

実用化へと大きく前進した知識工学応用電力システムの事例



日立研究所第10部
川上主任研究員

日立製作所は、日立製作所システム開発研究所でのエキスパートシステム開発支援ツールの開発、日立製作所日立研究所での応用システムの開発など、早くから知識工学の研究開発に取り組んできた。既に実用化されているシステムも少なくないが、最近では電力や鉄鋼といった大規模システムについても実用レベルの知識工学応用システムを開発して、ユーザーの期待にこたえている。日立製作所日立研究所第10部の主任研究員川上潤三工学博士、日立製作所国分工場送変電システム設計部の狩野泰信主任技師、日立製作所大みか工場計算制御ソフト第一設計部の丸山 彰主任技師は、電力分野での最近の成果について次のように述べている。

—最近の具体的な開発事例は。

「関西電力株式会社殿と共同研究を行い、昭和62年9月、同社の新生駒変電所に納めた変電所運転支援システム、東京電力株式会社殿と共同で開発中の電力需給計画支援システム、日立製作所日立研究所が独自に開発した電力系統解析支援システムなどがある。実用化への第一歩を踏み出したものといっていであらう。」

—変電所運転支援システムというのは。

「変電所設備に異常現象が発生した場合の事故状況把握や応急処置を運転員に迅速に指示し、更に、事故箇所や確認項目をガイドするためのシステムである。電力システムの自動化率はたいへん高く、定常状態ではほとんど人手を必要とすることはないが、異常現象が発生した場合は、やはり運転員の判断に頼らなければならない。ところが運転員の若年化、設備自動化による事故の減少、すなわち経験不足、設備規模の拡大などから、こうした異常現象に迅速、正確に対処できるだけのベテラン運転員の数が増えつつある。そこで、



国分工場送変電システム設計部
狩野主任技師

知識工学の手法で、ベテラン運転員の知識や経験をシステムに取り入れ、若い人でもベテランに近い対応ができるようにしたものである。変電所運用の効率化だけでなく、ベテランの知識の継承や若い運転員の教育訓練にも役立つと喜ばれている。いちばん難しかったのは、いかにこれらの知識を獲得するかということであったが、ベテラン運転員各位の熱心な協力によって実用的なシステムとすることができた。」

—電力需給計画支援システムというのは。

「電力会社が行っている電力需給計画、向こう1年間の需要予測を基に、それに対応する発電所発電機の運用計画を立てる作業を支援するためのシステムである。この計画は1時間刻みの計画なので、1年間で8,760時点分の計画を組まなければならない。膨大な労力を要する作業で、数百基の発電機を擁する東京電力株式会社殿では、多くの専門家がかかりきりでこの作業に当たっている。もちろん超大形計算機を使っている作業であるが、これまでのプログラムは固定したアルゴリズムで作られているので、制約条件や決定戦略が変わると、すぐには使えないという難点があった。そこで、計画作成のための戦略・戦術、制約条件、各種数理計画プログラムなどを知識ベースの中に収納しておき、計画者の意思に基づ

いて、これらを自由に選択しながら、推論し計算できるようにしたのが本システムである。データ入力や出力結果の評価などもシステム側で行うようにしているので、時間的にもかなりの節約が図れるものと思っている。」

—電力系統解析支援システムとは。

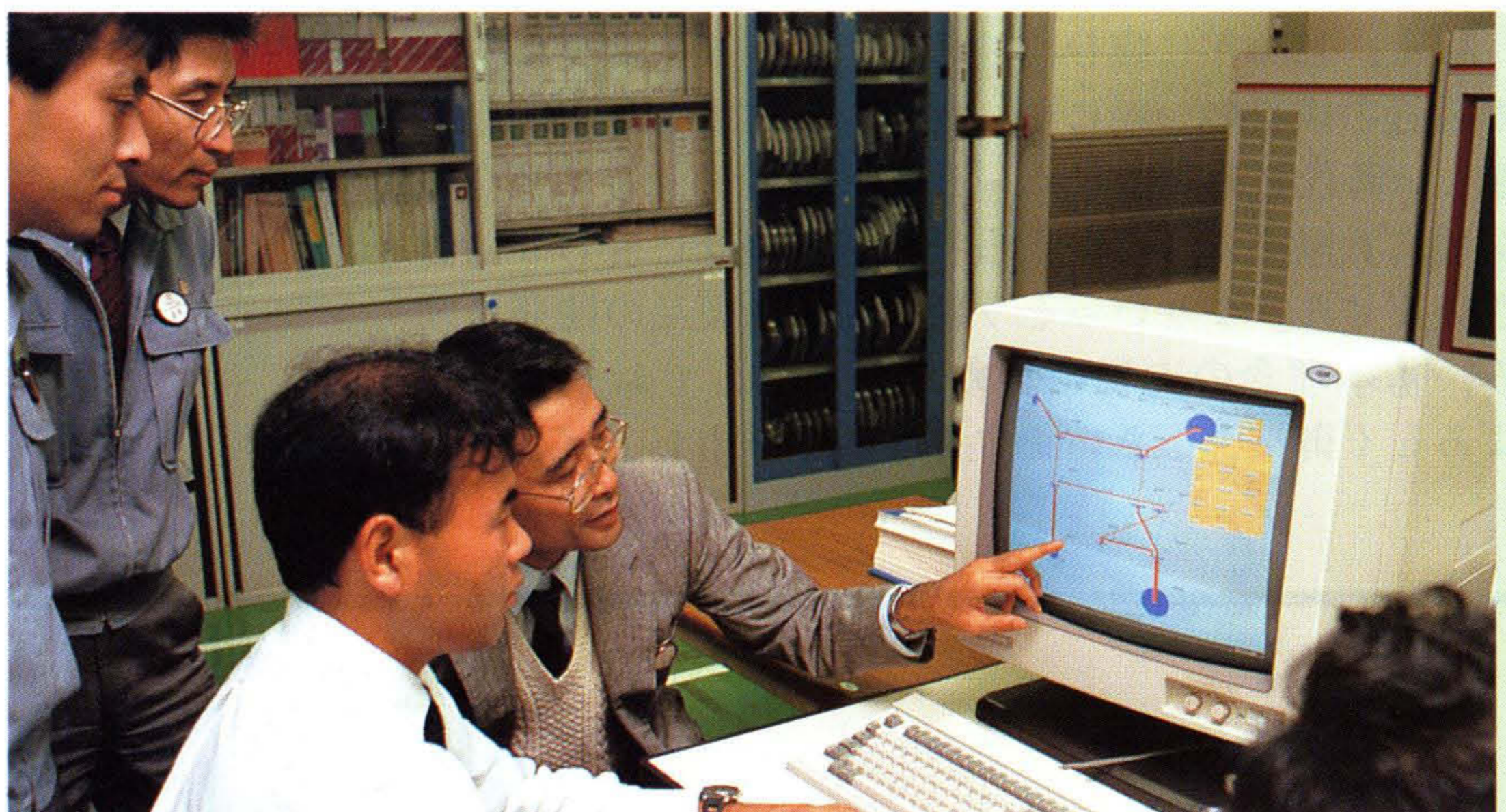
「発電所から一般家庭、工場といった最終需要家に至るまでの送変電系統の中で、事故の発生や設備の更新などによって、系統のふるまいがどのように変化するかを解析する作業を支援するためのシステムである。これまで日立製作所国分工場の保護システム、日立工場の発電機や大みか工場の制御システムの最終評価を担当してきたので、この場合は私たち自身が専門家であるという立場で開発した。入出力インタフェースに工夫を凝らし、解析者の負担を大きく軽減した点に特長がある。」

—今後の課題は。

「産業応用という点では、日本の知識工学は世界の最先端にあり、本年5月には、日立製作所日立研究所を会場に、米国電気電子通信学会及び日本の計測自動制御学会主催の『AIの産業応用ワークショップ』も開催される。更に体制を強化し、各システムのバージョンアップを進めていきたい。」



大みか工場計算制御ソフト第一設計部
丸山主任技師



産業応用では、日本の知識工学は世界の最先端にあると言
う。今日も若いスタッフと研究に余念がない。

21世紀のエネルギー



日立研究所第十一部コーテックセンター
小豆畑主任研究員

エネルギー源に対する需要はコストによって決定される。石炭の現在の地位は必ずしも高いものではないが、21世紀を迎えるころには、原子力に次ぐエネルギー源となるものと予測されており、今のうちから石炭の有効利用技術を開発しておくことが重要である。日立製作所及びバブコック日立株式会社では、こうした観点のもとに、新エネルギー関連の国家プロジェクト機関や電力会社などの各ユーザーと協力しながら、そのための技術開発に取り組んでいる。日立製作所日立研究所第11部コーテックセンターの主任研究員小豆畑 茂工学博士、バブコック日立呉工場火力設計部の幸田文夫副部長の話聞いてみよう。

—現在どのような研究を行っているのか。

「現在及び近い将来を考えたものとしては、石炭火力の運用特性改善技術、排煙処理システムの合理化・高性能化、石炭のハンドリング特性改善のためのCWM (Coal Water Mixture)、流動層ボイラなどの研究を行っている。また、21世紀を考えたものとしては、水素製造、石炭ガス化発電プラントなどの研究がある。」

—現状の改善に役立つ研究成果は。

「石炭はN(窒素)分、S(硫黄)分、灰分が多い燃料なので、燃焼排ガス特性を改善して環境保全を図る必要がある。特に燃焼時に発生する窒素酸化物(NOx)は、燃焼法の改善によって排出量を低減することが可能であり、高い燃焼率を維持しながら低NOx化を達成できる日立-NRバーナを開発した。これは既に事業用ボイラに適用され、NOxの低減と同時に石炭専焼最低負荷の切下げに成功しており、昭和61年度の日本



バブコック日立呉工場火力設計部
幸田副部長

機械学会技術賞を受賞した。」

—62年5月、バブコック日立株式会社呉工場内に大形燃焼試験設備を建設したが。

「石炭火力は中間負荷運用火力と位置づけられており、その運用性を改善するために新しい微粉炭システム及び燃焼技術の開発が望まれている。この大形燃焼試験設備は、実用レベルのボイラに近い状態で燃焼試験を行うことのできる設備で、中間負荷運用に対応した特性把握を可能にするような最新鋭の機能を備えており、実用機の設計や周辺技術の開発に大きく役立つものと期待されている。」

—石炭のハンドリング特性改善というのは。

「石炭は固体であるため、石油・天然ガスに比べて輸送・貯蔵・自然発火・飛散などハンドリングの面での制約を持っている。そこで、石炭をスラリ化することによってこの制約を克服しようというもので、現在特に力を入れているのがCWM(高濃度石炭水スラリ)の実用化研究である。CWMは、石炭と水を7対3の割合で混合し、これに若干の界面活性剤を加えた燃料で、石炭濃度を高め、しかも、流動性と安定性を保つように微粉粒径分布に特殊な工夫を加えたものである。バブコック日立株式会社では、このCWMの製造技術の確立を図るとともに、昭和60年8月から61年10月まで電力会社との共同研究として常磐共同火力株式会社勿来発電所でCWM実用実証試験を行い、大形火力プラント用燃料としての実用性に対する見通しを得た。現在は脱灰システムを組み込んだクリーンCWMの研究開発を推進しており、近い将来の実用化

