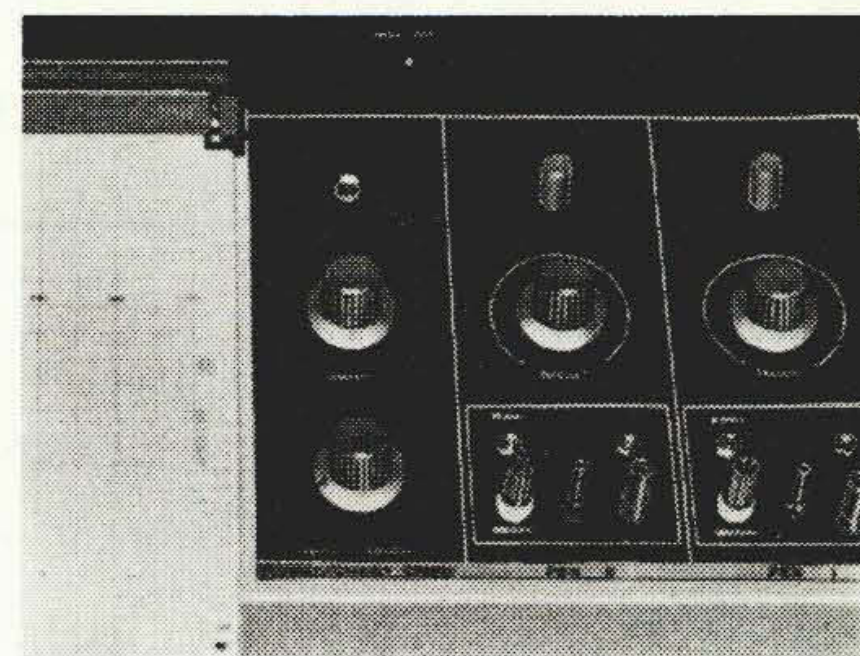


## 7

計測機器  
理化学機器

Measuring and Scientific Instruments

## 総説

計測器・理化学機器は諸産業のプロセスから品質管理に至るまでの計測、制御はもとよりあらゆる分析、医療、学術研究などの面においても使用せられ、近代産業の発達、企業の生産設備の近代化、合理化に不可欠の最も重要な役割をになっている機器である。

昭和45年度のわが国産業界を取り巻く内外の情勢は資本自由化の本格化、技術導入の自由化、労働需給のひっ迫などますますそのきびしさを増しつつあるが、かかる現状にかんがみ、各産業分野においては、いちだんと設備の近代化、合理化をめざして国際競争力の強化に対処している。

これら時代の要求に基づき計測器および理化学機器の分野においても長足の進歩が遂げられたが、そのうち特にきわだったものとして

- (1) 卓上電子計算機およびカラーテレビの飛躍的な増大に伴って IC の価格低減、信頼性の向上が行なわれたため、計測器に対しても IC が大幅に導入され計測器の小形化および性能の安定化が図られた。
- (2) 労働需給のひっ迫、人件費の上昇などから従来個々の単体として開発された各種の機器のシステム化、省力化が急速に行なわれた。
- (3) 公害の社会問題化に伴い従来あまり考えられなかった地方自治体、中小企業からの公害計測機器の需要が増大した。

以下に昭和45年度に開発された計測器および理化学機器のおもなものについて紹介する。

電力需要の急激な増大に伴い、配電設備の近代化が急がれているが、この一環として、大容量の無人配電変電所の保護リレーとして、全トランジスタ化したリレーシリーズを開発した。

プラントの大形化、複雑化に伴い、増大する情報量の処理、高度の調節動作の要求、オペレータの省力化などを目的とする SCC (Supervisory Computer Control) および DDC (Direct Digital Control) に使用する工業計器ならびに計装方式を開発した。

従来とかく高分解能、高性能の追求にかたよっていた電子顕微鏡をユーザーの立場から再検討して高度の操作性をもつ HU-12 形や試料の立体的な形状観察ができる HSM-2 形、SSM-2 形など各種を開発し電子顕微鏡のトップメーカーとしてシリーズ機種を完成した。さらに電子線技術を応用したものとして IMA-1 形イオン・マイクロプローブ・アナライザ、XMA-5B 形 X 線マイクロアナライザなどがある。

また研究室の自動化、省力化を目的とした 205 形炎光光度計、063 形ガスクロマトグラフ、ゾーナルロータとプログラムポンプなどの各種のシステムを開発した。

日立レントゲン株式会社においては医療用機器の分野で X 線被ばくの軽減、暗室操作からの開放を目的とした TRU-VC 形 X 線テレビ用透視撮影台、イメージ・インテンシファイアとテレビカメラを透視台に直結した TD-BV 形 X 線テレビ専用透視台などを、また小形コンピュータと組み合わせたデータ処理装置としてはラジオアイソトープデータ処理装置、ESC-1 形スパイロコンピュータを開発した。



■ 大容量無人配電変電所用  
保護リレーの小形、高信頼度化

電力需要の急激な増大に伴い、配電設備の近代化が急がれているが、この一環として、大容量の無人配電変電所の保護リレーとして、全トランジスタ化したリレーシリーズを開発した。

構成は、受電用ユニット、母線ユニットおよび配電線ユニットに大別され、それぞれ必要なリレーを収納してある。

無人変電所用として特にたいせつなことは信頼度の向上であるが、これを果たすため、トリップに関係するリレーを二重化した。たとえば、過電流リレーについて述べると、同一のリレー要素を2個用意し、それぞれの出力信号のオア回路でトリップするようにした。さらに、リレー要素には検出部を2組用意し、両方のアンド条件で出力信号を得るようにして、回路の不具合によるトラブルを防ぐよう工夫した。

このように、回路に冗長度をもたせることにより、信頼度は次のようになる。

	従来品	今回開発したもの
誤不動作の確率	P	$4P^2$
誤動作の確率	q	$2q^2$

Pおよびqの値は、通常 $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ 程度と推定されるので、今回の場合は、 $10^{-7}$ 以下となり、格段に信頼度が向上する。

さらに、ランプおよび信号による常時監視を付加するとともに、押しボタンによる点検方式を採用した。この結果、装置のダウンタイムが短縮され、使用信頼度を向上させ、保守の省力化に役だっている。

