

マイクロコンピュータの理化学機器への応用

Application of Microcomputers to Scientific Instruments

ここ2、3年のマイクロコンピュータ応用範囲の拡大には目を見張るものがあり、理化学機器もその例外ではない。その応用目的は多岐にわたるが、大きく分けて、(1)測定されたスペクトルなどの処理を行なうデータ処理、(2)波長や磁場など測定系のパラメータの変更や信号の切換に伴う制御、(3)分析計と測定者との間での対話や、分析計の動作状態をチェックする自己診断などのマンマシンコミュニケーションに分けられる。各分野でのマイクロコンピュータの使われ方、意義を述べ、それぞれの例として、835形日立高速アミノ酸分析計、H-600透過形電子顕微鏡、726形自動分析装置での応用について報告する。

西脇 耕治* *Nishiwaki Kōji*
 小西 忠雄** *Konishi Tadao*
 高島 洋平* *Takashima Yōhei*
 猪俣 博* *Inomata Hiroshi*

1 緒 言

近年、著しい発展を遂げているマイクロコンピュータは、理化学機器の分野でも盛んに利用されるようになった¹⁾。

理化学機器の分野では、各種のセンサを用いて得られた生データを、人間の理解しやすい形に変換したり、機器の制御に適した形に変えたりすることが多い。このような場合、マイクロコンピュータのデータ処理としての機能が役立つ。

一方、機器分析では、測定のパラメータを変更したり(例えば、磁場の値、電場の強さ、電磁波の波長)、2個以上のセンサの出力を切り換えて使用するなどの制御の機能も必要としている^{2)~4)}。マイクロコンピュータはこのような場合には集中的な制御を行なうことができるので、機能的に優れたものとする事ができる。

更に、機器と人間の間での対話という面では、機器の操作を人間の理解しやすい形で入力し、これを翻訳して機器を制御させることができる。また、各種の出力装置を通じて最も欲しい形の出力を得ることができる。人間に起こりがちな誤操作や、機器の保守状態についての警報も可能である。

ここでは、上述のような観点から、理化学機器の分野でどのようなことがマイクロコンピュータの利用により行なわれているかについて述べる。

2 データ処理

アナログ入力の操作としては、電気信号に変換された後、利得の切換、ゼロ電圧の調整、基準入力による校正、非線形変換などが行なわれる。

マイクロコンピュータを使用すれば、生データを低雑音レベルのまま、広いダイナミックレンジを保ってアナログデジタルの変換を行なったり、必要に応じて多レンジ自動選択形のアナログデジタル変換を行なって、利得切換えの操作は取り除くことができる。また、デジタル量に変換すれば以後の処理は高精度で行なうことができ、S/N比を劣化させることはない。このことはアナログ系の増幅器に存在した、オフセット、利得などの変動要素の調整の手数をなくし、安定な計測が可能となる。

また、アナログ信号が極めて微弱であれば、繰返し測定を行ない、積算効果によってS/N比を改善し、その後高速フーリエ変換などの処理を行なうことができる。パルスフーリ

エ変換核磁気共鳴装置はこのような原理を利用し測定スペクトルを得ている⁵⁾。

一方、アミノ酸分析計にみられるように生データが時間の経過に従って多量に発生する場合がある。その際に、マイクロコンピュータを用いて最終的に必要なデータに圧縮して出力することができる。

図1に835形日立高速アミノ酸分析計(以下、835形と略す)の外観を示す。この装置は、液体クロマトグラフィの原理を用いて試料に含まれる各種アミノ酸の定性定量分析を行なう装置で、従来4時間かかっていた分析を1時間で済ませるという特長をもっている⁶⁾。データ処理の目的で分析中のクロマトグラムのデータを、例えば、0.1秒間隔でサンプリングしてそのまま記憶すると、1時間の分析では7.2k語、5時間では36k語という膨大な量のメモリを必要とする。835形では、このような多量のメモリを使用せずに、生データを取り込むときにピークの立上り、頂上、終了などの判定を行ないながら、データ処理に必要なデータだけを記憶する方式

