

核融合の研究に新たな光を投じるコンパクトヘリカルシステム完成



日立工場
斎藤副技師長

日立製作所は、1988年3月、ヘリカル系の新しい核融合実験装置であるCHS(コンパクトヘリカルシステム)を完成し、名古屋大学プラズマ研究所に納入した。本装置は、トーラス(ドーナツ型をしたプラズマ)の輪の半径(主半径 R)が1.0 m、プラズマの平均的な断面の半径(小半径 a)が0.2 mという小型の装置である。世界で最もアスペクト比(R/a)の小さいコンパクトなヘリカル装置という大きな特徴があり、本装置による実験の成果は、ヘリカル系のプラズマ閉じ込めの研究の進展に大きく寄与するものと期待されている。長年、核融合装置の開発に携わってきた日立製作所日立工場斎藤龍生副技師長と本装置の製作に参加した同電力設計部核装置設計の今川信作企画員の話聞いてみよう。

一核融合の研究は、現在どこまで進んでいるのか。

「最も研究が進んでいるのはトーラス系の一つであるトカマク型と呼ばれるタイプで、JT-60(日本)、TFTR(米国)、JET(EC)などの大型装置は、それぞれ特色のある成果を達成している。そして、わが国でのJT-60の大改造計画や核融合実験炉FERの概念検討、あるいは国際協力による国際熱核融合炉ITERの概念設計を行う段階へと進んできている。また、これと並行してトカマク型以外の実験も世界各国で行われている。わが国でも文部省は1987年度に、大学での核融合研究の次期プロジェクトとしてヘリカル系を採用することを決定した。現在、核融合研究所(仮称)創設準備室が名古屋大学プラズマ研究所の中に置かれ、関係大学や研究機関が協力してその研究を進めている。」



日立工場電力設計部核装置設計
今川企画員

一ヘリカル装置にはどういう特徴があるのか。

「トカマク装置と違って、プラズマ電流を必要としないので、原理的に定常運転が可能であるという利点がある。これは核融合炉としては大きなメリットである。また、研究面では、トカマク装置と同じトロイダルプラズマ(トーラスプラズマ)なので、プラズマの磁場閉じ込めに関してトカマク装置を補完する研究課題を探索できる利点もある。ただ、ヘリカル装置の場合は、外部導体となるヘリカルコイルをらせん状に巻いており、プラズマが非軸対称になることから、理論的な解析が難しいという面があった。しかし、ヘリオトロンE(日本)、ヴェンデルスタインVII-A(西ドイツ)などの実験結果や、近年での非軸対称系に関する理論の進展、大型計算機を用いた3次元解析の進歩などによって、ヘリカル系のプラズマ閉じ込めについても特性が明らかにされつつある。最近では、1987年度から'88年度にかけて、ATF(米国)、CHS(日本)、ヴェンデルスタインVII-AS(西ドイツ)といった新しいヘリカル装置が次々に完成し、実験が開始されている。」

一CHSの特徴は。

「世界で最もアスペクト比が小さいヘリカル装置であることと、きわめて高精度な装置であるという2点である。非軸対称系に関する最近の理論を実験的に検証するためには、コイルの位置精度を高めることと、不整磁場を減らすことがきわめて重要である。そのため、日立製作所では、次の二つの製法で、この問題の解決を図った。一つは、従来の製缶、板曲げ、溶接という方法に代えて、5軸の大型NC機を用いて厚肉リングから直接真空容器およびコイルの溝を削り出すという方法である。これによって±0.5 mmというコイルの位置精度を実現した。もう一つは、ヘリカルコイルに小断面導体を採用し、巻線立上り、わたり部で生じる不整磁場を互いに打ち消す巻線法を適用したことで、プラズマ領域での不整磁場を約1 Gaussに抑えることができた。これは大学の先生方との密接なコンタクトと、設計、現場一体となつての徹底した先行試作があつたからである。」

一今後の課題は。

「日立製作所には、1958年以来、約30基の核融合実験装置を製作してきたという世界に誇り得る伝統と実績がある。今後とも未到領域への挑戦に意欲を燃やし、研究者の方々の意図を装置の上に正しく反映させるよう努力していきたい。」



名古屋大学プラズマ研究所納め
コンパクトヘリカルシステム
(らせん状コイルの巻き付け)

21世紀を視野に置いた次世代知能ロボットの研究と開発



機械研究所第二部
藤江主任研究員

日立製作所では、FA化の原動力となる各種産業用ロボットのほか、ホームオートメーションや宇宙開発など21世紀を視野に置いた次世代知能ロボットの研究開発にも力を入れており、海外の研究者との交流もきわめて活発である。これらの中には、まだまだ科学の段階にある要素も多く、間近に迫った21世紀のニーズにこたえるためには、できるだけ早く科学から技術への移行を進める必要がある。次世代知能ロボットの開発を担当している機械研究所第二部の藤江正克主任研究員、岩本太郎主任研究員は、次のように語っていた。

—これまでに開発した主な先端技術ロボットは。

「1984年の『日立技術展』に出展した知能移動ロボット、1985年の科学万博EXPO '85に出展した2足歩行ロボットがある。前者の知能移動ロボットは、視覚に相当するテレビジョンカメラ、その画像情報を固定ステーションの計算機に送る通信機能、対象物との位置関係を確認するための超音波センサ、路面の起伏に応じて形状を変えるクローラ形移動機構、力フィードバック形の軽量アーム、動力源などを備えたものである。遠隔操作ではなく、自律的に移動し、作業するものとしては世界初のロボットで、会場では障害物の回避、階段の昇降、ドアの開閉などを行って注目を集めた。後者の2足歩行ロボットは、ロボットの移動機構をクローラから人間の歩行に近づけたものである。まだ完全にダイナミックな歩行ではなく、ダイナミックな動きは、一方の足から他の足へ重心を移すときだけであったが、課題となっていた2足歩行の問題に一つの突破口を開くことができた。



機械研究所第二部
岩本主任研究員

また、油圧源の搭載によって外部との接続を電線だけにしたことも大きな技術的成果である。これは早稲田大学の加藤一郎教授と共同で開発した。」

—最近の成果は。

「ロボットの足、移動機構の面では、1983年から通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「極限作業ロボット」開発計画に参加し、1988春、4脚動歩行ロボットのプロトタイプを完成した。これは、「トロット(速歩)」と呼ばれる馬の歩脚をモデルとしたもので、ビデオ撮影による関節の動きの解析や、それをもとにして作った縮小モデルの実験、実寸の1本足などを繰り返しながら開発した。最終的には実寸に近いということで馬をモデルにすることに落ち着いたが、その前には動物園にいったゾウ、サイ、カバなどのヘビー級動物の観察も行った。このプロトタイプは総質量が300kg、脚の長さが90cmで、1脚4関節で計16の関節を持っており、平地での最大速度は2.5km/hと完全にダイナミックな歩行を行うことができるようになった。単に移動するだけなら車やクローラでもいいが、ある施設内での移動ということになると、どうしてもまたぐ動作が必要で、スタティックに近い2本足歩行からダイナミックな4本足歩行へと進んできたことの意義は大きい。」