構造については、引出形とし、同一リレーについて互換性をもたせるとともに、配電盤面積の縮小化を図り、従来品に比べて、約1/5に縮小した。

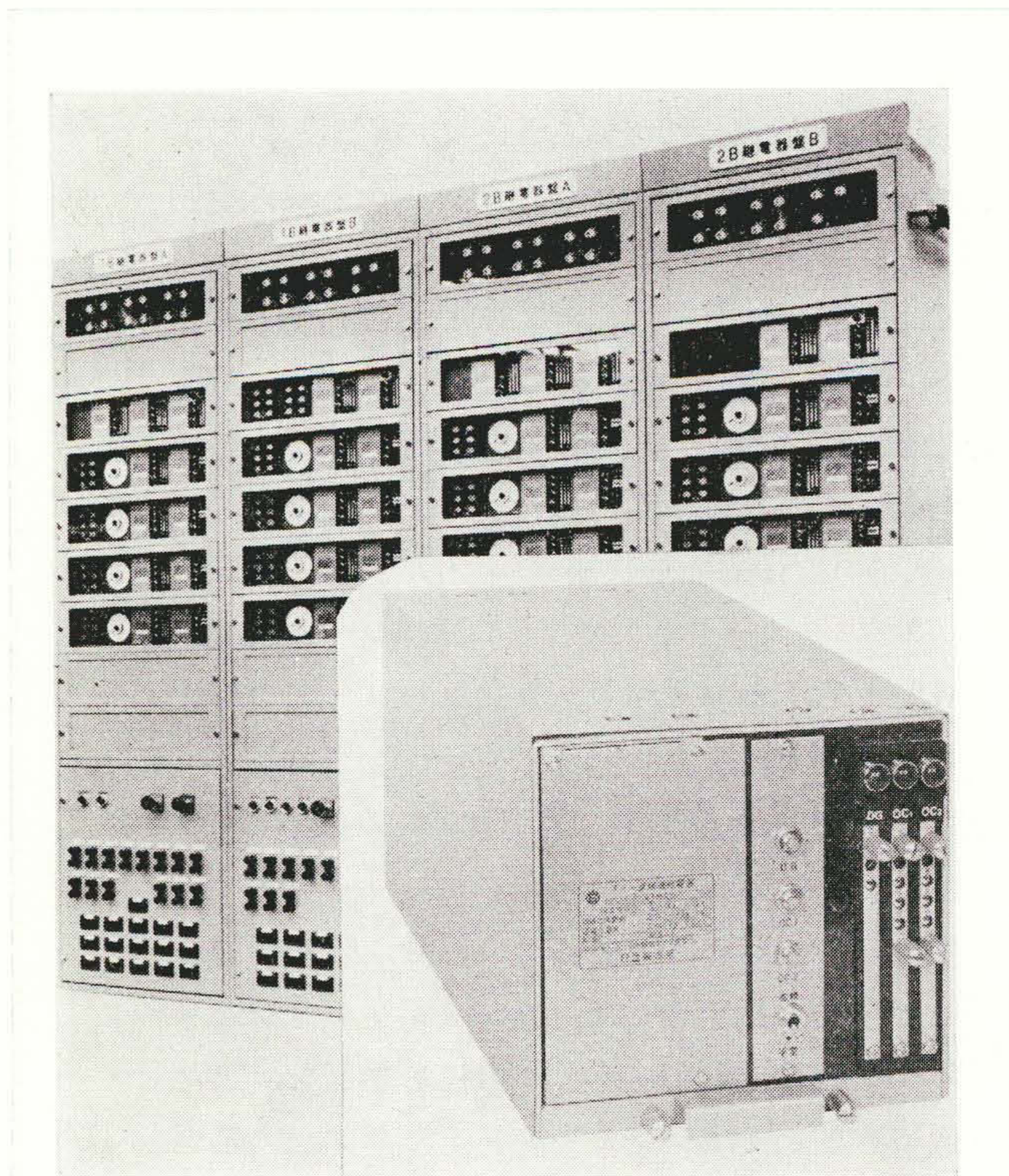


図1 大容量無人配電変電所用リレー盤とリレー要素

■ 計算制御用工業計器の製品化

計算制御のうちSCC(Supervisory Computer Control)およびDDC(Direct Digital Control)に使用する2種類の工業計器を製品化した。

VI 82-E-(C)形PID調節計は上記のSCCに使用されるものである。これは計算機が計算した制御の最適な設定値を、自動的にPID調節計に与えて、いつも最適な状態でプラントを運転するためのものである。計算機とのインターフェースにはパルス信号が使用される。1,000パルスが設定値100%に相当する。現在の設定値がDC1~5Vの電圧信号で計算機にフィードバックされていて、この値に対する差分の形でパルス信号が計算機から与えられる。計算機との間は3線で結合され、共通線と“増”あるいは“減”の線間にパルス信号が与えられて設定点が内蔵のパルスモータによって増減する。設定精度は±0.5%である。信号が差分で受け渡しされるので、Local(手動)設定⇄Computer設定との切り替えも非常に円滑に行なわれる。このほか計算機の故障に備えて、設定点に対してリミットおよび警報を付けることもできる構造となっている。

X-EAM形A/MステーションはDDCシステムの出力信号変換およびホールドの機能をもっている。すなわち1台の計算機に対してn個の操作端(たとえば弁など)がある場合、これに1:1に対応してA/Mステーションが置かれる。計算機からの信号DC1~5Vはバスラインで各A/Mステーションに並列に配られている。A/Mステーションの入力にはFETゲート回路があり、計算機の指令で、ある一つのゲートが開くと同時に、バスラインの信号も同期して変化し、A/Mステーションに書き込まれる。書き込まれた信号は、高絶縁コンデンサと高入力インピーダンスのFETとICで構成されるホールド増幅器で次の書き込みまで出力(DC4~20mA)が一定値にアナログホールドされる。このA/Mステーションは、ホールド機能のほかにバックアップ機能をもっている。計算機が故障のときA/Mステーションは出力をその直前の値にホールドする。手動調節部が内蔵されていて、これに切り換えて手動運転することができる。

以上、2種の計器ともすでに多数、石油化学、鉄鋼などの諸業界に納入され実績をあげている。

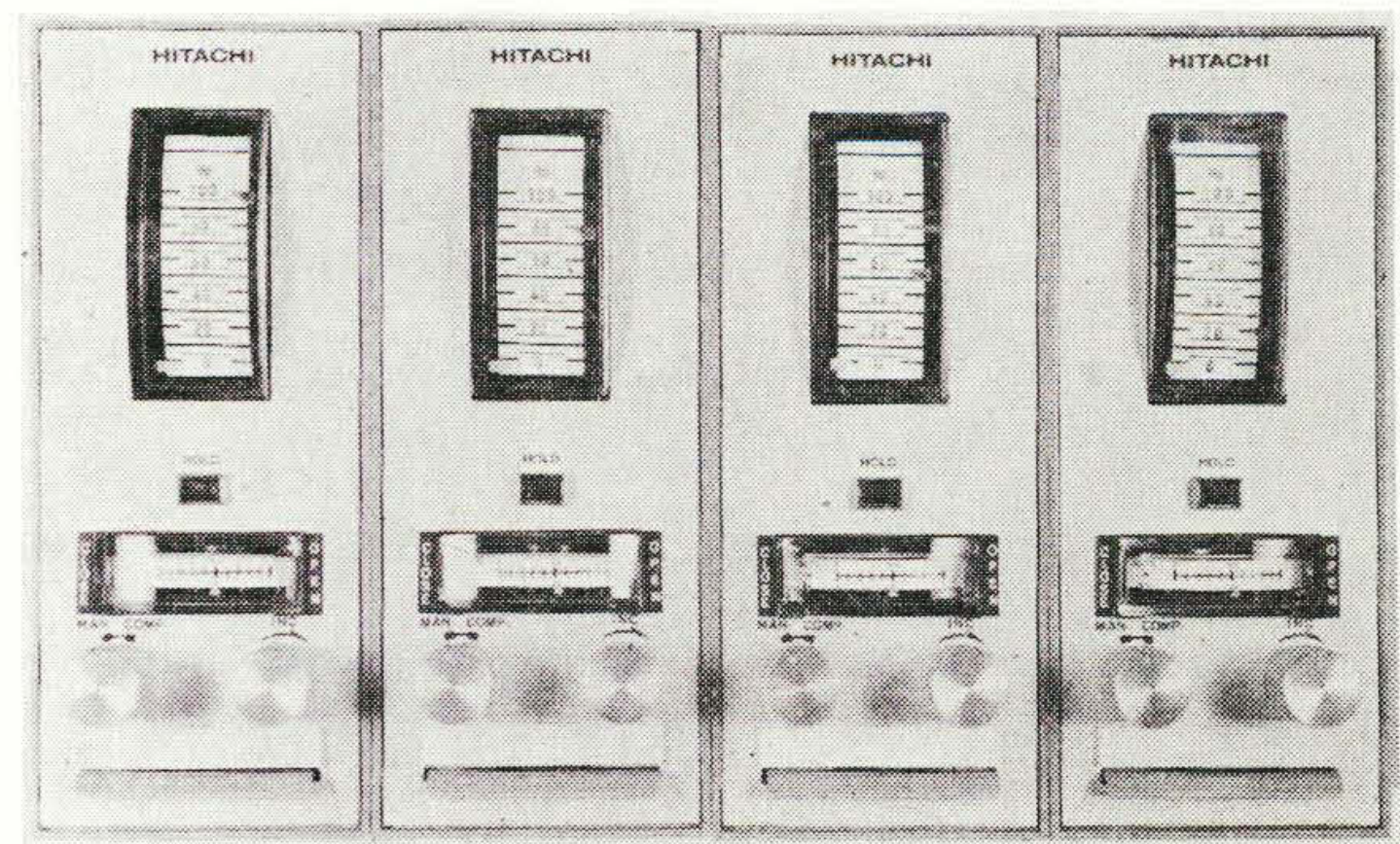


図2 X-EAM形A/Mステーション

■ 大形計装方式の完成

プラントの大形化、複雑化に伴い、増大する情報量の処理、高度の調節動作が要求されている。また、オペレータの省力化などにより、計装方式も変わりつつある。堺コンビナートのユニチカケミカ



ル株式会社および鹿島コンビナートの鹿島石油株式会社、三菱油化株式会社、信越化学工業株式会社などのあらゆるプラントに電子式計器を中心とした計装盤を納入した。これらの多くは計算機との組み合わせにより構成されており、計装ループとして300~500、計装盤として10~40面の規模となっている。