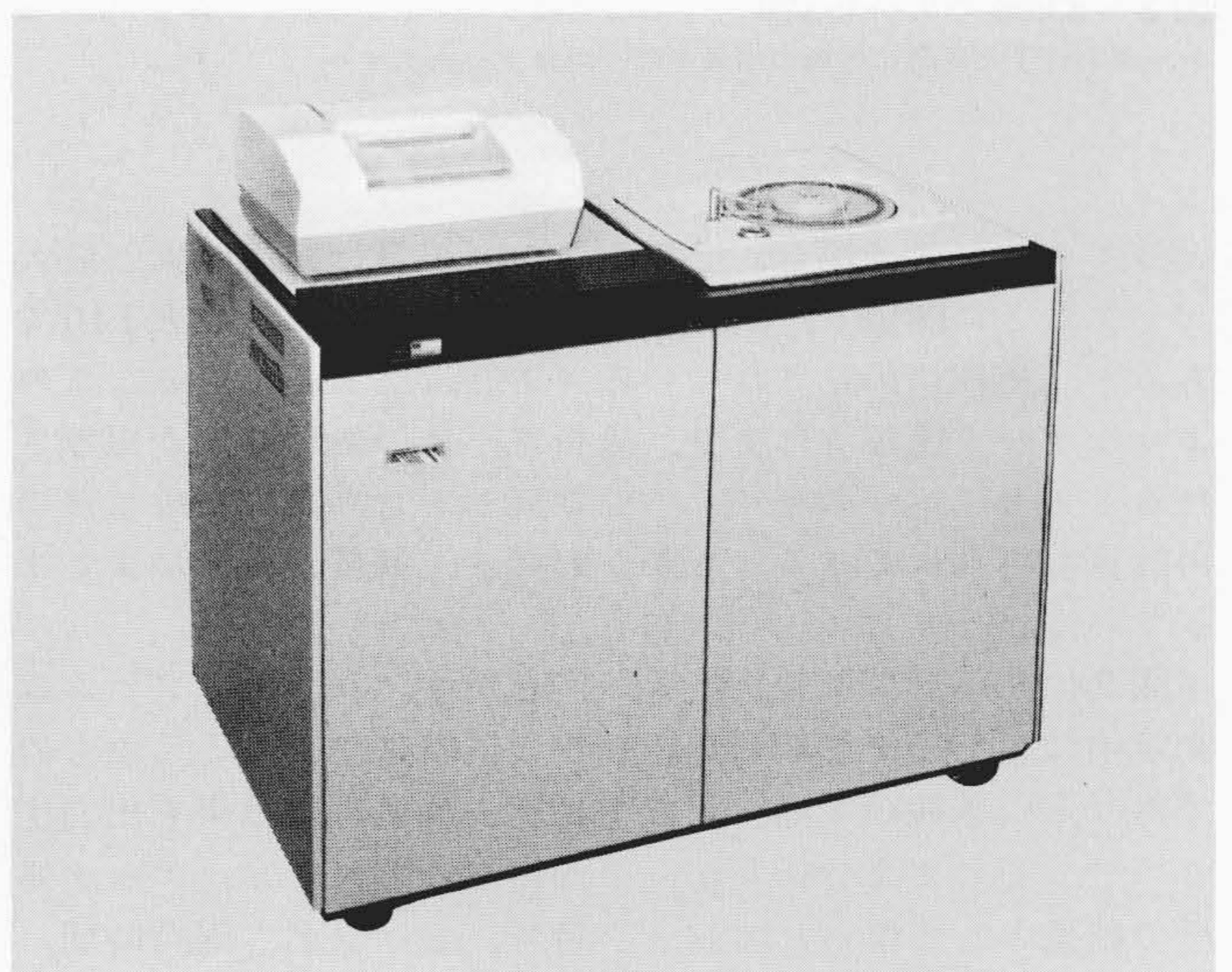


図1 835形日立高速アミノ酸分析計 測定試料は右上部のサンプルにセットされ、運転が開始されると試料が尽きるまで自動的に分析を繰返しなが、順次各試料の分析結果を左上部のプロッタに出力する。

