

# 4半世紀の経験を集大成した 臨界プラズマ試験装置“JT-60”の建設

日本原子力研究所は昨年4月8日、当初予定どおり臨界プラズマ試験装置JT-60のファーストプラズマ点火に成功し、いよいよ次のステップである臨界プラズマ条件の達成に向けてさい先のよいスタートを切ることとなった。これは我が国での核融合研究のレベルの高さを示すもので、昭和48年ごろの計画段階からこれに参画し、本体、全系制御設備、プラズマ加熱装置などの主要機器及びJT-60製作の円滑な推進を目



JT-60のまとめに当たった核融合推進本部  
森野部長

的とした総合調整業務を受注した日立製作所にとっても、たいへん喜ばしいニュースである。日立製作所での核融合実験装置の開発を推進してきた日立工場加澤義彰主管技師長、JT-60の日立受注分の取りまとめに当たった核融合推進本部JT-60推進部森野信幸部長の二人に、この間の状況などを聞いてみよう。

一日立と核融合研究とのかかわりは。

「核融合の研究装置を設計する部隊を作ろうということで、日立工場に核装置設計課を設けたのが昭和34年。したがって、既に4半世紀以上にわたって核融合実験装置の開発を進めてきたわけである。」

「直接のきっかけとなったのは、昭和31年にジュネーブで開かれた第2回原子力平和利用国際会議で、議長のバーバー博士(インドの高名な物理学者)が今後20年間で実用化されるであろう、という核融合に対する楽観的な見通しを述べたことで、西欧諸国と並んで、日本でも主要電気メーカーが一斉に核融合装置の研究を始めた。」

「ところが、そのうちにプラズマ閉じ込めの問題などから、核融合の実現は科学的に不可能といった見方が強まり、この分野の研究から手を引くところが多くなった。核

融合関係者のいわゆる「れん獄の時代」で、昭和43年ごろになって大河博士の内部導体系トラスやソ連のトカマク装置によって、プラズマ閉じ込めの可能性が明らかにされるまでこうした状態が続いた。」

一日立の場合は、

「幹部の理解もあり、超電導、プラズマ、加速器、MHD発電などの要素技術の研究を続けることができた。昭和35年大阪大学に納入したミラー型核融合実験装置をはじめとする各大学の実験装置や、JFT-1、JFT-2からJT-60に至るまでの日本原子力研究所の実験装置の大部分を手がけることができたのもそのためである。日立はこれまでに約30基の実験装置を開発している。これは世界でも例のない記録である。」

—JT-60との関係は。

「昭和48年に概念設計、49年に予備設計を行ない、50年から詳細設計と平行しながら、各ユニットを試作するための研究開発を始めた。これは日本原子力研究所の科学者たちの描くような実験装置を実現するた



核融合実験装置の開発を推進してきた日立工場加澤主管技師長

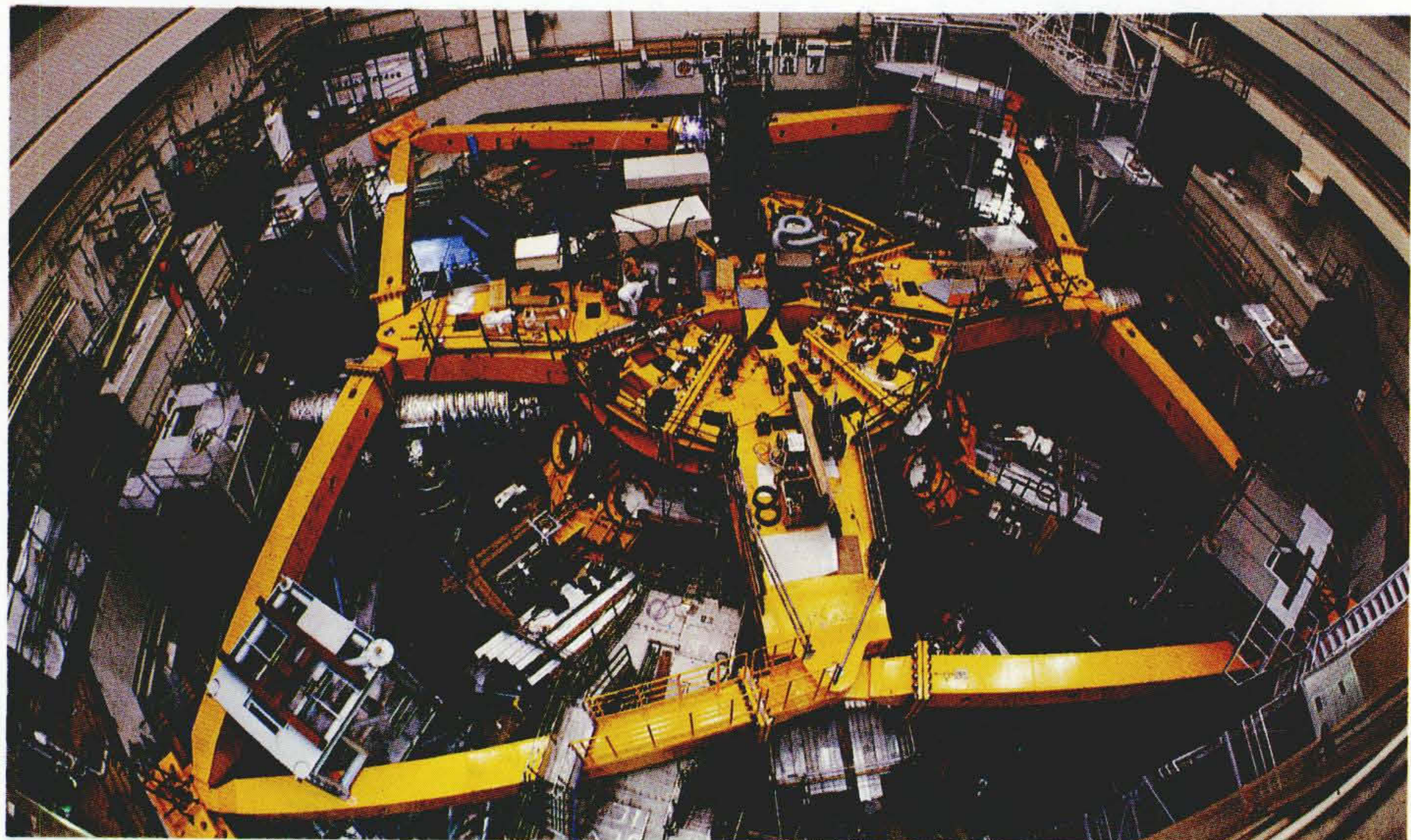
めには、未踏の技術的な課題をいくつも克服しなければならなかったからで、日立から研究開発に関する10項目の提案を行ない、そのうちの7ないし8項目について研究を進めることができた。JT-60の主コイルであるトロイダルコイルもそのひとつで、電気機械に使われる従来のコイルに比べ、数倍の応力に耐えられるような高耐力コイルを作るためには、材料、作り方、導体、絶縁物のすべてについて一から研究し直さねばならなかった。これは人類史上最大のコイルである。」

—総合調整業務というのは。

「JT-60の主要機器の製作を担当した多くのメーカーの業務を円滑に進めるためには、規格、基準や各種ドキュメントのフォーマットの統一から、現地工事にわたる広範囲のプロジェクト調整業務が不可欠であった。現地工事の大詰め段階で実施した総合チェック&レビューにより機器間の取合、設計・製作仕様、現地での現物確認に関するものを合わせて約500件の問題点を摘出し、その対策を実施した。こうした地道な作業の積上げが1回目でプラズマ点火に成功した大きな要因のひとつだと思う。」

—今後の課題は。

「核融合の研究は、科学的実証の時代から工学的実証の時代へと進みつつあり、メーカーの果たす役割がますます大きくなってきた。JT-60で得た貴重な経験を、次期核融合実験炉開発へと生かしていきたい。」



日本原子力研究所納め臨界プラズマ試験装置“JT-60”



# 超高真空環境を可能にする 要素技術の開発



超高真空技術を語る機械研究所の蒲原主管研究員(右)と石川主任研究員

機械研究所の工学博士蒲原秀明主管研究員、工学博士石川雄一主任研究員を訪ねた。日立製作所が昭和60年に発表した高性能分子線エピタキシー装置開発プロジェクトチームの中心メンバーである。

—分子線エピタキシー装置というのは。

新しい薄膜結晶作成法の一つで、 $10^{-10}$ ～ $10^{-11}$ Torr (Torrは真空度の単位で1気圧の状態が760Torr)という宇宙空間よりも真空度の高い環境の中で、ガリウムヒ素などを熱によって蒸発させ、ウェーハにたい積させる。ほぼ1原子層ごとの高精度な結晶成長が可能で、スーパーコンピュータ用超高速素子、衛星用超高周波素子、半導体レーザなど次世代のデバイスを実現するものとして期待されている。