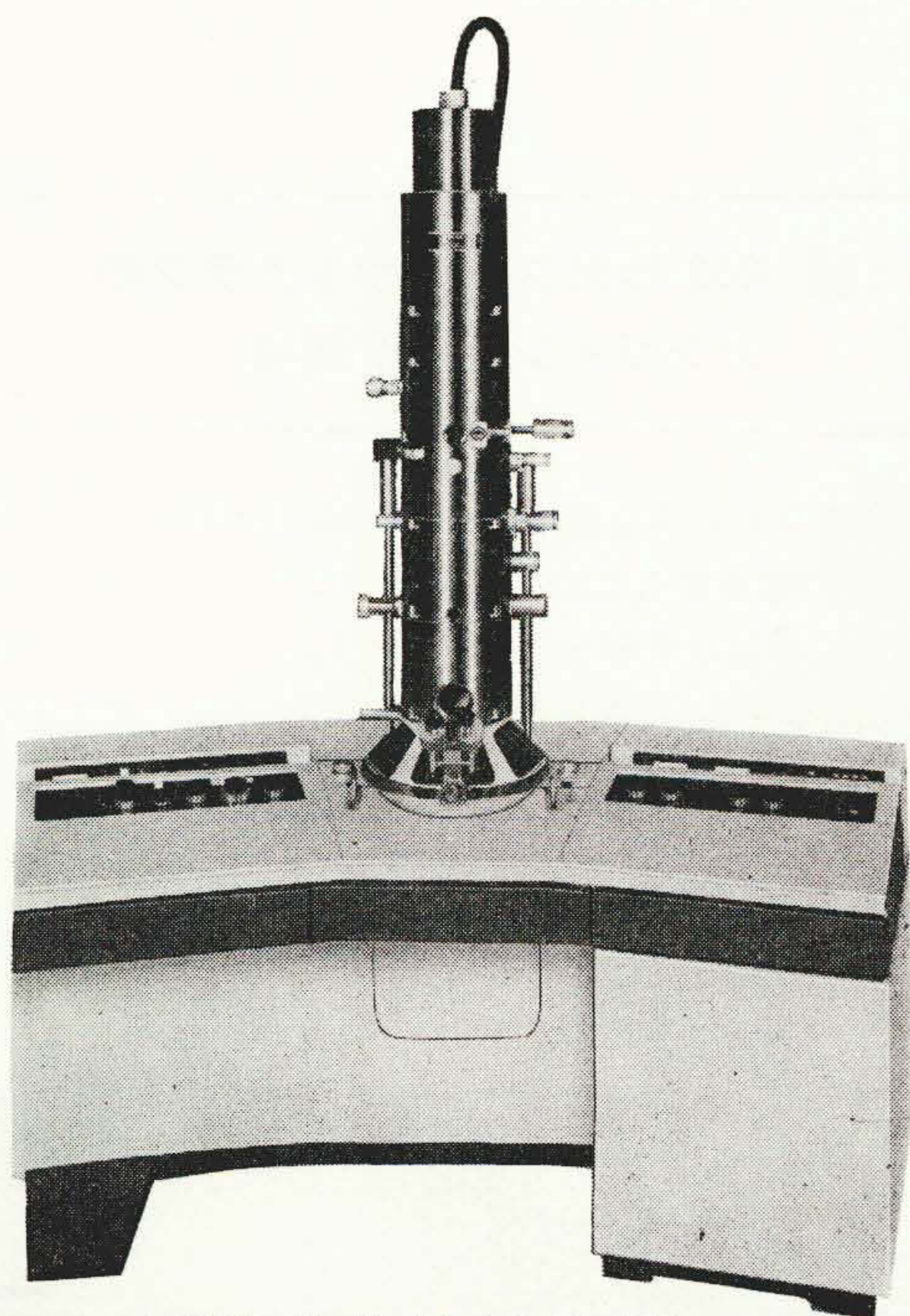
これら大形プラントの計装方式の特長として、下記があげられる。

- (1) 計算機との組み合わせによる最適制御および情報処理の簡便化
- (2) 高密度計装盤の採用による情報把握(はあく)の敏速化
- (3) 信頼性の高い機器類の採用によるメンテナンスフリー化
- (4) 無接点リレーシーケンスの採用による保守の省力化
- (5) バッテリーバックアップの電源装置による安定化電源の供給

### ■ HU-12 形 高性能電子顕微鏡の製品化

従来、高性能形電子顕微鏡は性能重点にかたより、操作者の技術にたよる傾向が強かった。したがって操作性については必ずしも満足とは言えず、市場はより簡易操作の高性能機を要求していた。今回開発したHU-12形はこの要求に応じたもので、特に操作性を重点としている。これはひいてはその装置の性能を、じゅうぶんに発揮できることにつながる。

真空排気装置、カメラ装置など補助的操作を自動化し、モニタによって装置の動作状態が常に監視できるようにした。25 kV から125 kV の加速電圧に加え、4段結像レンズ系を活用したズームレンズ方式は、1,000~50万倍の広い倍率範囲を明るさも、焦点もほぼ一定のまま変換させることができる。また、撮影されたフィルム上には通し番号、加速電圧、レンズ条件、倍率が自動記録され、写真整理を容易にした。2 Å の高分解能は加速電圧の範囲とともに生物、金属などすべての分野に広い応用分野を確保するものとする。

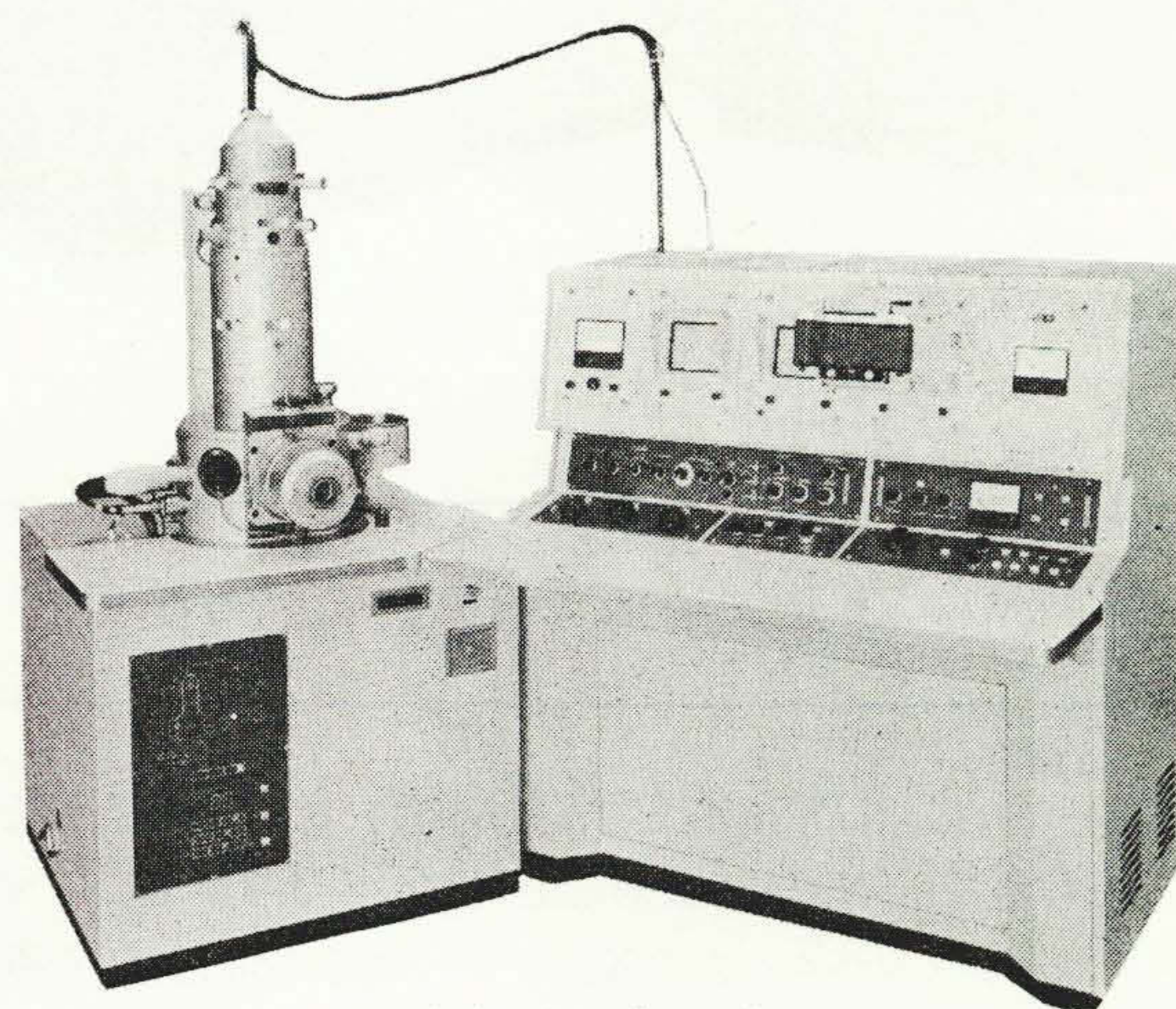


加速電圧 25, 50, 75, 100, 125 (kV)  
倍率範囲 600~300,000倍, 1,000~500,000倍  
分解能 2 Å (格子), 3 Å (点間隔)