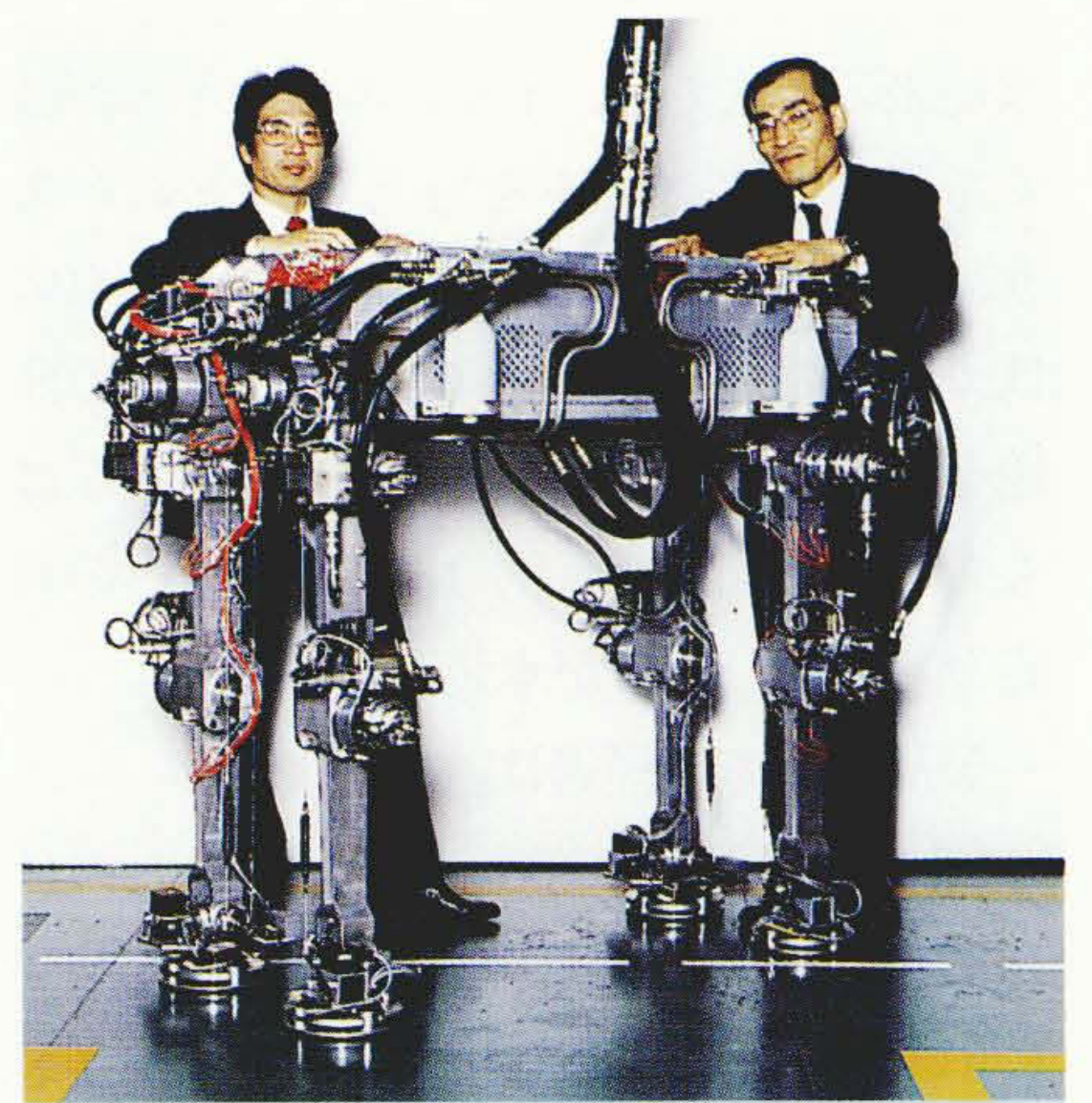
—ロボットの腕のほうは。

「遠隔操作式のスマートマニピュレータを開発した。ここでいうスマートというのは、インテリジェントで賢いという意味で、計算機を介して、人間が操縦するマスタアームと実際の作業をするスレーブアームとを結び、計算機の中のソフトを変えるこ

とによって、動きを拡大したり縮小したり、いろいろな動きを伝達できるようにした。マスタの動作領域はおよそ30cm³で、操縦も容易であるし、マスタ側からスレーブ側、スレーブ側からマスタ側へと双方向に力や動きの情報が伝わるので、なにか不都合なことがあってもすぐに対応できる。ロボットの腕となるマニピュレータについては、宇宙での利用を含めて、機能化、自動化が大きなテーマとなっているが、その第一歩となるのが、人間の操縦を計算機が支援する形の、このスマートマニピュレータである。」

—今後の課題は。

「脚については、階段の昇降や方向転換のためのシステム歩行の解決が当面の課題である。将来的には老人の介護や障害のある人たちの手助けなど、家庭での実用に耐えられるものへと進めていきたい。現在のホームオートメーションは情報の伝達だけであるが、それだけでは十分とはいえない時代が必ずくると思う。腕については、宇宙ロボットの計画も具体的な日程に上ってきており、無重力、放射線、真空といった宇宙環境に耐えられる技術の開発、例えば、物とマニピュレータとの機械的なインタフェースの問題、減速機の潤滑の問題、信頼性の高いコントローラや計算機の開発など解決すべき課題も多い。基礎技術の積み重ねによって、一步一步これらの解決を図っていきたい。」



通商産業省工業技術院の「極限作業ロボット」開発計画のもと藤江主任研究員が中心となり開発した4脚動歩行ロボット「トロット」

独自のプラズマ技術を生かした最先端加工装置の開発

超LSIのメガビット時代に対応する日立枚葉式マイクロ波プラズマエッチング装置と、各種薄膜素子の微細加工や金属表面の改質などを可能にする各種イオンビーム応用装置が、いま関係業界の熱い視線を集めている。前者は1974年に日立製作所中央研究所が開発したマイクロ波利用技術、後者は核融合のプラズマ加熱に必要な中性粒子入射装置の技術を生かしたものである。起源こそ違え、日立製作所独自のプラズマ技術をベースとしており、日立技術の幅の広さ、底の深さを物語っている。前者を担当した日立製作所機械研究所第七部の仲里則男主任研究員、および笠戸工場半導体装置設計グループの川崎義直主任技師、後者を担当した国分工場開発グループの橋本 勲主任技師は、それぞれ次のように語っていた。

1. マイクロ波プラズマエッチング装置
一本装置の最も大きな特長は。

「マイクロ波と磁場との組み合わせによって低ガス圧力領域でプラズマを発生させ、さらにこれとは独立に入射イオンエネルギーを制御する方式を採用して1 μ m未満のサブミクロン加工を可能にしたことである。シリコンウェーハ上の配線金属膜などをパターンどおりに食刻する技術は、1980年代に入り化学溶液を使うウェットエッチングから、プラズマ中の活性粒子やイオンを使うドライエッチングへの移行によって飛躍的な発展を遂げた。しかし、真空容器の中で単純なプラズマ放電を行う従来の方式では、イオンエネルギーが強くて素子にダメージを与えるおそれがあり、微細加工に適さない。そこで、独自の低ガス圧放電や制御技術によってこの問題を解決し、1 MビットDRAMの量産はもちろん、4 Mビット、16 Mビットへの対応を可能にしたのが本装置である。」

—製品化までの経過は。

「本装置の開発が笠戸工場に移ったのは1982年で、数次の試作を経て、1985年後半にM-206A形、1987年後半にM-308AT形を製品化した。しかし、それ以前にも3回にわたる中央研究所での実験機の試作や那珂工場でのバッチ式の製品試作があり、