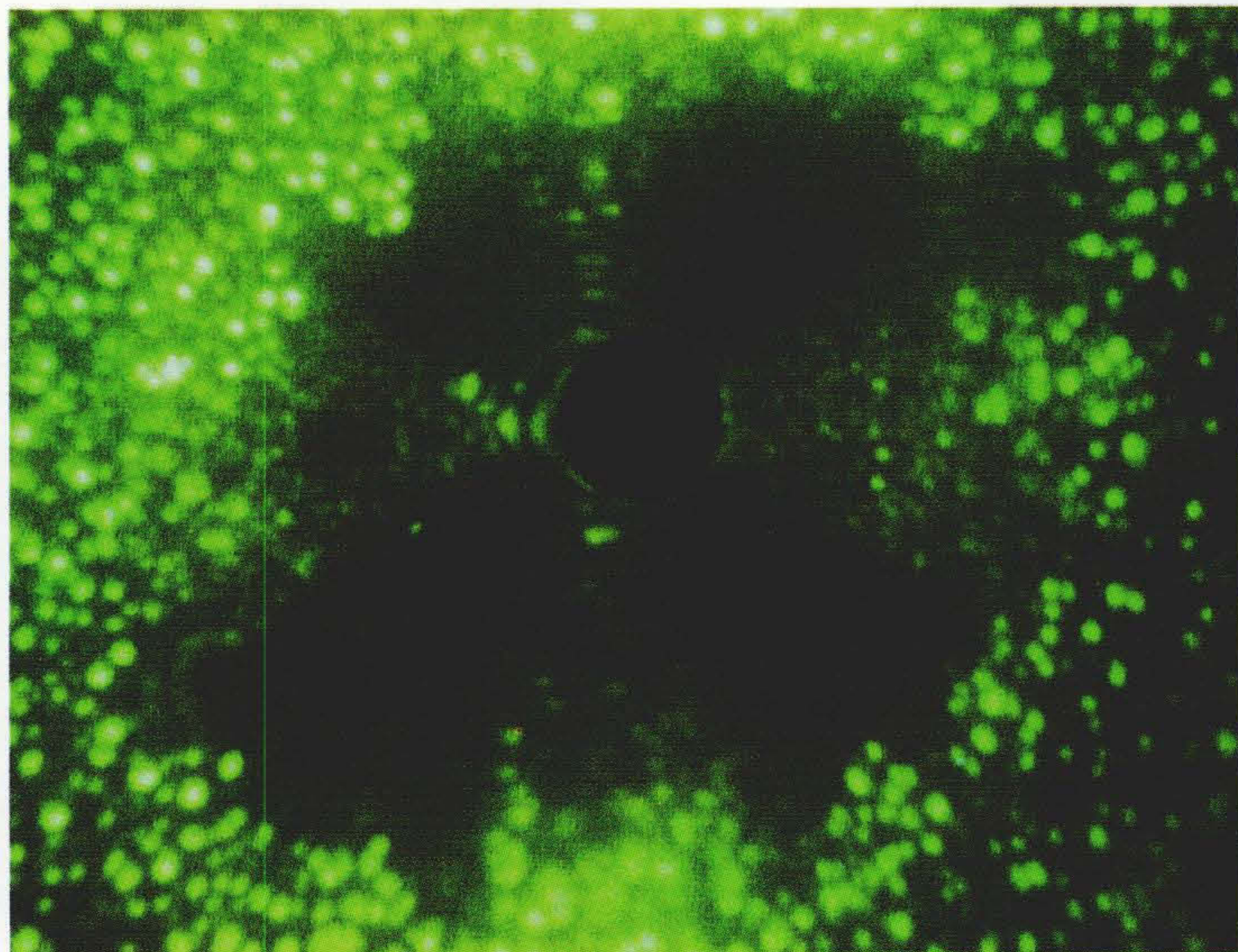
—装置としての特徴は。

容器材料として放出ガス速度の低い高品質のステンレス鋼を使っていること、成長室の主ポンプに新開発の高性能ターボ分子ポンプを採用したこと、1昼夜のベーキング(真空容器を加熱しながら排気し、容器表面に付着した不要なガス分子を強制的に除去して超高真空環境とする方法)によって $5 \times 10^{-11}$ Torr以下の超高真空を実現できること、システムの拡大が容易な全体構成となっていること、この種の装置としては初めて基板搬送の自動化を実現したことなどが主な特徴である。単なる研究用の装置ではなく、生産現場での量産汎用装置としてのニーズを満たしており、昭和60年10月の応用物理学会(京都)、同11月米国ヒュー

ストンで開催されたAmerican Vacuum Societyのシンポジウムでも注目を集めた。

—成功の要因は。

単に超高真空を作るというのではなく、クリーンな(カーボンレス)超高真空を作る、真空環境の能動的な制御を行なうといった設計思想に基づいて、材料の選定、表面処理法の確立、低放出ガス化処理、排気システム、真空計測技術、機構設計及び処理技術、温度制御といった超高真空の要素技術を一つ一つ開発してきたからである。特に石川主任研究員が中心になって開発したアトムプローブによって、容器(材料)の表面や内部から出る放出ガス(超高真空を作る上で最も大きな妨げとなる。)の挙動が原子レベルで解析できるようになったことが大きい。



炭素で汚染されたモリブデン表面の電界イオン顕微鏡像  
モリブデン表面の炭素が電界蒸発により除去され、中央部に清浄な(—○)面がリング状に現われた状態である。中央部の黒丸は蒸発イオンを検出器に到達させるためのプローブホールで、これを通して原子が分析されることになる。

—アトムプローブという装置はどういうものか。

電界イオン顕微鏡と飛行時間形質量分析器(高電圧による電界蒸発という現象によって試料から飛び出した原子が、イオン検出器に到達するまでの飛行時間によって原子の質量、種類を判定する。)を組み合わせたもので、電界イオン顕微鏡では原子の配列、質量分析器との組み合わせでは原子1個1個の判定を行なうことができる。1960年代に米国のペンシルバニア大学のミュラー教授が開発した。別に目新しい技術ではないが、一般にはや金関係で使われており、超高真空の研究のために使ったのは、恐らく今回が初めてであろう。

—なぜこうした研究が必要だったのか。

$10^{-8}$ Torrのレベルまでは、排気ポンプだけで到達できるが、それ以上の到達圧力を得ようとする、どうしてもベーキング処理を施さなければならない。ところが、その際の加熱温度、加熱時間などについてはユーザー側のノウハウに依存するというのがこれまでの実情で、材料と放出ガスの関係も明確につかめていなかった。そこで、アトムプローブを使って、まずこの問題から解明しようと考えたわけである。

—今後の課題は。

分子線エピタキシー装置のほかにも、スペースシャトル、SOR(シンクロトロン軌道放射光)装置、核融合装置など超高真空技術に対するニーズは極めて高い。放電洗浄などの技術の開発によって、ベーキングなしで超高真空を実現するのが当面の課題である。更には $10^{-12}$ ないし $10^{-13}$ Torrの領域へも挑戦したい。



# 知識工学を適用した プラント運転ガイダンスシステム

知識工学は、各方面の専門家(エキスパート)が問題解決のために使っている知識を「知識ベース」の形でコンピュータに与え、その知識を使って推論を行ないながら問題を解決していく技術である。第5世代コンピュータの研究などととも、最近急速に関心を集めているが、日立製作所は早くから知識工学の研究を進めており、表記のテーマに関する論文で、昭和58年度日本原子力学会論文賞を受賞している。また、知識工学という言葉の創始者である米国スタンフォード大学のファイゲンバウム教授も、その著「日本の挑戦・第5世代コンピュータ」の中でこの研究を採り上げ、米国にはない知識工学の応用例として激賞している。スリーマイル島原子力発電所事故という身近な教訓があっただけに、なおいっそう強い感銘を受けたのであろう。基礎研究所の元田 浩主任研究員らとともに、本研究を推進してきたエネルギー研究所の工学博士・木口高志主任研究員にその概要を聞いてみよう。

「運転ガイダンスの目的は、運転中に異常が発生した場合に、その原因は何か、どのような対応処置が必要か、を判断するのに役立つ情報を提供することである。原因を

同定するのが診断で、対応措置を提示するのがガイドである。」

「通常、運転員は、異常の兆候を検知すると、まず、これまでの経験や理論的考察に基づいて「もし〜であれば、〜に違いない」といった形の原因・結果の因果関係に関する知識(因果知識)を使った診断を試みる。そして、それでもなお結論が得られない場合は、プラントの構造や特性などに関する知識(機能知識)を使って、原因絞り込みのためのテスト方法などを考え、異常事態に対応していく。」

