

解説



——最近の大型ミニコンとその応用(4)——

大型ミニコンによるラボラトリ
オートメーションシステム†

望月 純 夫††

1. はじめに

近年、超 LSI をはじめとするハードウェア技術の発達に伴い、電子計算機技術は加速度的に発展しつつある。ミニコンは、ますます小型化、高速化、低廉化し、一方大型計算機は、高速大容量の主記憶装置、外部記憶装置を中心とした機能、性能面での大型化の傾向を示している。

最近、これらの間に位置するものとして大型ミニコンが登場してきた。大型ミニコンの定義は明確ではないが、いわゆるメガ・ミニおよびスーパー・ミニコンを含む大規模・高性能ミニコンの総称と考えたい。高速応答処理を可能とするハードウェアと中型機なみの高度なデータ処理機能を有するソフトウェアとを統合した計算機であり、あらゆる分野に広く利用されつつある。その中の1つにラボラトリ・オートメーション・システム(以下 LA システムと略す。)がある。LA システムは、研究室における科学実験の自動化システムにその端を発し、最近では、さらに工業製品の生産ラインにおける検査システムもその中に数えられている。

研究室における LA システムの主要目的の1つは実験作業の効率を高め、研究者を研究思考に専念させることにある。科学の発達にともない、実験の内容も次第に複雑化、高度化しつつあり、LA システムの機能に対しても、長期間にわたる実験データの蓄積、時系列解析をはじめとする種々のデータ解析手法、解析結果の評価および表示等の総合的機能が求められている。

したがって、初期の LA システムのような、必要なハードウェア、OS、コンパイラ、数値解析サブルーチン群等の集合体として構成されたシステムでは、研究

者にかかる負担が大きく、改善が必要となってきた。

最近では、多様な機能を有するソフトウェアを有機的に包含し、一方、使いやすいユーザ・インタフェースを提供するシステムが強く望まれている。

その中において、先に述べた大型ミニコンは、高度な LA システムを構成するに適しており、近年とみにクローズ・アップされつつある。

本稿では、まず大型ミニコンの概要につき例を挙げて紹介し、その応用の1つとしての LA システムについても説明する。

2. LA システムの構成例

LA システムの構成には、1つの研究室の実験を対象としたシステム、複数の研究室における実験データの処理を統合して行う分散処理型システム等の形態が考えられる。大型ミニコンを中心とした LA システムで良く使用されるものを図-1に示す。

大型ミニコンの能力は高いが、なおデータ処理の規模、処理速度、大容量ファイル等に対する要求が満たされぬ場合、バックエンド用大型ホスト計算機が必要となる。

(1)は、自立型システムであり、計算機と計測機器とを直結し、1台の計算機にデータ収集、データ処理等すべての機能を包含させたものである。

(2)は、ホスト/フロント・エンド・プロセッサ(FEP)型システムである。ミニコンに計測機器を接続し、データ収集および機器制御に専念させる。

一方ホスト計算機は、マン・マシン・インタフェース、データ解析、表示、データ蓄積等を主な業務とする。両者は、チャネル経由で高速結合される。

(3)は、通信回線による分散処理型システムである。ミニコンは、各実験室に設置され、ホスト計算機と通信回線で接続される。ミニコンは、計測機器経由でデータを収集した後、一次処理(前処理)を施し、データ量を圧縮して、ホスト計算機に転送する。ホス

† Laboratory Automation Systems by Large Scale Minicomputer by Sumio MOCHIZUKI (Systems Engineering Dept. Computer Works, Mitsubishi Electric Co.).

