

## 《解説》

## ミニコンを利用したラボラトリーオートメーション

足立 憲彦\*

## 1. はじめに

ラボラトリーオートメーションは以前から各方面でその必要性がさげばれていたにもかかわらず、現在までに見るべき成果を上げた例は少ないように思われる。

その原因は各所で様々であろうが、主なものとしては計測方法、処理内容が広範囲にわたるため、一つのシステムにまとめるのが困難になっていることであろう。これに対してラボラトリーオートメーションの中核となるべきコンピュータ側からのアプローチもアナログコンピュータの行きづまりと、デジタルコンピュータ担当者のアナログに対する関心のなさによって、いわば谷間になっていた感がある。

最近になってようやく大型機側からは IBM のシステム 7 などが、小型機側からは DEC の RSX-11 シリーズなどのように、ハードウェア、ソフトウェア両面からラボラトリーオートメーションへのアプローチがいくつかあらわれて来ている。

一方、計測器関係のメーカーからは、従来の人間によるデータ集録または処理だけを省略したいいわゆる“処理装置”としての単能機が数多く出されており、これらをいくつか導入した所ではおのおのの装置が異なった入出力機能を持ち、かつ処理能力も単能化されているため相互のシステム、データ、ソフトウェアの互換性がなく、かえって広範なラボラトリーオートメーション化を阻止するという皮肉な結果となっている。

このことはユーザーの立場から見た場合研究投資としての重複が避けられず、使用頻度、償却等の面で非常に不利となる。

筆者等は数年前からこのような背景のもとに、ラボラトリーオートメーションを考えて来たが、第 1 段階として国産のミニコンを中心とした一つのシステムを作成したので、その概要を以下に示す。

## 2. 基本方針

ここで若干筆者の属する鹿島建設技術研究所（以下鹿島技研）の概要にふれておかなければならない。

鹿島技研では土木、建築に関連した全ての分野の研究を行っており、土木、建築、土質基礎、環境計画、機械の各部門で新しい技術開発と、建設現場における技術的な諸問題の処理に当たっている。そのためそれぞれの部門で数多くの実験計測がなされているが、今までは従前通り人手によるデータ整理を中心に、一部は大型コンピュータによる解析処理とその結果の作図を行なって来ている。しかし省力化と能率向上およびエラーの減少を目的とした自動処理化の要求が各部門から出されて来た。そこで各部門から実験計測の担当者を集めた委員会を設置し、コンピュータを中心としたラボラトリーオートメーションシステムの導入を見越して計測器の仕様統一、実験計測、データ処理の標準化、システムの設計、所員の教育を行なって来た。

これらの基盤の上に乗ってシステム設計に当たったが次のような基本方針をとった。

- 1) データが多量にあるもの。
- 2) データ集録、処理にコンピュータが必要と思われるもの。
- 3) コンピュータコントロールにすることによってメリットがあるもの。
- 4) その他本システムに組み込み可能なもの。

このような条件で実際に扱われるデータを最終的に



図 1 ラボラトリーオートメーションシステム

\* 鹿島建設(株)技術研究所主任研究員

次の二つに分類してそれぞれをとりまとめた。すなわち、

a) 動的な実験計測データ

これは地震波、音響データ等に代表されるもので、時間的変化が速く、短時間に膨大なデータを一括して処理する必要があるものである。この内に含まれるものとしては各種構造物および地盤における振動実験、地震観測、風速観測、常時微動測定、各種音響実験、風洞実験、土の動的試験等のデータである。

b) 静的な実験計測データ

これは時間的変化は遅いが、実験計測が長時間にわたるもので、この内に含まれるものとしては研究所内で行なわれる各種の大型構造実験、熱、空調、設備等の実験、さらには建設現場における安全管理、工程管理のデータ等も含まれる。

3. システムの設計

以上の基本方針から本システムの概要をまとめたわけであるが、鹿島建設では本社に大型コンピュータシステム (HITAC 8500, 2台) が設置されており、技術計算にも利用されていることも考慮して次のような条件を設定した。

- a) 研究所内で行なわれる実験は原則としてオンラインで処理する。
- b) 研究所外で行なわれる実験計測はデータレコーダ等を利用してオフラインで処理する。このため各種の計測車を用意し機動性をもたせる。
- c) 静的な実験計測のデータ処理はデータ取込みがゆっくりなので、実験とデータ処理または解析が並行して行なわれるようにする。
- d) 少なくとも二つのジョブが並行して処理できるようにする。
- e) 小型振動台、データレコーダ、自動波形読取装置等は単にデータの取込みだけでなく、コンピュータからコントロールすることができるようにする。
- f) 本社の大型コンピュータシステムと相互にデータ交換が容易なシステムとし、本システムで処理に時間がかかるものは大型システムで処理できるようにする。

