



## ラボラトリオートメーションの現状と趨勢\*

釜 三 夫\*\*

### 1. ま え が き

近年ミニコンピュータ、マイクロコンピュータの急激な発達にともない、コンピュータ内蔵の分析機器、計測機器の普及にも見られるように研究、試験部門におけるコンピュータの役割は次第に著しいものになってきている。他方、産業界においては人件費の高騰によって余裕ある要員の確保が困難になり、にも関わらず研究開発に寄せる期待は益々増大している現状である。したがって研究、試験部門において多少なりともコンピュータに関わりを持たざるを得ないのは最早、ほとんど必然であり、研究に携わる人間としては好悪に関わらず、コンピュータを利用せざるを得ない状況である。

ラボラトリオートメーション（以下 LA と略称する）はこのような背景のもとに発達し、ますます重要性を深めてきており、二、三の学会誌でも特集として取り上げられている<sup>1)2)</sup>。

ところで、これは LA に限らず研究部門におけるコンピュータ利用一般について言えることであるが、果して得られた効果、あるいは得られるべき効果について正当な評価がなされているであろうか。特に産業界ではこの 10 年間、経営合理化の面で果したコンピュータの役割はまことに顕著なものがあり、人々にその威力を強く印象づける主因となった。しかしながらこのような効果のあり方、そのみに基づく（偏った）コンピュータの理解が主流を占めたのは LA にとって不幸なことであった。

もともと LA も含めて研究所におけるコンピュータ利用のねらいは研究の質的向上への寄与が第一であって、運営合理化、省力化などによるコストジャスティファイは主として規模的な理由により困難であると考

えられる。ところがややもすると、コストメリットの観点のみから性急に判断しようとする傾向が特に管理部門に往々にして見られ実施部門との間に軋轢を生じ勝ちである。また LA をサポートするコンピュータ技術の面においても同一の原因に由来すると思われる問題点がありそうである。たとえば、LA 用としては制御用の機能を持ったコンピュータを通常使用するのであるが LA と生産工程でのプロセス制御では同じオンラインリアルタイムではあっても前述したように目的が異なり、したがって要求される機能も相似て非なるものがある。プロセスコンピュータの場合はあらゆる面での信頼性が最も重要であり、設計通りきちんと動くことがまず要求されるのに対し、LA ではプログラムのし易さ、インターフェーシングの容易さなど使用性能に重点がおかれることが多い。ところがややもすると LA にプロコンの技術をそのまま適用しそれだけで足りりとしている場合が多い。

本稿では以上の点を踏まえながら LA の技術的特徴、利用上の特徴を紹介し、利用者としての立場からの希望も申し述べてみたいというのが主旨である。

### 2. LA の現状

LA とは、各種の計測機器、分析機器、実験機器とコンピュータとをオンライン結合し、自動データ収集、計算処理、表示、実験機器の制御を実行させることを目的としたシステムの総称であるが、必ずしも明確な定義がなされているわけではなく、人によってさまざまな理解がなされているようである。歴史的には 1968 年頃、IBM で使われ出したものようであるが、その当時は 1 台のコンピュータを複数の機器で使用している場合を LA と称していたようである<sup>3)</sup>。本稿でもこの定義に従って LA について述べることにし、必要に応じて IA (Instrument Automation の略称、専用システムの意) にも触れることにしたい。

\* Laboratory Automation, present and future by Mitsuo Kama (Fundamental Research Laboratories, Nippon Steel Co.).