を目指している。」

—流動層ボイラについては。

「石炭を長期安定して利用するためには、低品位炭の有効利用も必要である。流動層ボイラは、このための対応技術の一つで、電源開発株式会社と共同研究などにより開発を進めてきている。既に20 t/hパイロットプラントでの研究を終え、現在は50 MW規模の本格的実証プラントによる事業用ボイラとしての各種試運転を進めており、今後5年間にわたり広範な炭種試験などを実施することになっている。」

—21世紀への対応は。

「石炭については、NEDO(新エネルギー機構)を中心に石炭利用水素製造技術研究組合、石炭ガス化複合発電技術研究組合が組織され、前者では50 t/dパイロットプラント、後者では200 t/d噴流層石炭ガス化パイロットプラントによる研究が進められている。日立グループもこれに参加しており、水素製造設備及びガスタービン設備の開発などを担当している。これらのプロジェクトを成功に導くよう努力していきたい。」



火力発電所の中間負荷運用化に対応した実験ができる大型燃焼試験設備

新しい鉄道のモデルとして注目される仙台市高速鉄道南北線



仙台市交通局 佐藤 健司

昭和62年7月15日に開業した仙台市高速鉄道(市営地下鉄)南北線には、世界で初めて「ファジィ制御」を実用化したATO(自動列車運転装置)をはじめ、光ファイバケーブルによって有機的に結合された自律分散形の運行管理システム、設備管理システム、事務管理システム、列車運転システム、保守管理システムなど、数々の新技術や高度のシステム技術が駆使されており、都市生活のインフラストラクチャーである地下鉄運営管理の新しいモデルとして注目されている。本地下鉄の計画、建設を推進してきた仙台市交通局の佐藤 健司技監、同高速電車部電気課の柴田賢蔵課長、同高速電車部施設車両課の田代良二技師、及び仙台市交通局と協力してシステムや装置の開発に当たった水戸工場システム設計部の大峽 明主任技師、同工場交通設計部第4設計グループの関野真一の話聞いてみよう。

「この地下鉄はいつごろ計画されたのか。建設の實質的な着工は昭和56年であるが、調査の開始は昭和38年、基本設計は昭和44年。したがって24年越しの宿願ということになる。計画の実現がこのように長引いたのは、地下鉄に対する市民や隣接市町村の期待が大きいため開業区間の調整がつかないことなど様々な障害から、路線の申請が遅れたためである。」

「建設に当たって特に留意した点は。」

「仙台市の都市圏市街地人口は優に100万人を超えるといても、しよせんは地方都市である。中央の地下鉄保有都市のような高い輸送密度はとて期待できない。そこで最初に考えたのが、将来の需要に柔軟に対応できる施設形態を採用することによって、建設費の低減を図ることも重要であるが、それでもカバーし切れない資本費の



仙台市交通局 高速電車部 柴田 賢蔵

重圧を受ける宿命にある地下鉄の経営を、そこそこの健全経営に持って行くために、装置産業化された鉄道とすることによって要員の最小化を図るということである。建設費、運営費の低減と安全性、信頼性の両立を実現するためには、これ以外に方法はないと考えたわけである。また鉄道が、大量の人や貨物を安く、速く、安全に輸送するという他の交通機関にはない優れた特質を持ちながら斜陽化してきたのは、多様化、個性化といった人々の価値観や、社会の生活形態の変化に十分対応できなかったからである。鉄道は巨大な施設であるために、いったん決定した輸送モードをなかなか変更できないという宿命を持つ。そこで、次に考えたのが利便性、快適性を備えた駅構造や列車の乗り心地など良質潤沢なサービスを提供することによって、もう一度鉄道の魅力を再認識してもらおうということ。日立さんにもファジィ制御など数々の新しい技術の開発をお願いした。これからの鉄道は、施設やシステムを作る製造業者、それを使って輸送のためのサービスを提供する鉄道事業者、及び乗客を一体とするシステムでなければならず、その理想に一步



仙台市交通局 高速電車部 施設車両課 田代 良二

近づいたのが私どもの地下鉄であると考えている。」

「要員の最小化ということは、どの程度実現されているのか。」

「鉄道の要員は、それぞれの鉄道での乗客密度によって変わってくるので、一概に決定することはできないが、地下鉄の場合、キロメートル当たり50人以上は必要だというのが従来の常識となっていた。仙台の場合は、現在キロメートル当たり23人弱で運営しており、ほぼ当初計画したとおりの要員の最小化を実現している。この場合、サービスの質を落としたのではなにもならないが、安全性、利便性の面でも従来の水準を上回るものとなっている。」

「ファジィ制御を世界で最初に実用化した交通機関ということで評判になっているが。」

「これは、単に新しい技術を最初に実用化したということだけでなく、快適な乗り心地や正確な停止精度など、それによってサービスの質を大きく高めたことが評価されたものである。要員の最小化を図るため、当初からワンマン運転ということで計画を進めていたが、従来のATOで使われてい



運転台のある車両はその分だけ長く設計されており、どの車両も全く同じ座席配置となっている。車両連結部はオープン式で、見通しも良い。



水戸工場システム設計部
大峡主任技師

るPID(比列・積分・微分)制御では、電流値の変化のギゴちなさなど、まだまだ不満な点があるので、これを上回るものを用いることで、新しいシステムの開発をお願いした。」

「日立製作所でも、システム開発研究所でファジィ制御の研究を進めていたところで、タイミングもよかった。PID制御は、目標速度パターンに対する速度偏差に比例した力行・ブレーキ指令を出力するものであるが、今度仙台で実用化した制御方式は、予測される制御結果が最も望ましいと評価された制御指令を選択する方式で、この評価内容の表現にファジィ理論を使っている。日立製作所ではこれを予見ファジィ制御方式と呼んでいる。制御規則に人間の経験を取り入れ、100ms間隔で演算処理を行いながら、時々刻々の制御指令を決定していくので、よりベテラン運転士の運転に近い自動運転ができるわけである。」

—現地での調整は。

昭和60年3月の試作車両搬入以来、車両製作と地上設備工事の進行状況に合わせて、試験を行った。新しいシステムなので、当初は若干不安もあったが、本線試運転開始後1箇月の調整で、乗り心地、停止精度、消費電力と、すべての点でスペックどおりの性能が得られ、開業への自信を深めた。開業後利用者からは、大変すばらしい乗りごちと喜んでいただいている。」

—運転士さんたちの評価は。

「ほとんどの人がその性能に満足している。運転技術を維持するため、10~15時の間は手動運転を行っているが、利用客が多い時間帯にはATO運転を行っており、非常に高い信頼をよせている。」

—光空間伝送によって、運転席の画像モニタにホームの映像を送る対列車画像伝送装置を採用しているが。

「これも世界で初めて実用化した。ホームの状況は運転士が最も神経を使うところ



同工場交通設計部第四設計グループ
関野部員

で、利用客の乗り降りを確認できないとドアを閉めることができない。運転席にしながらホームの状況を確認できるこの装置によって、そうした悩みを一挙に解消しているわけで、安全で信頼性の高いワンマン運転を実現する上で欠くことのできない装置である。なお、仙台市地下鉄の1000系車両の運転席は右側となっている。安全性と建設費の低減を考え、16駅すべてのホームを直線・島式に統一しているからで、これも大きな特長の一つである。」

「この対列車画像伝送装置は、CCD(固体撮像素子)の映像信号を光(近赤外線)に載せて送る装置である。55年から57年にかけて研究を行い、原理的に実現できる見通しを得たが、そこからがまたたいへんで、具体的な装置としてまとめるまでにはいろいろと苦労が多かった。本装置のいちばん大きな特長は、画像モニタが運転席にあるので、列車が移動しているときでもドアやホームの状況を監視できるということである。従来はホームに画像モニタがあるので、出発と同時に分からなくなってしまう。その意味で、従来とは発想の異なる画期的な装置とっていいだろう。」

—鉄道トータルシステムとしての特長は。

「予見ファジィ制御と光空間伝送については先に述べたとおりだが、もう一つの特長は、変電所機器を制御する変電所遠隔制

御装置、駅電気室、券売機、自動改札機などを管理制御する駅管理制御装置、案内表示や案内放送、列車とのデータ伝送などを制御する駅運行制御装置といったように、制御対象となるものの近くにマイクロコンピュータを組み込んだ制御装置を分散配置し、それらの装置と中央の大形制御用計算機HIDIC V90/30とを結んで、情報集中・処理分散形のシステム構築としたことである。運行管理システムの分散処理は、過去にも幾つかの交通機関で実施した経験があるが、設備管理システムまで分散処理としたのは仙台市の地下鉄が初めてである。その意味で全く新しいタイプの鉄道トータルシステムとっていいであろう。」

—今後の課題は。

「車両制御の面でも知識処理の導入を図ることができた。利用客に好まれるシステムの開発によって、鉄道の持つ魅力をより高めていきたいと考えている。」

「仙台市交通局の御指導によって、新しい鉄道のモデルとなるシステムを構築することができた。分散処理は時代の必然で、今後ますます広がっていくものと思う。情報処理の仕方に工夫を凝らし、システムのレベルを高めるよう努力していきたい。」



富沢車庫の総合指令センター。設備管理と運行管理を効率よく一室に収容した監視パネ
ル上部に配置されたモニタテレビジョン18台
が各駅の運行状況を刻々と伝える

機械研究所における静音化技術の開発とその適用例



機械研究所第一部
藤田主任研究員

快適な居住空間や作業空間への関心が高まるにつれて、そこに設置される機器類の静音化がますます重要な課題となってきた。低騒音を商品化のコンセプトとした全自動洗濯機「静御前」の成功が明らかにそのことを裏書きしている。以下に、日立製作所での静音化研究の一端を紹介する。日立製作所機械研究所第1部の主任研究員藤田 肇工学博士、第4部の田中基八郎主任研究員は、次のように語っている。

—日立製作所機械研究所での静音化研究の歩みは。

「騒音規制法が制定された昭和40年代の初めから音響、振動、流体などの研究を行っている。最初は、発電プラントなどの防音対策が主体であったが、家電品の普及とともに掃除機、洗濯機、エアコンなどの低騒音化に取り組むようになった。更にOA化の進展によって、コンピュータの冷却ファンやプリンタ、ファクシミリなどの静音化も重要な研究課題となっている。」

—各工場との関係は。

「製品化には、小形・軽量化、低価格化、高性能化などといった要求が出されるが、これらの要求には、一般に低騒音化とは相反する要素が多い。そこで、開発段階から騒音の予測を行って、騒音対策の効果、技術的難易度、コスト、開発期間などを検討し、その最適化を図らなければならない。また、試作品に関する騒音の計測解析も必要である。工場からの依頼によって以上のようなことを行うとともに、そのために必要なツールや技法を開発するのが、当研究所の役割である。」

—騒音の予測とは。

「音場のシミュレーションを行う技術で、



同研究所第四部
田中主任研究員

これには音の伝搬をエネルギーとして扱う方法と波動として扱う方法の二つがある。前者は、音場や音源の大きさが取り扱う音の波長よりも大きい場合の予測に適した方法で、HICONT2というプログラムを開発して、発電所のような大形プラントの敷地や建屋内の騒音予測に適用している。後者は、家電品やOA機器など音源と音の波長が同程度の場合の予測に適した方法で、HISORP-A、HISORP-B、HISORP-Fという三つのサブプログラムを開発して、目的に応じた使い分けをしている。Aは解析解法、Bは境界要素法、Fは有限要素法によるプログラムである。」