1974年の特許出願から数えると、ここに至るまでには十数年にわたる研究開発の積み重ねがある。」

—本装置への内外の評価は。

「日立製作所が世界に誇る独自技術で、国内の主要半導体メーカーは、その大半が本装置の導入を進めている。1987年6月米国で設立された官民共同の開発組合Sematechもメガビット対応の最大課題としてマイクロ波利用技術を取り上げており、当社の技術は世界に広がるものと確信している。」

2. 各種イオンビーム応用装置
—国分工場の場合は。

「当工場は日立研究所および関係事業所の協力を得て、日立核融合チームの一員として1975年の初めから加速器や中性粒子入射装置の開発を手がけてきた。日立独自のバケット形イオン源は、こうした核融合技術の中から生まれてきたもので、薄膜磁気ヘッドなどの微細加工を行うイオンビームミリング装置、イオン注入と蒸着を同時に行うことによって、金属表面の改質を行うイオンビームミキシング装置、スパッタによる薄膜形成用のイオンビームスパッタ装置といった一連の製品には、いずれもこのイオン源が使われている。」

—バケット形イオン源の特長は。

「このイオン源は、真空容器の周囲一面に磁場発生用の永久磁石を取り付け、あたかもバケツに入れた水のように、密度の均一なプラズマを作ることからバケット形と名づけられた。その特長は、発散角が小

さく、均一なイオンビームを引き出せることで、高精度の微細加工に適している。また、大口径化によって生産性を飛躍的に高めることができるのも大きな特長である。1988年6月、京都のイオンビームなどに関する国際学会に出席した内外の関係者も日立製作所のイオンビームミリング装置には、最大580ミリのイオン源が搭載されていると聞いてたいへん驚いていた。なお、ミリング装置とエッチング装置は、ほぼ同じ目的に使われるが、エッチングがイオンガスと材料の化合によって加工を行うのに対して、ミリングは物理的に材料を削るという違いがある。」

—これら応用装置の市場性は。

「最近、磁気ディスク、VTR、電子カメラなどの普及とともに、薄膜磁気ヘッドの需要が急増しており、ミリング装置はエレクトロ薄膜部材の新しい加工装置として活躍している。ミキシング装置、スパッタ装置は、まだ研究開発用といった段階であるが、一部実用化も始まっており高付加価値化を目指す素材革命の進展も著しく、量産用としての用途が広がるのも、そう遠いことではないと期待している。」



イオンビームミリング装置と国分工場開発グループ橋本主任技師



マイクロ波プラズマエッチング装置と笠戸工場半導体装置設計グループ川崎主任技師(左)と機械研究所第七部仲里主任研究員(右)

臨床現場での活躍が期待される3次元画像処理システム



システム開発研究所第一部
横山主任研究員

医用画像処理の目的は、医師の診断の補助手段として有効な情報をできるだけ見やすい形で提供しようということにある。そこで日立製作所システム開発研究所では、体内の状態を3次元的に画面表示する画像処理システムの開発に力を注いできた。このたび日立メディコとの共同開発によって製品化された「X線CT高速3次元画像処理システム」が、米国の1988年世界優秀製品百選「R&D100」を受賞した。また、日立製作所那珂工場との共同開発では、核磁気共鳴現象を利用して体内情報を得るMRI(Magnetic Resonance Imaging)装置による「3次元血流計測技術」を開発するなどの成果を挙げている。医用3次元画像処理システム分野の研究開発について、日立製作所システム開発研究所第一部の横山哲夫主任研究員、那珂工場開発部の小泉英明主任技師、日立メディコ柏工場CT設計部第三グループの高木 博主任技師に聞いてみた。

—人体内部の画像情報を得る手段にはどのようなものがあるのか。

「古くから知られているのはX線であるが、1972年のX線CT(Computed Tomography)の登場によって、人体を薄く輪切りにしたような正確な断層撮影が可能になった。このほかにも超音波やMRIなどもあるが、線源によってそれぞれ特徴があり、例えばX線CT像は骨格を鮮明に写し出すことができる。また、MRIでは水分を含んでいる軟部組織の形状や血流情報などを写し出せるのが特徴である。核磁気共鳴現象を用いるMRIは人体への影響の懸念がないので、X線CTと並んで急速に期待が高まっている。」



那珂工場開発部
小泉主任技師

—「R&D100」受賞の対象となった「X線CT高速3次元画像処理システム」の特徴とは。

「従来、医師はX線撮影の映像を見た後、実際に厚紙などで模型を作り、それを動かして手術計画を組み立ててきた。しかし、この方法では実物との間に食い違いが生じるなどの問題点があり、かねてから形成・整形外科の分野では手術前の診断機能として、医師の見ている前で瞬時に多数のCT像から立体像を作成表示する機能が望まれていた。そのためには、CT上での高速処理と高画質表示の技術の開発が必要であった。そこで、高速処理という課題に対しては、ボクセルと呼ばれる立体画素を断層像ごとに積み上げて3次元画像を構成する新しい高速ボクセル表示法を開発した。このことによって、これまで4分ないし5分を要していた立体像の作成が1.3～2.0秒にまで短縮できた。高画質表示のためには、ミクスチャーシェイディングと呼ぶ陰影づけ方式で映像の立体感を実現した。これらにより、例えば複雑な構造を