\*\* 新日本製鐵(株)研究開発本部基礎研究所

2.1 LA の効果

いうまでもなく、LA はコンピュータの高速演算処理能力、データ記憶能力を利用して実験研究、試験などの遂行に必要な手続きのある部分を代行させようというものであるが、これらの能力が人間と比較にならない性能を持っているため、様々な効果が期待できる。

通常、自動化による省力化、能率向上、精度および信頼性の向上などは良く言われるメリットであるが、LA によって得られると考えられる効果総てについて整理してみると次のような一つの分類が考えられる。

- a. 省力化効果
- b. 経費節減効果
- c. 効率向上効果
- d. 処理結果の質的な向上

研究を、経費を投入して成果を産み出すプロセスと考えるならば、a, b 二つはインプットの減少に相当するものであり、下の二つはアウトプットの増大効果に相当する。

a はルーチンワークを自動化することにより、実際は要員削減が可能な場合もあるし、そうでなくても研究者、技術者を定常作業から解放してより質の高い仕事に専念できる時間を生み出すこともできる。また、従来熟練が要求された作業を自動化することによって非熟練者でも実行可能になるという効果もこの中に入るであろう。

b の例としてはコンピュータによりスピードアップするために機器のランニングコスト減少が可能になるとか、重複投資、重複実験が防止できるなどがあげられる。

c は主として高速処理性が寄与する部分で、処理手続きが複雑であればある程効果を発揮する。したがって計測データの解析過程で特に効果が大きい。

d は要するにコンピュータを利用することにより初めて可能となる新しい知識、新しい研究手法を期待するもので、特にこの効果を意識したシステムに対し、定常作業の自動化を意味する LA と区別して CAE (Computer Aided Experiments) なる言葉も時折使われる<sup>4),5)</sup>。

本来、この効果を期待しての実験、観測の自動化が LA の本命であり、しかもその重要性も他の三つと比較にならぬ程大きいと考えられる。実際、実験室単位でのミニコンを用いた IA のほとんどはこの効果を期待したものであると言っても過言ではなからう。にも関わらず、一般にはなかなか理解されないのも事実で

ある。

この効果の範疇に入るものとして良く言われるのはデータの精度の向上、信頼性の向上、データの標準化などであるが、その他コンピュータでなければ不可能な実験手段の実現、コンピュータによってはじめて実現できる大量データの解析による新しい知見の獲得なども見逃してはならない重要な効果である<sup>6),7)</sup>。

明らかに科学、工学それ自体にとって大きな価値のあるこれらの結果が一般からそれ程の評価を受けないのは次の理由によると思われる。一つは研究そのものの(それから得られるべき利益の期待値という意味での)事前評価が大変難しいこと、第二にはさらに、類型 d としての LA の効果の表われ方がバラエティに富んでいて、その寄与を算定する一般式を得ることがほとんど不可能であることである。

最近算定可能な効果(上記の a, b)については評価式を求める研究もなされており<sup>8)</sup>、省力化効果のみに関しては9件の機器の LA 化で6人の省力化相当人数を得たという報告もある<sup>9)</sup>。筆者が所属する研究所で最近行った調査結果を概念的にまとめたものが図-1であるが、これによると効果の大きいものから順に、

- ・ データ解析における結果の質的向上
- ・ " 研究効率の向上
- ・ データ解析における省力化

となり、経費節減にはほとんど寄与しないことになっている。

LA も誕生以来 10 年余りを経過して成熟期に入りつつあり、単なる定常作業の自動化省力化だけでなく研究活動全体の能力向上を指向する傾向になって来ており、この点からも LA の質的効果の評価法へのアプローチが期待される。

2.2 LA の特徴

LA システムの基本的な機能は計測機器からの計測データを収集すること、それに必要な制御を行うこ

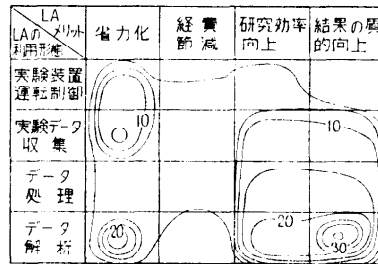


図-1 LA 効果のあらわれ方

と、および得られたデータの解析を実行することである。システムを形成している各実験機器、計測機器はお互に全く独立であり、従ってそれぞれの実験に必要な指示を与えるためのコンソール (OP'BOX) が必要である。これらの機能をブロック図にまとめると、**図-2** のようになる。これらの機能を実現するために通常とられるシステム構成は**図-3** のように1台のコンピュータにデータ採取、データ解析両方の機能を持たせるタイプ、**図-4** のようにハイアラキー構成にしてデータ採取と解析とを分離、独立させるタイプの二つがある。