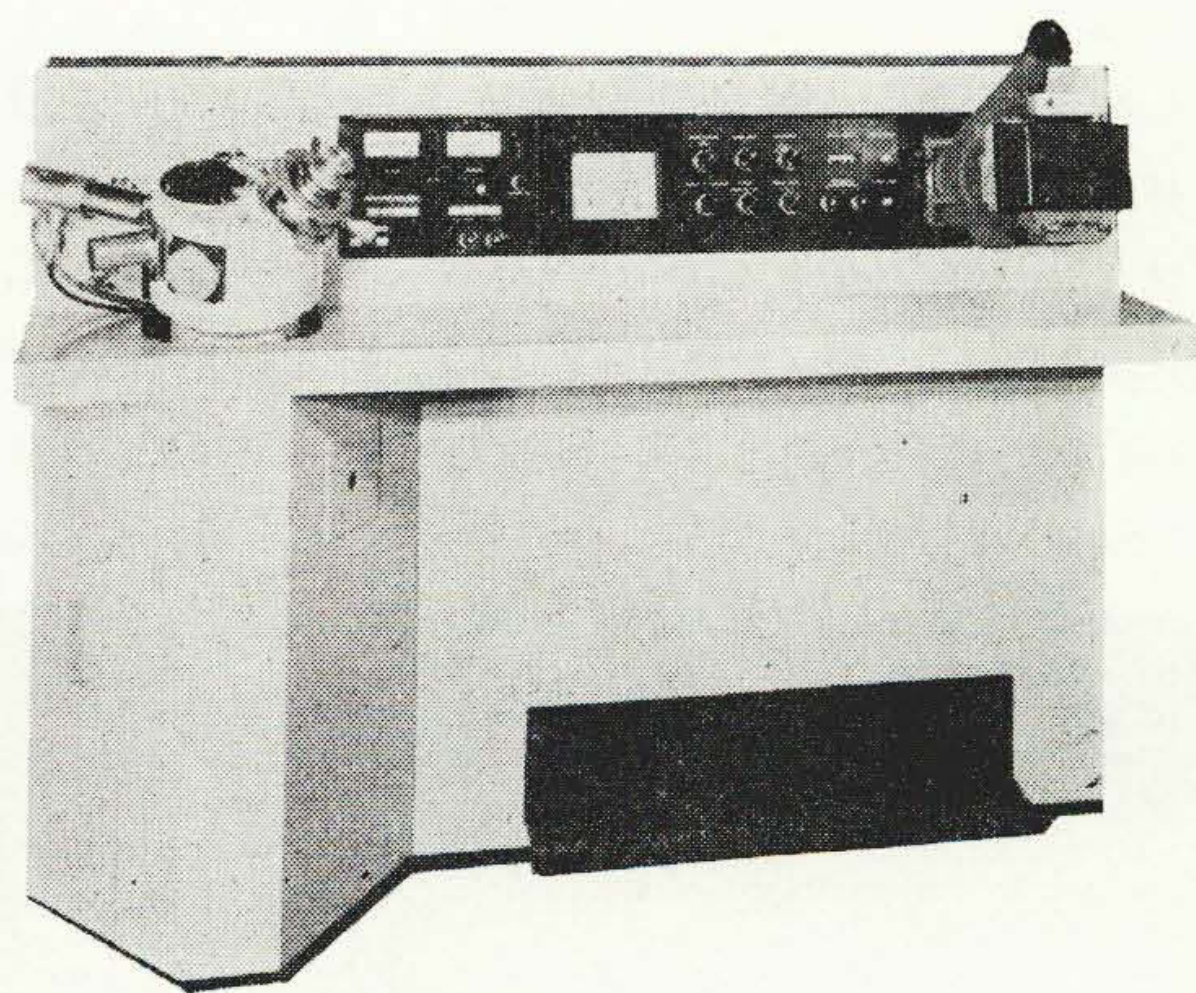
図3 HU-12形高性能電子顕微鏡

### ■ 走査電子顕微鏡の製品化

透過形電子顕微鏡と光学顕微鏡の倍率：分解能の中間を埋め、かつ立体的な形状観察機器として急速な発展を遂げている走査電子顕微鏡が、2機種製品化された。すなわち、万能形のHSM-2形(図4-a)と普及形のSSM-2形(図4-b)である。万能形は大形試料室に万能試料台を有し、試料のXY方向の微動や回転傾斜の量をリモートコントロールできる。普及形は、コンパクトな架台に倒立した鏡体と操作パネルを組み込み、画期的な操作性を生み出した。倍率は最高10万倍(普及形は2万倍)で、従来観察不可能とされていた微小試料の立体感に富んだ写真を、電子線の走査により撮影することができる。応用面は広く、テレビ・スキャンニング法との併用によって動的な観察が可能であり、従来得られなかった集積回路への電圧印加による電子の分布状態も観察できる。薄片試料の透過像も観察できる。



(a) 万能形



(b) 普及形

図4 走査電子顕微鏡

### ■ イオン・マイクロプローブ・アナライザの製品化

新しい固体分析機器としてイオン・マイクロプローブ・アナライザ(IMA-1形)が製品化された。固体の分析方法としては従来湿式の化学分析、機器分析があったが、その煩雑さと精度の点で難点があった。今回開発したIMA-1形は固体試料を前処理なく真空中に装着



し、細く絞られた高速一次イオンビームを試料に照射することによって放出される二次イオンを検出し、試料表面ないし試料表層の元素分布を知ろうとするものである。さらに一次イオンビームを走査することによりビームの位置決めと、表面状態の観察ができるのは本機の特徴である。応用分野としては、半導体に含まれる極微量元素の検出、隕石(いんせき)中の同位体元素の比率測定、鉄鋼などの金属の最表面の元素分布測定などがあげられる。製品仕様のおもなものは次のとおりである。

一次イオン最小スポット径: 10  $\mu\phi$  質量分析分解能: M/4M300  
 検出感度: 1 ppm (Si 中 B) 観察部: 光学像および二次電子像