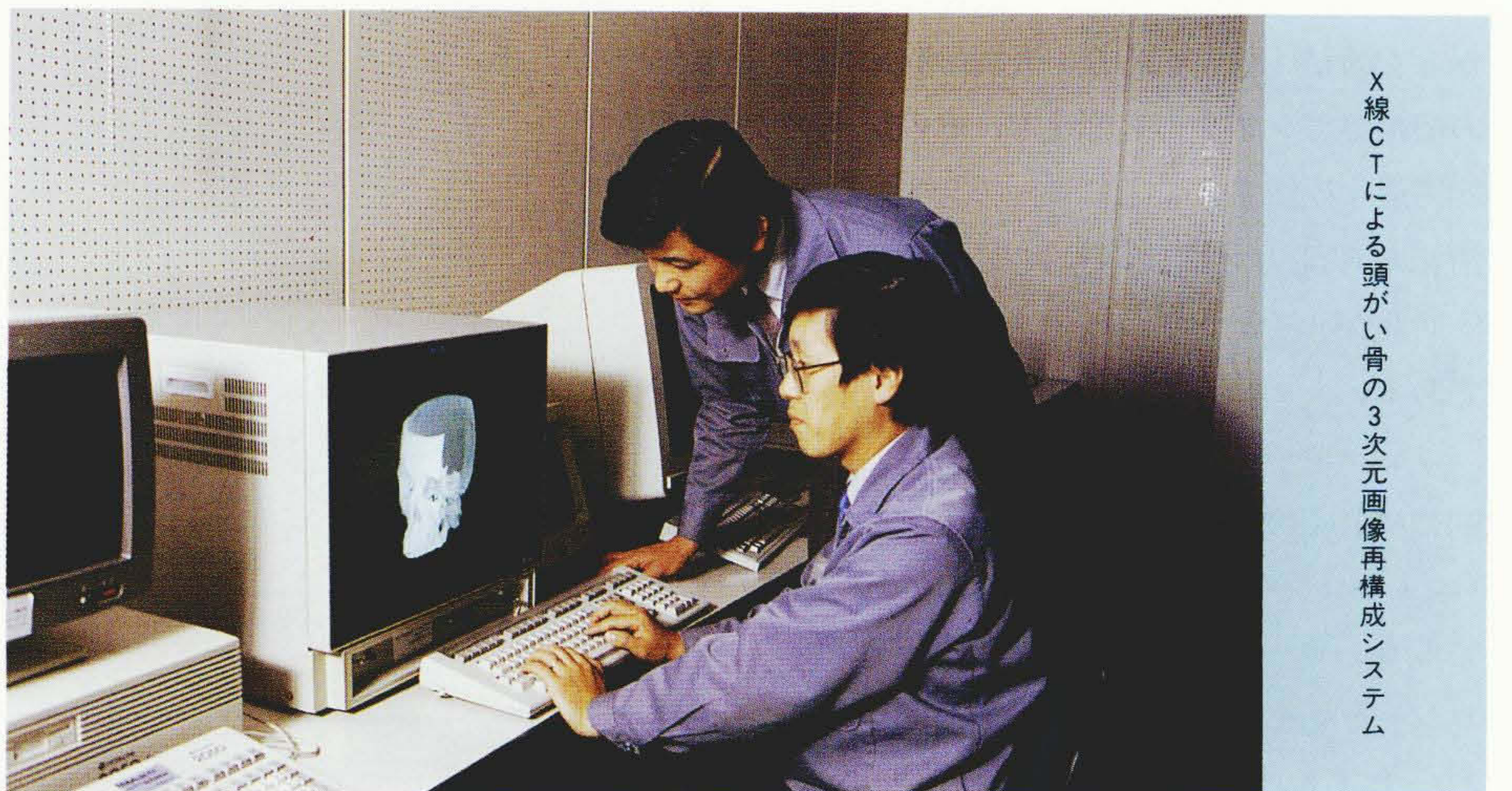


日立メディコ柏工場
CT設計部第三グループ
高木主任技師

した顔面の変形を、あたかも頭がい骨モデルを見るように立体的に、あらゆる角度から観察することができるようになった。」

—もうひとつの応用分野であるMRI装置での3次元画像表示の技術開発はどこまで進んでいるのか。

「X線CTでは写し出すことのできない血流の計測診断に、かねてから期待されてきたMRIであるが、これまでは決められた一方向の流速測定しかできないうえ、なんども撮影を必要とするため計測時間が長いなどの課題があった。そこで、不均一磁場中を移動する水素原子核のスピン挙動を、理論的かつ計算機シミュレーションを用いて解析する「3次元血流イメージング技術」を開発した。この結果、1回の撮影で断層像と同時に流速の測定ができるようになり、また血管走行系の立体的な映像化と血液方向の測定も可能になった。くも膜下出血など重要疾患の無害な診断法として、現在臨床研究中である。ユーザーの期待も高く、製品化に向けての努力を続けたい。」



X線CTによる頭がい骨の3次元画像再構成システム

学習機能を内在するニューロ コンピューティングの研究成果と開発体制



システム開発研究所第一部
松葉育雄研究員

現在一般に用いられているコンピュータは、ノイマン形コンピュータと呼ばれるもので、イギリスの哲学者チューリングが証明した「あらゆる計算問題は逐次処理によって解くことができる。」という原理の上に、フォン・ノイマンが構築したものである。ノイマン形コンピュータの条件は(1)二進法処理、(2)逐次処理、(3)プログラム内蔵方式の3点に要約される。したがって、ノイマン形コンピュータは、正確に記述された処理手順(プログラム)に沿って、ひとつひとつ逐次的に処理することによって解決される計算処理や知識ベース検索などの記号処理を、正確かつ高速に実行する能力を持っている。

しかし、その反面、正確に記述することが困難な画像や音声など曖昧(あいまい)性の高い情報の認識、処理数が多いために時間的な問題を引き起こす組み合わせ(最適化)問題など、ノイマン形コンピュータが構造的に苦手とする処理分野もまた存在する。

これらの処理を、正確かつ高速に実行しうるものが「脳」である。人間の脳を究極の情報処理システムと想定し、その解剖学的構造を模倣することによって、脳の持つ情報処理能力を機械的に再現しようとする研究が「ニューロ コンピューティング」である。

ニューロ コンピューティングは、理論的には1943年に提案のマカラー、ピッツの「ニューロンモデル」を、技術的には1959年に開発のローゼンブラットの「パーセプトロン」を始まりとする。しかし、その後、パーセプトロンの能力的限界が証明され、



中央研究所第六部
松島主任研究員

ニューロ コンピューティングの研究開発は一時鎮静化していたが、'80年代に入ってから、ノイマン形コンピュータの能力的限界が明らかになってきたことや、高機能の学習アルゴリズムが提案されてきたこと、さらには、LSIに代表されるハードウェア技術の格段の進歩などから、再び活性化してきている。日立製作所中央研究所では、このたび「ニューロ コンピューティングとファジー論理を応用した音声認識技術の開発」に成功した。また、システム開発研究所では証券での資産運用の最適化という問題にニューロ コンピューティングを用いた「ニューロ ポートフォリオ」を世界で初めて開発するなど成果を挙げてきている。ニューロ コンピューティングの開発状況と今後の取り組みについて、日立製作所技術管理部研究開発推進センタの内田幹和センタ長、中央研究所第六部の松