「このように、運転員は、一般に因果知識と機能知識という2種類の知識を使って診断を行っており、その中には、機能知識から新たな因果知識を演えきするといった働きも含まれているわけである。したがって、コンピュータに運転員の知識を覚え込ませるためには、当然、これらに対応する機能をもたせなければならない。また、運転者の機能知識は、必ずしも数値的に厳密なものではないので、設計者の知識、すなわち、厳密な数値情報でこれを補うことも必要である。我々のプラント運転ガイダンスシステムでは、知識ベースに、原因・結果のルールに関する知識(因果関係)、プラントの

機能に関する知識(機能知識)、プラント動特性シミュレータ(将来の状態を予測する設計者の知識)、プロセスデータ(プラントから周期的に取り込む数値教育情報)を格納して、その要求を満たしている。知識ベースから独立した推論機構は、これらの知識を用いた推論によって、因果関係の知識を自動生成しながら、その結果(対応処置)を運転員に表示するわけである。」

—従来の運転ガイダンスとの違いは。

「一連の現象をシナリオの形で記述する必要がなく、前もって想定しなかったような事態にも十分対応できるだけの可能性を備えていること、知識と推論部分を分離できるので、知識の追加、修正によってガイダンス機能の強化が容易になること、推論プロセスの表示によって、発生している現象に対する運転員の理解を助け、運転員の判断をより確実なものにできること、などが従来との大きな違いである。」

—いつから実用できるのか。

「複雑な大規模プラントを対象とした場合は、一つのシステムですべてをカバーすることはできないが、系統別に対象を限れば、いますぐにでも実施できる技術レベルにある。また、汎用性の高いシステムなので、原子力に限らず、鉄鋼プラント、化学プラントなどにも適用できる。なおいっそう研究に努めて、システムの充実強化を図っていきたい。」



汎用性の高いシステムであるから、原子力に限らず、鉄鋼プラント、化学プラントなどにも適用できると言うエネルギー研究所木口主任研究員とスタッフ。



# FUZZY制御技術の開発と列車及びコンテナクレーン自動運転への適用

計算機制御による列車の自動運転については、PID制御、最適制御などの技術が開発され、PID制御は、既に各地の地下鉄モノレール、新交通システムなどで実用化されている。しかし、これらの制御方式は、「目標速度への追従性」といったように、線形近似したモデルに対する1次元の評価関数で制御する方式となっているため、熟練運転士による運転に比べて、乗り心地や停止精度などの点で、なお改善の余地があるとされている。

ここで紹介するFUZZY(ファジー)制御技術は、こうした計算機制御の質の改善を図るために開発したもので、この技術の理論を述べた論文は、昭和60年度の計測自動制御学会論文賞を受賞している。また、この技術はFUZZY理論の創始者である米国カルフォルニア大学バークレー校のザデー教授の論文を通じて米国の学会にも紹介されている。開発に当たったシステム開発研究所安信誠二研究員、本社研究開発部研究開発推進センタ宮本捷二主任技師の話を聞いてみよう。

—FUZZY制御とはどういうものか。

『人間は一般に、「常に」「ほとんど」「普通は」とか「大きい」「小さい」とかいったように、よく考えれば、かなりあいまいな概念を使ってものごとを表現したり、推論し



システム開発研究所安信研究員

たりしている。そのため、人間の常識や経験則を計算機で扱えるような形に翻訳しようとしてもなかなかうまくいかない。そこで、こうしたあいまいさの集まりを「FUZZY集合」としてとらえ、それらの集合が、ある要素に対して、どの程度のあいまいさをもっているかの度合を0から1までの間の実数で記述し、人間がふだん無意識のうちに多次元の評価関数を使って行なっているようなことを、計算機で扱えるようにしたのがFUZZY制御の基本的な考え方である。ザデー教授の理論に基づいて、1970年代の初めごろから英国を中心に自動制御への応用研究が進み、1980年にデンマークのスミデス社が、初めてこれをセメントキルンのコントローラーに適用した。しかし列車の自動運転などのダイナミックなシステムへの適用は、もちろん日立製作



本社研究開発部研究開発推進センタ宮本主任技師

所がはじめてである。』

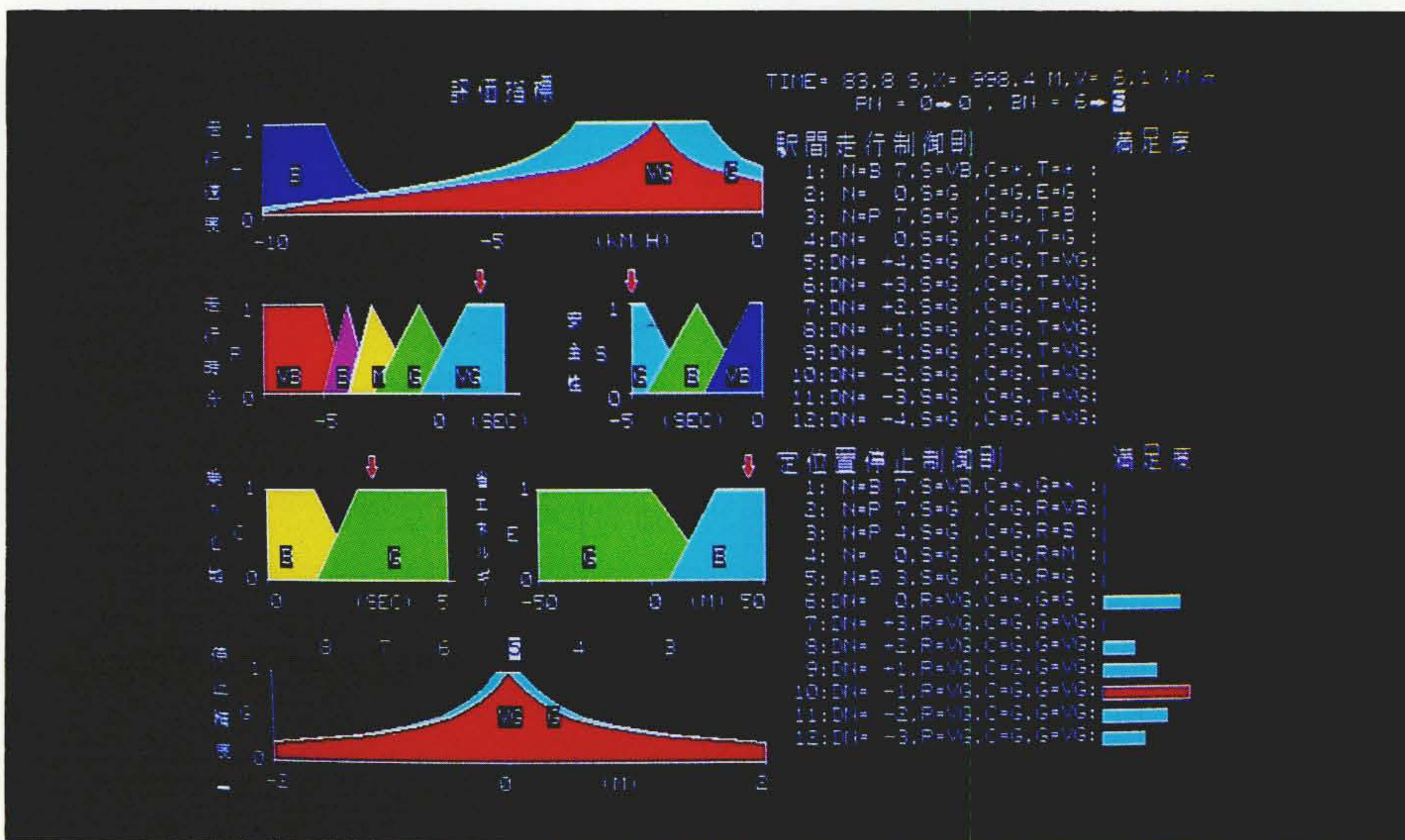
—列車の自動運転をどのように行なうのか。

『写真を見ていただきたい。これは我々がFUZZY制御に基づいて開発した列車自動運転システムの汎用計算機によるシミュレーション画面である。左は、過去の自動運転に関する我々の経験と熟練運転士の経験から作った評価指標であり、走行速度、走行時分など六つの指標がFUZZY集合の理論によってグラフ化されている。矢印は100msごとに変化し、ある制御を行なった場合の評価を示す。右は、駅間走行制御則と定位置制御則で、それぞれ12ルールが設けられている。この画面では、定位置停止制御則のうちの6～12番目のルール調べ、10番目のルールの選択が最適であることを示している。これを文章化すれば、「ノッチを1ノッチ減らせば、走行時分(R)が十分よく(VG)、乗り心地(C)がよく(G)、停止精度(G)も非常に正確(VG)」ということになる。』