* 日立製作所那珂工場 ** 日立製作所那珂工場 工学博士

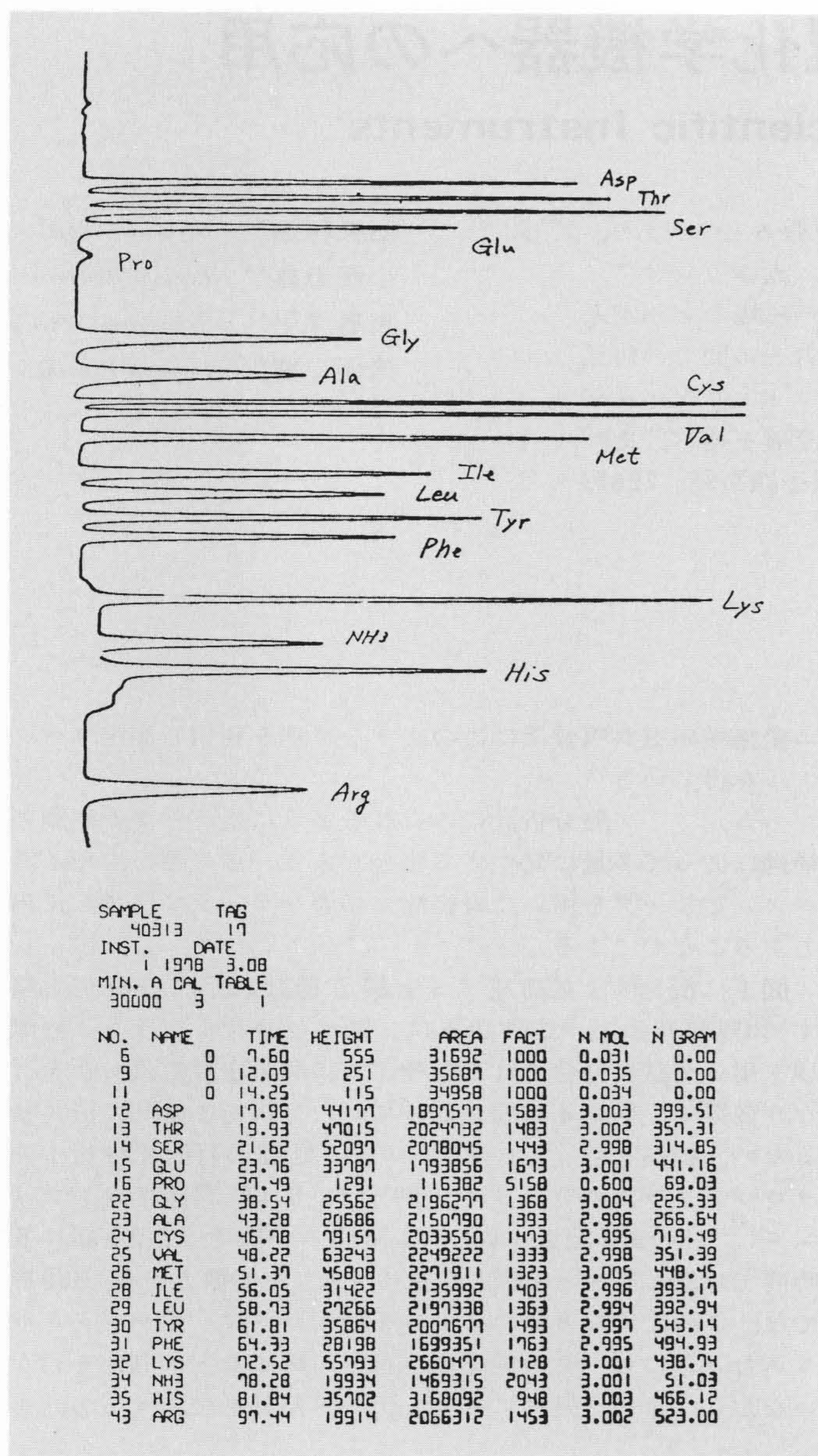


図2 835形での分析結果 測定中はクロマトグラムをプロットしてゆき、測定終了と同時に処理の結果を同一用紙上に出力する。

とっている。この場合、必要なメモリの量は記憶要素と最大ピーク数とに関係し、835形の場合処理ピーク数最大140であるが、それに用意されているメモリは2k語である。このようなデータ圧縮法により、分析終了後の処理時間が短縮されるとともにベースラインの引き直しを含めた分析終了後の再計算も容易にできるにもかかわらず、装置が小形にまとまっている。

図2に835形での分析結果の例を示す。クロマトグラムは測定中に生データを取り込みながら同時にプロットしたものであり、引き続いて同一用紙上にデータ処理の結果を出力するので、そのまま分析レポートが得られる。なお、データ処理の結果として得られるピーク番号、ピーク名、保持時間、ピーク高さ、面積、濃度などは測定直後の出力の後、パラメータを選択し直しての再計算・再出力も可能である。

3 制御

機器を制御する操作は、制御パネルからのスイッチ、つまみなどの人間による操作にตอบสนองする直接的なものと、あらか

じめ設定された手順に従って動作するプログラム制御とがある。マイクロコンピュータの特長的な機能である記憶や判断の能力が、この制御の動作で有力な手段となる。従来、制御パネルと制御される部分とは、機械的又は電氣的に直接結合されることが普通であった。マイクロコンピュータが、これら制御する部分と制御される部分に介入することにより、両者の総合的な状態を時間的、空間的な過去の状態を加えて判断し、次の動作を行なわせることができる。このことにより、機器のハードウェア的構成から解放された制御操作を構成できる。このような制御の一例として、透過形電子顕微鏡のレンズコイルの励磁電流を制御する場合について述べる。

図3に、マイクロコンピュータを使用したH-600透過形電子顕微鏡の外観を示す。鏡筒の左側のCRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイ及び左右の卓上パネルが、マイクロコンピュータに関する。図4に制御系の構成を示す。レンズは、コンデンサ、対物レンズ、投射レンズなど、合計7個のコイルで構成されている。各コイルに流れる電流は、加速電圧により大きく変わり、それぞれの加速電圧に応じた範囲で倍率や明るさによって変化する。この装置では、コイルが7個、倍率30段であるため、個別に制御する従来方式では複雑な切換回路を必要とするが、本機ではマイクロコンピュータに各場合に対応する電流値を記憶してあるため、単純な回路構成となっている。

レンズで特に問題となるのは対物レンズであり、直線性や連続性はある程度許容できるが、 10^{-6} 以上の分解能と数ppm/min以下の安定度が要求されることである。前者は12ビットのD/A変換器の2段接続により、後者は高安定D/A変換器により解決している。

電子顕微鏡では倍率により著しく像の明るさが変化する。この装置では倍率の変化に応じ、電流を算出し明るさを一定に保つようコンデンサレンズを設定して、大きな効果を収めた。また、焦点は対物レンズ電流で制御されるが、低倍率で