†† 三菱電機(株)計算機製作所システム製造部

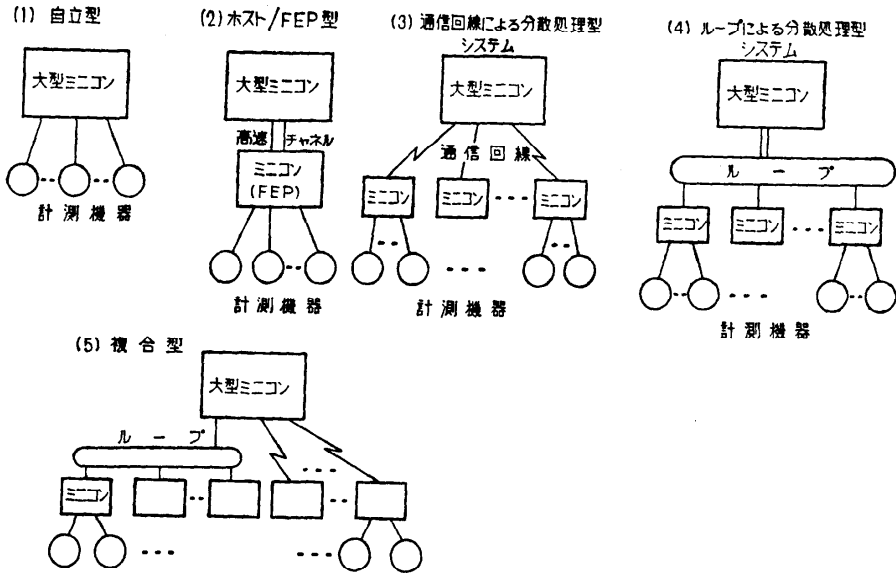


図-1 大型ミニコンを中心とした典型的システム構成図

表-1 各システム構成の特長

	自立型システム	ホスト/FEP型システム	分散処理型システム		複合型システム
			通信回線利用	ループ利用	
データ管理の容易さ	○	○	△	△	×
システム運用の容易さ	○	○	△	△	×
拡張性	△	△	○	○	(注)参照
システムの信頼性	計算機がダウンすれば、システム停止となる。	同左	一部のミニコンのダウンが、システム全体に影響を及ぼさない。	同左	(注)参照
計算機間の距離の拡張性	—	制限付	良好	制限付	(注)参照
システムの応答性	○	○	△	△	×
基本ソフトの単純さ	○	○	△	△	×
応用ソフトウェアの変更の容易さ	○	○	△	△	×
システムの概要	1台の計算機で全作業を実施する。	計測機器およびプロセスとのインタフェース点数が多く、手順も複雑な場合に適す。 FEP: データ収集 ホスト: データ処理と分担、専念できる。	階層的なデータ処理業務に適す。	ミニコン/ホストを含む一体系の強い本格的分散処理型システムである。	巨大なプロセスを対象とした専用計測制御システムに適す。

(注): 複合型システムは、各システムごとに新たに開発される。その仕様いかんにより、拡張性、信頼性等が大きく左右される。

○: 良い △: 普通 ×: 悪い

ト計算機は、ミニコンより伝送される全データを収集、処理、蓄積する、いわゆる分散処理型システムである。計算機間を結ぶ通信回線の速度は、ループに比較して遅く、その負荷を軽減せざるを得ないため、疎結合となる。したがって各計算機の機能は、単独システムに近い独立性を持たせる必要がある。その反面、回線接続ということから、計算機間の距離の拡大に充分対応できるという利点がある。

(4)は、ループによる分散処理型システムである。各実験室に設置されたミニコンとホスト計算機は、1本の高速ループで接続される。各計算機の役割は、基本的には前項の型とほぼ同じである。しかし、ループは、優れた高速転送機能を有しており、ミニコンとホスト計算機とが密に接続された機能分散型システムを構成することができる。一方、全体の距離(ループの全長)は最大数 km に制限され、特に、広大な敷地内

に実験室が点在する研究所等に有効な構成である。

(5)は、複合型システムであり、(2)~(4)の構成を必要に応じて組み合わせたものである。

表-1に構成例(1)~(5)の特長を示す。

3. 大型ミニコンのハードウェア

ここでは、大型ミニコンとして、MELCOM-70/150およびMELCOM-70/60を挙げ、それらの仕様を示し、さらに各種インタフェースについて解説する。

3.1 大型ミニコンの性能

前述二機種のパフォーマンスを表-2に示す。いずれも中型計算機のハードウェア方式技術を積極的に採用し、高性能、高信頼性を実現している。

3.2 外部装置とのインタフェース

計測機器および実験機器と計算機とを接続する場合、アナログ信号、デジタル信号、パルス信号を適切なタイミングで入出力することになるが、このためのインタフェース・ハードウェアとして、次の二通りの方法がある。