前者はミニコンによって構成可能であり、筆者の経験によると1台のミニコンで十数台の機器のLA化が十分に可能である。ただこのシステムでは大量なデータ解析、データバンク、データ検索などは容量的に困難なため、その解決には後者のハイアラキー構成を採用。フロントコンピュータはミニコンで充分であるが、ホストコンピュータは目的によって選択の余地がある。データ解析の能力確保のみをねらうならば高級

言語が使えることを前提にある程度の規模を持ったミニコンで充分であるが、データバンク、データ検索、他システムとの通信などの応用も考えた場合、ソフトウェアの裏付けの充分にある汎用コンピュータが適当であろう<sup>10)</sup>。ただ何れの場合も、高速データ収集に対する保障は困難なので別の何等かの手段により機能を確保する必要がある。

次に LA とプロセス制御コンピュータとの比較を**表-1** に示す。研究所のプロダクトは情報であり、100パーセント頭脳の生産物である。即ち良質の情報を数多く創造することに研究所の存在価値がある。そのためには新しい着想が数多く生み出され結実することが一つの重要なポイントで、LA がこの点で強力な武器であるためには、着想を直ちに実行に移せる機動力と、余剰能力とを備えていなければならない。このことが LA の出発点であり、LA の特徴を決定している。

2.3 LA の技術

LA システムを設計する際、各利用者がコンピュー

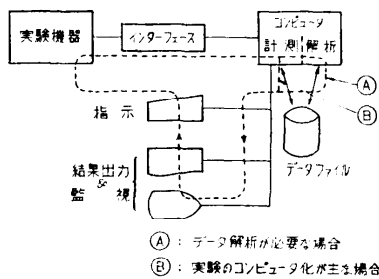


図-2 LA システムにおける流れ

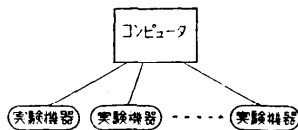


図-3 LA システム

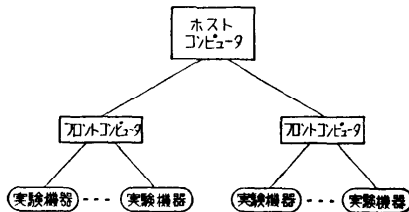


図-4 ハイアラキー LA システム

表-1 LA とプロコンの相異

	LA	プロセス制御コンピュータ
システムの目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究者のルーチンワークからの解放</li> <li>研究効率向上</li> <li>新発見、新手法の獲得</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産性向上</li> <li>省力化</li> <li>ターンアラウンド短縮</li> <li>コスト削減</li> </ul>
要求されるシステム能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>使い易さ (言語, インターフェース)</li> <li>能力のリダンダンシー</li> <li>信頼性はさ程シビアでない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性</li> <li>システム効率</li> </ul>
システムの定着性	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究テーマの進行研究者の着想に従って変化する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原則として半固定的、レベルアップは生産計画に従った全体的なスケジュールにより行われる</li> </ul>
システム運用	<ul style="list-style-type: none"> <li>それぞれの属する研究スケジュールに従う</li> <li>利用頻度はランダムで予測困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程全体で立てられた生産計画に従う</li> <li>連続運転、スケジュール運用</li> </ul>
システム管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発者、関係者 (個人的)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>専任管理部門 (組織的)</li> </ul>
データ採取	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度: 1 pt/数分~100 kHz (範囲が広い)</li> <li>量: 各種のモードが混在、概して集中的、多量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低速</li> <li>少量、平均的に発生</li> </ul>
データ処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>現象の解析</li> <li>フィルタリング、スペクトル解析、ピーク分離、時系列解析</li> <li>統計解析、画像解析</li> <li>結果の出力、ディスプレイ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロセスシミュレーション (半固定的)</li> </ul>