—実用上の効果はどうか。

『このシステムは現在建設中の仙台市営地下鉄に納入されることになっており、試作線でフィールドテストを重ねているが、乗り心地、停止精度ともにシミュレーションと同じ結果が得られ、熟練運転士並みの質の高い自動運転が可能になった。消費電力もPID制御に比べ、約14%節減できることが実証されている。100msごとに次の状態を予測、評価しながら制御を行なう「予見FUZZY制御」という日立製作所独自の方式を開発したことによるものである。』

「次のステップとして、従来、自動制御は不可能とされていたコンテナクレーンへの適用に挑戦している。現在、笠戸工場内の模擬装置を使って実験中であるが、ほぼ期待どおりの結果が得られ、実用化への自信を深めている。」



予見FUZZY制御による制御指令の決定状況

運転士の思考状況をモデル化表示したもので、この画面では駅停止制御則の10番目がいちばん満足度が大きいことから、ブレーキを6ノッチから5ノッチに変更する指令が選択されている。



# 受注から設計,製造,検査,出荷までの生産活動を 統合・自動化する日立FAシステム

高学歴化・高年齢化といった社会的背景や技能労働者の不足、あるいは多品種少量生産を必然とする市場ニーズなどから、FA(Factory Automation)の導入に対する期待は、ますます強まるばかりである。FAを支えるコンピュータ技術もハード、ソフトの両面にわたって急速な進歩を見せており、今後はより高度で、より広範なFAシステムの構築がみられるようになるであろう。このような状況に対して、日立はどのように対処していくのか、日立製作所でのFAシステムの取りまとめを行なっているシステム事業部油井兄朝事業部長の話を聞いてみた。

—日立の考えるFAシステムは。

「単なる部品の加工や機械組立の自動化だけでなく、受注から設計、製造、検査、出荷までの生産活動全般を対称としており、情報処理の技術やメカトロニクス技術を駆使して、以上の各段階に対応する技術情報と管理情報を有機適に結合し、フレキシブルな生産を可能にする工場一貫自動化システムというのが、日立の考えるFAシステムである。したがって、ここには、各地の営業拠点と本社あるいは工場を結ぶ

OES(Order Entry System),工場の情報処理システム(ビジネスコンピュータ),設計部門のCAD(Computer Aided Design), CAF(Computer Aided Engineering),生産ラインの制御システム(プロセスコンピュータ),CAM(Computer Aided Manufacturing),物流システム,加工システム,組立システム,検査システムあるいはCAT(Computer Aided Testing)などのすべてが含まれている。このように、日立はFAシステムというものを極めて広くとらえており、一般に言われているようなFMS(Flexible Manufacturing System)だけをFAシステムとは見ていない。FMSはあくまでFAシステムの一部である。」

—日立とFAとの結びつきは。

「前から生産技術部,生産技術研究所を中心に、各工場のFA化を進めてきたが、全社的にFA委員会,FA拡販委員会を設けて、本格的に社内でのFAの推進と社外への拡販に力を入れたのは昭和57年度からである。社内でのFAの推進は、各工場ごとにモデルラインを作り、それを中核としてFAの輪を広げていこうというもので、1期2



日立のFAについて語るシステム事業部油井事業部長

年の計画である。既に1期10工場にラインの建設を終わり、現在2期目の建設に入っているところである。設備投資額は1期だけで約150億円、2期、3期を合わせると四百数十億円に達する大きな投資である。」

—代表的なラインは。

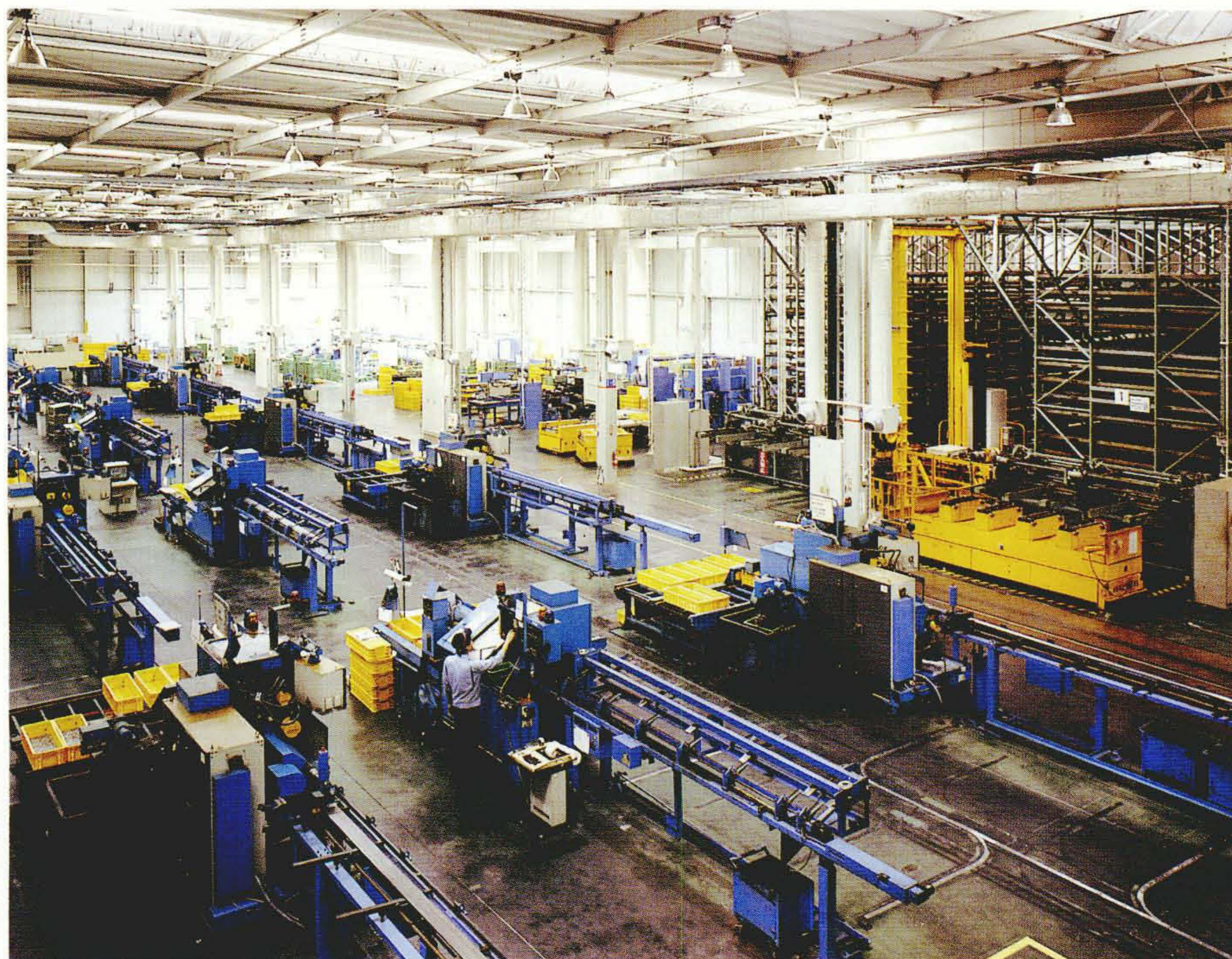
「重電関係では、日立工場のタービン・ブレードの加工や原子力発電所用の配管など、家電関係では、東海工場のVTR組立などがある。いずれも我が国最高水準のFAラインで、このように、自らメーカーであり、ユーザーである点が、外販する上での大きな強みとなっている。」

—FA拡販委員会というのは。

「先ほど触れたように、対象となる製品の範囲が広く、FAシステムの構築には、機電、商品、電力、コンピュータ、OA、計測器などの各事業部が関連してくる。また、エンジニアリング、販売までを含めると28社の系列会社がこれに関連している。そこで西副社長を委員長とする委員会を設け、ユーザーからのどのような要望にも即応できる体制を整えたわけである。」

—FAの今後は。

「FMSから技術情報と管理情報を一体化した工場一貫自動化システムへの進展が見られるように、今後はますます工場内のコミュニケーション手段の充実、一体化が強く求められるようになるであろう。また、開発期間の短縮という市場ニーズに対応して、研究開発部門のLA(Laboratory Automation),管理部門のOA(Office Automation)などを結合したIA(Industrial Automation)への動きも強まるであろう。日立グループの力を結集して、こうした動きへの対応を図っていきたい。」



鈴鹿富士ゼロックス株式会社納め部品生産ライン  
素材の保管,加工機への搬送,旋盤加工,製品に至る一貫工程が計算機制御により無人化運転されている。



# 世界最高水準をゆく汎用超大形コンピュータ “HITAC M-680H・M-682H”

HITAC Mシリーズの最上位機種となるM-680H・M-682Hが、いよいよ昭和60年の秋から出荷された。世界最高レベルの処理能力を備えたもので、従来の最上位機であるM-280Hに比べて、M-680H(命令プロセッサ1台)は事務処理で約2～2.5倍、科学技術計算で約2～3倍の高速性能を実現している。M-682H(命令プロセッサ2台)は、更にその約1.7ないし1.9倍の処理能力をもつものである。また、それぞ