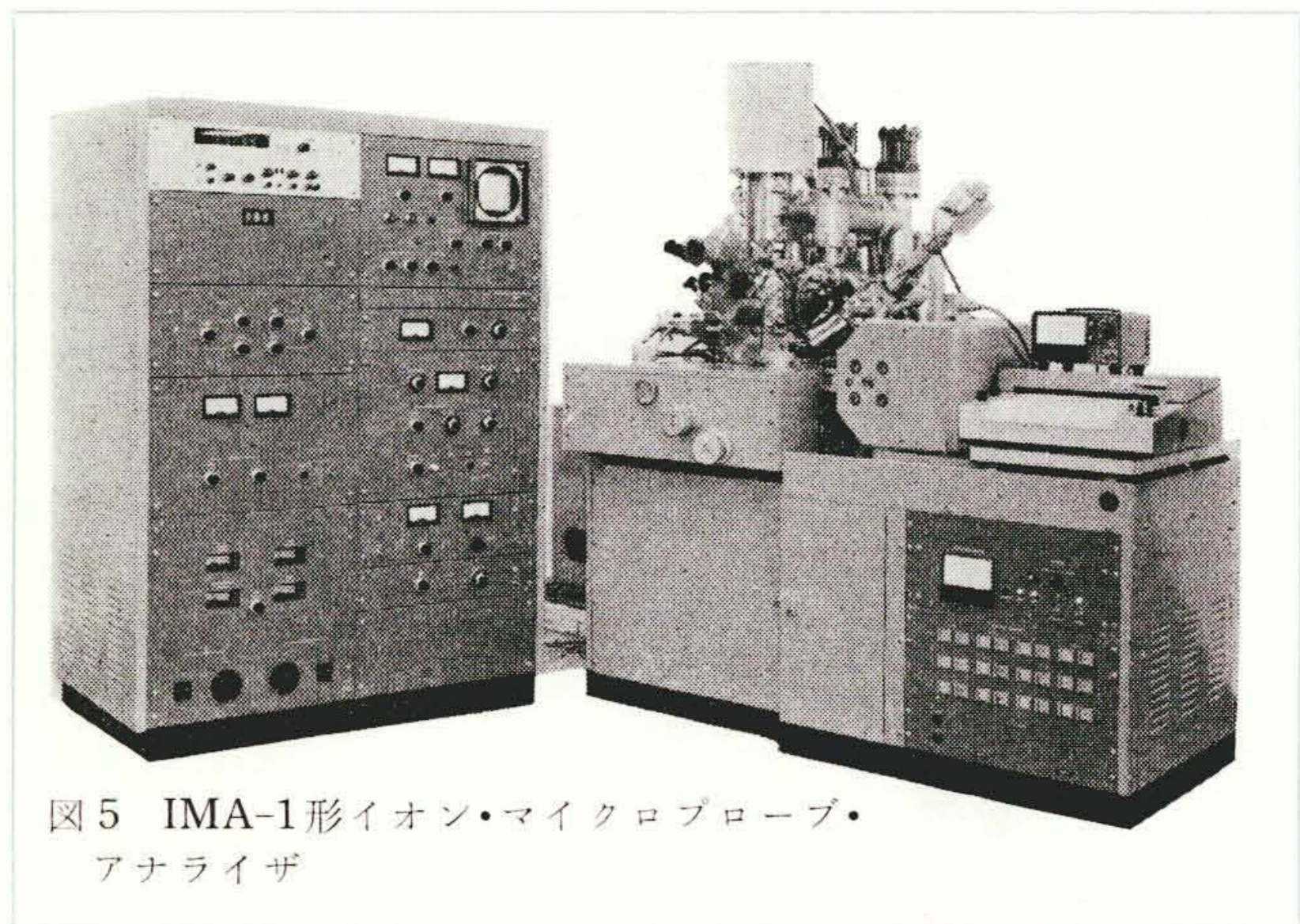


図5 IMA-1形イオン・マイクロプローブ・アナライザ

### ■ XMA-5 B 形微小部 X 線分析装置の製品化

微小部分の非破壊分析機器として普及発展してきた日立 X 線マイクロアナライザは、XMA-5 B 形として新しい脱皮をした。すなわち、世界のトップレベルにある X 線分析の性能に加え、走査電子顕微鏡の構成から得られる二次元情報を組み合わせ、X 線像: 吸収電子像: 反射電子像: 二次電子像: 透過電子像: カソード・レイ・ルミネセンス像を表示し、写真表現による分析の補助手段を拡充した。金属材料: 鉱物: セラミックス: ガラス: けい光体: 半導体: 紙およびフィルム: 人歯: 生体中の金属元素などの分析のみにとどまらず、形態観察にも威力を発揮し、応用分野もいちだんと拡大された。分析可能な元素範囲は 4 Be~92 U; 検出限界は検量線法により Fe 中の S が 0.0125%, グラファイトからの C-K 線で 0.025% が

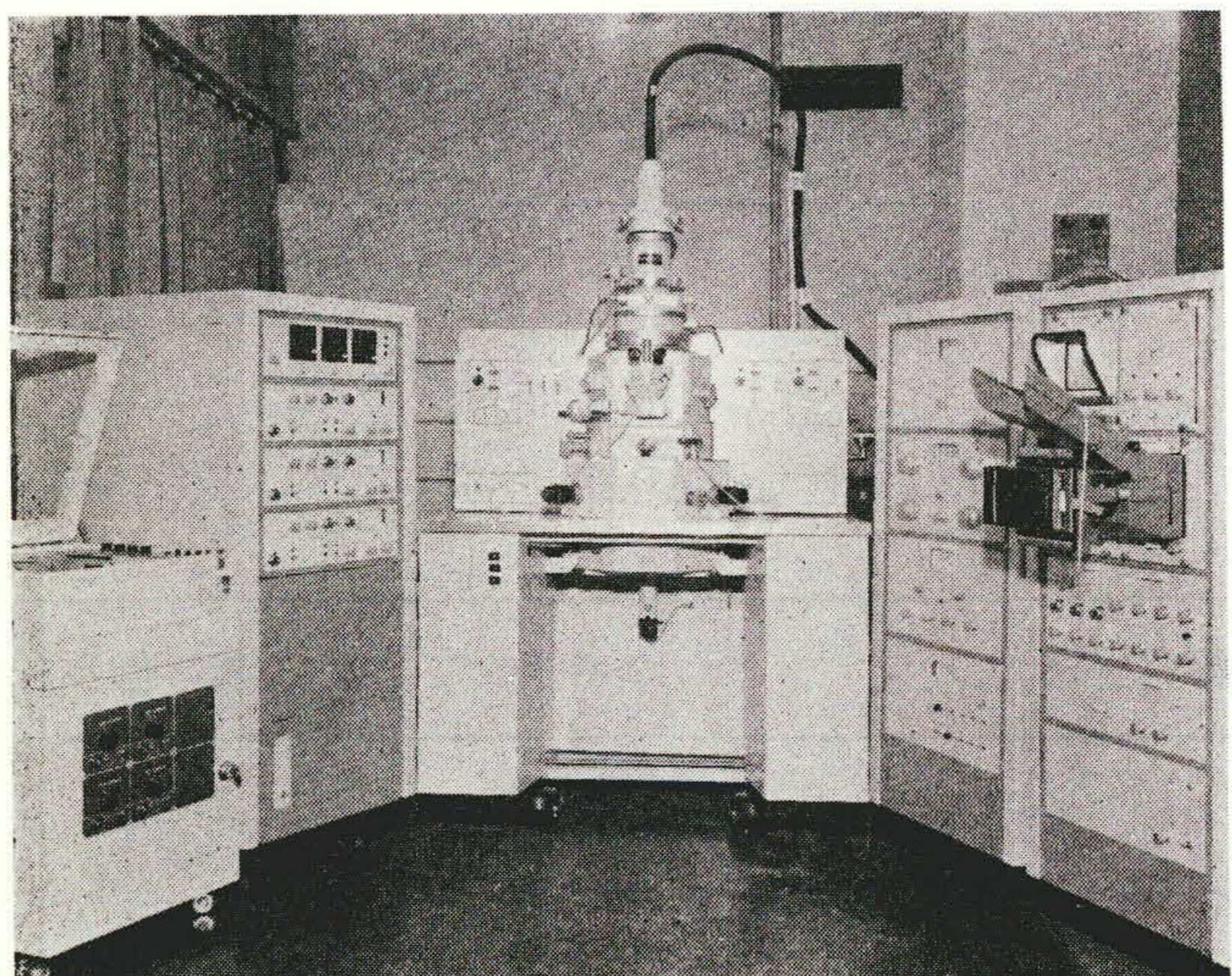


図6 XMA-5 B 形微小部 X 線分析装置

可能である。二次電子像による解像度も 500 Å 以上が得られ、さらに向上しつつある。このほか、分子の結合状態により千分の数オングストロームの相違を見いだすケミカルシフトによる分析法も有力な手段となっている。

### ■ 205 形炎光光度計のトータルシステム

血清や尿に含まれているナトリウムとカリウムの濃度は人間の健康状態と密接な関係があり、これらの分析は病院の検査室の業務のうちで大きなウェイトを占めている。しかも、試料の希釈操作にはかなりの熟練を必要とするため自動測定による省力化が強く要望されていた。

205 形炎光光度計の安定性の良さを生かし、これにオートサンプラおよびオートピペッタを組み合わせ、試料の希釈から測定結果の記録までの一連の操作を自動化したものが 205 形炎光光度計のトータルシステムである。本システムは一度に 50 試料が装てんでき、30 秒に 1 試料の速さで、その中のナトリウムおよびカリウムが自動的に測定される。総合的な測定精度は標準偏差率で、1% 以下である。また、試料の希釈率は 201 倍と高率であるため、消費される検体の量としてはわずか 0.02 ml である。



図7 205 形炎光光度計トータルシステム

### ■ 063 形ガスクロマトグラフのオンラインデータ処理

クロマトグラフから成分濃度を知るための計算は非常に手数がかる。この省力化を図るために、小形コンピュータ HITAC-10 を中央処理装置とする 002 形データライザ GC システムが完成した。このシステムを用いると最大 64 台のガスクロマトグラフを接続してその任意の 16 台のデータをオンラインで処理し、自動的にレポートを作成することができる。したがって処理時間が短縮され、さらに測定精度も大幅に向上する。