3.1 ハードウェア

以上のような検討結果から図2のようなブロックチャートが作成され、システムの機器構成が定まった。

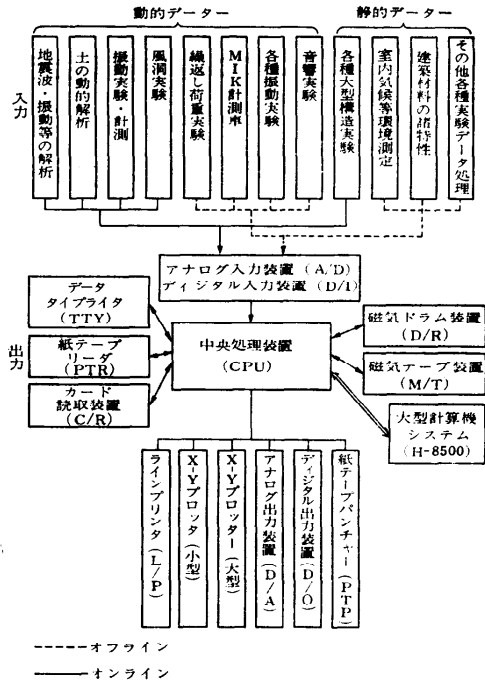


図2 ラボラトリーオートメーションのシステム図

図3にコンピュータを中心としたブロック図を示す。

3.1.1 コンピュータシステム

コンピュータシステムは HITAC 10 を中心に、標準構成を拡張して、コアメモリ、磁気ドラムメモリ、カードリーダー、ラインプリンタ、磁気テープ装置、X-Yプロッタを追加した。

3.1.2 データ入出力装置

a) アナログ入力装置

通常のアナログ入力装置はマルチプレクサでスキャンしながらデジタル量に変換するが、筆者等の実験計測においては、位相差までも問題とすることが多いため各チャンネル間の同時刻のデータが必要となる。そのため本システムではマルチプレクサの前にサンプルホルダを設けた。また前段にハイパス、ローパス、バンドパスの可能なフィルタを付加してアナログデータの S/N の改善をはかっている。

b) アナログ出力装置

アナログ出力装置は X-Y レコーダ、オシログラフ等に出力するとともに、周辺機器、計測器をアナログ量でコントロールするためのものである。

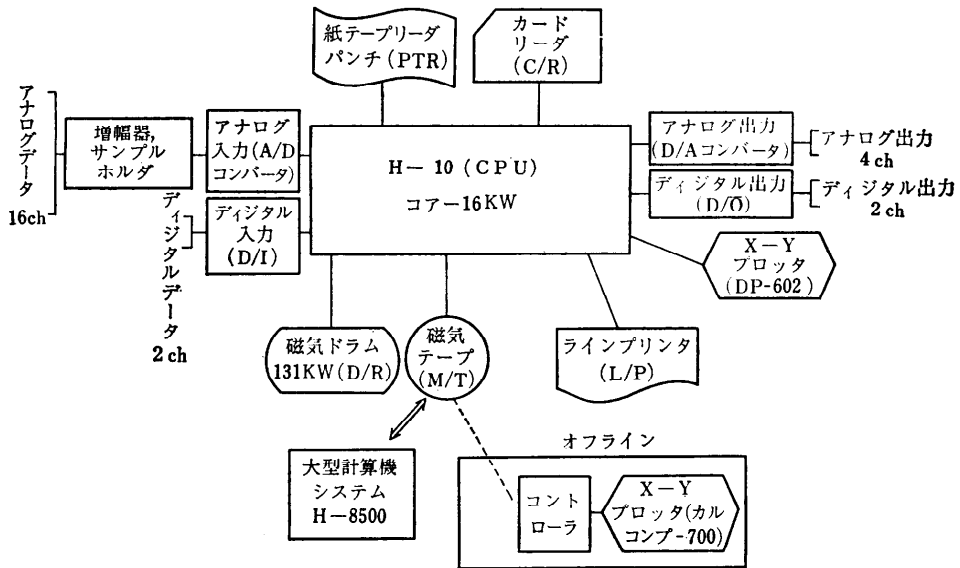


図3 コンピュータ周辺装置のブロックダイアグラム

### c) デジタル入出力装置

デジタル入出力装置は周辺機器、計測器をデジタルでコントロールするためのものであり、本システムにおいては外部からのトリガー信号でプログラム上に割込みをかけたたり、あるいはプログラムからの指令によって周辺機器、計測器をコントロールすることができるようにした。