タについては非専門家であることを前提にし、かつ高度な専門知識のトレーニングなしで十分に各自の機器をLA化でき、利用できる機能を持たせることを建前にした場合、着目すべきポイントについて述べる。

2.3.1 ソフトウェア

ソフトウェアの最大の問題点はプログラミング言語であろう。従来はアセンブラが主流で、これはやはりメモリーの有効活用という観点からの一つの選択であったと考えられるが、メモリー価格が急激に下降しつつある現在、次第にその存在価値は薄れつつあり、近い将来、確実に高級コンパイラ言語に移行して行くものと予想される。

現在高級言語でLAに適用可能なものではリアルタイム FORTRAN, リアルタイム BASIC, IBM から発表されたリアルタイム APL, ドイツで開発されつつある POL 形式の PEARL などがあり、それぞれに標準化が進められている<sup>11,14)</sup>。さらにプログラム開発の手数を少なくし、より容易にLAのプログラミングが可能ないように最近LA用パッケージとしてCADACS, LAPAC (以上 U シリーズ用 LA パッケージ, 富士通), LAM/7 (S/7 用, 日本アイビーエム), LABS/7 (S/7 用, IBM) などが開発されている。最後の LABS/7 はやや高級で専門家向きであるが、残りの三つは習得も容易で FORTRAN 程度の知識でプログラミング可能である。この4つのパッケージを何れにも共通して、LA のプログラムは、必ずデータ収集部とデータ解析部の二つから構築されるという前提に基づいているのはある意味で注目される。

2.3.2 インターフェース

LA 利用者にとって自分の実験機器を LA 化する時最も気懸りな問題の一つとしてインターフェーシングが挙げられる。デジタルとは何かアナログとはどういうものかというような初歩的な知識の問題は別として、一体、この機器をコンピュータに結合するのにどんな手段があるのか、どれ位経費がかかるものなのか、自分の研究が完了した時に即座に撤去、他への流用が可能であるのか、ソフトウェアのサポートはどうなっているのか……など、悩みは尽きない。

この問いに答える一つのプリミティブな解答はコンピュータメーカー各社によって既に準備されている。A社の製品を購入すれば、難易の程度はあるにしろ、製品マニュアルに従って結合作業を行うことにより、

表-2 CAMAC と HP-IB (出典: 文献 11)

比較項目	CAMAC 規格	IEC 規格
適用・目的	データ処理の標準で、オンラインの測定、制御、データ収集、等の多くの分野に適用できる。モジュール方式で多様な機能を持つユニットによりシステムを構成できる。各ユニット (モジュール) は標準の筐体 (クレート) に挿入される。	一般に計測器用のシステムを対象にしている。異なったメーカーの計測デバイスを一つのシステムに構成可能にする。
バス構成	筐体内部: データ線 86 本 (データ読み込み 24 本) (データ書き込み 24 本) 筐体外部: 分岐線 65 本 (データ読み及び書き込み24本)	バス信号線 16 本 (データ入出力8本)
データ転送	筐体内部: ストロープ信号制御方式 (1) コマンドによる操作 (2) アドレスを含まない操作 筐体外部: 応答確認方式 (1) コマンドモード (2) 割込み処理グレイデット・Lモード 速度 1μs 最小	ハンドシェイク制御非同期確認方式コマンドにより行う 速度 10 <sup>6</sup> バイト/秒以下
電気的・機械的・特性	データ線 デジタル信号レベル 負論理 受信 0: +20~+5.5V 1: 0~+0.8V 送信 0: +3.5~+5.5V 1: 0~+0.5V (アナログ信号の規定も有り) 電源±6V (±2.5%), ±24V (1.0%) 分岐線 デジタル信号レベル 負論理 受信 0: +2.4~+5.5V 1: 0~+1.2V 送信 0: 4.5 V <sub>max</sub> 1: 0~+0.5V	デジタル信号レベル 負論理 出力 0: +2.4V 以上 1: +0.4V 以下 入力 0: +2.0V 以上 1: +0.8V 以下 対ノイズ・スレッショールド電圧 0: +2.0V 以上 +1.5V 以下 1: +0.6V 以上 +1.1V 以下 電源 +5V (±5%)
機械的・特性	筐体 (クレート) 寸法 200*430*290* (mm) プリント (板モジュール) 寸法 200*17*290* (mm) ケーブルコネクタ データ線 86 極 分岐線 65 極 ケーブル長 (分岐線) 25m 以下	ケーブルコネクタ 25極 (ラックマウント方式) ケーブル長 20m 以下
その他	主に、原子力、原子核関係の計測器用機器に用いられている。 分岐線は最大7台の筐体 (クレート) を接続できる。1つの筐体には 25 個のユニット (モジュール) が挿入できる。 その内2個は制御部として用いる。	1つのバス信号線には16台以上のデバイスは接続できない。 データ転送時のハンドシェイク制御方式はヒューレット・パッカード社 (米国) の特許となっている。