表-2 MELCOM-70/60 および 70/150
ハードウェア性能表

	MELCOM-70/60	MELCOM-70/150	
主記憶装置	記憶素子	Nチャンネル MOS-LSI	Nチャンネル MOS-LSI
	記憶容量最大増設単位	2 MB	2 MB
	語長	128 KB	256 KB
	サイクル・タイム	16 ビット/語 600 ns/4 B	32 ビット/語 560 ns/8 B
	ECC	有	有
演算制御部	命令数	248	208
	レジスタ数	汎用 8	汎用 16個×4組
	制御方式	マイクロプログラム	マイクロプログラム
	データ形式		
	固定小数点	16/32 ビット	8/16/32/64 ビット
	浮動小数点	32/64 ビット	32/64/128 ビット
	演算性能		
	固定小数点加減算	0.3 μS	1.3 μS
	浮動小数点加減算	1.5 μS (単精度) 1.7 μS (倍精度)	4.3 μS 1.9 μS (PPP付)
	外部割込み	34 レベル	12~48 レベル
I/Oチャンネル	キャッシュメモリ		
	容量	8 KB	—
	サイクル・タイム	150 ns	—
I/Oチャンネル		○プログラム制御チャンネル	○プログラム制御チャンネル
		○MPX チャンネル 100 KB/秒	○汎用入出力処理装置
		○DMA チャンネル 1.5 MB/秒	MPX モード MAX 2.2 MB/秒 バーストモード MAX 3.0 MB/秒
		○ISC チャンネル 2.2 MB/秒×2ポート	○多重入出力処理装置 MPX モード MAX 80 KB/秒

(1) 国際的に制定された信号標準規格を満たすインタフェース機器を使用する。(CAMAC, GP-IB 等)

(2) 各計算機の標準入出力装置の1つであるプロセス入出力装置を使用する。

前者のうち、CAMAC は、1969年ヨーロッパのESONE (European Standard of Nuclear Electronics) 委員会が制定した規格であり、NIM, IEEE, IEIC の各組織でも採用されている国際規格である¹⁾。バスの標準化、インタフェース部分のモジュール化を中心に、構造、寸法、電気的條件等につき規定したものである。特に原子力、原子核研究分野を中心に使用されている。

GP-IB は、HP* 社で開発されたもので、IEEE で規格化され、IEC でも検討されている^{2),3)}。

GP-IB の規格は、機能的、機械的、電気的な仕様が含まれている。そのうちの主たるものは、機能的仕様である。

これらの規格には、機器間接続仕様が定められており、インタフェースの互換性、拡張性、保守性に優れている。また、接続条件が標準化されていることから、インタフェース設計が比較的容易にできる。さらに、稼働中の計算機を新機種に更新し、既設実験装置と接続する場合に好都合である。

一方、プロセス入出力装置は、各種の標準品であり、現状では、価格/性能比の上で優れており、きめ細かいインタフェース設計を可能とする。

現在のLA分野では、いまだプロセス入出力装置を使用しているシステムが多いが、将来はCAMAC, GP-IB 等を含むインタフェースの標準化に進むものと考えられる。

3.3 計算機間インタフェース

第2章で述べた典型的なLAシステムの構成のうち、自立型以外は全て複数の計算機が結合された形態をとっている。計算機間の接続手段として、高速から低速まで良く使われる方法を次に挙げる。

- ① チャンネル結合
- ② 通信回線接続
- ③ ループ接続
- ④ GP-IB, CAMAC 等インタフェース機器による接続。

システムを構成する際の条件により、これらの中から選択することになるが、おのおのの特長(選択規準)を表-3に示す。広域に展開した分散処理型システム

* Hewlett-Packard 社

表-3 計算機間接続方式の種類と比較

	チャンネル接続	通信回線	ループ	GP-IB/CAMAC
適用・目的	同一メーカー同士の計算機をチャンネルで密結合し、一体となった動作をする。	同一または異なるメーカー間の計算機を通信回線を用いて接続する。	同軸または光ケーブルを用いて、広域分散した計算機同士を比較的密に結合し、一体となった動作をする。	同一メーカー同士は勿論のこと、異なるメーカー同士の計算機を比較的高速に接続する場合に用いられる。
転送速度(MELCOM-70/150の場合)	最大 1MB/S	最大 48 Kbps	同軸 2.4 Mbps 光モデム: 4.8~100 Mbps	最大 200 KB/S
利点	計算機同士が互いにチャンネルを介して高速密結合できる。	異なる機種でも容易に接続でき、かつ広域ネットワークの構成が容易。	拡張性、布線工事の容易性等から機能分散型システムに適する。	国際標準規格であり、異なるメーカー間の計算機同士でもある程度高速に接続できる。