—騒音の計測方法は。

「従来は、騒音計を使って機器周辺の音圧レベルの分布を測定する方法が主であったが、機器に近接した領域では、音波が複雑に干渉するため、音の伝搬現象を十分とらえることができなかった。これに代わって使われるようになったのが、音響インテンシティ法、音響ホログラフィ法という二つの方法で、前者は音のエネルギーの流れを、

後者は音源像を可視化することができる。当所が開発したHISORP-Mは、この両者を組み合わせたシステムで、より高精度な音源探査が可能になった。このほか、現場での使用に適したポータブル形の2次元音場可視化装置も開発している。」

—いつでも気がねなく使える洗濯機として「静御前」が評判になっているが。

「成功の第一は、商品化の目標を低静音に絞ったことである。第二は、以上の音響解析技術だけでなく、有限要素法解析、モーダル解析といった振動解析の技術を駆使して、振動の原因となる要素を一つ一つつぶしていったことである。当所には、振動制御については、高速回転する磁気ディスク上にヘッドを1 μ m以下の微小間げき(隙)浮上させ、 μ mオーダーで位置決めする技術がある。その基本となるのが自然界の法則、力の流れにさからってはいけないということで、その考え方に基づいて外枠の高剛性化、接合部分の避共振、電動機部分の電磁加振力の低減などを行い、低騒音化の目標を達成をすることができた。」

—今後の課題は。

「当所で開発した静音化技術は、日立製作所日立工場、日立製作所多賀工場など20事業所で組織している材強振動部会騒音分科会を通じて、各工場設計部門への転移を図っているが、なおいっそうこうした活動を強めていきたい。また、高速化、可変速化に対応する技術や、音質を考慮した静音化技術、より迅速な実験手法の開発なども積極的に進めていきたい。」



機械研究所で開発された現場で手軽に使えるポータブル形
二次元音場可視化装置

シングルプロセッサで世界最高速の性能を持つスーパーコンピュータ“HITAC S-820”



神奈川工場開発部
河辺主任技師

日立製作所は、昭和58年からスーパーコンピュータ HITAC S-810 を発売してきたが、同62年7月から新たにS-820の発売を開始した。最大で3 GFLOPS(1秒間で30億回の浮動小数点演算を実行できる。)と従来のS-810の3倍の高速性能を持つスーパーコンピュータである。私たちは早速神奈川工場を訪ねて、S-820の話聞いた。同工場開発部の河辺 峻主任技師、ソフトウェア工場言語プログラム部の高貫隆司主任技師は、次のように語っている。

—S-820の最大の特長は。

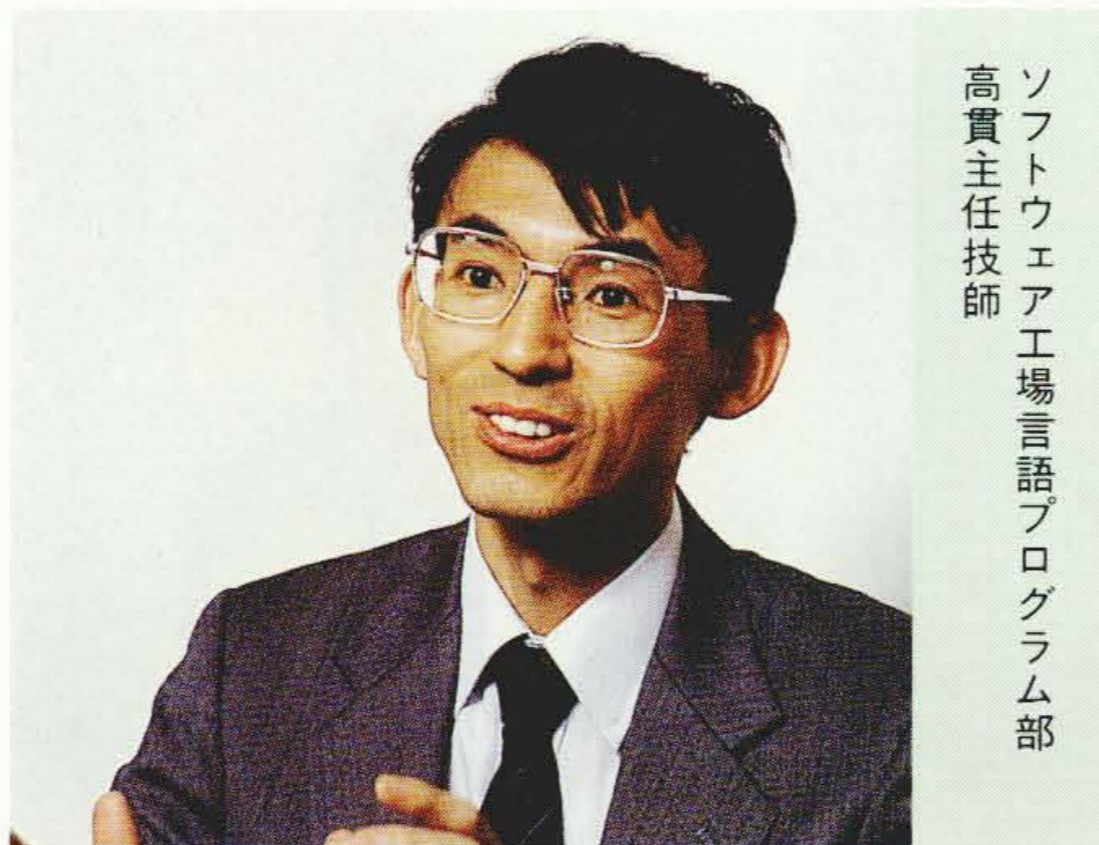
「シングルプロセッサとしては世界最高速のスーパーコンピュータであるということである。米国のCDC社が10 GFLOPSのスーパーコンピュータを開発したと発表しているが、これは8台のプロセッサをつないだマルチプロセッサタイプである。プロセッサ当たりの速度は当社のほうが遙かに速い。」

—マルチプロセッサとシングルプロセッサの違いは。

「マルチプロセッサの技術は、将来的にはたいへん重要であるが、現時点ではまだ枯れた技術にはなっていない。あるジョブを実行させる場合は、プログラムを分割して走らせなければならない、扱いが複雑であるばかりでなく、なかなか計算どおりの結果が出ない。シングルプロセッサの場合はそうした心配がなく、速度が同じだとしたら、ジョブのパフォーマンスは、間違いなくシングルプロセッサのほうが上である。」

—世界最高速の性能をどうやって実現したのか。

「ハードウェアの面では、過去の技術の蓄積の上に立って、並列パイプライン制御による4 ns(1 nsは10億分の1秒)の超高速



ソフトウェア工場言語プログラム部
高貫主任技師

ベクトル演算を実現したことが大きい。そのために、1チップの中に約7kビット、アクセス時間2.5 nsの高速メモリ素子と2,500ゲートの論理素子を持つ特別なLSIを新たに開発した。デバイス開発センタの1μmバイポーラテクノロジーによるもので、私どもは、これを超高速ベクトルレジスタ用LSIと呼んでいる。このほか論理回路には、チップ当たり2,000/5,000ゲート、遅延時間200/250 ps(1 psは1兆分の1秒)の超高速論理用ECL LSIが全面的に使われている。また、ベクトル演算の高速処理を支える主記憶装置では、日立独自のBiCMOSの技術による高速、高集積のスタティックメモリ素子をセラミック基板の両面に12個実装したハイブリッドモジュールを開発し、最大512 Mバイトの主記憶容量を実現している。BiCMOSは高速性と低消費電力を同時に満たす技術で、主記憶装置のメモリ素子にBiCMOSを使ったのも、恐らく世界で初めてのことである。」

「S-820のプロセッサは、命令プロセッサ、主記憶装置、拡張記憶装置、入出力プロセッサ、サービスプロセッサという五つの装置で構成されている。このうちの拡張記憶装置は、当社がS-810で開発した技術で、今度のS-820では、1 Mビットのダイナミックメモリ素子を使って最大12 Gバイトと更に大容量化を実現している。ソフトウェアの面では磁気

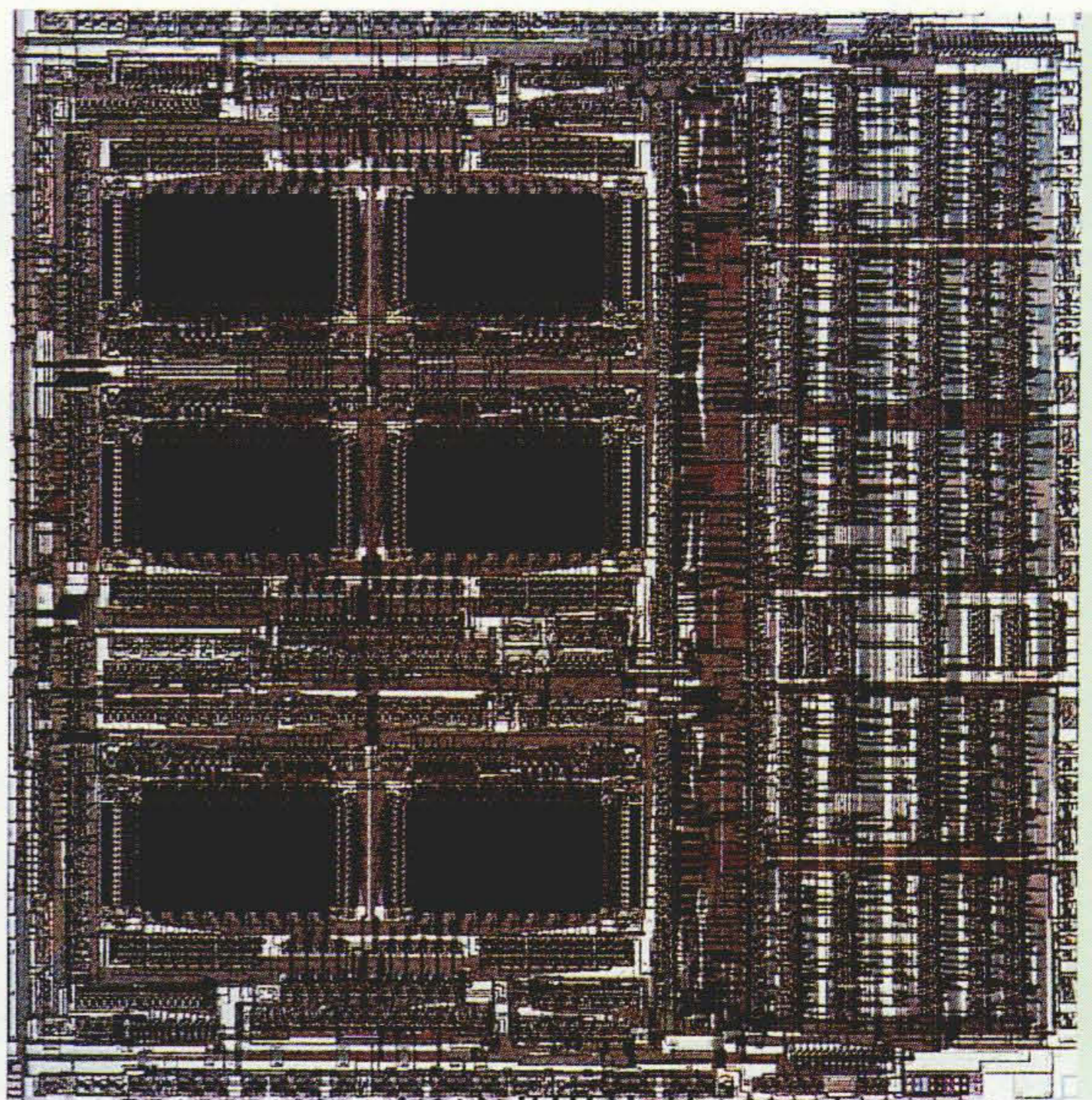
ディスクと同じ働きをする装置で、磁気ディスクのような物理的に速度の制約がないので、データの入出力に要する時間が大幅に短縮され、より高速な科学技術計算が可能になった。」