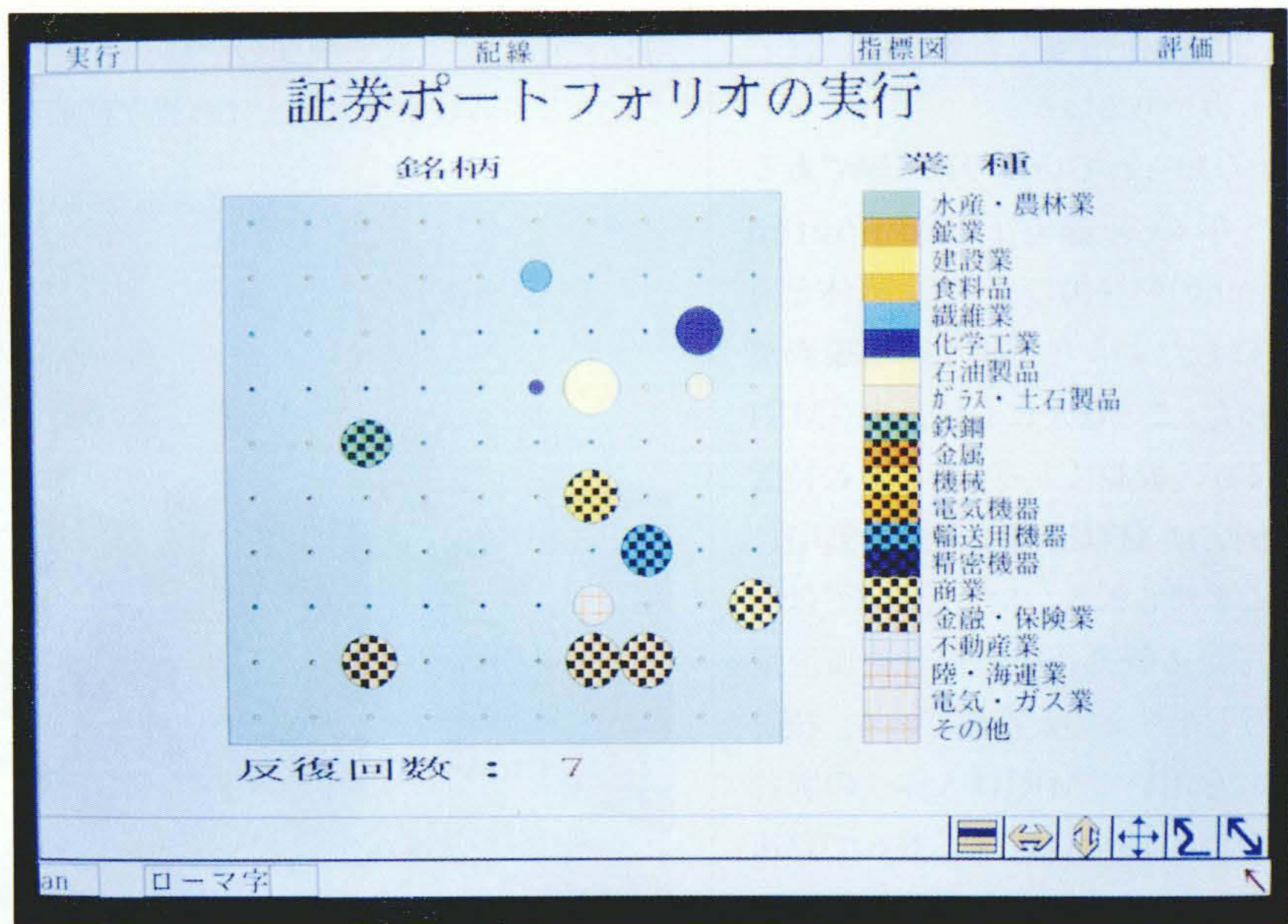


技術管理部研究開発推進センタ
内田センタ長

島 整主任研究員、およびシステム開発研究所第一部の松葉育雄研究員に聞いた。

—従来のノイマン形と、ニューロ コンピューティングとの大きな違いは何か。

「もっとも大きな違いは、学習機構を内在させている点である。ノイマン形コンピュータの動作はプログラムによって制御されており、その命令に沿って順を追って処理をする。しかし人間の脳の働きはそうではない。例えば、人は自動車を見たとき、すぐに「危ない」という判断ができる。生まれたときには、そうした判断のできなかった人間が徐々にこうした判断ができるようになっていくのは、自動車に対する危険などを自分で学習していくからである。このような人間が瞬時に行う判断、感性、連想機能といった情報処理の能力を、従来のコンピュータで実現しようとする、膨大なプログラムと時間が必要であった。そ

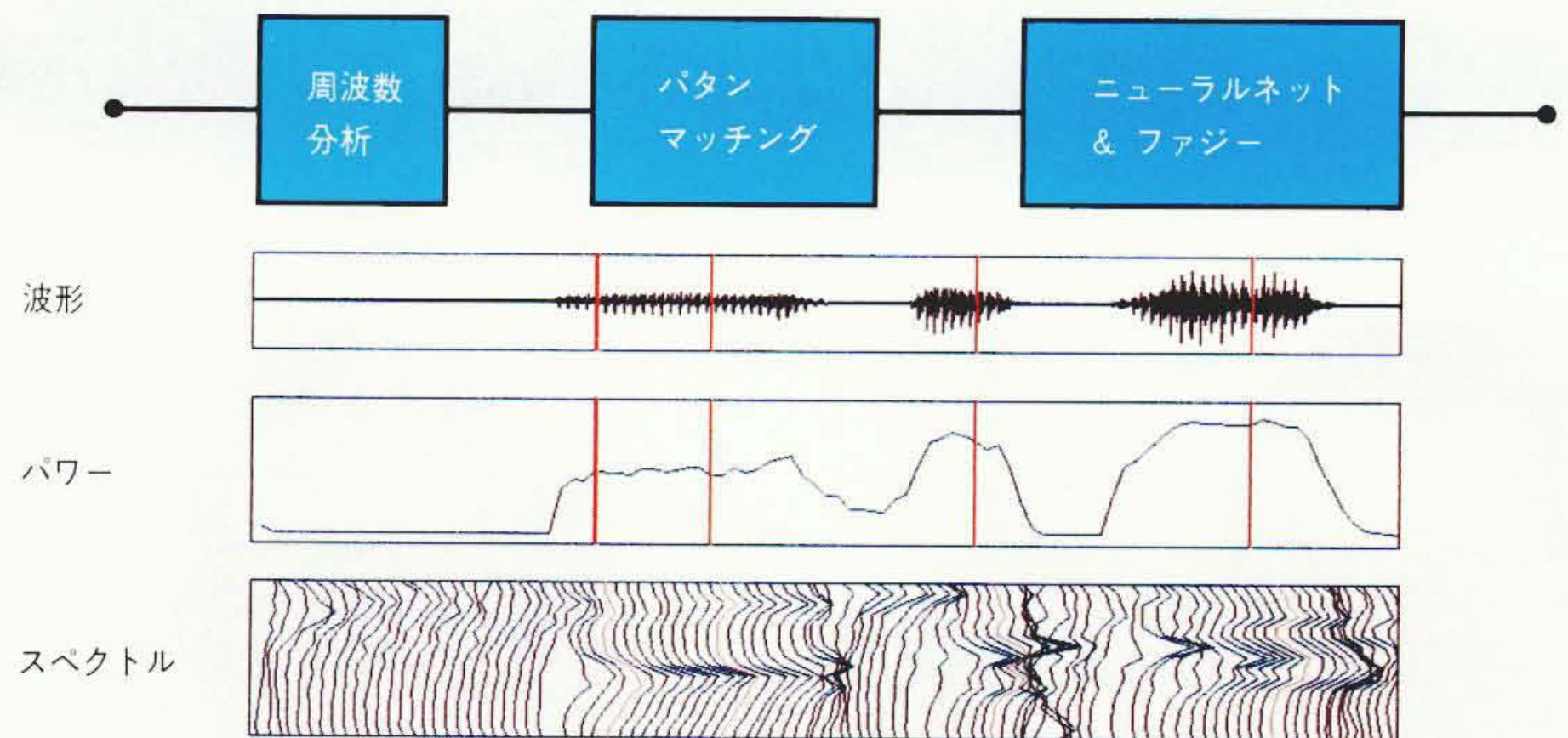


ニューロ ポートフォリオによるシミュレーションイメージ

こで、人間の脳の構造・機能をまねて学習機能を内在させたニューロ コンピューティングへの期待が高まってきたわけである。」—人間の脳を模倣したニューロ コンピューティングの機構とは。

「脳は比較的単純な機能を持つ膨大な数の神経細胞(ニューロン)から成っていて、細胞間をつなぐ情報伝達の通路(シナプス結合)を大きくしたり小さくしたりして、情報の伝達量をコントロールし、高度な判断を下している。ニューロ コンピューティングでもニューロンに見立てた簡単な構造のチップを多数つないでニューラルネットを作り、そこにAとBという情報を流せば「A+Bが正解」といった先生を設定しておく。その「先生」に近い値がでるようニューラルネットは情報伝達量を調節し、それを学習していくというやり方で、脳に似た働きを実現することになる。最終的にニューロ コンピュータがどんな形のものになるかを現時点で明確に言うのは難しいが、何億個もの細胞を持つ脳に近いものを作ろうということになれば、LSI技術および実装技術が大きな比重を持つてくることは間違いない。」