この場合、単純な ON/OFF のコントロールから TTL\* レベルによる数値制御まで可能な方式を取っている。最近ではデジタル技術の向上により、従来アナログによるコントロールしかできなかったものでも、たとえばファンクションジェネレータ、フィルタ等のように、TTL レベルによるデジタルコントロールが可能なのが市販されるようになって来て、ラボラトリーオートメーション化の大きなメリットの一つになっている。

## 3.2 ソフトウェア

3.1 に示したような機器構成にした段階でソフトウェアが大きな問題となった。国産のミニコンは従来主として制御用の単機として使われており、本システムに適合するようなオペレーションシステムまたはコントロールシステムを持っておらず、全くの白紙状態からラボラトリーオートメーションに適したシステムを作らねばならなかった。

特にオンラインコントロールを含むシステムで、データ取込み処理等を行なおうとする場合、メーカーで用意されているソフトウェアでは不可能である。

さらに筆者等はオフラインによる処理も含めて、複数のジョブの並行処理も盛込むことを考えたことから

- 処理プログラムの多重処理と入出力装置類の同時動作機能、
- システムの機器構成の変化に容易に対応できる拡張性

を目的としてコントロールプログラムを作成した。

完成したコントロールプログラムは処理プログラム(処理ブロック)の多重処理と入出力装置類の同時動作機能を有しており、3本までの処理ブロックを同時に実行することが可能で、各処理ブロックから任意の入出力処理の組合せを同時に指定できるものである。

これらの指定の方法は通常マクロ命令といわれるものに近い形である。

本システムのソフトウェアのマクロ命令は大別して処理ブロックの動作に関するものと、入出力処理に関するものからなり、処理ブロック関係では処理の起動命令 (IN)、停止 (OUT)、入出力関係では装置類の動作命令 (IO) である。

それぞれの処理ブロックでは各マクロ命令を一度に実行することができ、マクロ命令の添字の組合せは任意に可能である。したがって同時に二つの処理ブロックの起動、停止の指定や、2種以上の入出力処理を一

\* Transister Transister Logic, +2.5~5V で 1, 0~+0.8 で 0となる。

つの処理ブロックで同時に行なわせることが可能である。

### 4. 適用例

#### 4.1 マクロ命令の使い方

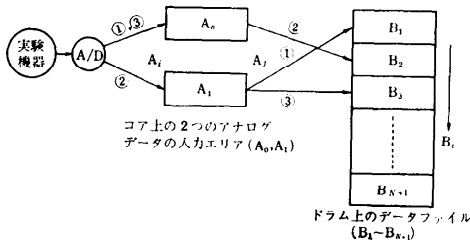
まずマクロ命令の使い方を説明する。例としてデータレコーダからアナログデータを連続して取込む場合を考え、データファイルとして磁気ドラムを使うものとする。

取込みの順序はコアメモリ上に二つのバッファを定めて交互に使いながらアナログデータの取込みと磁気ドラムへの書き込みを同時に行なう。

この時のデータの流れを図4に、処理の流れを図5に示す。

#### 4.2 オフラインによるデータ処理

図6に、研究所外で行なわれた振動計測のデータをデータレコーダに収録し、A/Dコンバータから取り込んで処理するブロックダイアグラムを示す。



アナログ入力とドラム書き込みの同時動作が行なわれており、①、②、③はそれぞれアナログ入力とドラム書き込みの入出力処理回数を示す。

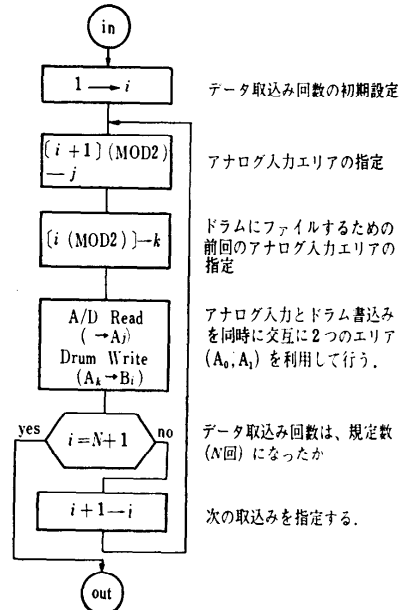
処理の簡単化のために、第1回目ではドラムのB<sub>1</sub>には何も格納されず、最後のN+1回(Nは規定読み回数)では不必要なアナログデータを取込んでいることに注意。