—ソフトウェアの面での開発は。

「スーパーコンピュータの核となるOS(オペレーティングシステム)は、はん(汎)用大形プロセッサと共通のVOS3で、その上にスーパーコンピュータの部分を動かすVOS3/HAPというOSが乗っている。今回主に手を加えたのは、このVOS3/HAPの部分で、アドレス空間の拡大、ユーザーがFORTRANで書いたプログラムを機械語に翻訳するための自動ベクトル化機能の充実、あるいはユーザーのプログラム開発を支援するソフトウェアの充実などによって、ユーザーにとってより使いやすいスーパーコンピュータとなっている。」

—今後の課題は。

「計算物理、数値シミュレーションといった言葉が聞かれるように、科学技術の進展とともにスーパーコンピュータの利用はますます大きな広がりを見せてきた。ハード、ソフトの両面からより高いレベルへの挑戦を進めていきたい。」



世界最高速を実現した超高速ベクトルレジスタ用LSI

翻訳の質と使いやすさを追求した翻訳環境を提供する日立機械翻訳システム“HICATS”



システム開発研究所第五部
河崎主任研究員



同研究所第五部
梶研究員



ソフトウェア工場AIプログラム部
吉村主任技師

国際化の進展とともに、日本語と他国語間の言葉の壁をどのように克服するかが重要な課題となっている。コンピュータの知識処理技術を生かした機械翻訳も、そうした問題解決への大きなアプローチの一つで、実用システムの早期開発が強く望まれている。日立製作所が昭和61年5月に販売を開始し、62年9月に製品シリーズを充実させた日立機械翻訳システムHICATS (Hitachi Computer Aided Translation System)は、こうした社会の要望にこたえるものである。これは人間による支援を前提とした機械翻訳機能と、翻訳者を支援する機能の統合を実現したものとして注目されている。システム開発研究所第五部の理学博士河崎善司郎主任研究員、梶博行研究員、ソフトウェア工場AIプログラム部の吉村紀久雄主任技師に、そのねらい、特長などを聞いてみよう。

一人間が支援する機械翻訳と翻訳者の支援とはどう違うか。

「翻訳というのは、たいへん知的な作業で、現在の技術レベルではそのすべてを機械任せにすることはできない。Mシリーズのホストコンピュータを使って行う日英翻訳システムHICATS/JE、及び英日翻訳システムHICATS/EJは、機械による翻訳を主体とする。しかし、翻訳の質を高めるためには、どうしても前編集、後編集といった人間の援助が必要になる。このように人間の支援によって機械翻訳の質と効率を高めるのが人間が支援する機械翻訳である。一方、翻訳者の支援とは、人が翻訳するときに、コンピュータが電子辞書や文書作成・編集機能を提供することである。このために、クリエイティブワークステーシ

ョン2050による分散形翻訳支援システムHICATS/WSを用意している。」

「日本語と英語のように、構造が大きく異なるHICATS JE/EJによる翻訳の仕組みは、言語間の翻訳には原文を一度中間表現に直した上で変換しなければならない。日英の場合は、まず文節係り受け構造と格関係の解析によって、概念依存構造を表現する日本文中間表現を作り、それを更に英語的発想に基づいた構造へと変換した上で、辞書、文法規則を参照しながら英文を生成する。英日の方は、まず句構造を重視した英文中間表現を作り、それを更に格構造を重視した日本文中間表現に変換した上で日本文を生成する。特にHICATS/EJは、単語間の共起関係に関する知識を利用して、訳文の精度を高めている点に特色がある。」

—単語間の共起関係とは。

「単語には、構文的にも意味的にも様々な用法があり、同じ単語でも、文中の他の単語との関係によってその意味がいろいろと変化する。そこで、単語や単語が持つ属性の同時出現性を知識として蓄積しておき、

英文を中間表現に変換する際の構文的多義の解消及び文章構造の変換や訳語決定の際の多義の解消に役立っているわけである。共起関係を利用した実験システムの例はあるが、5万語の基本辞書を持つ実用システムでの利用は当社が初めてである。」

—HICATS/WSの特長は。

「ホストコンピュータと有機的に結び付いたクリエイティブワークステーション2050の機能を生かして翻訳作業を強力に支援するもので、(1) 翻訳のあらゆるフェーズでの編集作業を行う二箇国語エディタ、(2) 例文、用法、連語など、豊富な内容を持つ日英、英日電子辞書、(3) 2050シリーズの文書作成ソフトであるOFIS/REPORT-EVによる原文の入力や翻訳結果の出力、(4) マウス中心のワンタッチ操作など多彩な機能を備えている。」

—その他の特長は。

「機械翻訳システムは、システムを提供すれば、それで完成というものではない。分野別の調整やユーザー辞書の作成など、たえず機能の充実を図っていかねばならない。文法記述言語の開発はそのためのものなので、日英、英日とも翻訳用文法規則を記述しやすい言語を備え、システムの保守性、拡張性を高めている。箱根の機械翻訳サミット、ジュネーブのテレコム'87と、HICATSに対する内外の評価はたいへん高い。更に実用性を高めて、これらの期待にこたえていきたい。」



'87電気通信関係の世界最大規模の展示会であるテレコムに出展。注目を浴びた機械翻訳システム。

新しいOA機器としての広がりを見せる光ディスクファイルシステム“HITFILE 650”



小田原工場
入出力機設計部
内山部長



情報事業本部
コンピュータ事業部
技術本部
第二技術部
増木主任技師



同事業本部
コンピュータ事業部
技術本部
第二技術部
木村主任

早くからオフィスでの文書ファイルの本命として期待されながら、なかなか普及の進まなかった光ディスクファイルの市場が、昭和62年を境として急速な立ち上がりを見せるようになってきた。小形・低価格で使い勝手の良いHITFILE 650シリーズなどの登場によって、光ディスクファイルに対するユーザーの見方や考え方が大きく変わってきたからである。HITFILE 650シリーズ開発のねらいや特長などを関係者から話を聞いてみよう。小田原工場入出力機設計部の内山 元部長、情報事業本部コンピュータ事業部技術本部第二技術部の増木幾好主任技師、木村 勇主任は、次のように語っている。

—HITFILE 650シリーズ開発のねらいは。

「日本事務機械工業会の調査によると、価格が高い、ファイリングシステムが未確立というのが、光ディスクファイルを導入しない理由の1、2位となっていた。当初は約1,500万円と価格が高かったほか、登録・検索の仕方が難しく、よほどファイリングの体系がしっかりしたところでない、光ディスクファイルの良さを十分生かし切れないという問題点があった。これではとても大きな普及は望めない、HITFILE 650シリーズの開発に当たっては、OA機器と同じような感覚で使えるように小形・低価格とすること、ファイリングの規模に応じて選択できるようにシステムをシリーズ化すること、登録・検索などの使い勝手を改善すること、ホストコンピュータとの接続やLANの構築などを可能とする拡張性のあるシステムとすること、などに重点を置いた。

—具体的には。

「5インチ光ディスクを採用してA4判構成での卓上形を実現した。このモデルは価格も398万円という低価格で、需要の喚起に大きく役立っている。このほか5インチA3モデルが580万円、12インチモデルが980万円と、これまでの光ディスクファイルの概念を破るような価格を設定している。」

—使い勝手の面では。

『我々は、「なんでもファイル」、「きちんとファイル」、「たくさんファイル」といった呼び方をしているが、お使いになる人の状況に応じて、どのような使い方もできるようにした。「なんでもファイル」というのは、文書名なし登録、キーワード羅列、登録日付自動付与などの機能を生かして手軽に登録し、高速ページめくり、フリーキーワード検索、登録時期による検索などの機能で容易に検索することを指している。この場合は、ファイリングシステムのことでも頭を悩ます必要は全くない。次の「きちんとファイル」というのは、階層構造の設定など、ファイリングシステムの体系の整ったところで使うやり方で、それに応じた登

録・検索の仕組みを用意している。最後の「たくさんファイル」というのは、大量の文書を速く登録し、便利に検索するための仕掛けを指すもので、登録には搬送形両面スキャナ、検索には高速検索機構などが用意されている。また、ホストコンピュータと接続して、ホスト側の検索機能を利用することも可能となっている。特に高速ページめくり、搬送形両面スキャナは、全く他に例を見ない機能で、高速ページめくりは1枚0.5秒と従来の $\frac{1}{4}$ から $\frac{1}{5}$ の高速性を実現している。また、搬送形両面スキャナもA4判1枚の走査時間が約2秒で、大量の文書をスピーディに登録できるようになっている。』

—こうした機能、技術はどうやって開発したのか。

「開発段階から中央研究所、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の3研究所に要素技術の開発を依頼しており、そこで得たハード、ソフト両面にわたる技術を駆使して、以上のような機能、低価格を実現したものである。」

—市場での反響は。

「おかげでたいへんいい。企業での使われ方も、従来の図面、技術資料のファイルから一般文書のファイルへと広がってきた。また、寺院、裁判所、予備校、新聞社、雑誌社、映画会社などユーザーのすそ野も広がってきた。情報活用のほか地価の高騰でスペースセービングといったことへの関心も高くなっているので、ユーザーへのコンサルティング機能なども強めながら、更に利用の輪を広げていきたいと考えている。」



新しいOA機器として期待される光ディスクファイルシステムHITFILE 650

デスクトップパブリッシング時代に対応する“WordPal SUPER1000”の開発



マイクロエレクトロニクス機器開発研究所
第一部 中根主任研究員

デスクトップパブリッシングという言葉が聞かれるように、OA化の進展とともにより高度の機能、操作性及び高い印字品質を備えた日本語ワードプロセッサへの要求が高まっている。単なる文章の作成だけでなく、文章、図形、グラフ、表、イメージなどを自由に組み合わせた統合文書を作成したいという要求、更には各種企画書、技術資料、社内報などを自らの手でスピーディに、しかも美しく編集し、プリントアウトしたいという要求である。日立製作所が開発した“WordPal SUPER1000”は、こうした要求にこたえたもので、コストパフォーマンスの高い統合形日本語ワードプロセッサとして市場の注目を集めている。本製品の開発を担当したマイクロエレクトロニクス機器開発研究所第1部の中根啓一主任研究員、多賀工場ソフトウェア設計部の川瀬正紀主任技師の話を紹介しよう。

—SUPER1000開発のねらいは。

「最近、どのオフィスでもワードプロセッサによる文書の作成が定着しており、ワードプロセッサによる図形やグラフの作成も可能になった。しかし、統合文書を作成する場合は、本文、図形、グラフなど個別に編集、印刷したものをはさみとのりで切り貼りしなければならず、たいへん厄介である。そこで、こうした手作業を省き、1台のワードプロセッサの中で、個別の要素となるものの編集から全体のレイアウトまで、一貫して処理できるものということで開発した。オフィスでの文書作成の状況やワードプロセッサ機能に対するユーザーの要望を徹底的に追求した結果生まれたものである。」