ハードウェア技術を担当した小林主任技師

れのプロセッサは設置面積を約20%、約50%、消費電力を約10%、約35%減少させ、従来機からの移行を検討しているユーザーの期待にこたえた。研究開発から生産に至るまでの日立技術の粋を示すものである。神奈川工場開発部の小高俊彦部長、若井勝郎主任技師(論理設計担当)及び小林二三幸主任技師(ハードウェア技術担当)は、M-680H・M-682Hの開発について次のように語っている。

—高度情報社会での汎用超大形機の役割は。

「機種の多様化、分散処理への移行などによって、超大形機の役割は相対的に低下するのではないかと考える人もいるようであるが、新しいオンラインシステムの構築、データベースの拡大、分散ネットワークの進展などによって、中央で統括処理しなければならないデータ量は年々増加の一途をたどっており、大形システム設置サイトの所要プロセッサ処理能力は、年40%の割合

で高めなければいけないといわれている。超高速・大容量のプロセッサに対する期待は、高まりこそすれ、決して低下するようなことはない。」

「一方、超大形プロセッサに対する社会の依存性が高まるにつれて、システム障害の影響もますます甚大なものとなってくる。したがって、我々は、常に超高速性と高信頼性を念頭においた開発を行っており、今回のM-680H・M-682Hにも十分その思想が生かされている。」

—開発成功のポイントは。

「超大形プロセッサは、最先端技術の結晶のようなもので、全社的なバックアップがなければ、とうてい開発できるものではない。論理設計とハードウェア技術とが常に一体となって活動しており、これが開発成功の大きなポイントとなっている。例えば、M-680H・M-682Hの大きな特徴の一つに3階層記憶構成というものがある。高速バッファ記憶と主記憶の間に1Mバイトの大容量ワーク記憶を設けたものである。高速性能実現の決め手の一つであるが、これを可能にしたのが、ハードウェア技術によ

る超高速メモリモジュールの開発である。30mm×40mmの多層セラミック基板の両面に、高速バイポーラメモリ8個と論理LSI1個をハイブリッド実装したすばらしいもので、ようやく長年の夢を果たすことができた。3階層記憶構成は他社にもあるが、性能を左右する容量の点で格段の相違があり、大いに自負してよいもののひとつだと思う。」

「こうしたことは、以上のほかにも随所に行なわれており、全LSI化(前述のメモリモジュール以外はすべてLSI)と3次元高密度実装技術によって、M-280Hに比べ、部品点数を約 $\frac{1}{4}$ 、接続箇所を約65%として、超高速性と高信頼性の実現を可能にしている。」

「以上の協力体制を支えているのが、当工場のデザインオートメーションシステムである。これは、論理設計の妥当性をチェックする論理シミュレーション、回路内の電流の遅延時間を測るディレイチェックプログラムなど、数々の検証システムを積み上げたもので、これらを通じて互いの協力を深めている。」

—今後の課題は。

「設置サイトの要求もあり、開発期間はしだいに短縮化の傾向にある。なおいっそう体制を強化し、超高速・大容量及び高信頼性のニーズにこたえていきたい。」



HITAC M-680Hシリーズ開発の経緯を語る神奈川工場開発部小高部長(右)と若井主任技師(論理設計を担当)



# 統合OAを実現する 「クリエイティブワークステーション2050」

これまでのOA機器の概念を超えた、画期的なワークステーションが誕生した。すなわち、日立製作所が昭和60年9月24日に発表した日立クリエイティブワークステーション2050がこれである。これは、高性能マイクロプロセッサ68010に専用のビットマッププロセッサ(ピクセル、点などをソフトウェア的に処理する機能)を付加し、UNIX(米国AT&T社ベル研究所が開発したオペレーティングシステム)をベースとしたオフィスワーク志向の基本ソフトウェアを搭載したものである。最大64個までの同時処理が可能な「マルチジョブ機能」、最大15個までのウィンドウを同時表示できる「マルチウィンドウ機能」、文書・表・グラフ・図などが混在したマルチメディア文書の保管・検索・再利用を可能にする「文書データベース」、最大四つの同時通信を行なうことができる「マルチセッション機能」など、数々の優れた機能を実現している。神奈川工場端末ソフトウェア設計部村田文也主任技師に、2050開発の背景などを聞いてみよう。

—2050開発のねらいは。

「ワードプロセッサ、マイクロコンピュー

タ、データ端末などのOA機器の高性能化、高機能化によって、文書や図表の作成、データの処理といった個々の仕事は確かに効率化してきた。しかし、実際にオフィスワークに当たる人の考えている仕事の内容と、いま挙げたようなOA機器が提供するものとは必ずしも一致しない。例えば、ある人が、ある製品の販売計画資料を作成する場合を考えてみよう。まず、過去の販売統計をはじめとするもろもろのデータを検索し、加工しなければならない。次に、こ



統合OAのニーズにこたえたいと語る神奈川工場端末ソフトウェア設計部村田主任技師

こで得られたデータをグラフ化したり、自分のアイディアを文書化しなければならない。そして、これらの文書やグラフを見やすい形に編集して、必要な部署に配布しなければならない。したがって、この場合のオフィスワークの効率化は、こうした仕事を同時に、関連して処理できるということ、一つの仕事をしている間、他のつながりをもつ仕事ができないようでは、その過程が若干効率化したとしてもあまり大きなメリットにはならない。こうしたことから過去の延長線上ではなく、これからのOA、ワークステーションはどうあるべきか、を考えたのが2050開発の原点である。」

「昭和58年6月ごろから、システム開発研究所、マイクロエレクトロニクス機器開発研究所、日立研究所、デザイン研究所、大森ソフトウェア工場及びコンピュータ事業部や営業部門の人たちが集まってワーキングを始めた。単なる技術開発ではなく、マーケティングと技術を一体化したところに2050開発の大きな特色がある。ユーザーの立場に立って、事務環境をエミュレートした「電子の机」の発想もこうした討論の中から生まれた。」

—数々の機能や特長の中で、特に強調したい点は。

「UNIXをよりフレンドリーにした基本ソフトウェア(HI-UX)を公開したこと、文書データベースを設けたこと。この文書データベースは、数値系のリレーショナルデータベースに相当する新しい概念で、世界でも初めてのことである。またハードの面では、大形機の技術を生かして95%のLSI化(ゲート基準)を達成しており、信頼性、低消費電力化の面でも格段に向上している。」

—発表以来の反響は。

「昭和60年10月のデータ・ショウでは、よく見られない人が出るほどの人気を集めた。特にソフトウェアハウス関係の人たちから今すぐにもでも使わせて欲しいという申込みが殺到した。安い価格で高機能を実現したUNIXマシンという点が評価されたものと思う。また、真剣にOAのあるべき姿を考えている人たちにも好評であった。これが、我々の考えているすべてではないので、更に機能・性能の強化を図り、統合OAのニーズにこたえていきたい。」



日立クリエイティブワークステーション2050



## 高度情報社会の企業活動を支える日立 企業情報ネットワーク“PLANET”

情報通信ネットワークは、高度情報社会での企業活動の基盤となるもの。昭和59年11月の日本電信電話公社(現在の日本電信電話株式会社)による高速デジタル回線(専用線)サービスの開始を契機に、電話、ファクシミリ、データ通信、電子メール、テレビ会議といった各種の情報通信システムを一元化して、ひとつのネットワークシステム(いわゆる企業INS)に統合しようとする気運が高まってきた。

日立企業情報ネットワーク“PLANET”(Product Lineup for Advanced Network)は、こうした各方面の要望にこたえたもので、高速デジタル回線の活用による通信コストの低減だけでなく、通信運用の自動化・省力化、ネットワークシステムの高機能化・高付加価値化、通信サービスの高品質化を可能にするものとして注目を集めている。PLANETの開発を推進してきた戸塚工場情報通信システム設計部平井浩二部長、神奈川工場ネットワーク設計部瀬戸操部長の話を聞いてみよう。

—既存のネットワークからPLANETへの移行のステップは、どのような形になるのか。

「既存のネットワークは、大きく分けて二つある。一つは、大形コンピュータを中核

とするデータ通信のネットワークであり、もう一つはアナログ専用線を使った音声のネットワークである。どちらも規模の大きなシステムであるので、一挙に統合化することはもちろんできない。いくつかのステップを踏みながら、どちらか一方のデジタル化を進め、ある段階へきたところで、もう一方をその中に取り込んでいくというのが最も一般的な形になると思う。」