図4 コア上の2つの入力エリアを利用しアナログデータを連続的に磁気ドラムに格納する過程を示す。

この場合は12チャンネル同時記録されたものを同時にA/D変換し、解析処理を行なってX-Yプロッタに結果を出力している。図7にその内から1~4チャンネルの波形を、図8に変位応答スペクトルを例として示す。

#### 4.3 オンラインによるコントロールとデータ処理

図9には小型振動台をオンラインでコントロールしながら同時にデータを取り込んで処理するプログラムのブロック図を、図10にフローチャートを示す。コントロールはデジタル出力(D/O)を用いてデジタルファンクションジェネレータをコントロールして



(注)  $B(\text{MOD}n) = B - [B/n]n$  とする  
[ ] : ガウス記号

図5 アナログデータの連続取込みの流れ図

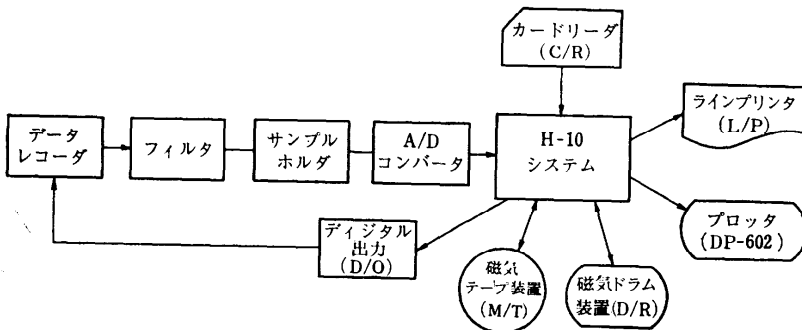


図6 振動実験のデータ処理(オフラインの場合)ブロック図

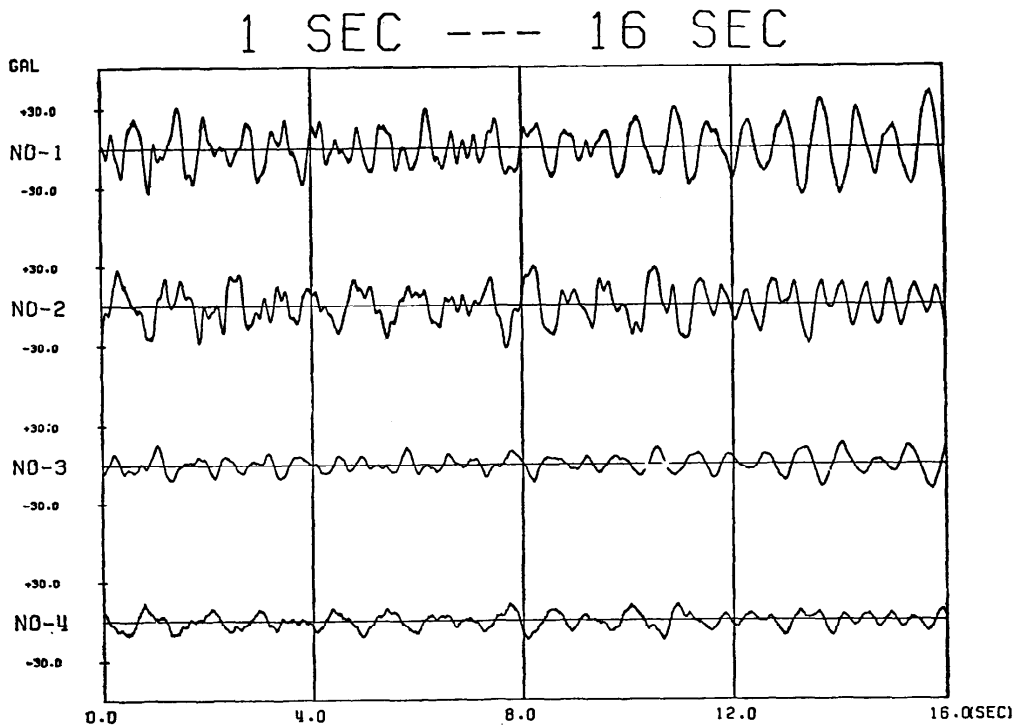


図 7 記録波形の例

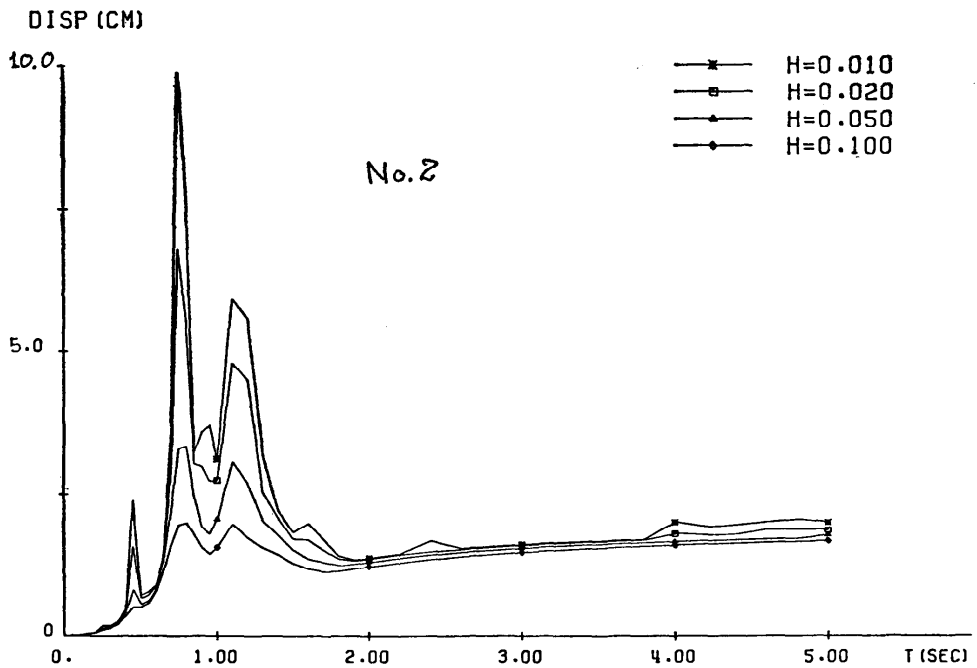