では、通信回線または、ループにより接続される。

特に高速転送が必要な場合または電磁雑音が問題となる場合は、光ループが採用される。

3.4 マン・マシン・インタフェース

LA システムの処理は、実験者の監視、判断、制御のもとに進められるのが基本であり、そのためのマン・マシン・インタフェースは非常に重要である。

LA システムのマン・マシン・インタフェースに求められる具体的機能は次の通りである。

①実験パラメータの設定 ②実験開始および終了、実験の中断および再開の指示 ③実験進行過程の監視 ④実験結果の確認 ⑤データ処理方法(データ検索を含む)の指示および確認 ⑥報告書の作成

最近、実験進行状況の監視、実験結果の出力等を図形または、表形式にまとめて表現することが多い。人間の知覚より得られる情報のうち、視覚からの情報量が圧倒的に多いといわれており、この意味でも、視覚に訴える表示形式は特に重要視されつつあり、グラフィック、ディスプレイ装置、簡易グラフィック機能付キャラクター・ディスプレイ装置等の TSS 端末が使用される場合が多い。

4. 大型ミニコンのソフトウェア

LA システムには、前述のような機能が要求されており、大型ミニコンには、それらを実現するために十分なソフトウェアが必要である。すなわち、種々の使用モードを包含する OS、様々な研究目的に合わせて選択できる高級言語群、数値解析ライブラリ、図形処理プログラム、構造解析プログラム等々である。

また、後述する*ように、これらのソフトウェアを総合した応用ソフトウェアも開発され、利用者の負担を軽減する方向に向かっている。

4.1 大型ミニコンの OS

MELCOM-70/150 の VOS (VIRTUAL OPERAT-

ING SYSTEM) および MELCOM-70/60 の UOS (UNIVERSAL OPERATING SYSTEM) とも、リアル・タイム処理、TSS 処理、バッチ処理、RJE 処理、トランザクション処理の 5 次元の多重処理が可能である。

特に、VOS は多重仮想記憶方式で動作し、最大 256 の利用者が上記モードを使用できる能力を有している。また、利用者の仮想空間は最大 16 メガバイトまで利用可能であり、メモリ容量を意識せずにプログラムを作成することができる。

タイム・シェアリング機能では、最大 128 台までの端末を会話モードで使用可能であり、バッチ・モードとの完全な互換性を保証している。APL, BASIC をはじめ、COBOL, FORTRAN, アセンブラ、各種デバッグも会話型で動作することができる。

また、処理すべきデータの統合管理のため CODASYL 仕様を満たすデータ・ベース管理システムと、データの集配信を行うトランザクション処理システムが一体となったオン・ライン・データ・ベース機能も含まれている。さらに仮想記憶空間のファイル管理機能に対する仮想記憶アクセス法 (VSAM) が提供されている。

4.2 言語

VOS のもとで利用できる言語としては、アセンブラ, FORTRAN, BASIC, FLAG*, COBOL をはじめ、PL/I, PASCAL, APL, 連続シミュレーション言語 SL-1**,2 等がある。

4.3 ループ・ネットワーク用ソフトウェア

ループを利用した分散処理型システム(図-1(4)の構成図参照)を構築する場合、ループ全体を支配する基本ソフトウェアとして、マルチシェアド、ネットワーク・アーキテクチャ (Multi-shared Network

* FLAG—常駐型高速 FORTRAN コンパイラ

** SL-1—CSSL のスーパー・セットで連続系システムのデジタルまたはハイブリッド・シミュレーション用言語

Architecture 以下 MNA と略す。)を利用することができる。その概略機能は、次の通りである。

- ① ミニコンの端末よりループ経由でホスト計算機の TSS 処理モードを利用する機能。
- ② ミニコンの端末をループ経由でホスト計算機の遠隔ジョブ端末として利用する機能。
- ③ 任意の 2 台の計算機間でファイルの内容を転送する機能。
- ④ 任意の 2 台の計算機間でオンライン・プログラムが相互に交信する機能。
- ⑤ 各計算機のオペレータ間でメッセージを交換する機能。
- ⑥ ネットワーク、各ミニコンおよび入出力装置の使用状況を監視する機能。