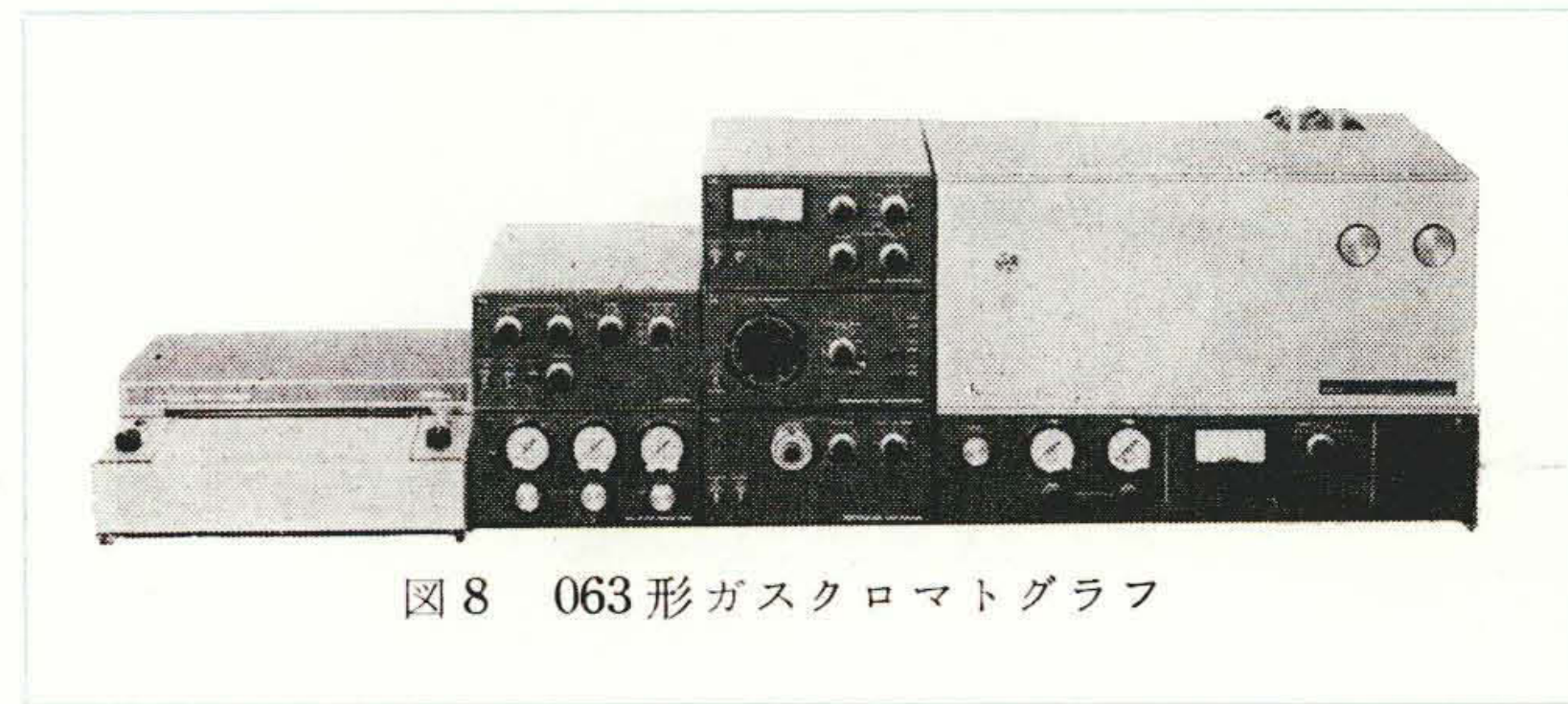


図8 063 形ガスクロマトグラフ



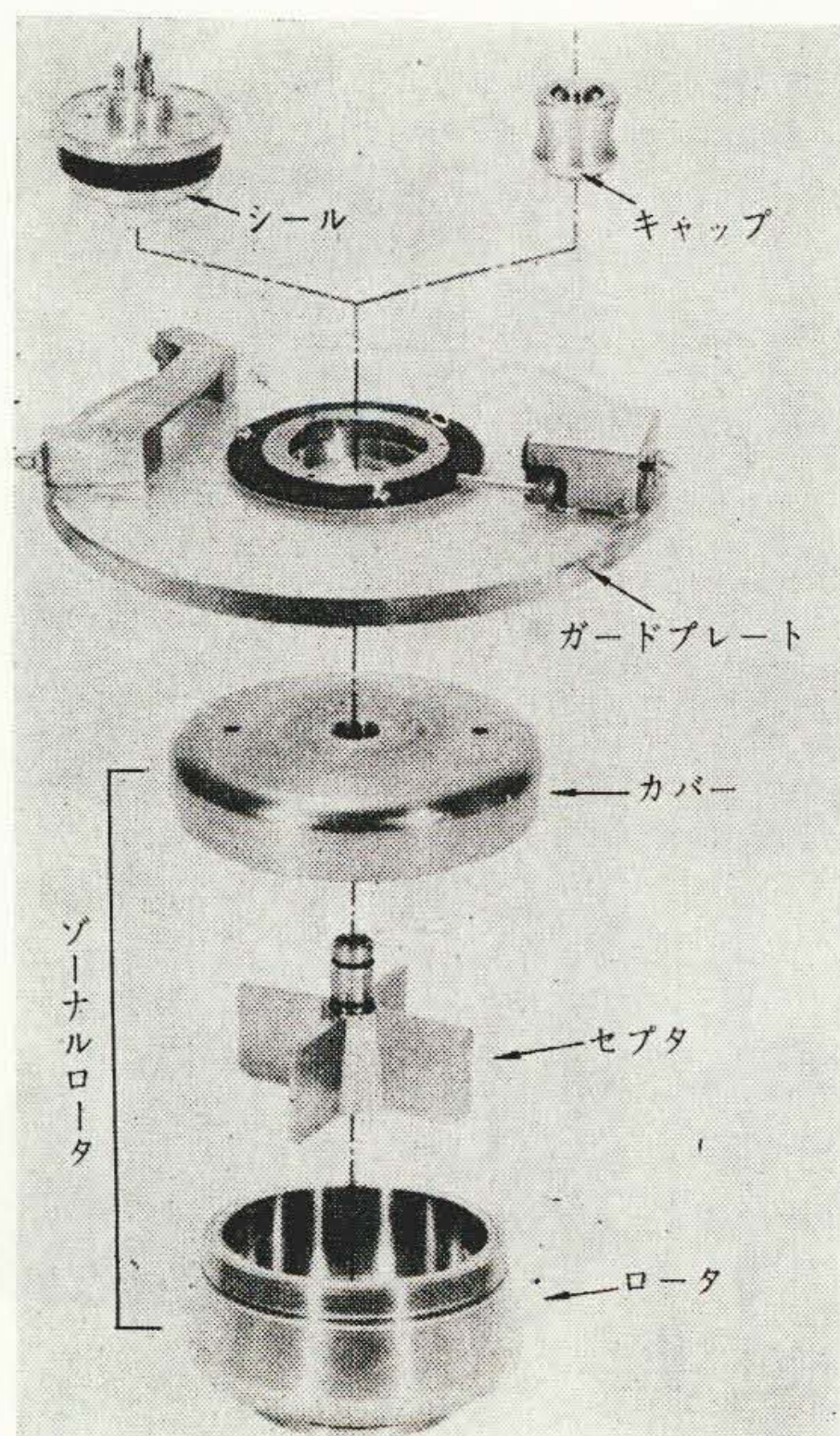
高速作動のコンピュータにオンラインでデータを送り込むためには、ガスクロマトグラフ自身の信頼性を高めなければならない。063形ガスクロマトグラフは $-50\sim 350^{\circ}\text{C}$ 連続可変のカラム恒温槽(そう)を備え、また感度 $5\times 10^{-12}\text{A}$ フルスケールで $10^5$ のダイナミックレンジをもつ高性能FID増幅器を採用したのをはじめ、高速作動に対応する対策をじゅうぶんに施し、コンピュータ直結ガスクロマトグラフとして好評を博している。

### ■ ゾーナル遠心システム (ゾーナルロータとプログラムポンプ)

従来、細胞内物質やビールスなどの高精度の分離は、水平ロータの細長いチューブの中に密度こう配を作り、その上面か底に試料を入れる方法で行なわれた。しかしチューブの壁面によって乱れの



図9(a) DGP形プログラムポンプ



(b) RPZ 48 T ゾーナルロータの構成品

生ずることや1回に分離できる試料の少ないことなどの欠点があった。このたびこれらの欠点を除くため、すでに製品化している65P形、55P-2形分離用超遠心機で使用できるゾーナルロータとプログラムポンプ(DGP)を開発した。本装置は、低速回転(約3,000 rpm)しているロータに、遠心力方向に密度こう配を作り、試料を入れて高速回転し、分離後再び低速回転にして試料の抽出を行なうものである。特長として

- (1) 試料の乱れない。
- (2) 1回に多量の試料を分離できる。
- (3) 注入、抽出、分析操作が回転中連続的にできる。

### ■ CHN 元素分析計の開発

有機化合物中の炭素、水素および窒素に対する元素分析は、有機化合物の構造決定あるいは化学工場における品質管理など各種分野で重要な測定法となっている。しかし従来広く用いられている Pregl 炭水素分析、Dumas 窒素分析法は高度の技術と熟練を要し、また原理的に3元素の同時分析が不可能である。これらの点を改善し操作を簡易迅速化するためガスクロマト法を応用した026形CHN同時元素分析計を開発した。各種の有機化合物を完全燃焼させるために、純酸素をパルス状にキャリアガス中に注入する動的燃焼法を採用し、さらに燃焼生成ガスの分離に長時間安定した分離性能が得られるポーラス、ポリマーカラムを用いた。成分ピークが自動的に積分され印字記録されるようにした。各種試料28種の分析に適用して、3元素を絶対誤差 $\pm 0.3\%$ で定量することができた。分析所要時間は約8分である。

