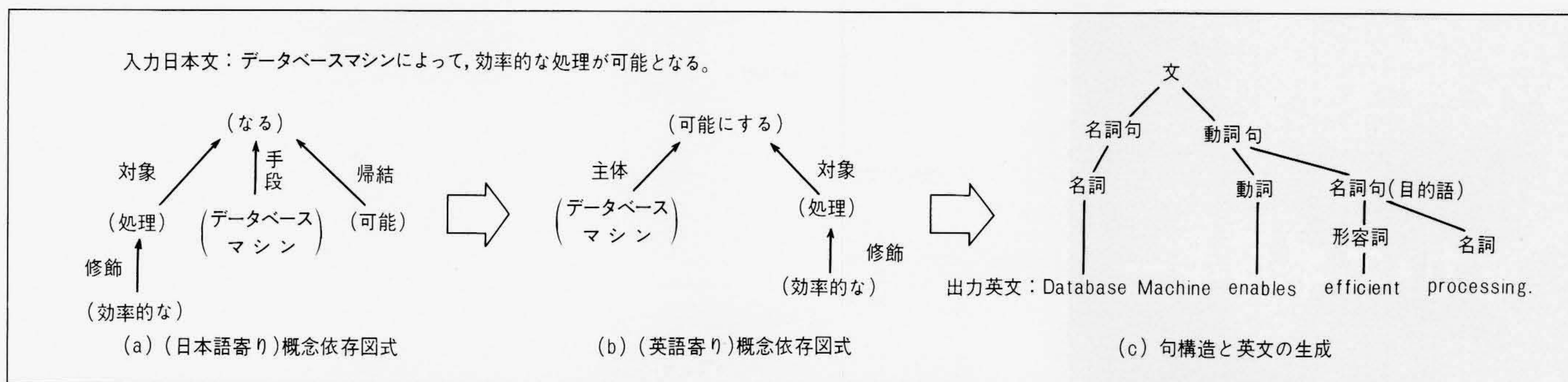


図7 概念依存図式の変形による自然な英文の訳出過程

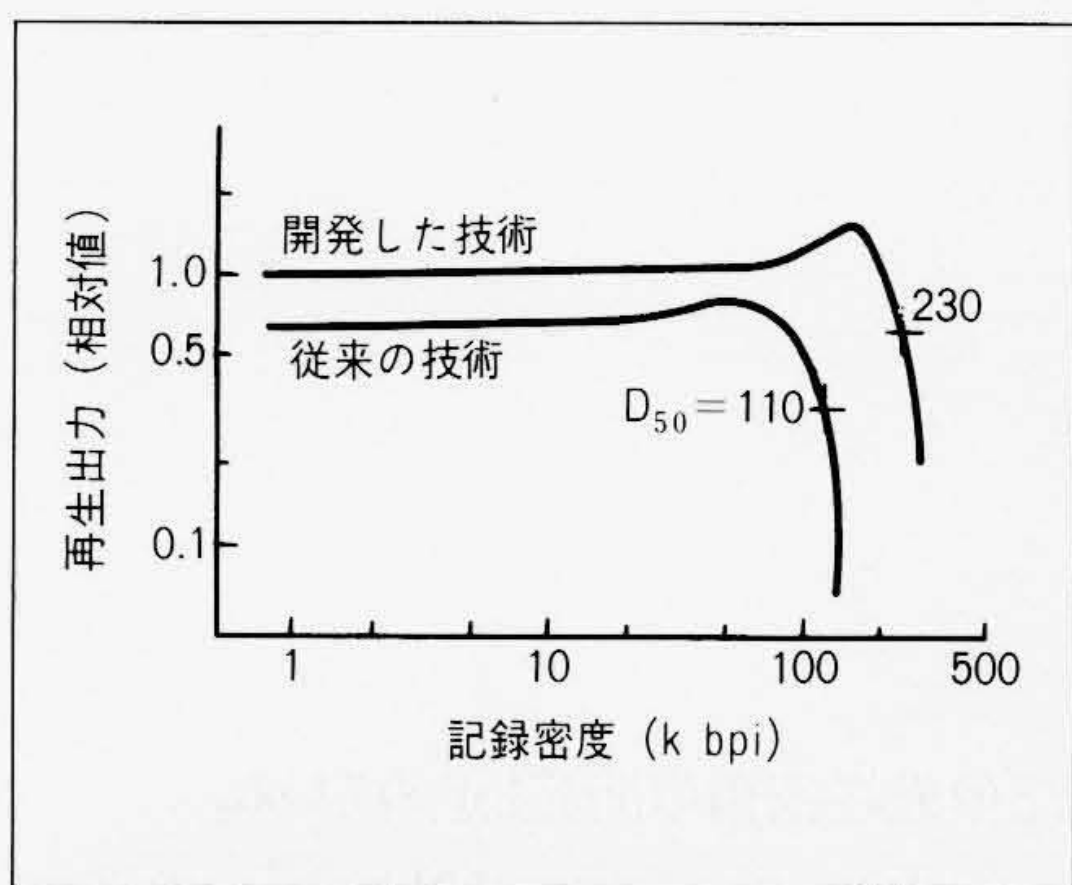


図8 Co-Cr垂直磁気記録媒体の記録密度特性

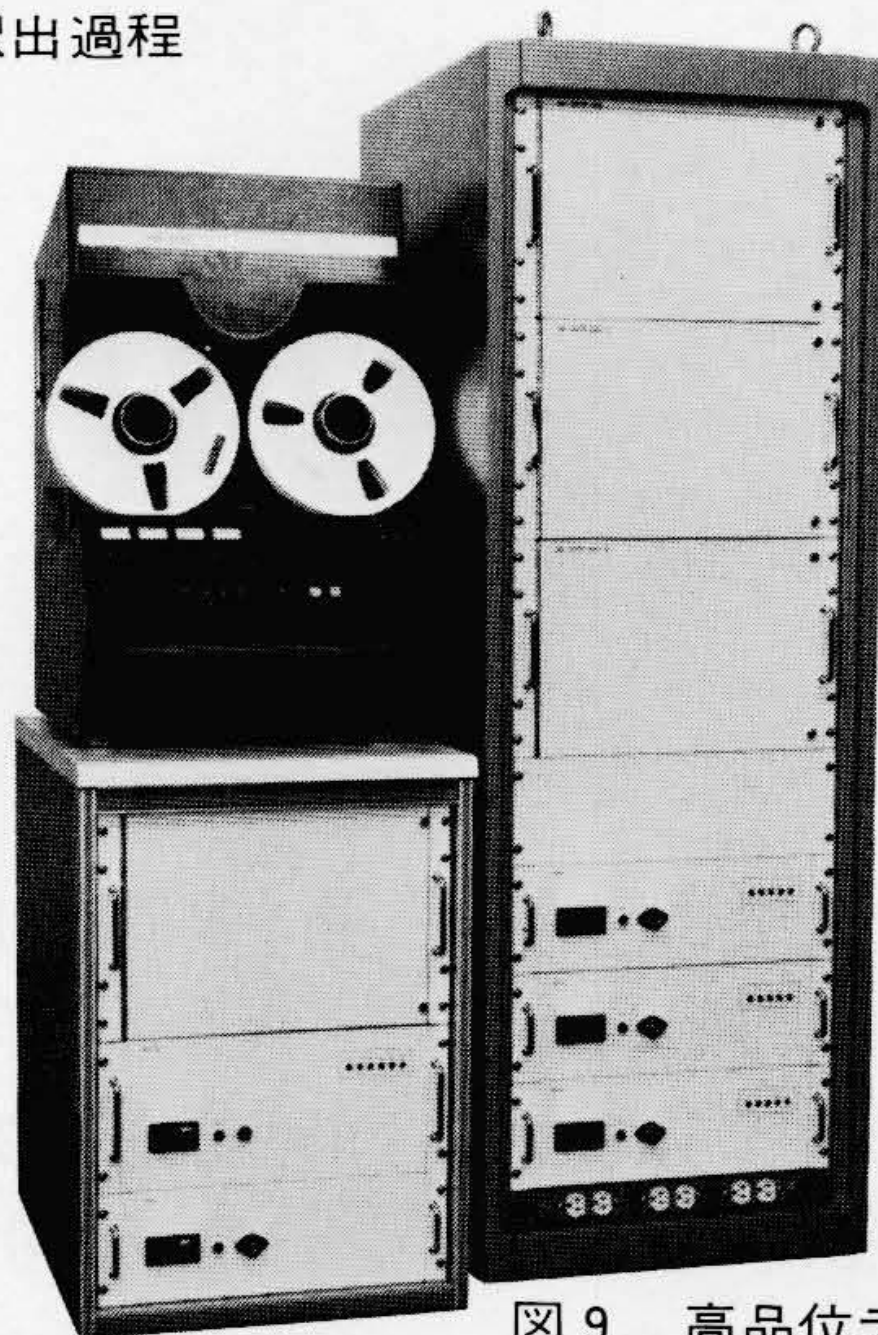


図9 高品位デジタルVTR

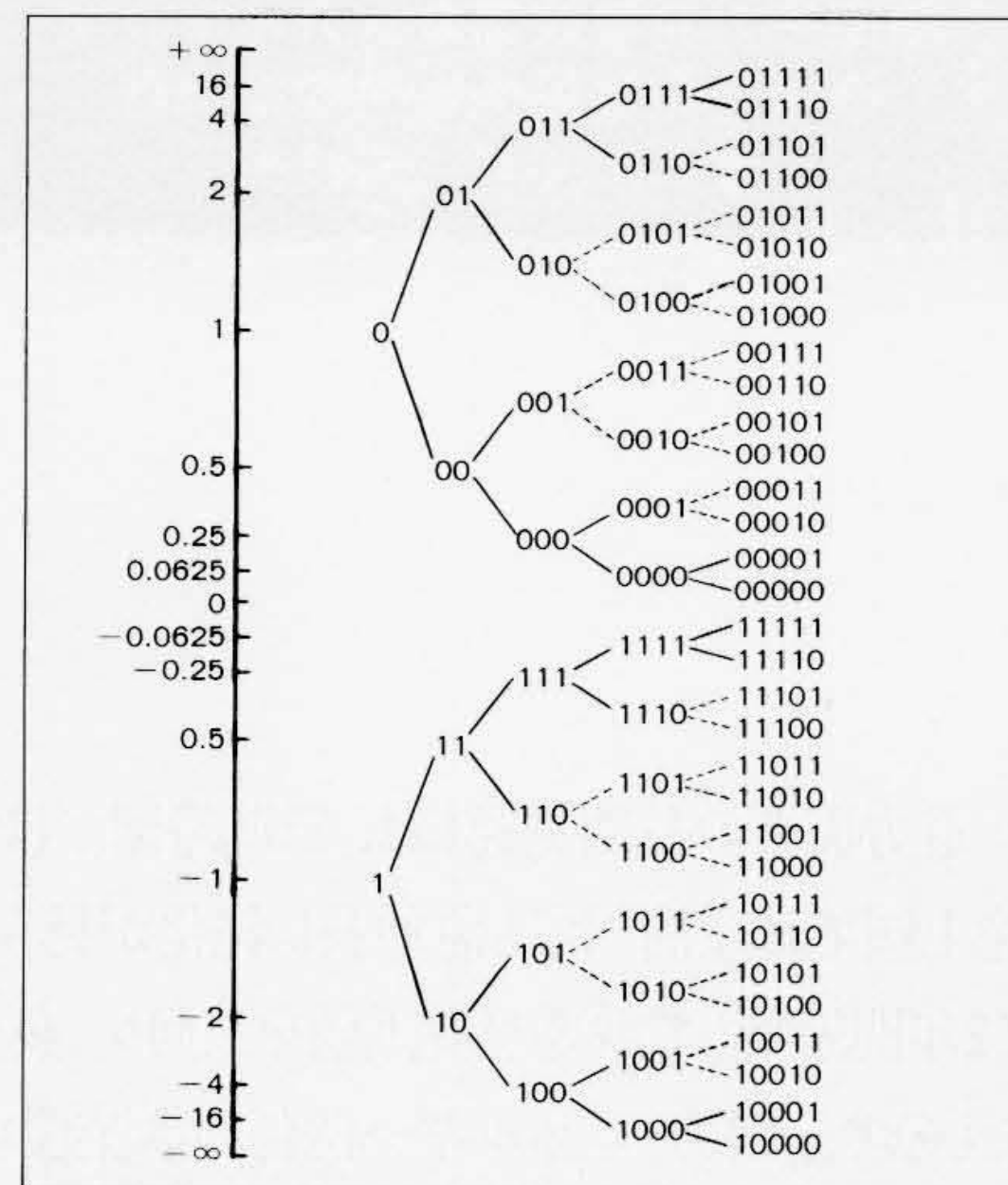


図10 新数値表現法

高品位デジタルVTRの開発

デジタル記録方式を採用した高品位テレビジョン用VTR(図9)を世界で最初に開発し、SN比56dBの高品質な画像再生に成功した。

開発したVTRは、日本放送協会から指導を受けた広帯域記録技術をベースに、テレビジョン信号をデジタル符号の形で記録することにより、走査線数1,125本の高品位テレビジョンの特徴である高精細度で、臨場感にあふれた画面が忠実に再現できる。