多賀工場ソフトウェア設計部
川瀬主任技師

—SUPER1000の特長は。

「いま述べたような統合文書処理を可能にしたことと、そうした処理をだれにでもできるようにするために、最大8画面までのマルチウインドウ、アイコン、メニューの表示とマウスによる指示を可能にした操作体系を開発し、全体の操作性を大きく高めたことである。」

—どういふことから、そうした操作体系が生まれてきたのか。

「文書がどのように構成され、どのような構造になっているかを考えたことから生まれた。つまり、文書は幾つかの章によって構成されている。そして、その章はまたいくつかのページによって構成され、そのページは更に本文、図形、グラフなどの各要素を入れるための領域によって構成されていると考え、どうすれば、そうした構成を無理なく実現できるかを考えたわけである。特に目新しいことではなく、ごく当たり前のことであるが、従来のワードプロセッサには、そうした当たり前のことを実現するだけの技術がなかった。」

—そのことを実現するために、どのような

新技術が使われているのか。

「ソフトウェアの面では、入出力ドライバ、基本OS、サブOS、システムタスク、アプリケーションプログラムの5層から成る階層構造を採用することで実現した。サブOSは、各アプリケーションプログラムに共通なマルチウインドウ、表示、印刷、仮名漢字変換入力などの機能をOSの一部として実現したものである。システムタスクというのは、主メモリと固定ディスクの間でのプログラムやデータの授受などを制御するものである。アプリケーションプログラムは、本文、囲み、図形、グラフ、表、イメージなどを編集するための統合文書作成プログラムである。こうした階層構造の採用によって、ソフトウェアの生産性も大きく向上することとなった。また、ハードウェアの面では、CPUを編集用プロセッサと表示制御プロセッサの二つに分けて、処理性能の向上を図った。」

—デスクトップパブリッシングへの対応は。

「イメージスキャナ、高品質の印字を可能にするレーザプリンタとの組み合わせなど、用途に合わせて自由にシステムアップできる構成となっている。本格的な印刷機の版下とするまでには至っていないが、技術資料や社内報の社内作成といったニーズには十分対応できる。文字フォントの拡充など更に改善を図って、こうした方面の期待にこたえていきたい。また、文書作成の知的支援機能についても、なおいっそうの強化を図っていく考えである。」



WordPal SUPER1000
デスクトップパブリッシングに対応する

日立製作所デザイン研究所の文字図記号開発センターと文字フォントの開発



デザイン研究所文字図記号開発センター 中田 センタ長

文字は、人間にとって欠くことのできない情報伝達の手段である。活字、写植文字の歴史が、より読みやすく美しい文字への追及であったように、パーソナルコンピュータ、ワードプロセッサ、はん(汎)用コンピュータなどの周辺機器の普及が進むにつれて、これらの出力文字についてもより高品質な文字が求められるようになってきた。日立製作所デザイン研究所文字図記号開発センターが開発した日立製作所の文字フォントは、こうした時代のニーズにこたえたもので、日立製作所及び系列会社のプリンタや、データ端末などに搭載されている。そのほか武蔵工場で作成しているマスクROMとして製品化され、日立製作所はもちろん、他の多くのメーカーの製品にも使われ、情報化社会の発展を支えている。文字を「先行性のある知的財産」としてとらえ、早くからその開発を進めてきたからである。日立製作所デザイン研究所の文字図記号開発センターの中田 光センタ長、同センター開発グループの坂本 達チーフスペシャリストは、これらの文字フォントの開発について次のように語っている。

一本格的な開発に着手したのは。

昭和55年、ワードプロセッサ用の文字が最初である。文字の開発には膨大な手数がかかる。各事業所が個別に開発したのでは、人の面でも費用の面でもむだが多い。日立として文字の一貫性と品位を保つためにも、標準化を図る必要があるということで、昭和56年12月、情報機器関連11事業所による、漢字フォント全社標準化委員会が設立され、その共同依頼を受ける形で各サイズの文字開発が進められた。文字図記号開発センターは、こうした活動を受けて昭和59年8月に設置されたものである。当初の漢字フォント全社標準化委員会も、同時に文字



同研究所文字図記号開発センター 坂本チーフスペシャリスト

図記号開発委員会に改称された。また当初11事業所であった関連事業所も現在は24事業所へと増加している。」

—これまでどれぐらいの文字を開発したのか。

ドット文字は、活字と同じように、24×24ドット、32×32ドットといったドットによる種類のほか、明朝体、ゴシック体のように、書体別の種類をそろえる必要がある。昭和62年3月現在で、明朝体ドット文字12種類9万6,000字、ゴシック体ドット文字13種類10万5,000字など、見直し修正を加えたものを含めて約26万5,000字を開発している。これにはもちろん、漢字、平仮名、片仮名の日本文字のほか、欧文書体の大文字・小文字・数字・記号も含まれている。また、各種類ごとの文字数は約7,500字としている。」

—24×24ドットの文字フォントの開発で一躍その評価を高めたが、そのポイントは。

「ドット文字は、原字をドット分解し、ドットの位置などを修正しながら、自分のイメージする字形へと仕上げていく。デザイナーのセンスが要求されているところで、こうした一字一字のデザインももちろん重要であるが、より大切なのが文章として文字組みしたときの読みやすさである。そこで、第一次デザインを終えた文字を、ディ

スプレイに一括表示して、全体のバランスや濃度をチェックしたり、これらの文字を実際に使われる大きさに印字して、横組み、縦組みの際のバランスや読みやすさなどを検討したりしながら、文字の完成度を高めている。こうした地道な努力が、結果となって表れたものと思う。」

—筆記体フォントの「つれづれぐさ」も評判になっているが。

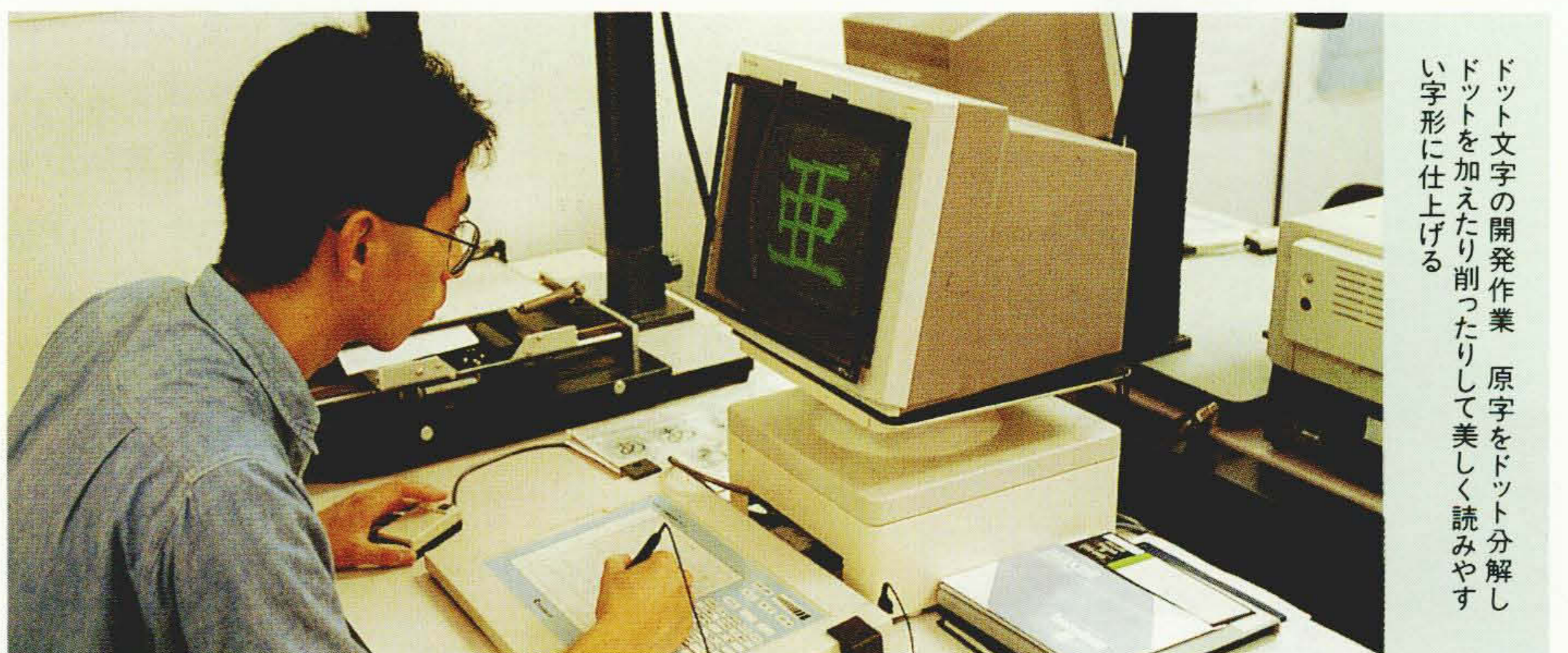
「これは48×48ドットの高ドット文字であるほか、それぞれの文字の視覚的中心をそろえる、字配りの空間を適切にするといったことで、手書きの楽しさ、美しさをそのまま伝えているからである。ここには文字を構成する各ドットに質量を与えて、視覚的中心となる文字の重心を割り出すとか、字配りの空間に静電容量の概念を導入して、それぞれの文字に固有のゴーストサイズを設定するなどの手法が駆使されている。いかにも日立製作所らしい文字づくりといっているであろう。」

—今後の課題は。

「デスクトップパブリッシングや、電子会議システムの高精細画面用などから、より高品位な文字が求められており、高ドットフォントのほか、ベクトルフォントの開発に力を入れていきたい。」

「また、開発効率を高めることも重要で、日立製作所中央研究所と共同でベクトルによるマルチサイズ変形書体の文字生成システムの研究を行っている。」

このほかデザイン研究所は、アイコン(絵文字)、画面デザインなども行っており、文字デザインも、これらとの総合化の方向で、なおいっそう努力して関連各事業所の期待にこたえていきたい。」



ドット文字の開発作業 原字をドット分解しドットを加えたり削ったりして美しく読みやすい字形に仕上げる

高温超電導体に関する日立の研究・開発体制とその成果

昭和61年1月、IBM社チューリッヒ研究所のミューラー、ベドノルツ両博士は、絶対温度35度で超電導現象を示す酸化物系の新しい物質を発見した。両博士は高温超電導体への道を開いた発見で、この功績により1987年のノーベル物理学賞を受賞している。そして62年1月、米国ヒューストン大学のチュー博士らによって絶対温度90度で超電導となるY・Ba・Cuの酸化物(YBa₂Cu₃O_{7-δ})が発見され、「超電導フィーバー」と呼ばれるような高温超電導体に関する研究・開発競争が世界的に展開されることになった。絶対温度90度は冷媒として液体窒素を利用できる温度である。液体窒素は液体ヘリウムの約 $\frac{1}{30}$ と安価であるばかりでなく、資源的にも安定している。こうしたことから高温超電導体の発見によって超電導応用への期待が大きく膨らむことになったのである。ここでは、こうした状況に対する日立製作所の姿勢と最近の研