図 8 変位応答スペクトルの例

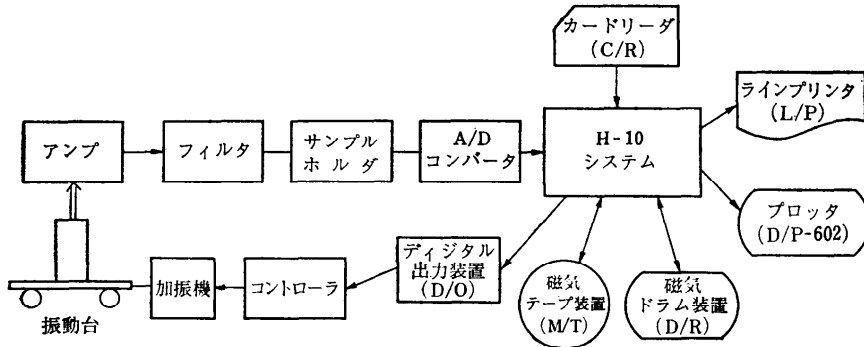


図9 振動台のオンラインコントロールブロック図

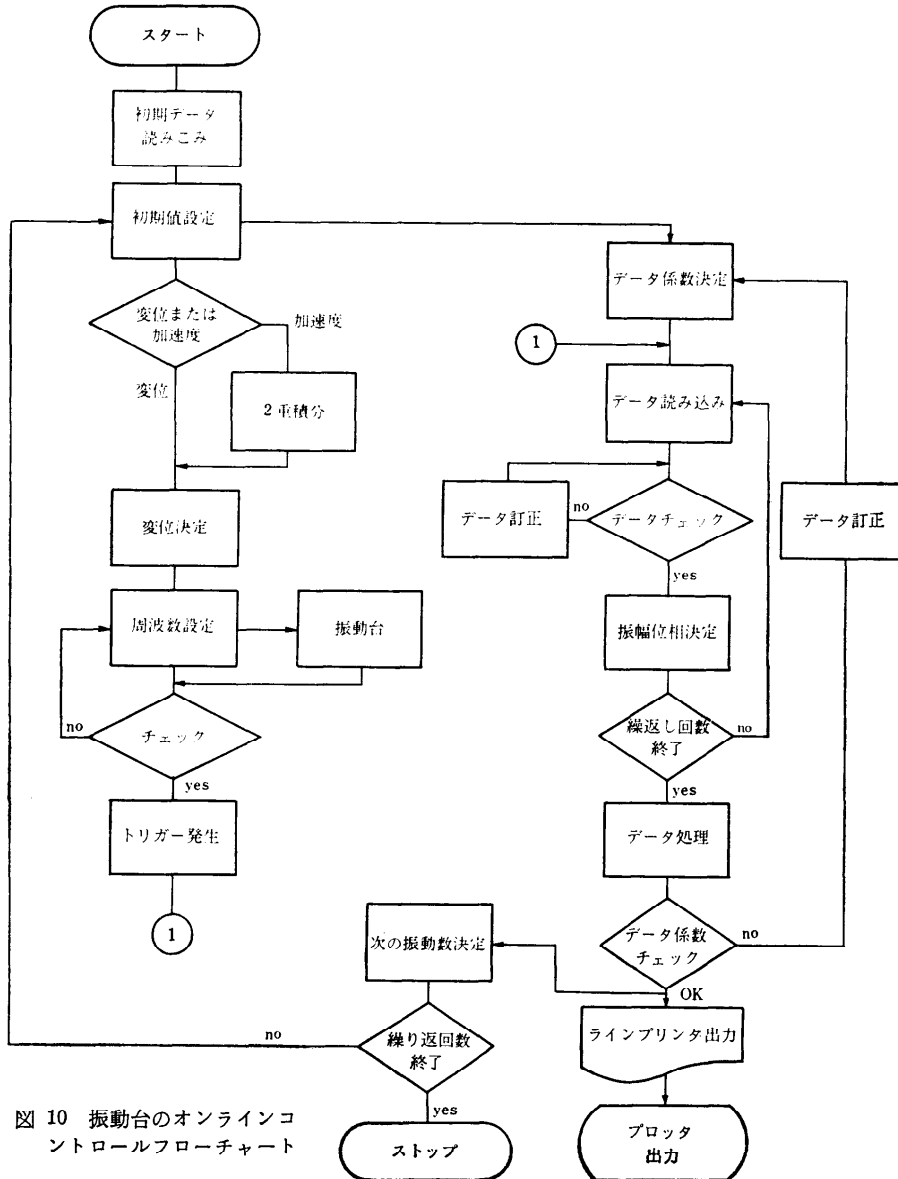


図10 振動台のオンラインコントロールフローチャート

おり、データ取込みと結果の処理は4.2に示したものとほぼ同様である。

## 5. まとめ

以上述べて来たようなシステムが完成したことによって、ミニコンの汎用性を生かして多くの分野の実験の制御、計測、データ処理を一つのシステムで集中管理、処理することが可能となった。この利点を列挙すると次のようになる。

- a) ハードウェアを専用機として使用する場合に比べて、機械のリース費用、人件費等が大幅に削減され、極めて経済的である。
- b) 実験計測の規準化、データ解析の高精度化が促進されるので、建設技術のレベルアップに威力を発揮する。
- c) データ整理、計算といった研究員のルーチンワークが減り、本来の創造的研究活動に専念できる。

このようなラボラトリーオートメーションをまとめるに当たっては、広い分野の実験計測とデータの分析、入出力インタフェースの規格の統一などの点で、我々

ユーザーと各計測機器、コンピュータメーカーの緊密な協力と創意が必要であった。

特にソフトウェアの開発においては、国産のミニコンではほとんど整備されていなかった分野のこともあって、多くの困難があったが、データ処理用のコントロールシステムまで開発されたことは、今後の国産ミニコンによるラボラトリーオートメーションの見通しを得ることができたものと思われる。

最後に本システムをまとめるに当たってその主旨を理解され協力いただいた各計測器メーカーの方々およびソフトウェアの開発に全面的に協力された(株)日立製作所コンピュータ第二事業部の方々に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) Branko Souček: Minicomputers in Data Processing and Simulation, p. 467, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons (1972).
- 2) 電気計算臨時増刊, コンピュータ応用技術マニュアル, p. 326, 電気書院 (1971, Vol. 39). (昭和48年12月17日受付)