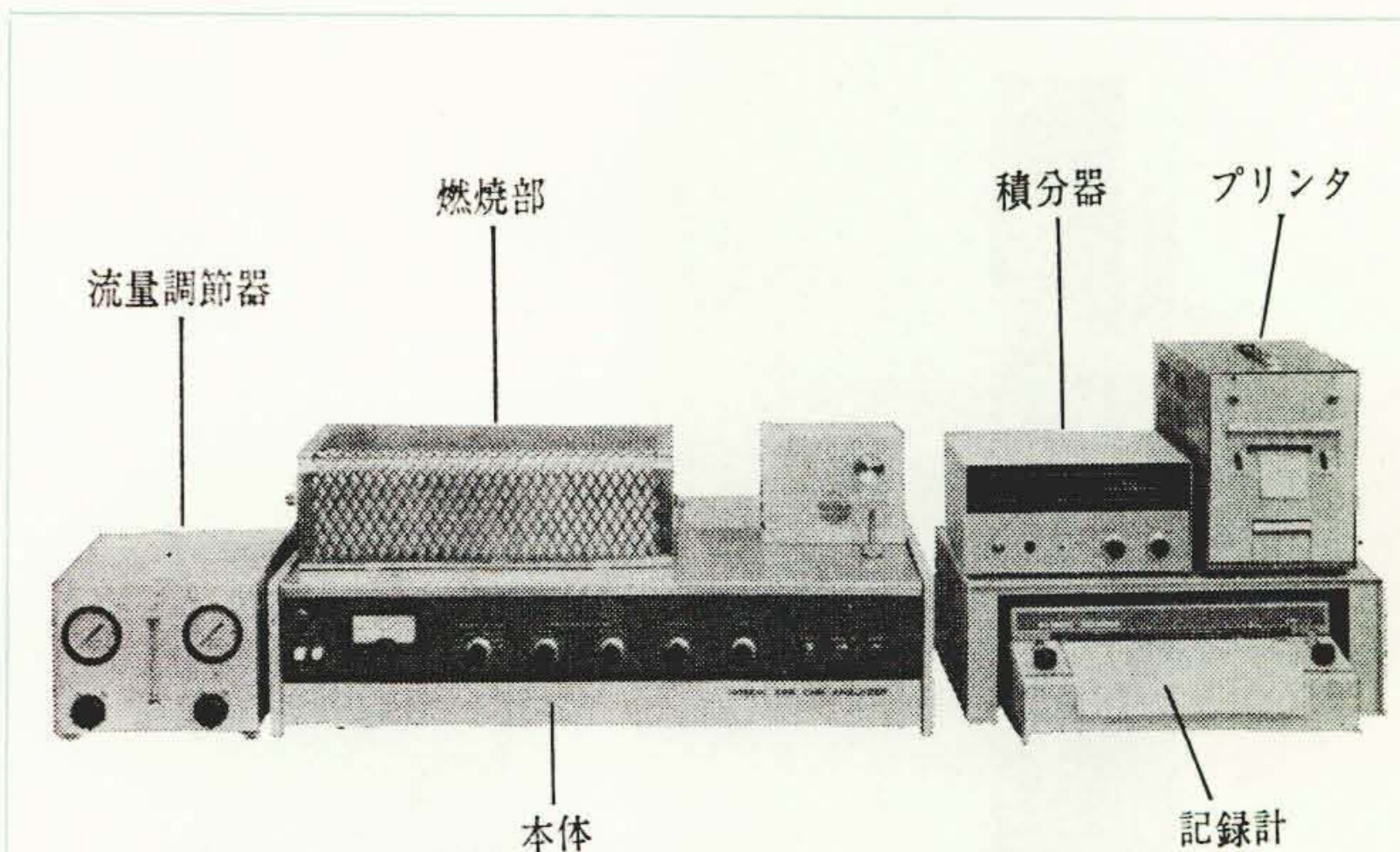


図10 CHN 元素分析計

### ■ ラジオアイソトープデータ処理装置

各種の医用ラジオアイソトープ計測データをオンラインにて内蔵の小型電子計算機(HITAC-10)に集収し、体内放射線分布像および放射線の経時変化を定量化し診断情報を正確かつ迅速に得ることを目的とした専用のデータ処理システムである。

電子計算機のプログラム内蔵方式により各種の数学的データ処理が実現され、結果はタイプライタ、X-Yレコーダ、CRTに表示される。





図11 ラジオアイソトープデータ処理装置

■ X線テレビ用透視撮影台 TRU-VC形

X線診断装置の分野でも、X線被ばくの軽減、暗室操作からの開放という大きな利点をもつテレビ装置が普及している。

TRU-VC形は、最小限の床面積で設置できるX線テレビ用ミニリングスタンド形の透視撮影台である。リングスタンドが、支持機構としての役割のほかに、防護隔壁になっており、リング中央にある鉛ガラスの窓から患者の状態を間近に観察しながら、医者がX線被ばくすることなく、1人ですべての診断操作が能率よく行なわれる。

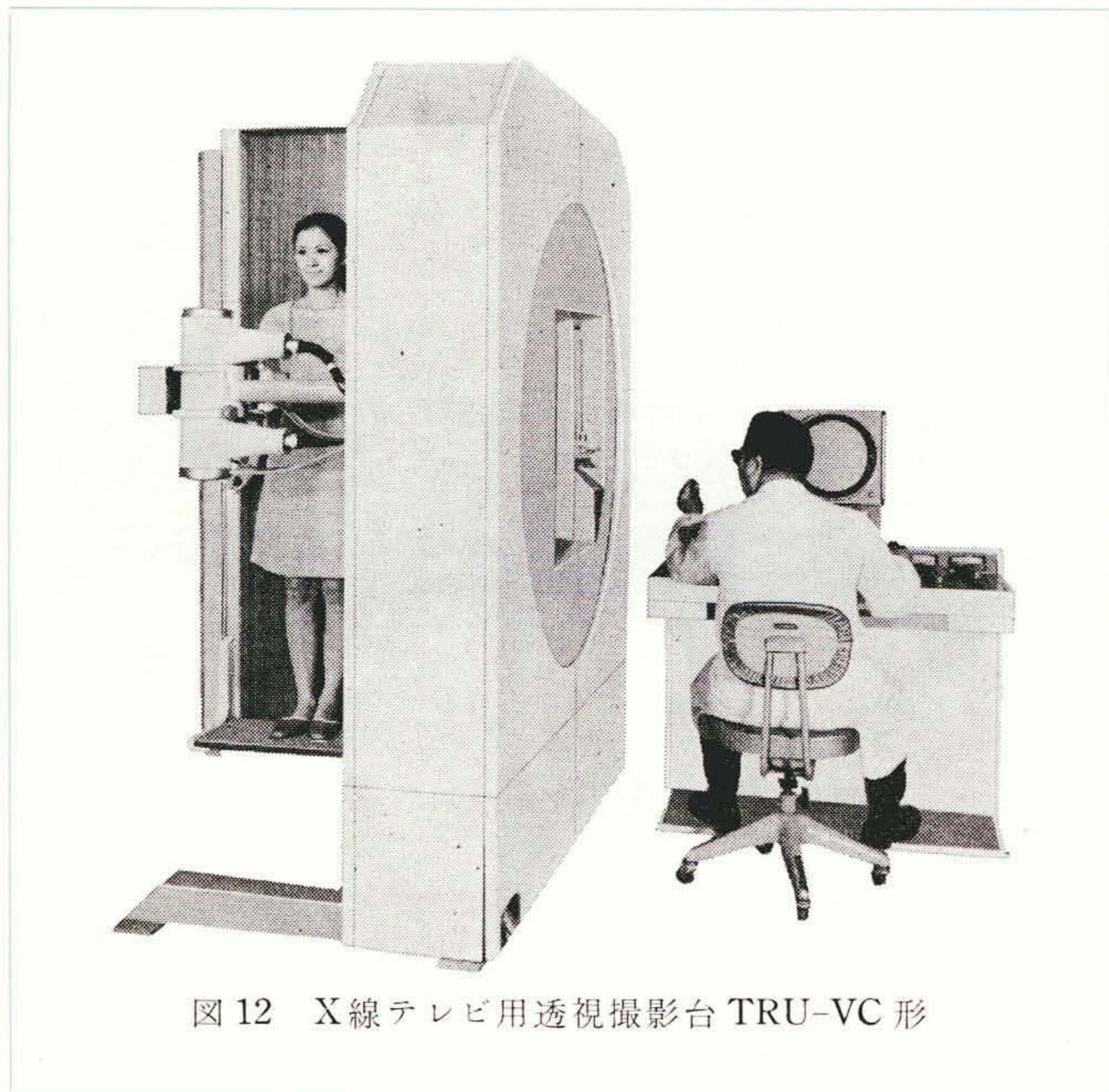


図12 X線テレビ用透視撮影台 TRU-VC形

■ スパイロコンピュータ

肺機能検査が重要視されてきたが、本検査の実施には非常に人手と時間を要する。本装置は努力性肺活量および最大換気量の計測演算処理をコンピュータにより自動化し、検査の能率化と省力化に貢献している。①あらゆるスパイロメータにも接続可能 ②被検者の