—これまでの研究成果と今後の課題とは。「中央研究所では音声認識と文字認識およびハード面での研究、日立研究所では機械異常診断、画像認識などの研究、システム開発研究所では証券ポートフォリオ問題をはじめとする組み合わせ最適化問題などに取り組んできた。並行して研究成果の事業化を図ってきており、このたびシステム開発研究所が発表した「ニューロ ポー



	適用前					適用後			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	0	0	SA	HA	1	0	0	SA	KA
2	KO	HO	SHA	KA	2	PO	HO	SHA	PA
3	SHO	KO	ZA	TA	3	HO	PO	ZA	TA
4	HO	PO	CHA	PA	4	KO	TO	CHA	A
5	PO	TO	JA	A	5	SHO	KO	JA	HA

「大阪」という音声の認識パターン
日立の音声認識技術を適用すると正しく認識されていることがわかる

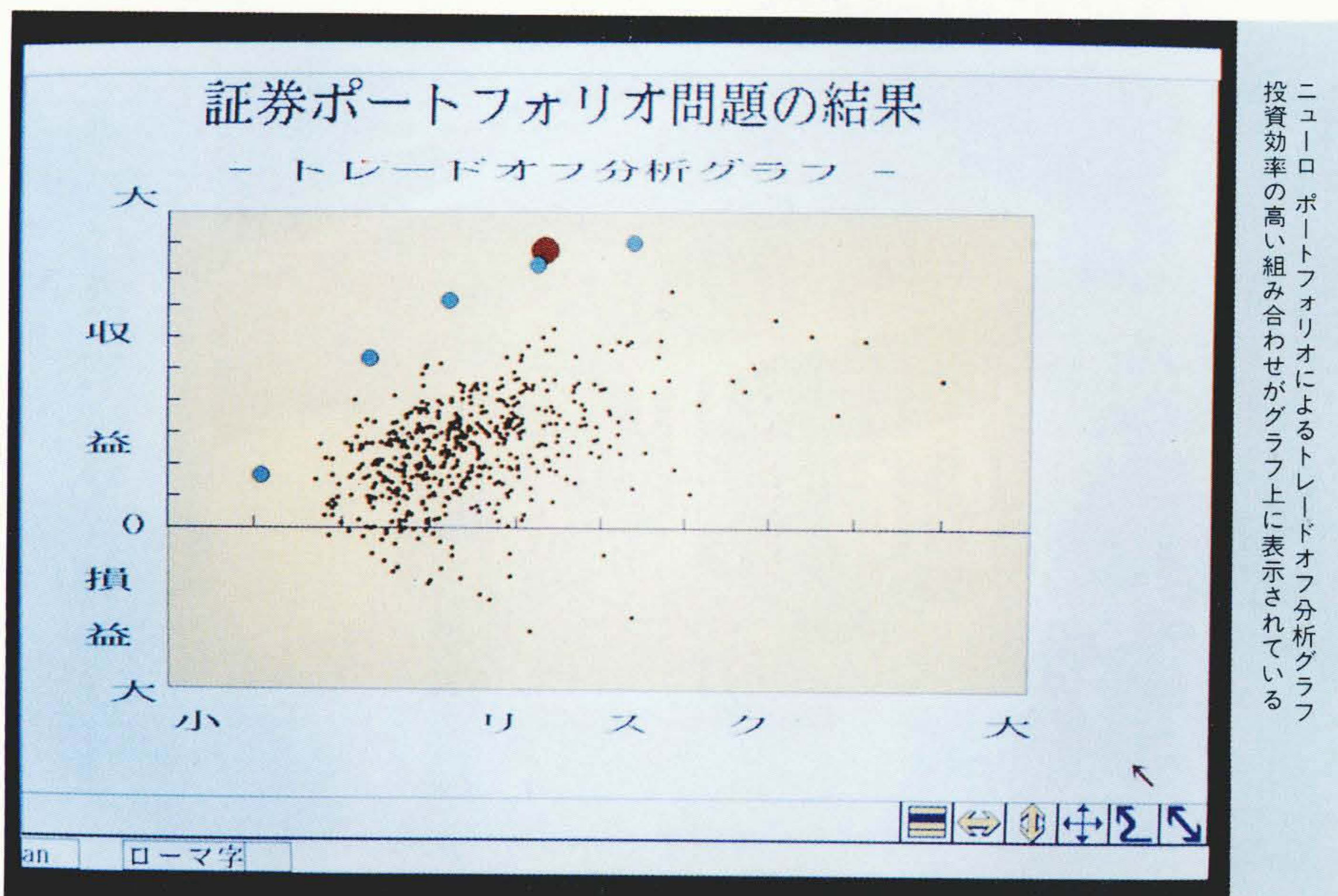
トフォリオ」もその一つだ。これはニューロ コンピューティングの手法を「投資資金を効率的に運用するために、収益をできるだけ大きく、かつリスクをできるだけ小さくする投資の組み合わせを選び出す」ポートフォリオの問題に応用したものである。従来の方式であれば、例えば、1,500銘柄の中から5個の組み合わせを選ぶ場合、約100兆通りに上回る組み合わせをすべて調べ尽くさねばならない。これは、日立製作所のスーパーコンピュータ“HITAC S 820/80”でも約4年かかるたいへんな処理である。これがニューロ ポートフォリオでは、銘柄相互の関連性を考慮しながら判

断していくため、1回のシミュレーションは約2秒で終了する。

また中央研究所が開発した音声認識技術では、ある音が鼻音を含むか摩擦音を含むか、といった音声の特徴判断にニューロ コンピューティングを用い、その特徴に基づいた音の判定にファジー論理を応用することで、従来では不可能であった高精度の音声認識を可能にした。さらに、今回の音声認識では、別に概念ネットワークを利用し、従来の方式では困難であった、音声を意味のある単語のつながりとして理解する能力を飛躍的に向上させている。これらの音声認識能力向上により、究極のマンマシンインタフェースである音声入力の実用化へ向けて大きく前進した。

こうしたニューロ コンピューティングの応用分野を拡大していくなかから、さらに最適なアーキテクチャを築いていきたいと考えている。」

日立製作所では、1988年9月20日、ニューロ コンピューティングの研究開発に関する長期的計画を発表した。同計画により、各研究所の分担の明確化、連携強化に加え、事業化が大きな目標として設定された。今回紹介した二つの成果は、その事業化の幕あけとなるものである。次世代コンピュータの有力候補の一つであるニューロ コンピュータに対して、日立製作所は全社的に取り組んでいく方針である。



ニューロ ポートフォリオによるトレードオフ分析グラフ
投資効率の高い組み合わせがグラフ上に表示されている

高密度化・小形軽量化を実現した磁気ディスク装置



小田原工場ディスク装置設計部
成瀬主任技師

1988年は日立製作所の磁気ディスク装置の開発でひとつの区切りともいえる年となった。これまでの1.2 Gバイト～2.5 Gバイト～5 Gバイトと続いた製品群から一歩進んだ、新ファミリー1号機ともいえるべき15 Gバイト容量の装置を市場に送り出したからである。これは、市場の最大容量機7.5 Gバイトレベルの約2倍の容量を誇る。1平方インチ当たりの容量も0.8 Mビットであった'70年代から比べると、この最新機種は35 Mビットと40倍以上の高密度を達成した。

「多層化と継続性を重視する会社の姿勢」と、継続開発の重要性を強調する日立製作所小田原工場ディスク装置第一設計部中越和夫部長、およびディスク装置設計部成瀬 淳主任技師に、開発までの経緯について聞いてみた。