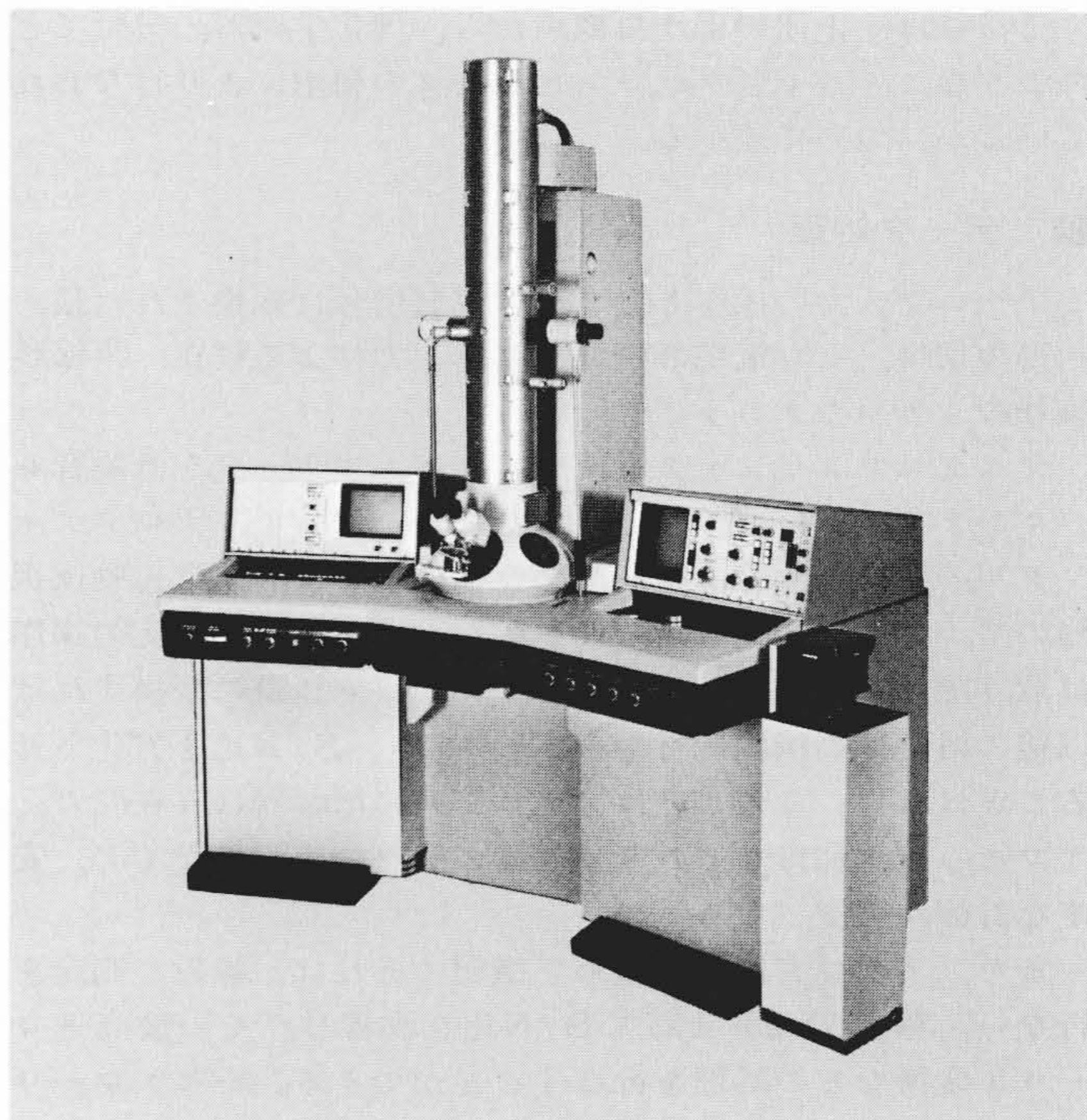


図3 H-600形透過形電子顕微鏡 幅広い応用分野に対応し、マイクロコンピュータによりレンズ電流などの制御を行ない、CRT上にそれらのデータが表示される。

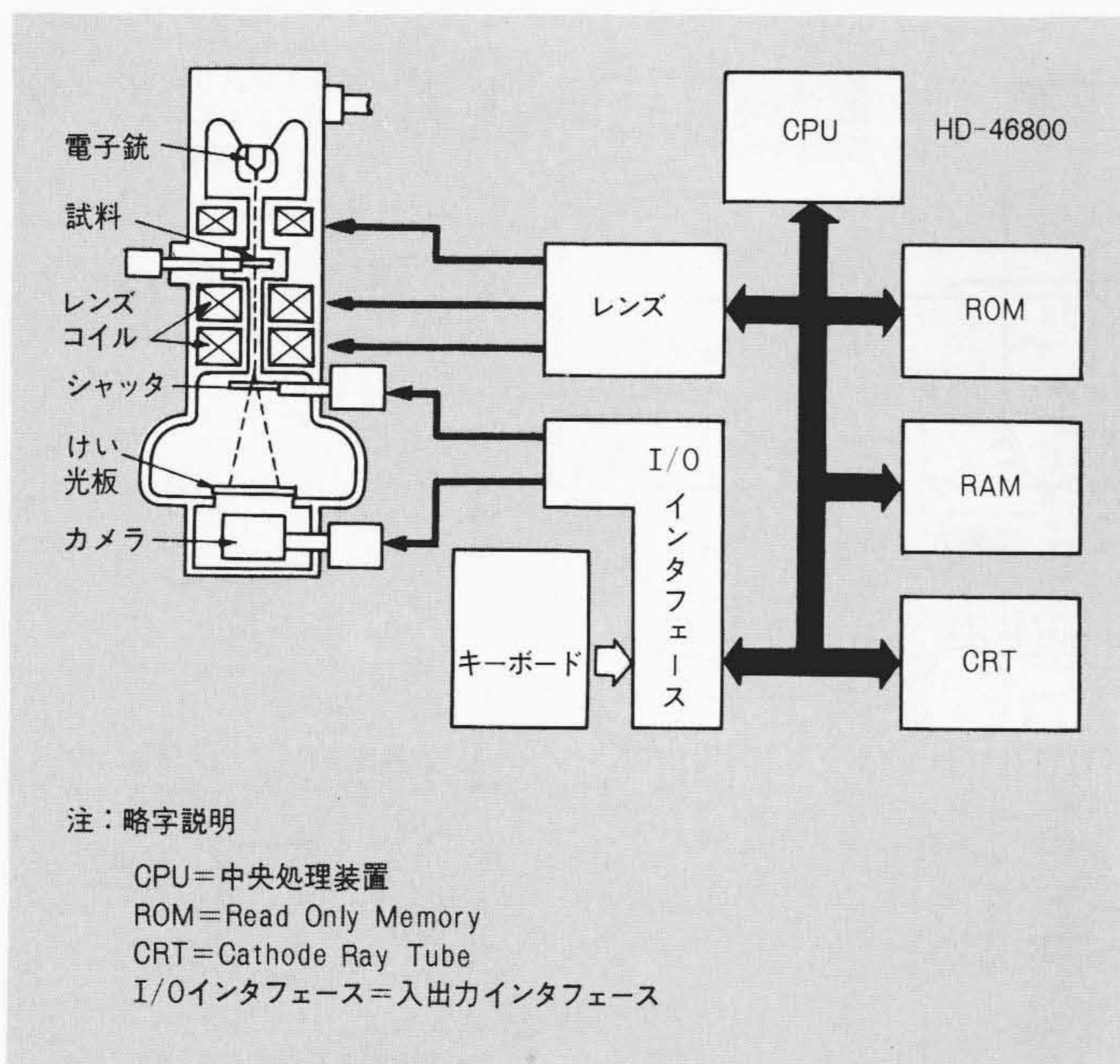


図4 H-600形制御系構成図 マイクロコンピュータの管理下で、各場合に依じたレンズ電流の設定、写真撮影の制御などが行なわれる。

の焦点合せの結果を高倍率での電流設定に展開し、補正するので、高倍率に切り換えたとき、一応は焦点の合った像が得られる。高倍率での再調整により、更に高精度の補正が得られ、その結果は他の倍率にも適用される。

更に、電子顕微鏡では、倍率を切り換えていくズームモード、回折像を得るモード、カメラと連動させながら焦点を変え撮影するスルーフォーカスモードなど、各種の研究分野に即したレンズモードへの電流の切替及び制御を行なっている。

このように、単なる使用条件による設定の問題でも、一つの場合の補正值から、他の場合の補正值を求める演算を伴う例、過去に得られた補正值を記憶して置き、再設定する場合など、マイクロコンピュータ応用の著しい効果が得られる。

4 機器との対話

制御機能と深く関係しているが、従来の機器では、非常に貧弱な機能しか与えられなかった能力として、マンマシンコミュニケーションの機能がある。一般の動作で論理的な不都合が生じた場合、又は与えられた動作に対して明確な応答が返らないようなとき、従来の機器では警報ランプを点灯するような簡単な警告が精一杯であった。これに対し、マイクロコンピュータの使用により、各部のチェックを行ない、故障場所や操作者の操作間違いについて、情報を示すことができるようになった。

このような機器の一例として、最近開発された726形日立自動分析装置を挙げることができる(図5)。この装置は、病院や検査専門の施設で行なわれている臨床検査業務、とりわけ患者など血清中の糖や蛋白などの化学的成分や、酵素活性値16種目について150検体/時の速度で、自動的に定量分析を行なうもので、臨床検査業務の省力化だけでなく、精度の向上、迅速に分析結果が得られるなどの特長をもっている。最近の自動分析装置では、医学の進歩に伴う検査件数の急速な増加や、これに伴う人手不足、そして患者の生命にも関係することなどから、装置そのものや得られた測定値に対する信頼性に加えて、迅速性、操作性、汎用性及び保守性が重要視