一応動くものができあがる。問題は何かの事情によって従来使用していたA社のコンピュータをB社の製品にリプレースしようとした時に生じる。この場合、メーカーによってインターフェースの仕様は全く異なり、利用者は改めてB社製品についてゼロから勉強し直さなければならない憂き目に立たされる。そればかりではなく、ハードウェアをサポートしているソフトウェアも独自の立場で製作されている為に、これまで折角開発して来たアプリケーションプログラムのほとんど全体に及んでチェックと改造を余儀なくされる。

同じ原因のデメリットは同一企業内で異なるメーカーのコンピュータを利用している作業所間で技術交流の要求が出た時にも生じる。バッチ処理では例えば、FORTRAN のレベルである程度互換性が確保されているのに対し、インターフェースの場合、全く野放し同様の状態であり、バージョンに利用者側、メーカー側共に余計な労力を払わされているのが実情である。

この、いわば第二の問題に対して、最近、インターフェースの標準化という解答が準備されつつあり、その中、代表的な注目すべきインターフェースシステムとしてCAMAC、及びHP-IB が挙げられる<sup>11)</sup>。これらは IEEE、および IEC、ISO 等におけるインターフェース規格標準化活動に大きな影響を与えるものと考えられる。表-2(前頁参照)にこの2システムの比較を示しておく。

さらに細かなことであるが見逃してはならない重要な機能として、実験端末の操作箱 (OP'BOX) がある。OP'BOX は操作者とコンピュータをつなぐ唯一の手懸りであり、両者間の対

話、経過のモニター、結果の表示に必要なものである。現在は、操作者からの指示、データの入力には専用の OP'BOX を準備しコンピュータからの情報はタイプライタ等で出力されるのが普通であるが、液晶、プラズマディスプレイ等の技術を加味して低コストの OP'BOX が開発、標準化されることが望まれる。

### 2.3.3 LA の実施例

実際に実施されている LA システムの例を次に挙げる。

図-5 は IBM ワトソン研究所の例である。ここでは IBM 1800×2 台、IBM 1130×3 台 (IBM 1130+S/7)×2 台、S/7×5 台を使って、線回折、極点図、走査型電子顕微鏡など約 23 台の機器の LA を行っている。