4.4 図形処理用ソフトウェア

前節で述べたように、収集生データおよびその処理結果の傾向を把握し、その有効性を判断するためには、図形または表形式等が効果的である。そのために、いくつかの標準ソフトウェアが用意されているが、その中に CGS (standard Conversational Graphic FORTRAN language System) がある。CGS は、バッチ処理または TSS 処理モードで動作し、次の特長を有する。

- (1) TSS 端末としてのグラフィック・ディスプレイ装置を利用し、会話形式でデータ処理および作図処理が可能である。
- (2) 異なる図形を 1 つに合成する機能がある。また、図形の拡大、縮小、回転もコマンド・レベルで可能である。
- (3) グラフィック・ディスプレイ装置と XY プロッタ装置に共通な図形処理マクロ命令が用意されており、プログラムを変更せずに装置を切り換えて同一図形を出力することができる。すなわち、グラフィック・ディスプレイ装置をプレビュー (Preview) 用端末として使用し、結果を XY プロッタ装置に消書出力することができる。

このほか、2次元または3次元の物体図形を出力するためのソフトウェア GSP (high level Graphic FORTRAN Subroutine Package)、色彩画像処理システム用 FORTRAN ライブラリ IMAGE 等がある。

4.5 LA システム用応用ソフトウェア

実験データを収集した後、解析処理する機能は、LA システムに課せられた業務の中核を成している。

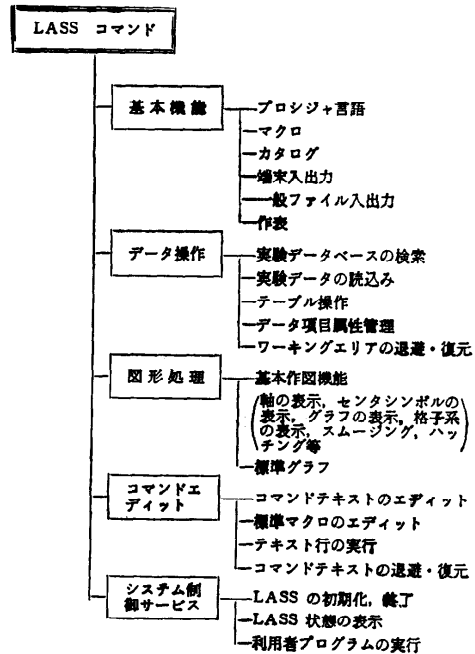


図-2 LASS コマンド体系

このために古くから数値解析サブルーチン・パッケージ、統計解析プログラム等が開発されてきた。しかし、実験データを解析し、その結果を表示する場合、使用するプログラム間のデータ・フォーマットを一致させ、その接続プログラムを開発する等の作業が発生する。

最近の LA システムでは、この状況を改善すべく、各単独のプログラムを結合し、それらを選択実行するためのユーザ・コマンドを用意したソフトウェアが開発されている。LASS (Laboratory Automation Software System) は、その 1 つである。(図-2 参照)

実時間で測定された実験データは、データ・ベースに蓄積される。LASS は、それらのデータを解析処理するためのエンド・ユーザ言語を包含しており、グラフィック・ディスプレイ端末を TSS モードで動作させ、次の機能を選択し、実行させることができる。

(1) 基本機能

実験データの解析を能率良く行うための機能であり、データを解析単位であるテーブルにまとめて蓄積したものから、与えられた条件により抽出し、四則演算、関数計算、数値データの入出力機能がある。また、定型的な処理を効率良く実現できるようにマクロ定義機能、カタログ化機能が用意されている。