—磁気ディスク装置の記録密度を上げるためには、どのような努力が必要か。

「高密度記録を達成するためには、次の三つの努力が必要となる。第一にディスクの記録媒体の厚さを可能な限り薄くすること。第二にヘッドと記録媒体との距離を短くすること。第三に、記録媒体への情報の連絡口ともいえるべきヘッドギャップの長さを薄くすることである。

ただし、製品化のためにはこのほかに、ヘッドとディスクの位置どりに狂いを生じさせない技術や、サーボ技術などの電子回路技術をドッキングさせねばならない。製品としての信頼性を勝ち取るためには、むしろこの二つの努力が重要と言えよう。その点、日立製作所は故障回数で、1986年の調べて年間故障回数0.36回というトップレベルの信頼度を確保してきた。」



小田原工場ディスク装置第一設計部
中越部長

—記録密度を高めることによる具体的なメリットとしては。

「大容量装置の実現が可能となる。例えば旧世代機に当たる5 Gバイトクラスの装置では14インチのディスクを用いていたが、今回の15 Gバイトクラスの場合は9.5インチのものをを用いている。しかも1 HDA(ヘッド ディスク アセンブリ)の容量は1.26 Gバイトから1.9 Gバイトに増大している。ディスク以外の部分にも先ほど述べたような高密度化を図ったことで、省スペース化や省力化も実現した。例えば9.5インチに縮小化されたことで、ドライブしたときの空気抵抗が少なくなり、この結果モータも小形化できる。旧形機ではモータとディスクとをベルトでつないでいたが、新形機ではダイレクトドライブ化が実現した。その結果、それまで分かれていた電子回路とHDAをパッケージ化して装置に組み入れることが可能になった。これによって複雑な配線を施すことが不要と

なり、製品の信頼度を高めることができた。

現在の15 Gバイト機は、この電子回路が組み合わされたHDAを八つ組み入れたものである。」

—高密度の磁気ディスク装置を実現するための「三つの努力」のうち、最もわかりやすいものを一つ紹介すると。

「ヘッドギャップの長さを超微細にする技術として、電気信号を磁気信号化するためのコイルに当たる部分に、半導体製造の際に用いられるエッチング技術を利用したことが挙げられる。従来形の手巻き的方式を改め、写真製版技術を応用することで、一つの基板の上に数百のヘッド素子を作ることが可能になった。従来多く用いられてきためっきによる方法(ウエットプロセス)でなく、ドライプロセスを用いたことによって、材料の自由度も高まった。日立製作所の長年の半導体加工技術を生かしたものだと言えよう。」

—開発の経緯は。

「今述べたような製造技術の研究は、「薄膜ヘッドプロジェクト」と呼ばれ1969年ごろから着手されているものである。すなわち今回の新装置実現に当たっては、長年にわたる地道な基礎研究の蓄積によるものといえる。われわれの研究体制は、多層化と継続性、つまりさまざまなフィールドでのコンスタントな研究開発を重視するもので、これが日立製作所の総合力として生かされている。」



9.5 15 Gバイトの容量を持つ小形化されたディスク装置(後方と)

次世代テレビジョンEDTVに対応するC33-ED1の開発



中央研究所VLSI総合研究センタ第七部阿知葉主任研究員(左)と家電研究所第一部松浦部長(右)

高画質のVTRやビデオディスクの普及、衛星放送の開始などに伴い、テレビジョン受像機の大画面化、高画質化といったニーズが高まってきている。

そのニーズにこたえる方法のひとつが、IDTVである。IDTVは、現在の放送システムを改変することなく受像機だけで信号処理方式を改良することにより、画質を向上させるものである。

これに対し、受像機だけでなく、現在のNTSC方式の信号自体に改良を加え、すなわち放送機器側にも改良を施し、高画質を実現するものがEDTV(クリアビジョン)である。EDTVの信号は、既存の受像機での受信も可能である。

これには、日本でEDTV開発の端緒となった日立製作所の提案をはじめ、各社からいくつかの提案がある。そのうち、比較的实现の簡単なものを第一世代EDTVとして、1989年に放送実施予定である。これには、IDTVとして開発してきた受像機で対応できる。日立製作所では、放送開始に先駆け、EDTV対応の33形テレビジョンC33-ED1を1988年12月に発表した。

日立製作所のIDTV、EDTV開発について新製品C33-ED1を中心に、日立製作所中央研究所の吹抜敬彦主管研究長、同研究所第七部の阿知葉征彦主任研究員、家電研究所第一部の松浦重雄部長、および横浜工場開発部の植松正之部長の四氏に話を聞いた。

「デジタル信号処理に関しては、1980年に中央研究所で研究開発に着手した。1982年には、世界に先駆けてフレームメモリを搭載した「動き適応画像処理方式」の試作機第1号を発表した。



横浜工場開発部植松部長(左)と中央研究所吹抜主管研究長(右)

また、ラインメモリ搭載のデジタルテレビジョンを1985年に製品化し、1986年には、より高機能化を達成したモデルの開発に成功した。そして、1988年12月、最新鋭のLSI技術とデジタル技術を適用したC33-ED1を発表した。」

「現行のNTSC方式による放送が構造的に持っている問題は、主に次の二点である。

- (1) 輝度(Y)信号と色(C)信号の未分離によるクロスカラーやドット妨害
- (2) 走査線の飛び越し走査(走査線を1本おきに $\frac{1}{60}$ 秒ごとに走査する方式)によるラインフリッカ(ちらつき)

これらの問題を解決するための、IDTVで開発した3次元Y/C分離と順次走査が、EDTVの必須(す)機能とされている。順次走査とは、飛び越し走査による走査線のすき間に新しい走査線を補間し、画面のちらつきをなくすものである。」