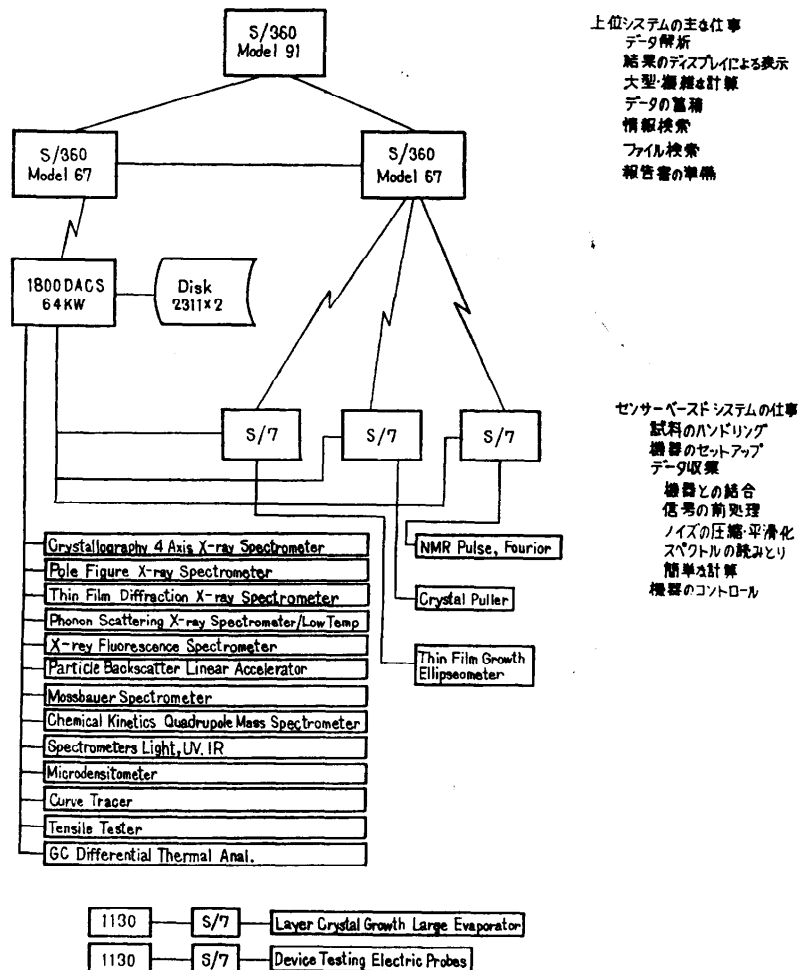


図-5 IBM ワトソン研究所の LA システム (出典文献 12)

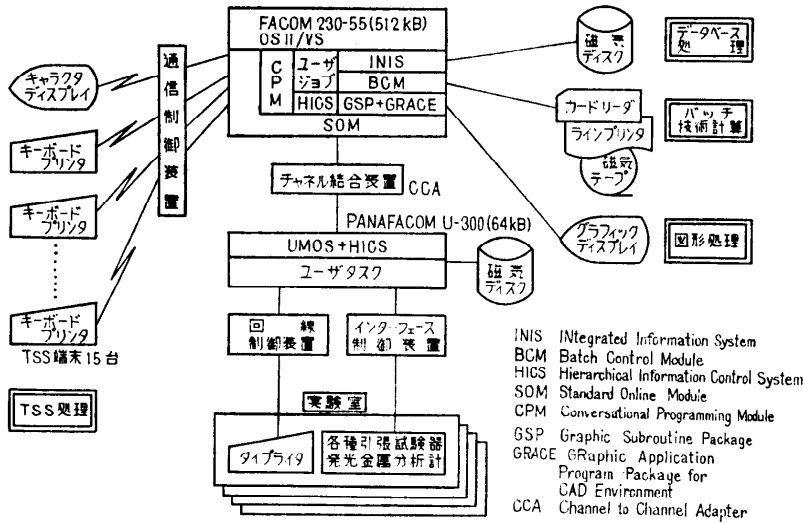


図-6 三菱化成(株)総合研究所の LA システム (出典文献 13)

る<sup>16)</sup>。

次の図-6 は LA を一部に組み込んだ総合的なコンピュータシステムで、フロントコンピュータ PFU-400 に引張試験器×8 台、発光金属分析計×1 台を結合し、ハイアラキー構造になっている。その他にスタンドアロンのシステムが三つあり、さらにデータレコーダや紙テープによる入力手段、TSS 端末など、総