高品位テレビジョン信号(輝度信号帯域20MHz、色信号帯域5.5MHz)は、合計約460Mビット/秒のデジタル符号に変換され、5チャンネルに分散記録される。

デジタル記録のため、画質劣化のない記録が可能で、放送分野だけでなく医療、印刷分野などへの応用も期待できる。

バイポーラCMOS複合LSI “Hi-BiCMOS” 技術の開発

最近の超LSIでは、高集積、低消費電力のCMOSが主流になっているが、速度に限界があるため、バイポーラのニーズも根強く残っている。Hi-BiCMOS技術はバイポーラとCMOSを基

本回路で複合し、単体では得られない性能を引き出すというねらいで開発したものである。基本ゲートの例ではバイポーラの高駆動能力のために負荷依存性が大幅に改善され、ECL並みのサブナノ秒の速度が得られる。一方、集積度、消費電力については、ほぼCMOS並みの性能を維持できるため、高速VLSIとして理想的な性能をもつ。

また、Hi-BiCMOS技術を用いて、トピックス2ページに示すゲートアレイを試作した結果、遅延時間0.8ns/ゲート、消費電力0.15mW/ゲートの性能が得られ、所期のねらいを実証した。

光記録合金

光などの熱エネルギーによって、材料の色調が可逆的に変えられる金属新素材「光記録合金」を開発した。新素材は、Ag-Zn、Ag-Al-Cuなどの2元あるいは3元系の合金である。Ag-Zn合金の場合、通常六方晶系の結晶構造で銀白色を示す。これを300℃以上に加熱後、急速冷却するとピンク色の立方晶系の結晶構造に変化し、室温でも安定したピンク色を保持する。再び100～300℃に加熱すると元の銀白色に戻る。加熱冷却を繰り返せば色調は銀白色とピンク色に繰り返し変えることができる。色調が変化することは、可視から近赤外領域での光の反射率が変化する

ことで、この性質を利用すれば、書換え可能形光ディスク用記録媒体やセンサなど幅広い用途が期待される。光記録合金の主な特性を表1に示す。

新数値表現法の提案

電子計算機により科学・技術計算を行なう場合に、HITAC Mシリーズで用いられていて、広く使われている表現法によると 10^{76} くらいまでを扱うことができる。しかし、現在はこれでは不足であることが多くなり、場合によっては $10^{10,000}$ くらいまで必要なこともある。そこでURR(Universal Representation of Real Numbers)と呼ばれる新しい数値の表現法を考案し提案した。これは数学的にエレガントに定義され、(1)オーバフロー、アンダフローという現象が発生せず、実用的には扱う数値の範囲に限界がない、(2)それにもかかわらず、日常的数値範囲ではむしろ有効桁数を多くとれる、(3)将来に備えて、計算機だけでなくあらゆるデジタル処理にも適するよう工夫されている、などの特徴がある(図10)。

表1 光記録合金の主な特性

合金系	Ag-Zn合金	Ag-Al-Cu合金
色調	通常：銀白色 加熱急冷時：ピンク色	通常：銀白色 加熱急冷時：黄金色
色調変化温度	ピンク色：300℃以上 銀白色：100～300℃	黄金色：550℃以上 銀白色：200～550℃