「ネットワークの統合を考える上で最も大切なことは、システムの信頼性と今後どのように発展させていくか、ということである。単に、マルチメディア多重化装置などの機器を納入すればそれでいいというのではない。また、ネットワークのコストパフォーマンスを高めるためには、どういった形の運用が望ましいかといったことも十分検討しなければならない。つまり、ネットワークの統合には、明確な思想が必要となる。そこで、企業情報ネットワークに対する日立製作所のコンセプトを明らかにした上で、具体的にこういったハードウェア、ソフトウェア、更にはネットワークの構築技術や運用技術を提供しようというのが今回のPLANETである。したがって、導入される企業のニーズに応じて、いろいろな形

が出てくると思う。」

「国内ではいま始まったばかりであるが、通信コストの高い海外のネットワークでは、早くから音声、ファクシミリ、データ通信の統合が行なわれてきた。日立製作所のパケット交換システム“HIPA-NET”(Hitachi Packet Switching Network System)がそれで、金融関係の国際ネットワークに数多くの実績を残している。その意味で、日立製作所はマルチメディアネットワークの先駆者ともいえるわけで、これらの経験、ノウハウはすべてPLANETの中に生かされている。また、多年、金融関係をはじめとする多くのオンラインシステムを手がけてきたことも、PLANETの高信頼性を支える基盤となっている。」

—PLANETの研究開発体制は。

「もちろん、これは戸塚工場、神奈川工場の力だけでできるものではない。デジタル電子交換機、音声圧縮技術、通信用半導体の開発を担当した中央研究所、ネットワークアーキテクチャ、通信制御ソフトウェアの開発を担当したシステム開発研究所、ファクシミリ、画像圧縮技術の開発を担当した日立研究所をはじめ、デバイス開発センター、武蔵工場、高崎工場など多くの力がここに結集している。PLANETはコンピュータ技術、通信技術、半導体技術の結晶ともいえるもので、結局は総合技術力が決め手となる。なおいっそう連係を強めてユーザーの期待にこたえていきたい。」

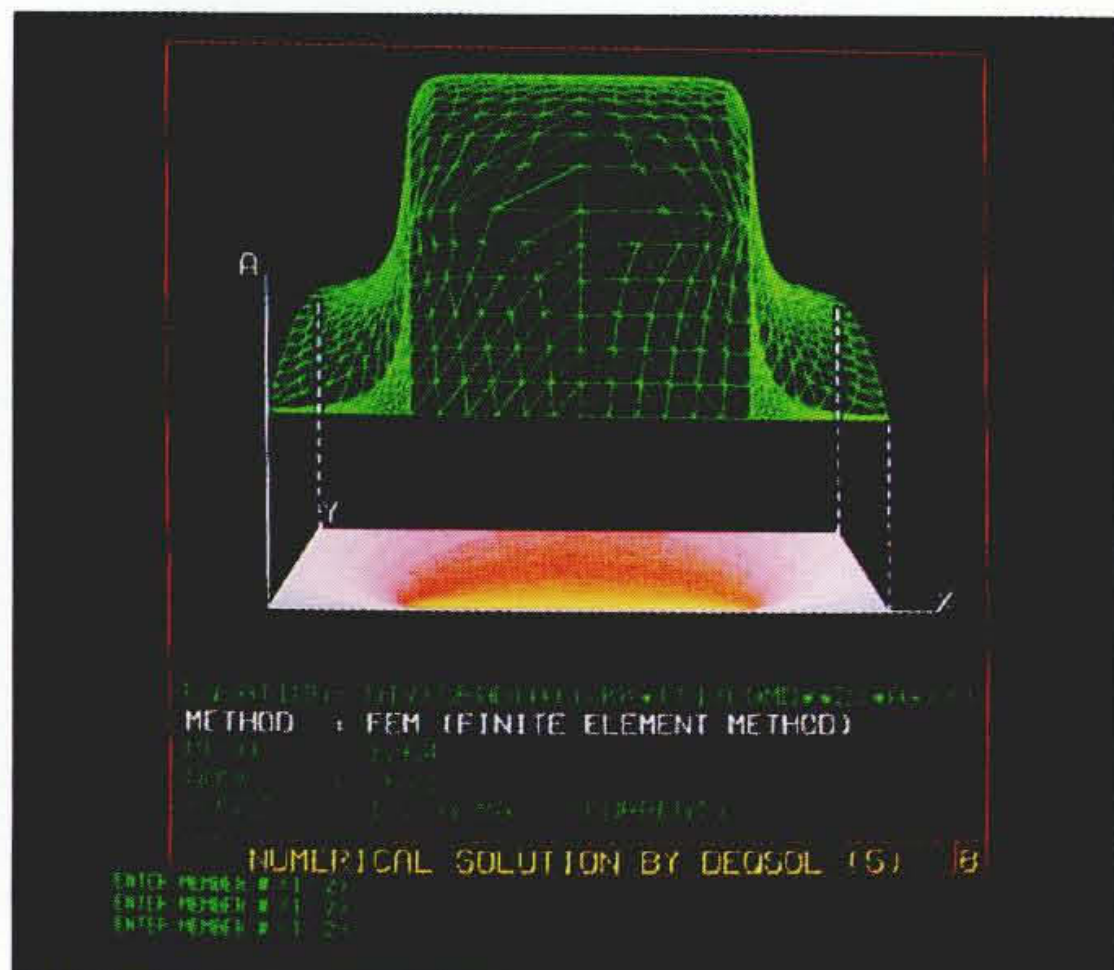


総合技術力が決めてとなると語る、戸塚工場情報通信システム設計部平井部長(右)と神奈川工場ネットワーク設計部瀬戸部長





# 数値シミュレーション用 高水準プログラミング言語“DEQSOL”



DEQSOLによる磁場解析の一例

数値シミュレーションというのは、コンピュータの中に数学的なモデルを作って、拡散、波動といった物理現象の模擬実験を行なう技術である。スーパーコンピュータをはじめとする計算機の高性能化とともに進んできたもので、半導体の研究から自動車、建物、原子炉の設計に至るまで、幅広い分野の研究に使われている。数値シミュレーションなくして、先端技術の開発はあり得ないといってもよいであろう。

このように、数値シミュレーションは、極めて重要なコンピュータの利用技術のひとつであるが、ハードウェアの目覚ましい進歩に比べ、ソフトウェアの面ではまだまだ立ち遅れが目立ち、FORTRAN(数式翻訳を意味するFormula Translatorの頭文字を組み合わせたもの)に代わる生産性の高いプログラミング言語、及びその処理システムの開発が望まれていた。

DEQSOL (Differential Equation Solver, 微分方程式解法の頭文字を組み合わせたもの)は、こうした科学者、技術者の要請にこたえたもので、日立製作所のスーパーコンピュータS-810(ベクトルプロセッサ、ベクトルや行列などのアレー演算を高速に行なうための装置)を使った結果では、表に示すように、FORTRANでの記述に比べ、記述行数を $\frac{1}{10}$ 以下とすることができ、計算時間も大幅に短縮できることが確認されている。極めて効率よく数値シミュレーションプログラムの作成を行なうことができるわけである。中央研究所の梅谷征雄主任研究員は、DEQSOLの開発について、次のように述べている。

「昭和49年ごろから55年までは、主としてIAPの研究を行なっていた。FORTRANで記述されたプログラムをいかに高速に処理するかの研究で、この技術は、HITAC M-180以降の最上位機に生かされ、HITAC Mシリーズの大きな特徴のひとつとなっている。最近IBMの3090にベクトルファシリティというものが付いたが、これは我々のIAPとほぼ同じものである。このように当初はFORTRANの研究を行なっていたが、ちょうどそのころからS-810の開発がスタートして、数値シミュレーションに対するニーズが高くなることが予想されたので、よりユーザー寄りに立った言語の開発に取り組むことにしたわけである。」

「物理現象の数値シミュレーションには、

モデル化のタイプによって熱伝導系の拡散方程式を扱うものと、振動系の波動方程式を扱うものがあるが、我々がいま開発を進めているのは、拡散方程式を扱うもの。一挙にすべてをカバーすることはできないので、まず対象を絞って順次機能を拡張するという方法を取っているわけで、昭和58年の発表以来、年々機能を拡張しており、数値処理上の代表点を決める離散化の手法や空間領域の形についても、拡散方程式の領域内ではあるが、かなり幅広い数学的モデルの構築が可能になっている。」

「DEQSOLの基本的な特徴は、科学者や技術者の日常語に近い数式レベルの簡潔な記述が可能であること、及びDEQSOLプログラムを効率よくFORTRANプログラムに変換するDEQSOL翻訳プログラムを備えていること。また、社内での利用にとどまっているが、近く製品化して、数値シミュレーションのニーズにこたえたいと考えている。」