性別、年齢、身長、体重をセットするのみで検査開始後十数秒で、結果の印字可能 ③印字項目は努力性肺活量・予測値、肺活量比、1秒量、1秒率など、最大流量、最大換気量・予測値、換気量比、体表面積 ④総合精度±2%以下 ⑤統計的処理を行なうテープせん孔機が接続可能。

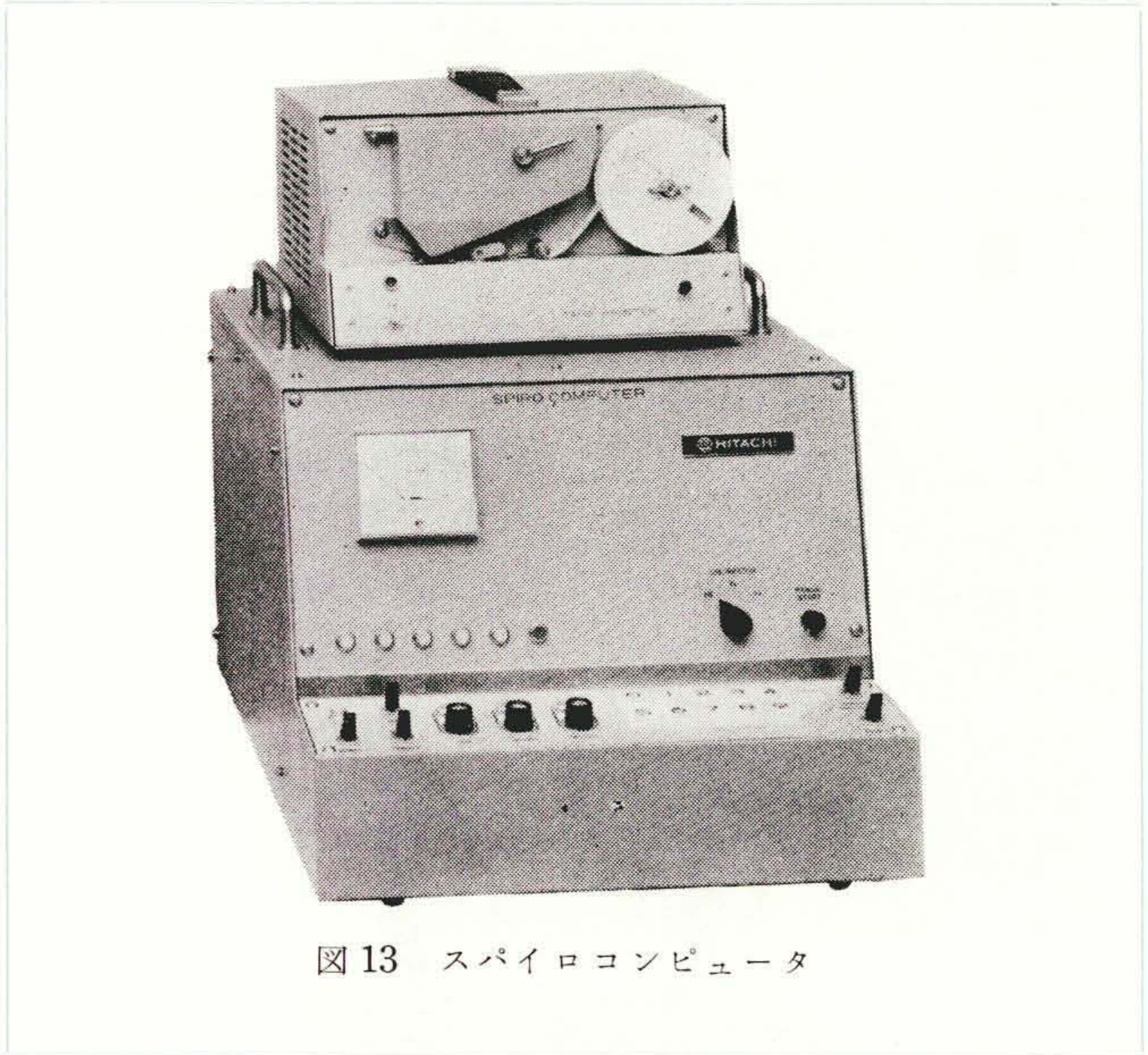


図13 スパイロコンピュータ

■ X線テレビ用透視台 TD-BV形

TD-BV形は6インチイメージインテンシファイアとテレビカメラを透視台に直結したX線テレビ専用透視台である。

透視台を薄板構造として装置の重量を軽減し、新しいバランス方式を採用したので、天井つりバランスが取り付けられているにもかかわらず慣性が小さく軽快に操作することができる。

カセットの着脱方法、ハンドルやスイッチの形状配置を合理化したので、使いやすい装置になっている。

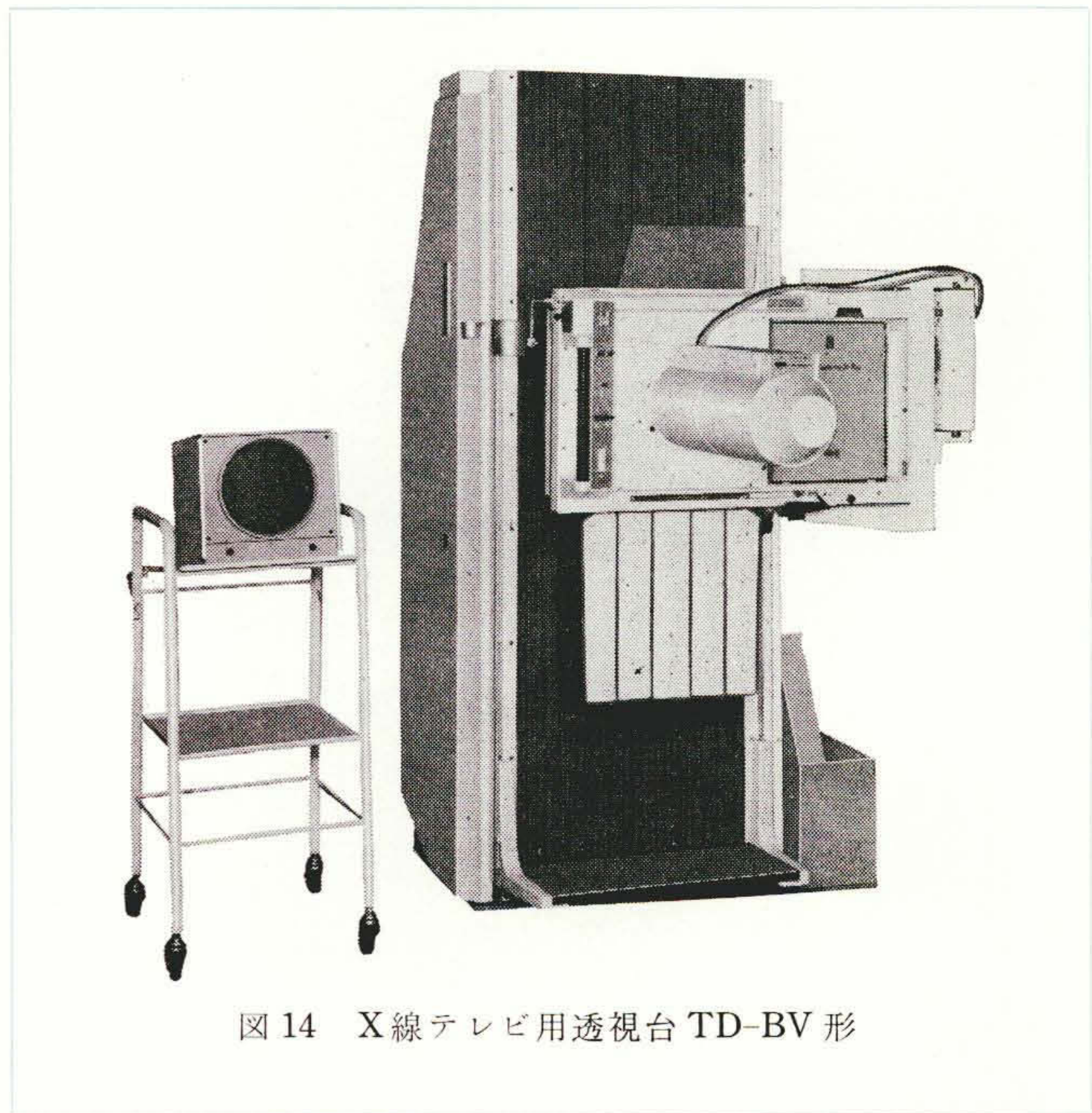


図14 X線テレビ用透視台 TD-BV形