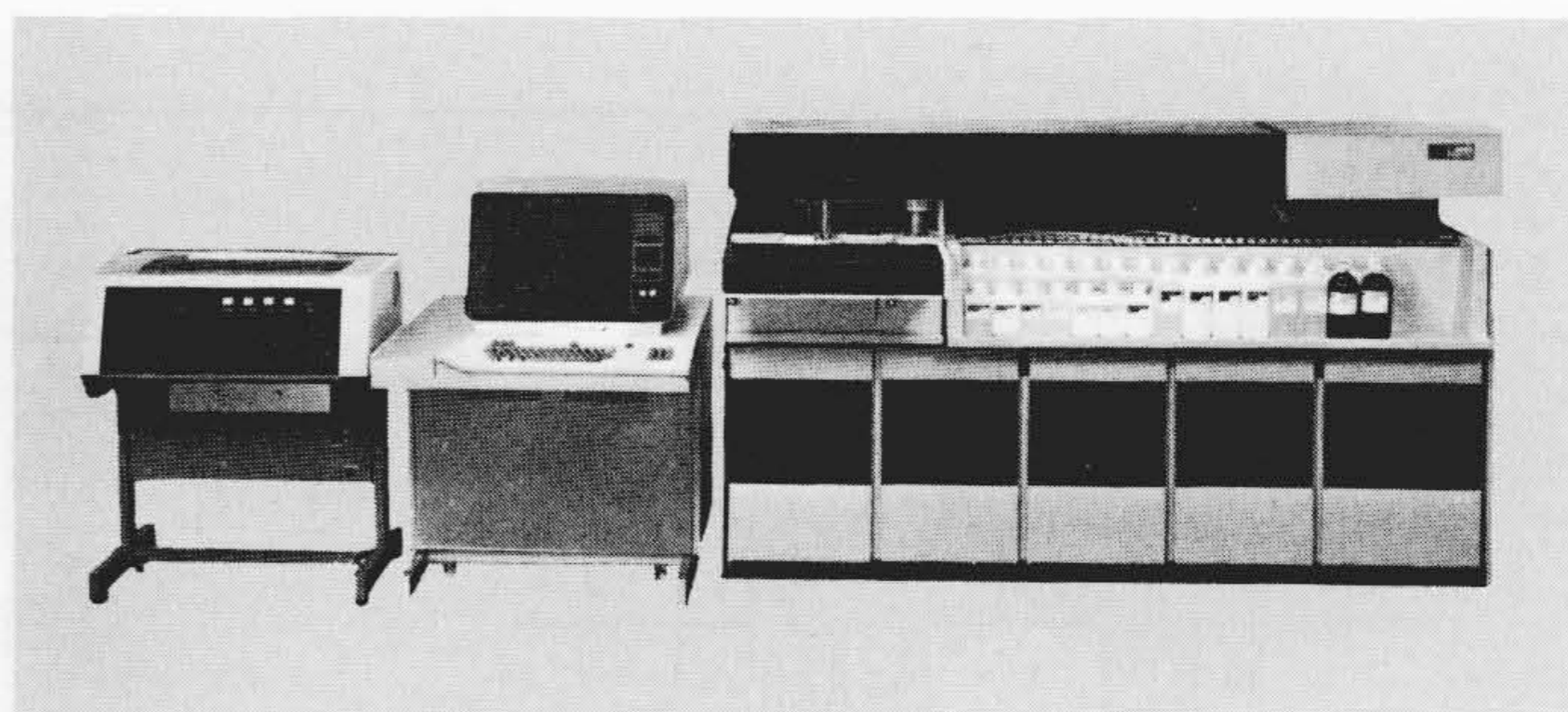


図5 726形日立自動分析装置 右側から分析部、CRT表示部、プリンタ部の順に配置されており、マイクロコンピュータはこのうちの分析部とCRT表示部に1台ずつ組み込まれている。

されてきており、マイクロコンピュータが、盛んに使われてきている^{7),8)}。図5に示した726形日立自動分析装置は、分析部、プリンタ及びCRT部から構成され、これらを2台のマイクロコンピュータで制御している。図6に示すこの装置の機能系統図で見られるように、この装置は、試料容器から少量の血清をピペッタで反応容器に入れ、試薬を添加した後、更に適当なタイミングで別の試薬を加え、生じた色を比色定量し、得られた値をプリンタに出力する。マイクロコンピュータはCRT部と分析部に1台ずつ内蔵されており、前者はCRT、プリンタ部を含む装置全体の制御とデータ処理を担当し、後者は8台のレート用光度計からの信号処理を専門に担当している。この装置には、測定波長や試薬添加タイミングなどの分析条件はもとより、得られた値のチェックパラメータなどの入力に、CRTとフルキーボードを用いた対話形入力装置が使われている。図7に、データチェックのためのパラメータを入力するときの画面を一例として示したが、この種の画面が全体で24あり、いずれもこのように操作性を重視した「表を埋める」形式での入力方法がとられ、かつ入力データに誤りがあった場合には、その部分を点滅させて警報を発するようになっている。24の画面のうちには、各機能を単独で動作させて自己診断ができるようにした保守のための画面も含まれており、マイクロコンピュータ及びCRT表示の能力が十分活用されている。一方、装置の主要部分には動作確認のための検出器が備えてあり、異常動作を検出したとき、CRT上にその内容を表示するとともに、単に警報音を発するものから装置全体を停止させるまでの処置を、重要度に応じて自動的に区別して行なわせている。既に分析中の試料については、データ完成まで測定を継続するなど、異常時の試料損失を最小限にとどめるよう考慮されている。更に、故障部分についての細かい情報を記憶しておいて、保守に役立たせることにより装置のダウン時間の短縮を図るなど、検査室でのルーチン作業に不可欠な機能が盛り込まれている。