中央研究所第8部梅谷主任研究員(後列右)とDEQSOL開発に従事した若いスタッフたち

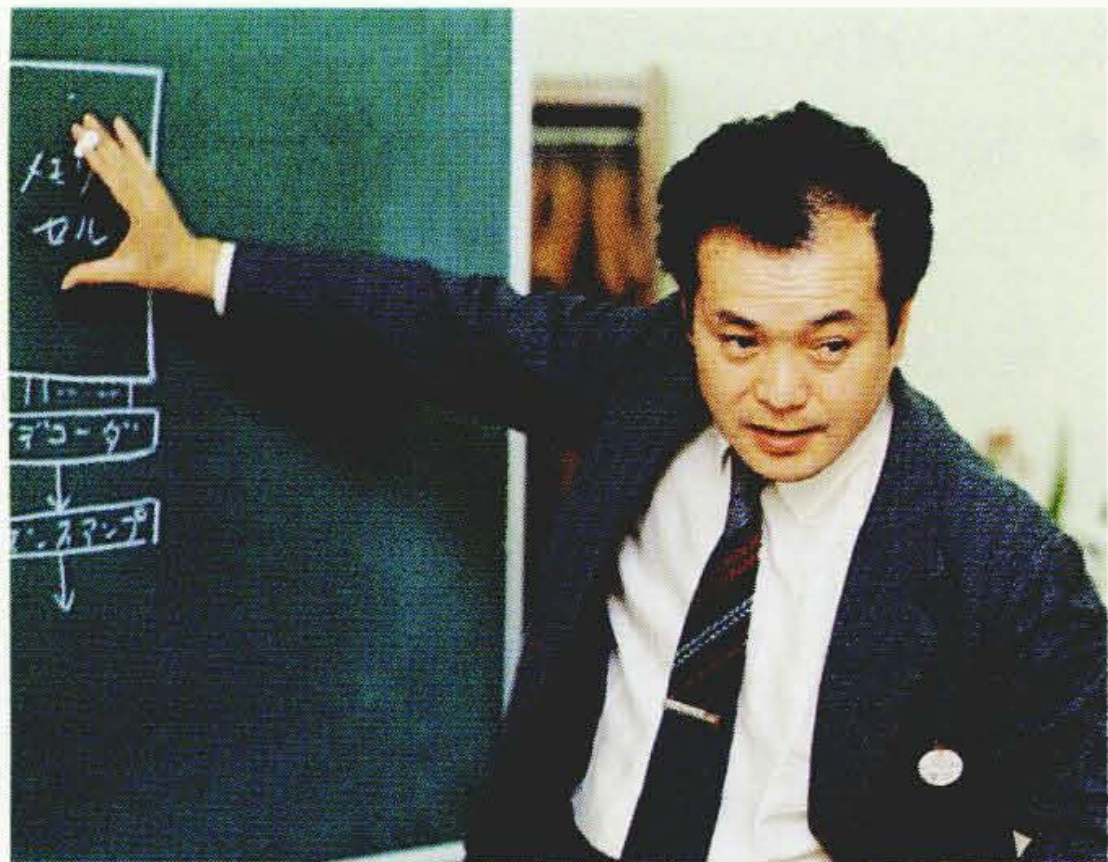
表 記述行数と性能の効果 (FORTRAN言語との比較)

適用例		化学蒸着 気流解析	ジョセフソン素子 デバイス解析	ディスクヘッド 磁場解析
解析手法		差分法 (3次元)	有限要素法 (2次元)	有限要素法 (3次元)
記述 行数	DEQSOL (行)	127	96	904
	FORTRAN (行)	1,361	1,078	11,558
	比 (FORTRAN/DEQSOL)	10.7	11.2	12.8
性能	演算* DEQSOL (%)	91.0	92.7	93.9
	並列度 FORTRAN (%)	42.8	50.0	50.0
	処理時間比 (FORTRAN/DEQSOL)	2.2	2.9	4.1

注：\* 全演算量のうち、並列に演算できるものの割合を示す。この値が100%に近づくに従い、処理時間は加速度的に短縮される。



# LSIの新しい領域を開拓した Hi-BiCMOS



回路設計を語る日立研究所第7部池田主任研究員

日立製作所は、バイポーラ、CMOSの特長をあわせ持った、高速・低消費電力で、しかも集積度の高い複合化LSI素子を開発、「Hi-BiCMOS」と名付けた。すでに64kスタティックRAM、HG28シリーズのゲートアレーなど、Hi-BiCMOS技術に基づく製品も発表しており、LSIの新しい領域を開くものとして各方面の注目を集めている。Hi-BiCMOS技術の開発に参画した日立研究所の増田郁朗主任研究員、池田隆英主任研究員の話を紹介しよう。増田主任研究員は回路設計、池田主任研究員はデバイス開発を担当した。

—なぜ、複合化が必要になったのか。

「これまで、LSIは、超高速性を要求される大形計算機用には、ECLなどに代表されるバイポーラ素子、それ以外の分野には、低消費電力で集積度の高いCMOSを使うといったように二つに分極化しており、バイポーラ素子の集積度をいかに高めるか、CMOSの速度(負荷駆動能力)をいかに高めるかというのが、それぞれの領域での大きな技術課題となっていた。ところが、あるレベルまでくるとなかなかその先へ進むことができない。こうした技術の壁を破る一つの方法として、複合化ということが発想されるようになった。このことはLSIに対するニーズの変化とも密度に関連しており、OA化の進展や光通信の実用化などとともに、従来のCMOSではカバーできないような、高速、低消費電力、高集積度のLSIが求められるようになってきた。これも複合化を急いだ要因の一つである。」

—開発成功のポイントは。

「回路技術の面では、ゲート回路、増幅回

路といったLSIの細胞に当たる基本回路の中で、バイポーラとCMOSを複合させるようにしたこと。バイポーラとCMOSの混在ということは、私どもに限らずだれしも考えることで、一つのLSIチップの中で、バイポーラとCMOSを機能ごとに使い分けるといったこと(Bi-CMOS)は、従来も行なわれていたが、必ずしも期待したような性能を実現することができなかった。これを解決したのが基本回路内での複合である。」



デバイス開発を担当した日立研究所第8部増田主任研究員

「デバイス技術の面では、図のような新しいデバイス構造を開発して、薄いエピタキシャル層の上に微細なバイポーラ素子とCMOSを形成するようにしたこと。複合化で高速性を引き出すためには、微細化されたCMOSと、大形計算機用と同等の高周波特性を持ったバイポーラを同時に形成する必要があるが、新しいデバイス技術、プロセス技術によって実現することができた。

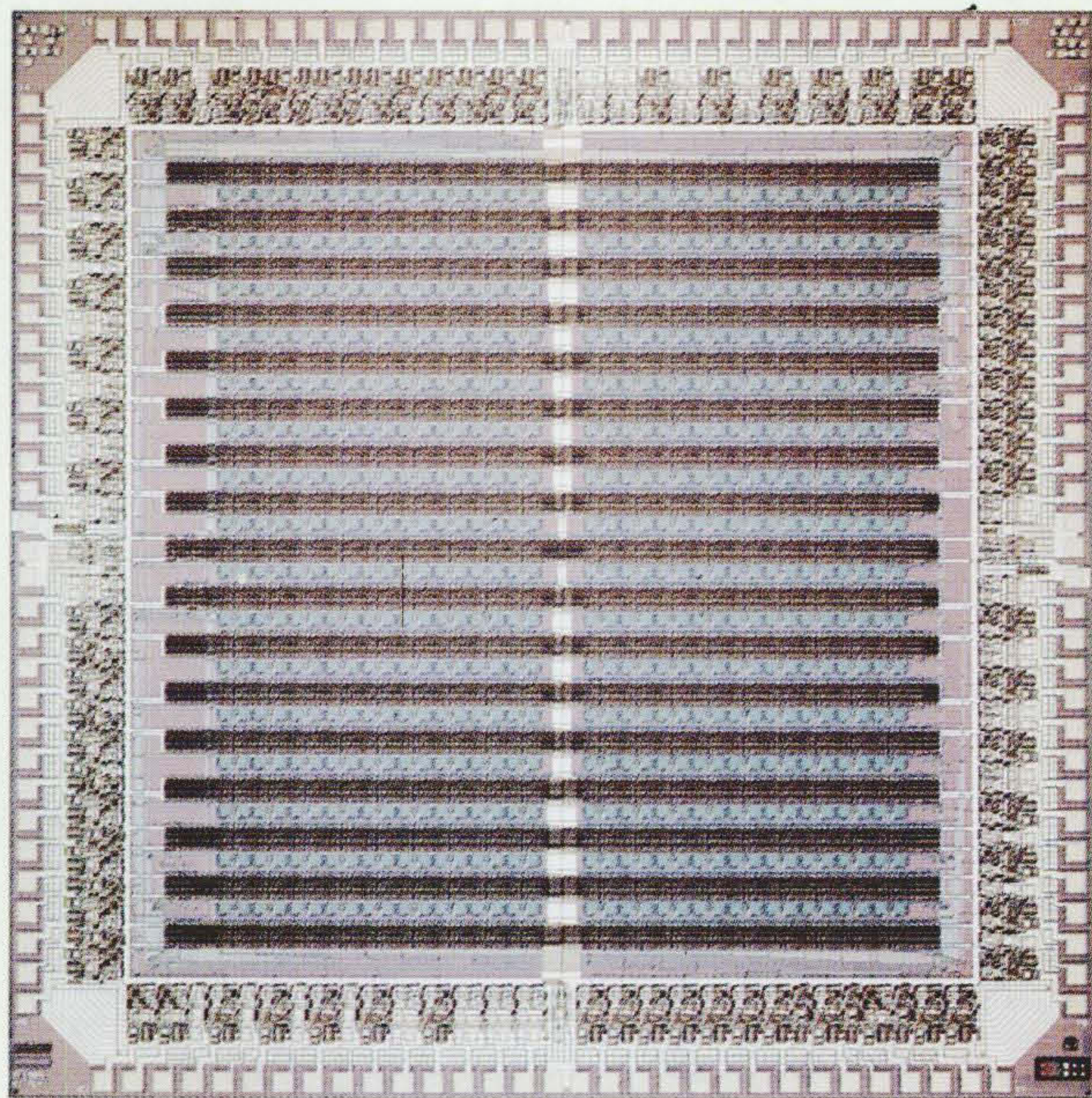
これはバイポーラ、CMOSそれぞれに関する最先端技術の蓄積があったからで、Hi-BiCMOSの開発に当たっては、初期の段階から、日立研究所、デバイス開発センタ、中央研究所、高崎工場の四者が協力してきた。」