中央研究所第二部 川辺主管研究員



日立研究所企画室SCプロジェクトリーダー 松田主任研究員

究成果の一端を紹介しておこう。日立製作所中央研究所第2部主管研究員の川辺 潮理学博士、同日立研究所企画室主任研究員・SCプロジェクトリーダーの松田臣平理学博士は、次のように語っている。

—高温超電導体の応用分野としてはどのようなものが考えられるか。

「エレクトロニクスの分野では、コンピュータ用の高速素子、超電導配線、通信・宇宙機器用の極微弱電波検出素子、計測用の超高感度磁束計“SQUID”、医療用のMRI-CT、心磁計・脳磁計“SQUID”などへの応用が考えられる。また、エネルギーの分野では、発電機、回転機、核融合、電力貯蔵、送電線といった電力関連機器のほか、磁気浮上列車、船舶推進、加速機などへの応用が考えられる。」

—日立製作所の研究・開発体制は。

「高温超電導体については、昭和61年3月から中央研究所、日立研究所など6研究所によるプロジェクトがスタートしている。そして、62年8月には、日立化成工業株式会社、日立電線株式会社、日立金属株式会社所属の3研究所もこれに参加し、単に日立製作所だけでなく、日立グループ全体としての研究開発体制が組織されることになった。」

—主な研究開発テーマは。

「新しい高温超電導材料の探索、物性評価及び理論解析、薄膜単結晶化とセラミックスシート、電流高密度化と線材形成の新技术、薄膜素子の開発と超電導機器への適用を図るための要素技術の確立、並びに高温超電導体に関する特許の探索などをテーマとしており、毎月1回全体会議及び各分科会を開催して、プロジェクトの成果を高めている。また、メタル系の超電導については、MHD発電の国家プロジェクトに参加して以来、二十数年の研究蓄積があり、これも高温超電導体研究の立ち上げをスムーズなものとする大きな要因の一つとなっている。」

—国家プロジェクトとの関係は。

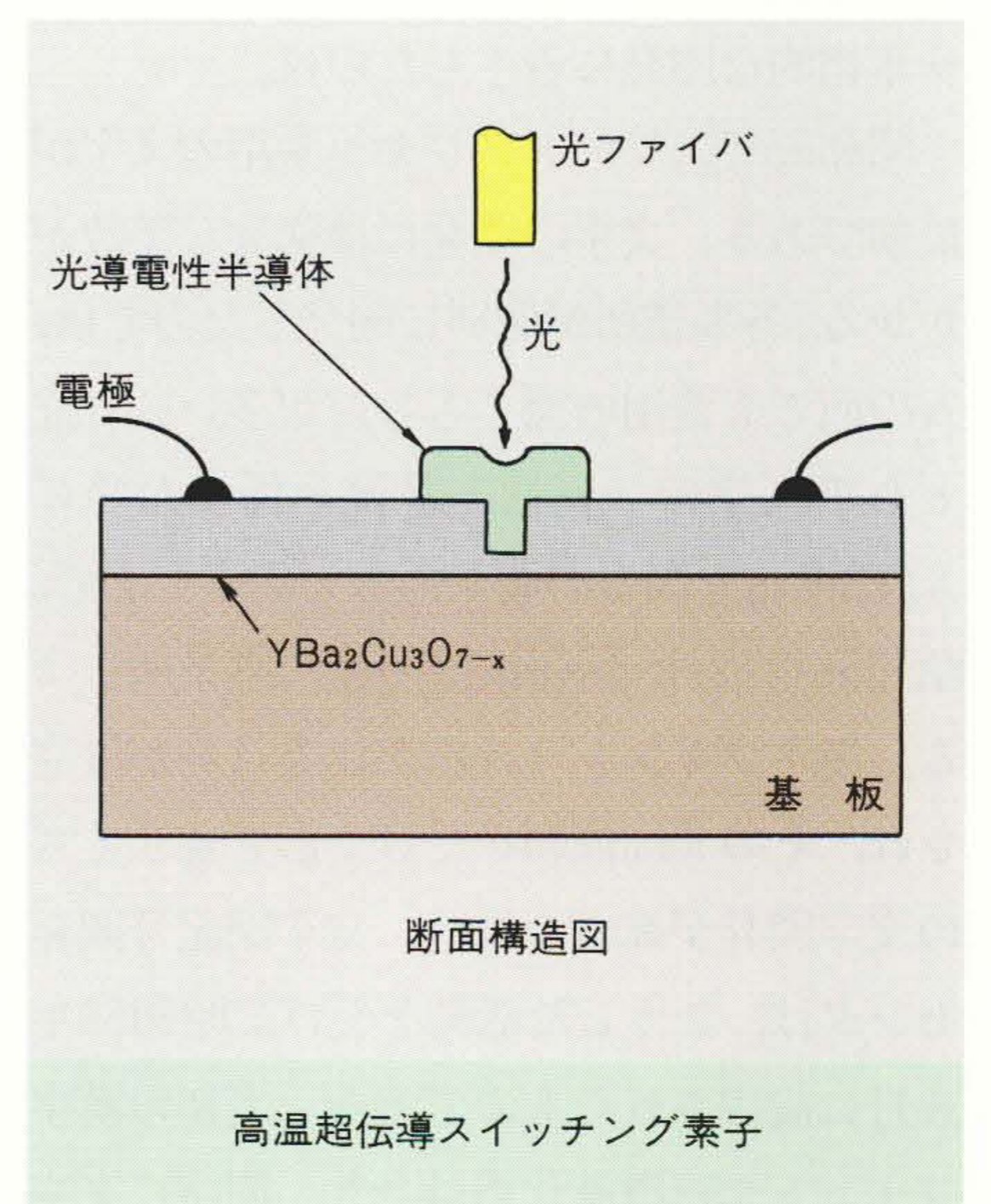
「通商産業省関係では、昭和62年度から超電導発電関連機器・材料技術研究組合がスタートした。「ムーンライト計画」の一環

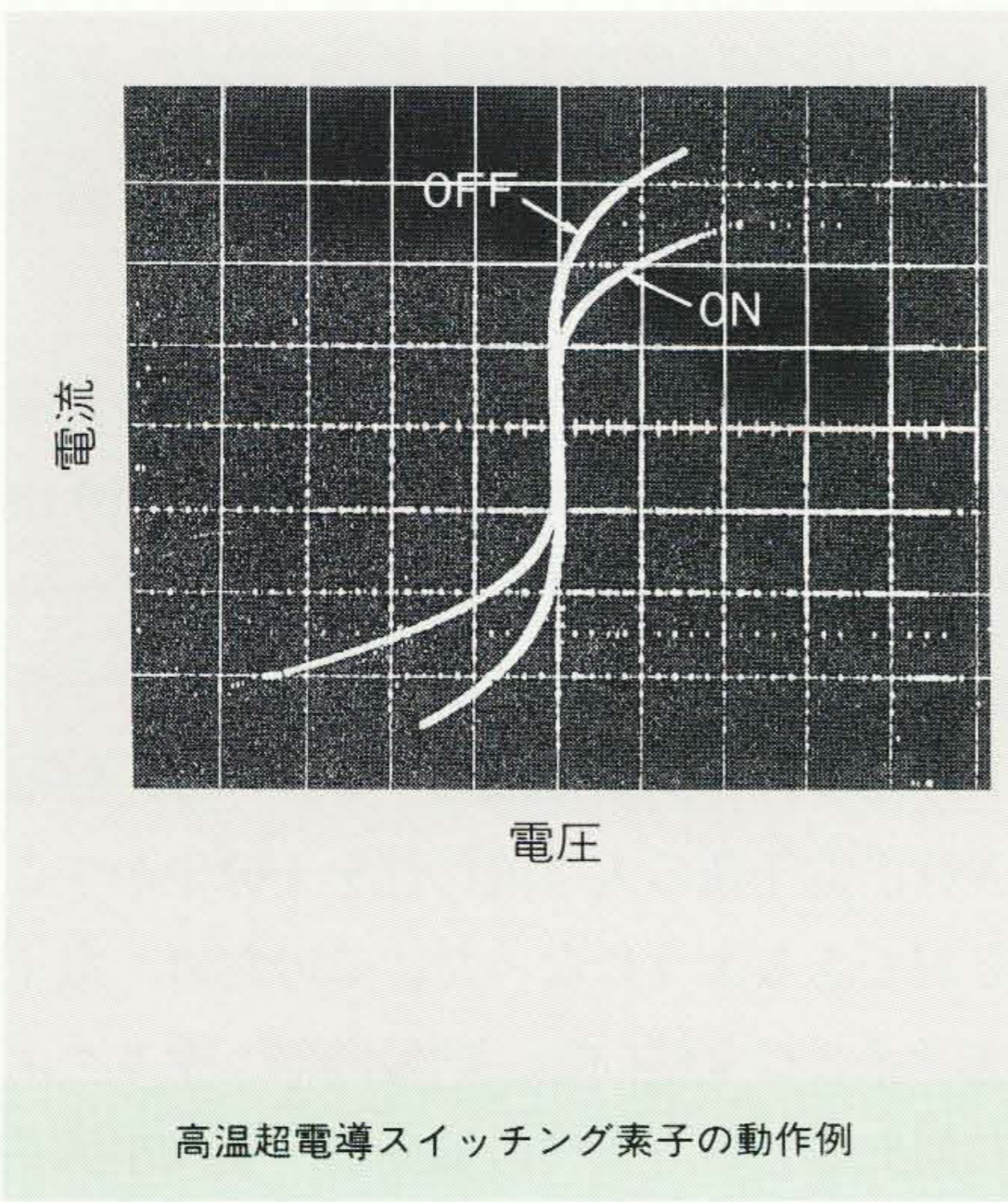
として委託研究を行うわけで、これには日立製作所の日立工場と日立研究所が参加している。また、内外の民間企業による、財団法人国際超電導産業技術センタ及びそれに付属する超電導工学研究所の設置が進められており、これにも日立製作所中央研究所、日立研究所及び日立電線株式会社の参加が決定している。更に、科学技術庁関係の超電導材料研究・コアプロジェクト(産・官・学共同研究)、文部省関係の特別推進研究「高温超電導体の研究」、重点領域研究「超電導発現機構解明」にも日立製作所中央研究所が主体となって参加していく。いま海外から強く求められているのが、人の交流と技術の公開ということで、超電導に関する以上の動きもこうした海外からの要請にこたえたものである。積極的な研究への参加や論文の発表などを通して、更に国際交流の輪を広げていきたい。」

—高温超電導体に関する最近の研究成果は。

「超電導素子関係では、昭和62年5月の「世界ケムローン(Cheical Research Applied to World Needs)会議」で発表した光スイッチング素子の原理実験の成功、62年8月の“ISEC(International Superconducting Electronics Conference)”で発表した超電導セラミックス磁束計の試作の成功がある。」