5 結 言

理化学機器でのマイクロコンピュータの使われ方を、データ処理、制御、対話に分けて述べたが、もちろん多くの例ではこれらの機能が一体となり、分析計の新しい機能を生みだしている。

データ処理の例は、従来ミニコンピュータで行なわれていたことを発展させたものであり、格段のコストパフォーマンスの向上が得られている。更に、より大きな影響はミニコンピュータでは価格の面から無理であった分野へ急速にコンピュータ技術の恩恵が及んだ点である。コンピュータは、各

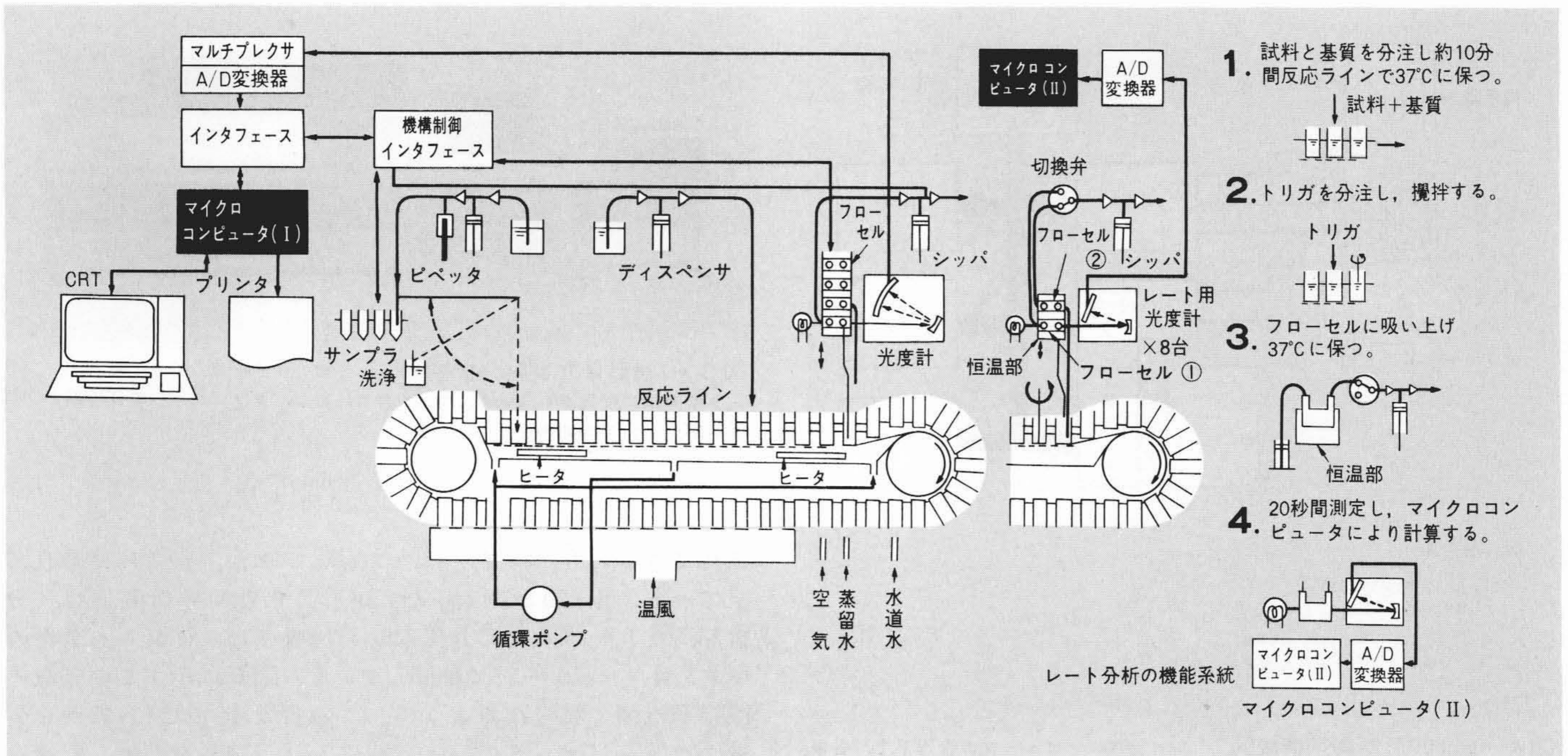


図6 726形の機能系統図 2台のマイクロコンピュータのうち1台(I)はCRT, プリンタを含む装置全体の制御とデータ処理を担当し, 他の1台(II)は8台のレート用光度計からの信号処理を専門に担当している。