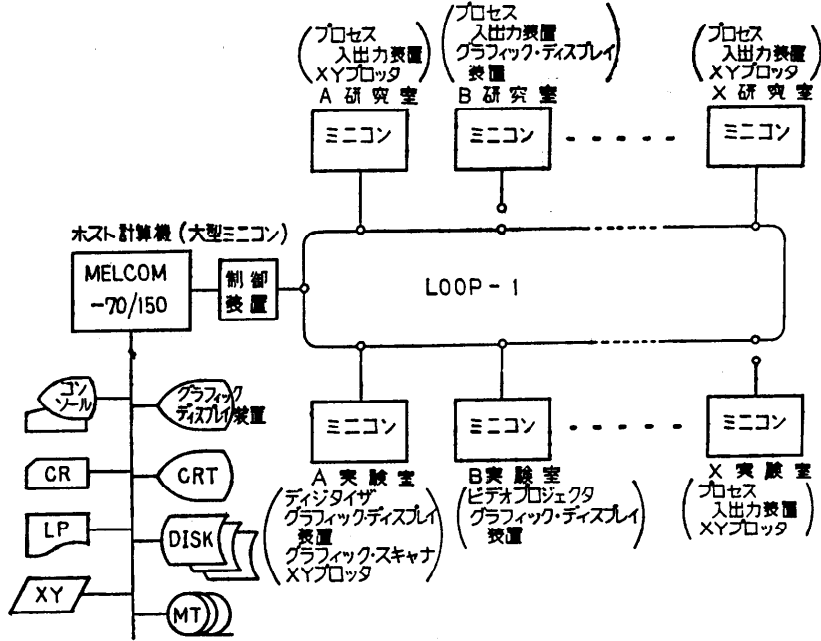


図-3 ループによる分散処理システムの構成例

(2) 図形処理機能

2次元, 3次元表示(将来), 等高線表示, 補間計算等を含む図形処理機能がある。

(3) データ操作

- 実験データに関し, 多様な操作を施す機能である。
- 実験データ・テーブルから, 与えられた条件によりデータを抽出し, テーブル間の結合, ソート, マージ等を施す。(テーブル操作機能)
 - 実験データを分類, 蓄積したデータ・ベースに対する問い合わせを行う。(データ・ベース操作機能)

(4) 統計解析(将来)

実験データを統計的に解析するために用意したものであり, 基本統計量の計算, 回帰分析, 分布関数, 高速フーリエ変換, スペクトル計算, 時系列解析等の諸機能を含む。

4.6 応用システム例

これまでに記述したソフトウェアを応用するシステムとして広域に点在する実験室を対象とした機能分散処理システムの構成図を 図-3 に示す。

各研究室にミニコンを1台宛設置し, 実験装置, 計測機器, さらに XY レコーダ, グラフィック・ディスプレイ装置, デジタイザ等の入出力装置を接続する。

中央には, 大型ミニコンを1台配置し, 各ミニコン

と高速ループで接続することにより, 第2章で述べた分散処理型システムを形成する。

ループ全体を支配する基本ソフトウェアとしては, 前述の MNA を, また収集されたデータの処理には, LASS を使用することができる。

このシステムの運用は, 次のように進めることができる。(図-4 参照) 図中 () は, MNA の機能モードである。

(1) 大型ミニコンによる, ミニコンのプログラム開発

ミニコンの端末より MNA (TSS モード) 経由で大型ミニコンのクロス・ソフトウェアを動作させ, プログラム開発を効果的に行い, 得られたロード・モジュールを MNA (ファイル転送モード) 経由でミニコンにダウン・ライン・ロードする。

(2) 実験データの収集および処理

ミニコンの計測データ収集用標準ソフト DAM-I により, 実験データを収集し, ディスク・ファイルに蓄積する。収集データの簡単な処理は, ミニコンで実行されるが, 複雑な処理が要求される場合, MNA (ファイル転送モード) 経由で Host 計算機にデータを転送し, 前節で述べた LASS を起動 (TSS モード) して所定の処理を施す。