—光スイッチング素子の原理実験はどのように行ったのか。



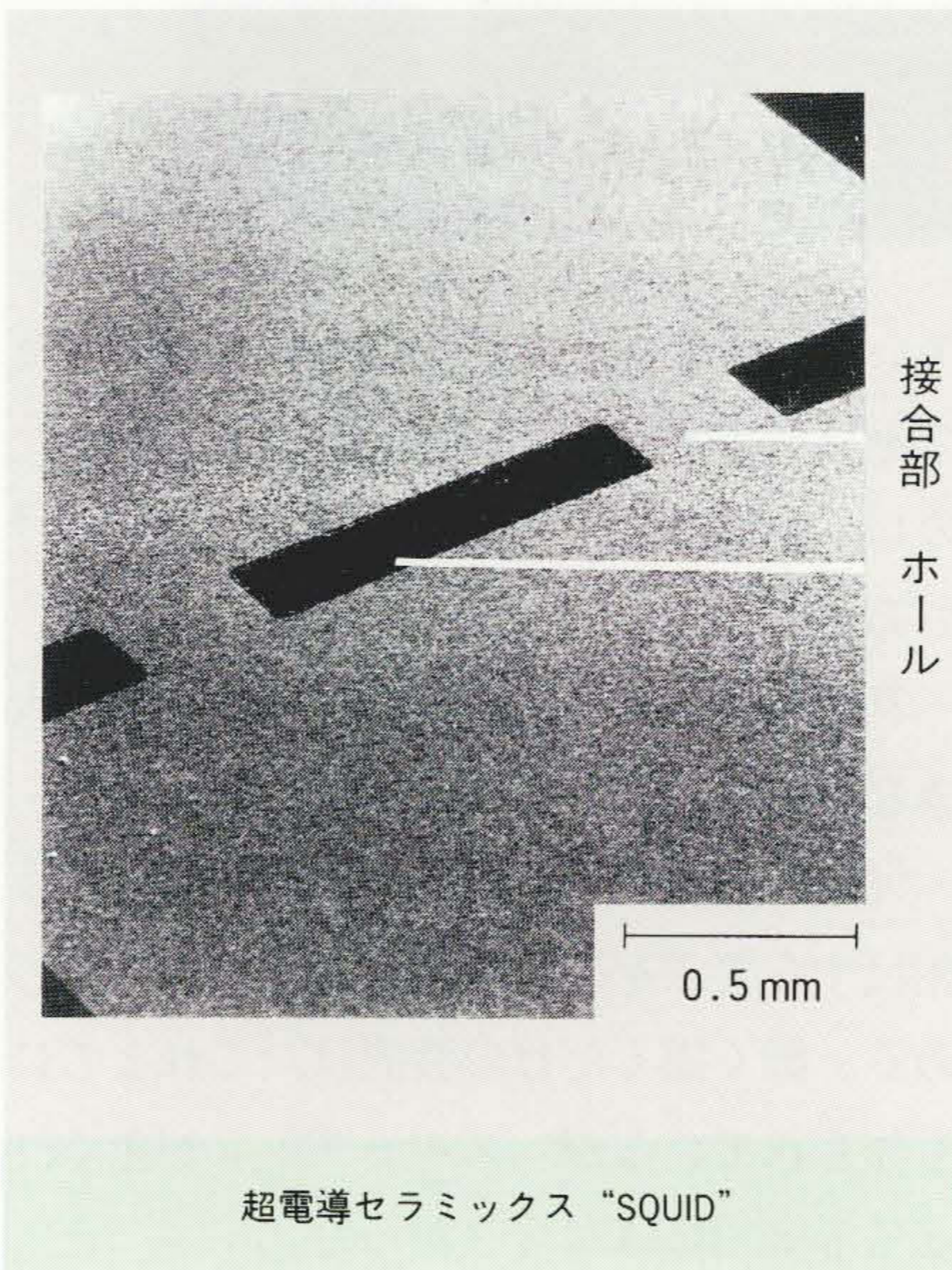


「高周波スパッタ法で、基板の上にY-Ba-Cu系酸化物の超電導薄膜を作った。この薄膜は膜厚が2 μm で、絶対温度85度で電気抵抗が完全にゼロとなり、液体窒素中での最大電流密度は3,000 A/cm²というものである。原理実験を行った光応答スイッチングは、前頁下の図のように、この薄膜の一部にごく浅い溝を設けて、超電導電流を制御するための弱結合部と呼ぶ領域を作ったもの。薄膜の両端に設けた電極を通じて電流を流すと、この弱結合部にもジョセフソン効果によって超電導電流が流れるが、この弱結合の部分に光を照射すると、超電導電子の一部が光のエネルギーを吸収して常電導電子となり、超電導電流が減少することを利用して、光応答スイッチング動作を行うようにしたものである。この素子に波長0.7~0.9 μm の光を照射して実験したところ、予測したとおりのスイッチング動作を行うことが確認できた。また、この弱結合部分を光導電性半導体で覆った場合は、一桁低い光量で動作することも確認できた。これまで、液体窒素中で光に応答する高温超電導スイッチング素子の実験を行った例はなく、世界で初めての原理実験の成功である。超電導技術と光通信技術を結んだ最初のものとして注目された。」

—超電導セラミックス磁束計の試作は。

「超電導磁束計については、幾つかの発表例があるが、Y-Ba-Cu系酸化物の焼結体どうしを押し付けて構成したものは集積化が困難で、再現性に乏しいなどの問題があった。また、超電導セラミックス薄膜にイオン打ち込みで作ることも試みられているが、この場合には出力波形のひずみなど液体窒素中での動作に問題があった。日立製

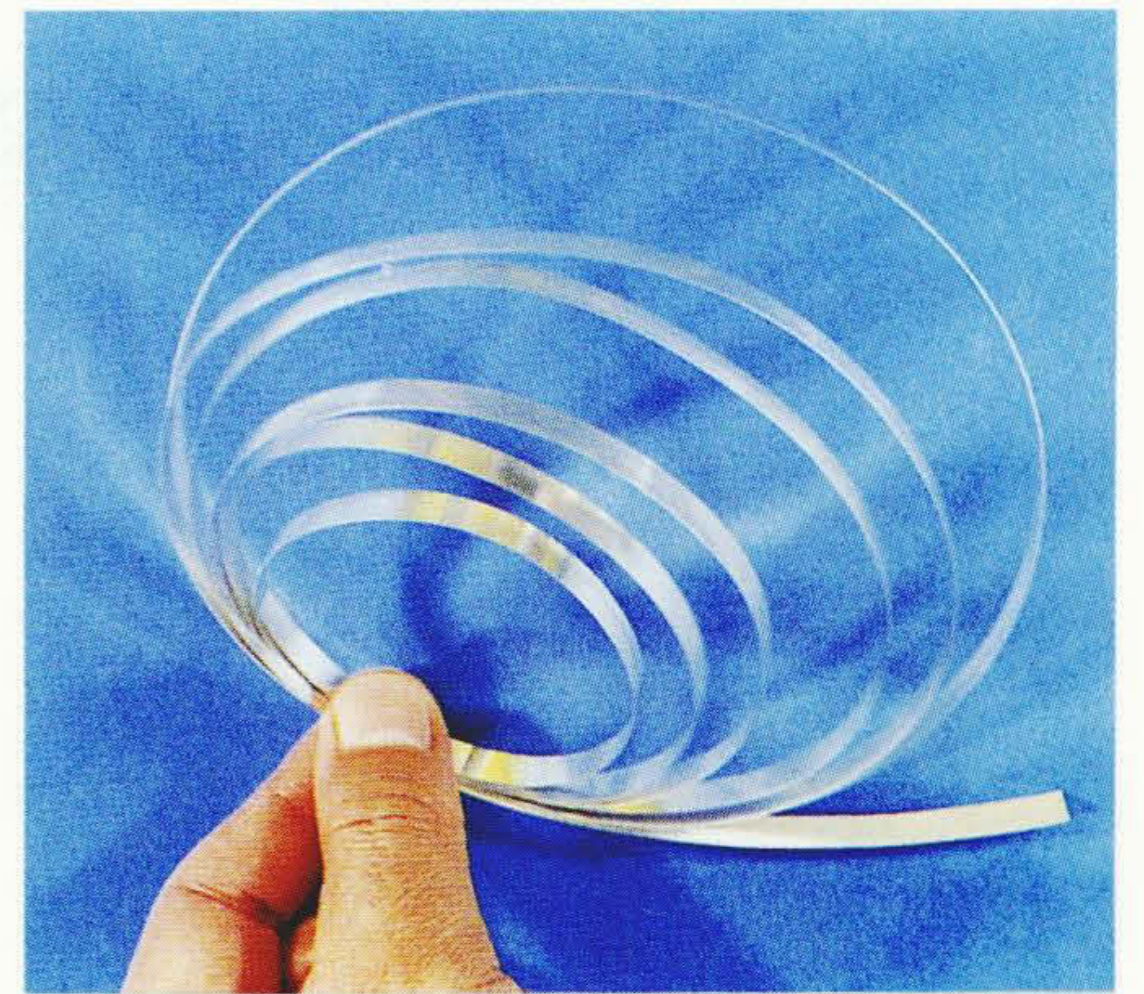
作所中央研究所で試作した超電導セラミックス磁束計は、超電導光スイッチング素子の成果をもとに、Y-Ba-Cu系酸化物超電導薄膜の特性を向上させるとともに、半導体分野で蓄積してきたリソグラフィ技術による薄膜パターンの加工によって、以上の問題点の解決を図ったものである。液体窒素中での微弱磁束の検出動作に成功し、磁束計“SQUID”としての基本特性を確認することができた。超電導磁束計の広範囲な



応用及び実用化への第一歩を踏み出したものといつてよいであろう。磁束計は、人体の脳や心臓から発生する10⁻¹³T, 10⁻¹⁰Tといった微弱な磁場を検出し、人体の活動状況の時間的推移を測定したりするもので、発表後医療関係者からの問い合わせや激励も大変多かった。」

—エネルギーの分野では、高温超電導体の線材化と高電流密度化が大きなテーマとなっているようであるが。

「高温超電導体に線材化と高密度化は、要素技術となる超電導マグネットを開発するための不可欠の条件で、全世界のメーカーが競争でこの問題に取り組んでいる。日立製作所も日立電線株式会社と共同で高温超電導線材の開発を進めており、昭和62年10月の日本化学会の「超電導物質化学シンポジウム」では、液体窒素温度で1,890 A/cm²の臨界電流密度を持つテープ状高温超電導線材、62年11月の超電導体に関する日米ワークショップでは、液体窒素温度で3,300 A/cm²の臨界密度を持つテープ状高温超電導線材を発表した。いずれも発表の時点における液体窒素温度での世界最高