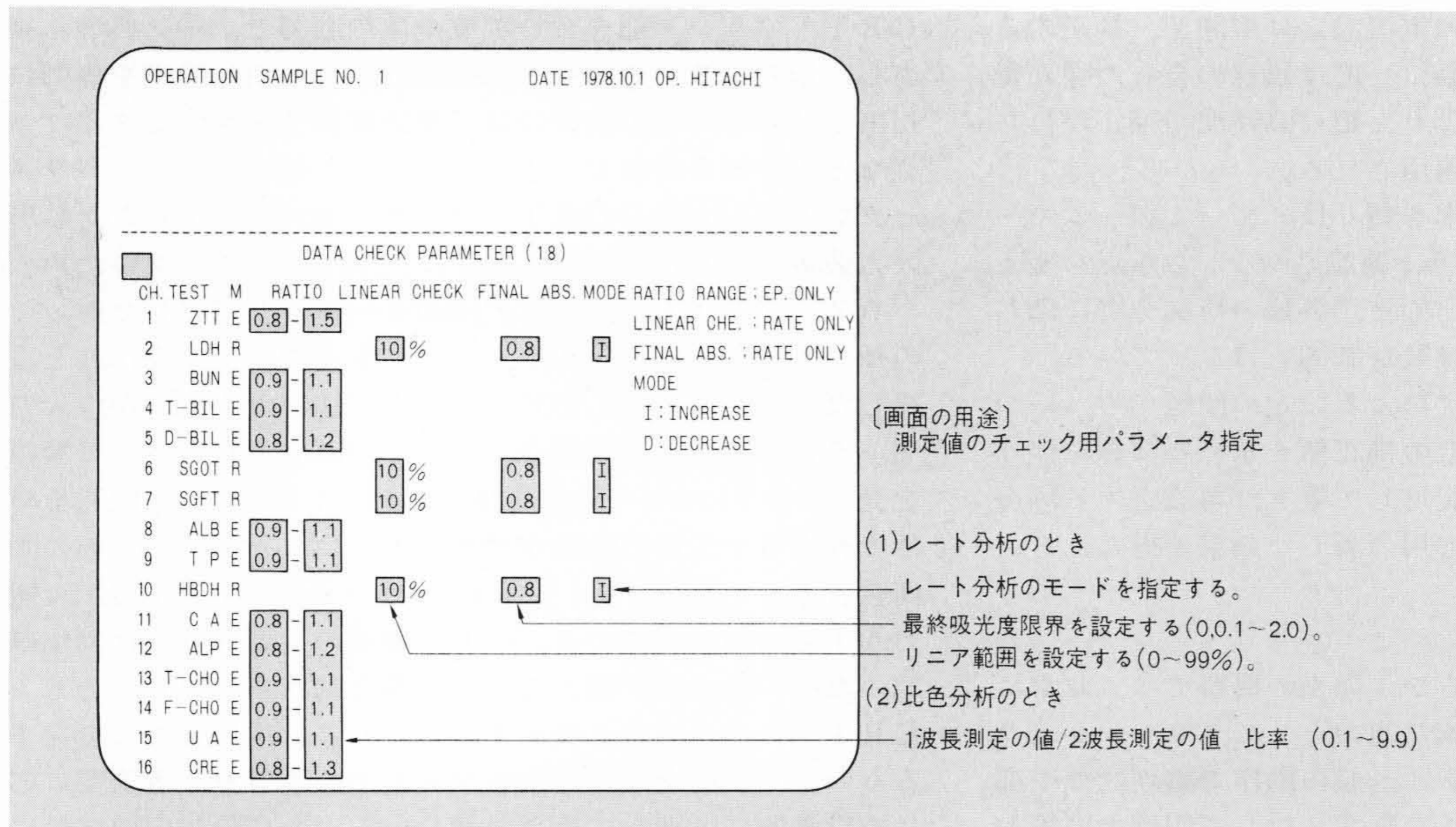


図7 CRT表示画面の例 測定値のチェック用パラメータを入力するときの画面で, オペレータは画面上のパラメータ表を完成させる形で, 順に入力してゆけばよい。

分析計の内部に組み込まれ, 演算, 記憶, 判断の組合せで, 一部のメカニズムを置き換え, オペレータの判断及び操作の一部を代行し, 装置の状態の診断まで行なうに至っている。この傾向は, 今後ともますます推進されるであろう。一方, 分析技術の分野へ一歩踏み込んだ装置となるため, 各応用分野の特質に柔軟に対応できることが要求されてきている。その決め手となるのは, 分析及びプログラムに関する可視性と柔軟性の高いソフトウェアであり, 将来の発展はここにかかっていると思われる。

参考文献

1) 西脇: マイクロコンピュータの理化学機器への応用, Hitachi Scientific Instrument News, Vol. 20, No. 4 (1978)
 2) 前田: マイクロコンピュータ内蔵分光光度計, 計測技術,

Vol. 6, No. 12, 62 (1978)

3) Y. Takashima, Y. Maeda and K. Yamashita: Application of Microcomputers to Optical Instruments Hitachi Review, Vol. 27, No. 6, 343 (1978)
 4) 加藤, ほか3名: μ -CPU質量分析計制御装置の二, 三の応用, 第12回有機マス討論会予稿集, 3-2, 日本化学会他 (1977-11)
 5) 津田, 武田, 横川: マイクロプロセッサのFT-NMRへの適用, 第16回NMR討論会講演要旨集, 106, 日本化学会他 (1977-11)
 6) 鷹野: 高速アミノ酸分析法, 化学の領域増刊, No. 121 (1978)
 7) 山下, 高島, 猪俣: 臨床用生化学自動分析装置, 電子技術, Vol. 19, No. 9, 129(1977)
 8) 猪俣, 高島, 山下: マイクロコンピュータの臨床用生化学自動分析装置への応用, 日立評論, 59, 359-363 (昭52-5)