—Hi-BiCMOS技術者による製品の特徴は。

「ゲートアレーの場合はCMOS並の低消費電力で、速度はCMOSの2倍以上というものが得られている。メモリの場合もほぼ同様で、消費電力はCMOSと同じか、多少少ないくらいで、速度は約2倍となっている。ただ、チップのすべてにHi-BiCMOSが使われているわけではなく、メモリの場合でいえば、アドレス信号をメモリセルの駆動信号に変換するデコーダ、またメモリセルからの微小出力信号を増幅するセンスアンプなど、速度を左右するところだけにHi-BiCMOSの技術を使い、チップ上で大きな面積を占めるメモリセルには、MOSの技術を生かして、CMOSと同等の集積度も実現している。」

—今後の課題は。

「CMOSの微細化技術は、2 $\mu$ m段階から1.3 $\mu$ m段階へと進んできたので、これに合わせたデバイス技術を確認すること、及びメモリ、ゲートアレーに続く製品を開発することである。学会発表などでも大きな反響があり、第3のLSI技術として注目されている。」



バイポーラ素子とCMOS素子を基本セル内で複合し、前者の高速性と後者の高集積、低消費電力特性を生かした新しい複合LSI



# 世界が認めた日立の先端技術 1985年「I・R100賞」に6件入賞

日立製作所は、米国のIndustrial Research/Development誌が主催している1985年度「I・R100賞」で、堂々6件の入賞を果たした。

「I・R100賞」は、前年度中に実用化された工業技術分野の最先端技術・新製品・新プロセスの中から、技術的重要性、実用性、ユニークさを基準として最も優れたもの100点を選び、「世界の新技术・新商品100」として表彰するものである。これには、世界中の主要企業はもちろん、政府研究機関、著名大学が数多く参加しており、審査に当たる選考委員(米国の産業界、大学の権威者14人で構成)の顔ぶれとあいまって、1963年の創設以来、世界的に権威のある技術賞の一つとして、産業界の注目を集めている。

日立製作所は、1974年度の初参加以来、毎年受賞しており、今回を含めて、合計28件の受賞となった。これは、日本の企業での最多受賞件数である。日立製作所の研究開発水準がいかに高いものであるかを知ることができるであろう。

特に、一度に6件の受賞というのは、日本企業初の快挙で、1985年度「I・R100賞」の中で、6件以上の受賞となっているのは、日立製作所のほか、ATTベル研究所の6件、米国標準局(National Bureau of Standard)の7件だけとなっている。また、過去10年間の例を見ても、一度に6件以上の受賞を果たしているのは、GE社、ダウケミカル社、ユニオンカーバイド社、オクリッジ国立研究所と数えるほどしかない。今回の受賞を契機に、更に大きな飛躍を遂げるものと期待されている。

ここでは、1974年度以来の受賞題目(表参照)及び今回受賞した6製品のプロフィールを紹介しておこう。

● デジタル光ディスクファイル

直径30cmの光ディスク1枚で、2,600Mバイトものデータを記憶できる装置である。文書ファイルシステムとして使えば、A4サイズ4万ページ分の書類がファイルできる。また、コンピュータの外部記憶装置として使う場合は、磁気テープ約95本分の

のコードデータのファイルが可能である。

● 汎用二次元イメージプロセッサ

工業用テレビジョンカメラなどの画像を、リアルタイムで処理する世界初の画像処理用LSIである。これまで処理しにくいとされていた中間濃度の画像やカラー画像の処理も容易で、さまざまな視覚認識装置の実用化に道を開いた。FA、OA、医療など幅広い分野での応用が期待されている。

● 高機能・高性能グラフィック制御用VLSI

文字だけでなく、図形の描画及び表示を可能にしたCRTコントローラ用LSIである。同一チップ上に描画プロセッサ、表示プロセッサ、タイミングプロセッサを内蔵している。機能としては、直線、多角形、長円、塗りつぶし、コピーなど23種類のグラフィック描画コマンドをもち、さまざまなOA機器に対応できる。

● Hi-Bi CMOSゲートアレー

高速バイポーラ素子とCMOS素子を基

本回路内で複合化させたHi-Bi CMOS技術の応用製品である。ECLに近い高速性とCMOS並みの低消費電力性を同時に満たした世界最高速TTL入出力仕様のゲートアレーである。ミニコンピュータをはじめ幅広い分野のニーズに対応できる。

● 超高精細フリッカレスカラーディスプレイ

縦2,048本×横2,448本の走査線を備えた、世界一精細度の高いCRTディスプレイである。新聞1ページ分の文字を画面上にそっくり表示できるほどで、理論的には1,600万色の色表示も可能である。超精密CAD/CAEのほか、印刷、医療、OA機器などへの応用が期待できる。

● EPROM内蔵 CMOS 8ビットマイクロコンピュータ

従来、LSIメーカーでしかできなかった応用プログラムの書き込みを、ユーザー自身で行なえるようにしたEPROM(紫外線消去再書き込み可能な読み出し専用メモリ)内蔵のマイクロコンピュータである。汎用の書き込み装置がそのまま使えるので、量産までの期間を大幅に短縮できる。また、必要な場合は、プログラムが完成したその日から製品に組み込むことも可能である。

■日立製作所 I・R100受賞題目一覧

年	受 賞 題 目
1974	コンクリートボルト締結ロボット 電界放射走査電子顕微鏡(HFS-2)(パーキンエルマー社と共同受賞)
1975	ホール効果磁気ヘッド フォートランリーダ(手書き情報インプットシステム)
1976	3電極単管カラーカメラ(FP-3030) 小形高性能カラーカメラ用サチコン®(H8397)(日本放送協会と共同受賞)
1977	ゼーマン原子吸光分光光度計(170-70形) 走査電子顕微鏡(S-310形) ドップラーレーダ式スキッドコントロール装置(日産自動車株式会社と共同受賞)
1978	効率30%の高速大出力赤外発光素子(HLP-60, HLP-70)
1979	高出力埋込ヘテロ形半導体レーザ(HLP-3000) 高速低消費電力4kビットCMOSスタティックメモリ(HM6147)
1980	大電流イオン打ち込み機(815) 高速16kビットEEPROM(電氣的書換え可能 ROM HN48016) 分析電子顕微鏡(H-600形)
1981	有磁場マイクロ波プラズマエッチング装置(HE-818) 樹脂絶縁法技術を用いたカラーテレビジョン用リニアLSI(HA11408/11418)
1982	I <sup>2</sup> L-PIQ 技術使用VTR用IC(HA11726/11727)
1983	M80A形質量分析計
1984	多色自動作図機 高熱伝導性電気絶縁性SiCセラミックス 自動車エンジン制御用エアフローメータ
1985	デジタル光ディスクファイル 汎用二次元イメージプロセッサ 高機能・高性能グラフィック制御用VLSI Hi-Bi CMOSゲートアレー 超高精細フリッカレスカラーディスプレイ EPROM 内蔵 CMOS 8ビットマイクロコンピュータ