「C33-ED1では、新たに開発したライン(走査線)メモリと、フレーム(画面)メモリ

を適用した3次元動き適応形Y/C分離、および走査線補間システムを採用し、これらの問題に対応している。」

「3次元とは、水平方向、垂直方向、時間方向を指す。この3方向に関して、それぞれ信号を分離あるいは補間することによって、問題を解決している。

動き適応形とは、画面中の動画部分と静止画部分を細かく検出し、それぞれに応じた処理方法をとるものである。

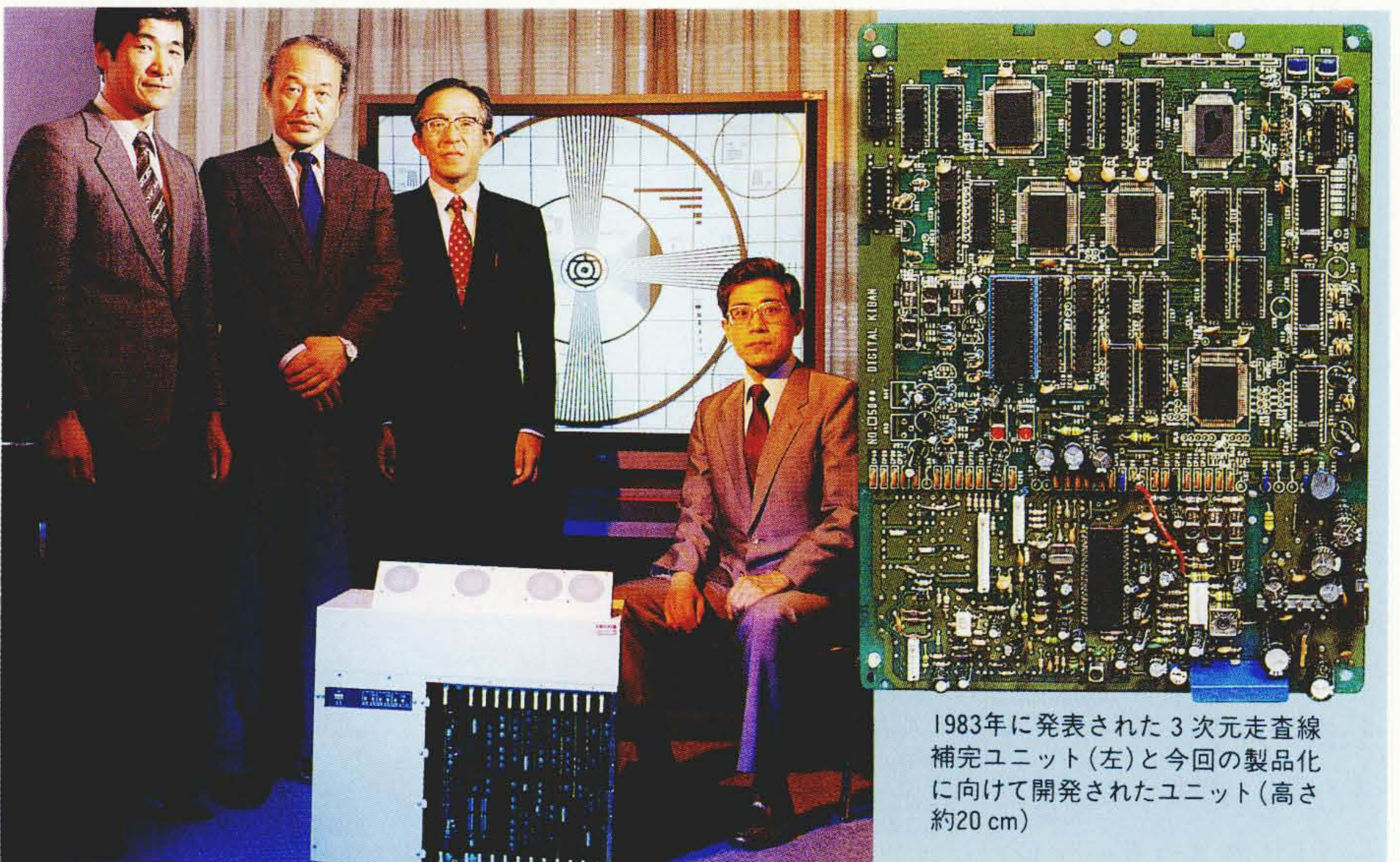
これらの処理を可能とするのがメモリであり、近年のメモリの大容量化、低価格化が、デジタルテレビジョンの普及に大きく貢献している。」

「日立製作所では、C33-ED1の製品化に際して、1Mビットビデオメモリのほか、7品種のカスタムLSIを開発している。

また、メモリの採用は、静止画、9画面マルチPin P、4倍ズームなどの付加機能をもたらしめている。

このほかにC33-ED1は、ビデオなどのNTSC方式によらない非標準信号の高画質化を実現するバーストラインオートロック方式や、輝度で約3dB、色で約6dBそれぞれノイズを低減するフレーム相関デジタルノイズリデュースなどの新たに開発された技術を採用している。」

「現行放送システムでの高画質化(IDTV)と第一世代EDTVへの対応を実現したC33-ED1は、EDTVの本格的な放送開始を待つばかりとなっている。」



1983年に発表された3次元走査線補完ユニット(左)と今回の製品化に向けて開発されたユニット(高さ約20cm)

フラットディスプレイの本命TFTカラーディスプレイ



液晶ディスプレイとポータブルテレビジョンを前にして左から現茂原工場画像システム開発センター川上センタ長、生産技術研究所第三部船津主任研究員、中央研究所塚田主管研究員、および茂原工場TFTディスプレイ部鈴木主任技師

情報化の進展で、フルカラーのフラットディスプレイは大きな需要が見込まれている。1987年秋、日立製作所はフラット化に向けて、5形TFTカラー液晶ディスプレイを開発した。他社に先駆け、業界最大サイズの5形液晶カラーテレビジョンの製品化に成功した。また1988年秋には、情報機器端末用6.3形パネルの量産体制に入っている。この生産技術はどのようにして実現したか。開発に当たった日立製作所茂原工場TFTディスプレイ部鈴木堅吉主任技師、中央研究所塚田俊久主管研究員、生産技術研究所第三部船津隆一主任研究員、および元日立研究所第九部川上英昭部長は、次のように語っている。

—どのような開発体制で取り組んできたのか。

「1984年5月に、日立製作所茂原工場でTFT-LCDの開発に着手したのが具体的な始まりといえる。1985年10月からは日立製作所中央研究所、日立研究所、生産技術研究所が一体となった研究体制で開発に当たってきた。他社よりもひとまわり大きなサイズの製品化ということで、開発技術では、画質、生産プロセスおよび信頼性に関する問題点を解消し、鮮明な画像を実現することにもっとも苦心した。

日立製作所中央研究所、生産技術研究所で培われてきたa-Si(アモルファスシリコン)技術と設備開発技術、日立研究所のディスプレイ設計技術など、各研究所の開発技術が背景にあったことが、今回の製品化を早期に達成する力となった。」

—TFT液晶カラーテレビジョンの特徴は。

「これまでの液晶カラーテレビジョンは、2インチないし3インチのポケットサイズが中心であった。それが初めて5インチという、画像を十分に楽しめるサイズで製品化された。つまり、本格的なカラーテレビジョンの分野に、フラット化の切り札である液晶テレビジョンが参入したといえよう。その口火を、どこよりも早く日立製作所が切ったことになり、その意義は大きなものがある。製品の特徴としては、同じサイズのカラーブラウン管に比べ、薄さで $\frac{1}{10}$ 、質量で $\frac{1}{4}$ 、消費電力で $\frac{1}{4}$ と大幅に軽量化・省電力化している。また技術的には、a-Si TFT基板微細薄膜加工技術によって、画素数は横480個、縦240個、総数11万5,200個の高解像度を実現した。各画素ごとにスイッチング機能を持つa-Si TFTを内蔵したアクティブマトリックス方式の採用で、コントラストを向上させるなど、ブラウン管に比べて遜(そん)色のない色再現性が可能となった。」

—これからの課題は。

「TFTディスプレイ開発の最終目標は、大形・高精細のディスプレイにある。今回の開発を踏まえ、次は10形TFTカラー液晶ディスプレイの製品化を急ぎたいと思っている。大形化に伴う画質、レスポンスの低下などの問題をクリアして、高精細化を目指している。また、歩留まりの向上など生産技術を高めて、低コスト化を実現したい。」

—市場の可能性としては。

「薄く、軽いという特性を生かして、従来のブラウン管とはまた違った新しい市場を創造できる。すでに6.3形ディスプレイを組み込んだラップトップコンピュータが製品化されており、情報端末機器の分野での利用範囲は広いものがある。車載用テレビジョン、屋内、屋外用インフォメーションディスプレイ、レジャー用、FA用などフラットの特徴を生かした新分野市場の開発の可能性が非常に大きい。これからも各事業所と協力して、新しい製品開発につないでいきたい。」



6.3インチ8色表示のカラー液晶ディスプレイを採用したラップトップコンピュータHL4000モデル021C