合的な機能を持つ点に特徴がある。

次の松下電器のシステムは IBM-370/145 と S/7 とのハイアラキーであるが、OP'BOX を自社で開発したり、マイクロコンによる出力端末制御システムを試みるなど、意欲的なシステムである。

最後に筆者が所属する研究所のシステムを御紹介すると、図-8 に示すように FACOM-230/38 と PFU-400 を階層的に結合し、約 20 台の機器のデータ収集、制御を行っている。このシステムの一つの特徴はハウスメイドのリモート PI/O を開発し、各端末ごとに信号のシリアル伝送を行っていることである。伝送

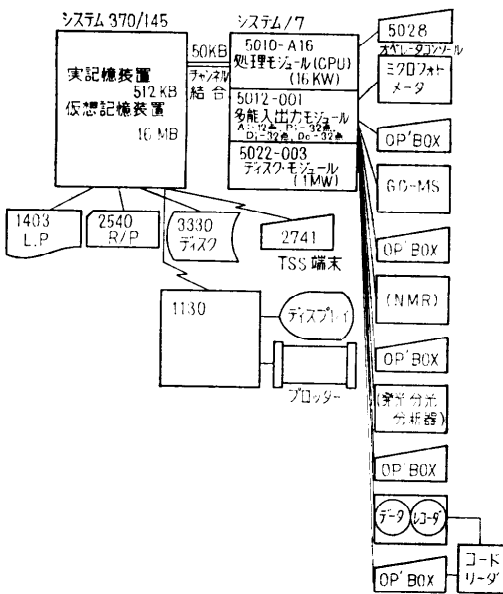


図-7 松下電器(株)中央研究所の LA システム(出典文献 5)

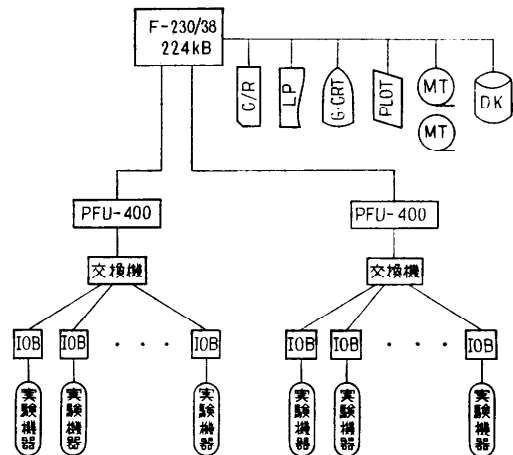


図-8 新日鐵(株)基礎研究所の LA システム

媒体には一対の同軸ケーブルを用い実験端末側はプロセス I/O を標準的に装備した I/O-BOX (IOB) に結合される。この方式によって実験機器 LA 化のケーブルリングが至って簡便に行える。

### 3. LA の将来

比較的近い将来実現可能なコンピュータ技術の中から、LA に関連の深いものを取り上げて見る。

#### a. マイクロコンピュータ

LA システムの最大の弱点はマルチプログラミングで動作するために、高速データサンプリングの要求に対し、無力であり、筆者の経験では 1k データ/秒が保障し得る 1 実験端末あたりの最高のサンプリング速度と思われる。したがって何等かの対策が必要なのであるが、マイコンがコスト的にも充分成立し得る一つの解答と考えられる。

#### ・ インテリジェント I/O コントローラー

入出力機器 (OP/BOX, タイプライタ, CRT, などの端末機器およびプロセス I/O) の制御を行うことと必要量の I/O バッファ機能を持たせて、コンピュータの負荷を軽減し、高速処理に充分対処し得る。

またマイコンによってフィールド実験用の乗用車にも充分搭載可能な大きさの LA システムを作ることも期待される。

#### b. 光 通 信

光ファイバーと LED を組み合わせた情報伝送系は対雑音特性と伝送距離特性に非常にすぐれた性能を持っている。筆者の所属する研究所で試験的に適用して十分な成果を得ているが<sup>17)</sup>近い将来、実験室～コンピュータ、コンピュータ～コンピュータ間のデータリンクに標準化されることが期待される。