臨界電流密度3,300 A/cm²のテープ状線材

の臨界電流密度を示すものである。」

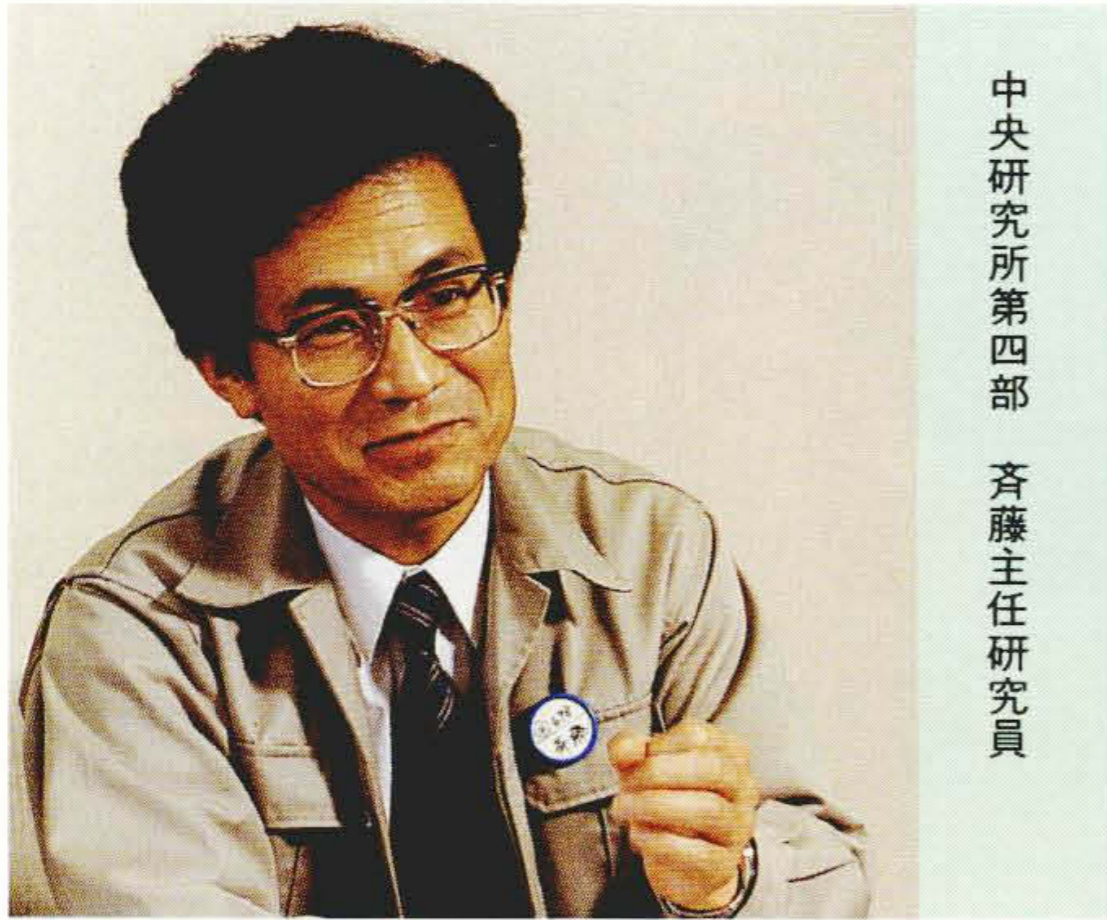
—どういった技術で、こうした記録を達成できたのか。

「この線材は、シースと呼ぶ銀のさやにY-Ba-Cu系酸化物の粉末を詰め、これをいったん線引きした後、更にロールにかけて厚さ0.1~0.06 mm、幅0.6 mmのテープ状線材としたものである。ロールによる圧延加工の技術で、粒子間の空げき(隙)をなくし、コア部分の圧密化を実現したこと、銀のさやを薄くして酸素の供給を最適化したことなどによるものと考えている。いくつかの学会では、もっと臨界電流密度の高い線材の研究も発表されているが、これはシースのない高温超電導材を熱処理したもので、本当の意味での線材とはいえない。実際に使用される線材と同じように被覆した線材で高い臨界電流密度を達成しているところに、我々の研究の大きな意義がある。」

—これで実用化の段階へ一歩近づいたと考えていいのか。

「今はまだ高温超電導体の線材としての可能性を調べている段階で、実用化のためには、電流密度を更に二桁上げる必要がある。また、磁場の存在で電流密度が大きく減少するという問題もある。たいへん解決の難しい問題ばかりであるが、だからこそ世界を一変させるような革新的な技術ともなるわけである。これまでの研究で、問題の所在もかなりはつきりしてきたので、そうした問題を一つ一つ解決しながら実用化への道を進んでいきたい。高温超電導体のマラソンレースはまだ始まったばかりであるが、優勝をねらうためには、常にトップグループに位置する必要がある、というのが、我々日立グループの考えである。」

0.1 μm 線幅のLSI製作を可能とする超微細電子線描画装置“HL-700F”の開発



中央研究所第四部
齊藤主任研究員

HL-700Fは、1時間当たり1ウェーハ($\phi 4"$)という高スループットで最小線幅1 μm のLSIパターンングを可能にした世界で初めての超微細電子線描画装置である。昭和50年代の初めから日本電信電話株式会社(当初は日本電信電話公社)と日立製作所が共同で開発を進めてきた電子線描画装置の成果で、次世代、次々世代の研究を進めている世界の半導体研究者や半導体製造メーカーの熱い視線を集めている。本装置の開発を担当した中央研究所第4部の主任研究員齊藤徳郎工学博士、那珂工場半導体装置設計部の主任技師中村一光工学博士の話聞いてみよう。

—電子線描画装置はいつごろから使われるようになったのか。

「半導体の高集積化、微細化に不可欠な技術であるリソグラフィの一環として10年ぐらい前からマスク/レタイクル製作用に使われるようになった。リソグラフィ技術がサブミクロンの領域に進むに従って、電子線によるウェーハへの直接描画も行われるようになっており、ますます電子線描画装置の重要性が高まっている。当社は既に量産用の電子線描画装置として最小線幅0.5 μm の描画を可能とするHL-700D、700Mの2機種を製品化しているが、700Fの登場によって、更に強力な布陣となった。海外からの引き合いも多く、当面は研究用の需要を期待している。」

—最小線幅0.1 μm というどの程度の高集積化が可能になるのか。

「メモリでいえば、1Mビットが1.3 μm 、4Mビットが0.8 μm 、16Mビットが0.5 μm とされている。0.1 μm は256Mビットから1Gビットに対応するレベルだと考え



那珂工場半導体装置設計部
中村主任技師

ていだろう。そうした微細加工のプロセスを研究したり、微細加工の限界を探るためにも、こうしたツールが必要となるわけである。」

—700Fが世界の注目を集めたいちばん大きな理由は。

「微細加工の精度とスループットという相反する要求を同時に満たしていることである。細く描くだけの装置は、これまでも作られているが、スループットが悪く、とても実用にはならなかった。」

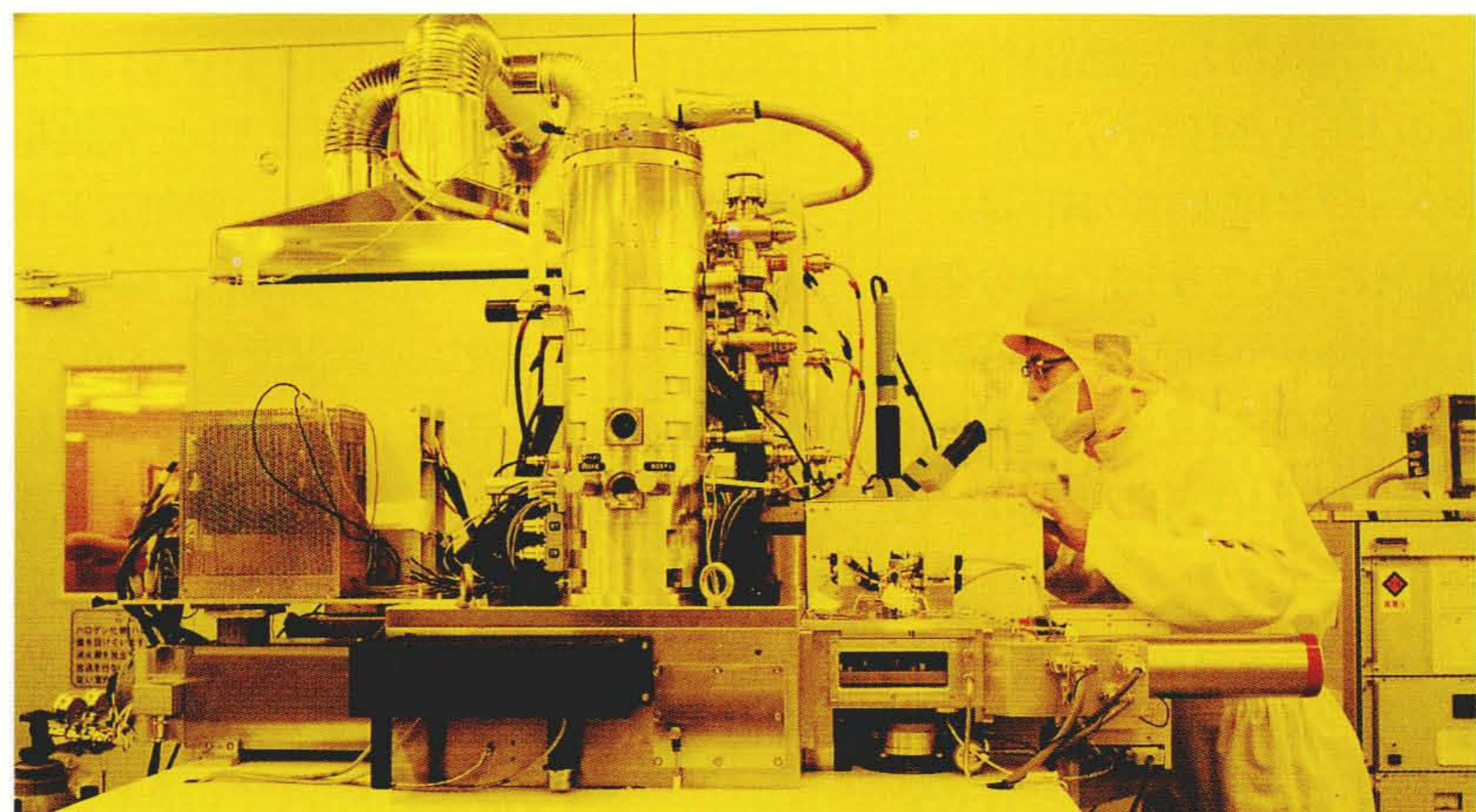
—どういった技術でその問題を解決したのか。

「いろいろあるが、最も大きいのは次の三つの技術の開発である。第一は、タングステンの表面にチタン原子を拡散させた熱電界放出電子銃(Ti/W TFE)を開発して、ビームの電流密度を100 A/cm²以上と従来値の10倍以上に高めたこと。これには中央研究所が以前電子顕微鏡のために開発した技術を応用している。700D/700Mの電子銃とは全くタイプの違う電子銃である。第二は、ビームの偏向方式を従来の二段偏向方式から三段偏向方式に変えて、ビーム

の偏向速度、つまりある位置から次の位置への移動時間を従来値の100 nsから10 nsへと高速化したこと。偏向領域をフィールド、サブフィールド、塗りつぶしフィールドの三つに分割して描画するわけで、熱電界放出電子銃の大電流特性を十分生かすことができるようになった。このため、電子光学系には主偏向器、副偏向器、塗りつぶし偏向器という三つの偏向器、偏向制御系には主偏向制御回路、副偏向制御回路、高速偏向制御回路という三つの制御回路を設けている。第三には、ビーム径可変光学系と輪郭分解処理という技術によって、描画効率の向上を図ったこと。一般にビームが細くなるほど描画速度が遅くなるので、輪郭は細いビーム、内部の塗りつぶしは太いビームといったように、対象領域に応じてビーム径の切替えを行い、効率よく描画できるようにしているわけである。また、一層、二層とパターンを重ねる場合の重ね合わせ精度も0.04 μm という高精度を実現している。」

—既に使われているのか。

「日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所殿で1台、当社の中央研究所で1台、先端デバイスや極限素子の研究に使われており、興味ある研究成果を生みだしている。中央研究所で組み立たもので、これには那珂工場の人間ももちろん参加している。工場での第1号機も間もなく完成の予定で、'88年早々顧客に納入される。研究所、工場一体となって、なおいっそうの高速化、高精度化を目指していきたい。」



超微細電子線描画装置
HL700F