(3) マルチ・ミニコンコンピュータの形成

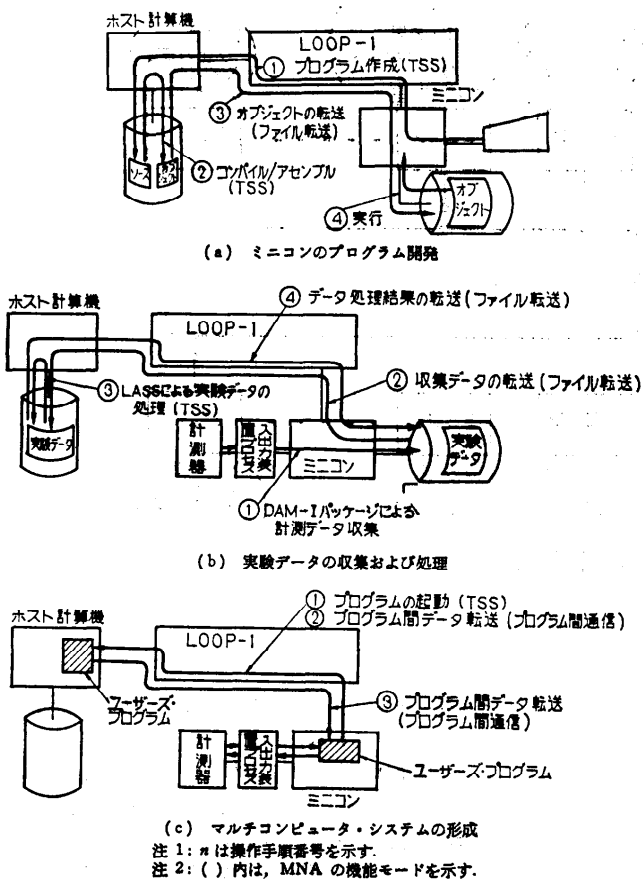


図4 ループによる分散処理型システムの運用

ミニコンおよびホスト計算機のユーザプログラムを起動し、MNA (プログラム通信モード) 経由でリンクさせる。両プログラム間で同期をとり、情報交換しつつ、実験データ収集、解析処理を進める。

5. まとめ

大型ミニコンを中心とした LA システムについて述べてきた。

LA システムの機能の中で応用ソフトウェアは重要な部分を占めている。最近特に各社で考案された便利な応用ソフトウェアが利用者に提供され、実験作業の省力化、高効率化に大いに役立っている。今後とも種類の機能を備えた応用ソフトウェアが開発され、強化されることとなろう。

さらに LA システムにおいては、計算機と計測機器、実験機器との接続は必須であり、様々なインタフェース形式に柔軟に対応できる標準機器の揃っている

ことが重要である。また、長期間運用した LA システムを新機種に更新する時、実験機器およびそのインタフェースを変更せずそのまま利用する場合が多く、CAMAC, GP-IB 等計算機の機種に関係なく、互換性のある標準インタフェースを使用する方向に進むと考えられる。

大型ミニコンは、世に発表されていまだ日が浅く、これから、さらにハードウェアの廉価化、ソフトウェアの充実が進み、コストを気にせず手に入る中型機並みの性能を有するミニコンとして広く利用されることになろう。

以上、実験効率向上を目的とした LA システムを中心に記述してきたが、次のような LA システムも考えられる。

(1) 文章、図面、写真等を入力、合成して論文を作成する論文プロセッサ・システム

(2) テレビ、電話回線を利用して、遠隔地にいる研究者同士が密に情報交換できるテレビ会議システム

(3) 研究所、大学間等広く交信できるファクス・システム

(4) 実験結果を大型プロジェクタでスクリーンに描き出し、それを前にして研究者が討議する研究会議システム

すなわち、LA システムの領域は、研究自体の効率向上から、研究の環境整備にまで拡大することが考えられる。この方向では、最近とみに話題となりつつあるオフィス・オートメーションの領域とも次第にオーバラップすることとなろう。

参考文献

- 1) 能原: CAMAC システムの動向, 電気通信学会誌, Vol. 61, No. 12, pp. 1316~1325 (Dec. 1978).
- 2) 神谷: GP-IB インタフェースの設計と問題点, インタフェース, pp. 70~94 (Aug. 1980).
- 3) 岡村: IEEE-488 標準デジタル・バスとその応用, インタフェース (July 1980).
- 4) 釜: ラボラトリ・オートメーションの現状と趨勢, 情報処理, Vol. 19, No. 2, pp. 165~172 (1978).
- 5) Kay, R. H. et al.: Cost Effectiveness of Computerized Laboratory Automation, Proc. IEEE, Vol. 63, No. 10, pp. 1495~1502 (1975).

(昭和 55 年 12 月 1 日受付)