#### c. コンピュータ間通信の標準化

今後の傾向として、マイコンあるいはミニコン内蔵の分析機器、試験機器が益々増加発展するのは間違いない。一方、利用者側は、より高度のデータ処理が必要になったり、研究所全体としての情報管理が要求されたり、他システムとの連結が必要であり、このためにはできれば通信方式が標準化されていること、少なくとも外部仕様として明示されていることが望ましい。

#### d. 実験端末結合器

フロントコンピュータとしてミニコン、ホストとして技術計算用コンピュータを使った階層システムの場合、実験室～ホスト間で直接、通信したい状況が時折発生する。IBM で開発された RDC (Research Device

Coupler<sup>18)</sup>) のような機能が技術計算用コンピュータに付加されることが望ましい。

#### e. LA 用リアルタイムモニター

LA システムはマルチプログラミングシステムであり、一方この機能を持つモニターは汎用を意図して設計されている。ところが表-1 に示すように LA の場合他用途とかなりの相異点を持っている。従って LA 用としてはより適切な機能を持ったリアルタイムモニターがあり得る筈だ、というのが筆者の意見である。設計に当って考慮すべき点は、

- ・ 実験機器単位のプログラムの独立性
- ・ システムの開放性 (オープンショップ)
- ・ プログラム開発、変更の定常的頻発への対処 (登録, 削除, 変更手続きの簡素化)
- ・ システム構造の柔軟性 (プログラム管理, ファイル管理などのあり方)

概念的に言えば、利用者の負担を極力軽減するためにモニターの構造が外部へできるだけ出ないこと、利用者の実験シーケンスに対するイメージが、そのままストレートに構造に反映していること、この 2 点がポイントであろう。

#### f. LA 用インターフェース

バラックセットによる実験をコンピュータ処理するような本格的な CAE を想定するとインターフェーシング、その取外しが頻繁になり、機動性とコスト低減が重要になる。現在のリモート PI/O 技術をさらに推進して、簡便なケーブルリング、低価格でかつ融通性のある I/O 端末の開発を期待したい。

### 4. おわりに

LA システムは他の方式に比べて初期コストが高いというのが大方の一致した意見である。したがって計画時に正しい認識の下に評価しておくべきで、そのポイントは、規模が大きくなるにつれて単位あたりのコストはかえって安くなること、他方式に比して豊富なソフトウェア機能が享受でき、単なる実験の自動化だけでなく、技術計算、シミュレーション、情報管理などと有機的に結合したシステムへの発展性を含んでいるということであろう。

### 参 考 文 献

- 1) Special Issue on laboratory automation, Proc. IEEE, Vol. 63, No. 10 (1975).
- 2) 小特集・ラボラトリー・オートメーション、計測と制御, Vol. 14, No. 10 (1975).

- 3) CAM 調査報告, 第1部 CAM 概説, 昭和51年10月, 電総研 CAM 勉強会編.
- 4) 須貝哲也: 研究所における実験, 測定の自動化システム, 情報処理, Vol. 13, No. 6, pp. 386~389 (1972).
- 5) 榎木好明: VM/CMS を用いた対話型汎用自動測定システム CLAS とその応用について, IBM ラボラトリーオートメーションシンポジウム報告集, pp. A-1~A-35, 1974年11月
- 6) 江崎玲於奈: LA 小特集に寄せて, 計測と制御, Vol. 14, No. 10, pp. 711~713 (1975).
- 7) 高藤, 石田: 鋼板表面粗さの解析, *ibid*, pp. 757~765.
- 8) R. H. Kay et al.: Cost Effectiveness of Computerized Laboratory Automation, Proc. IEEE, Vol. 63, No. 10, pp. 1495~1502 (1975).
- 9) 草鹿他: 新日鉄基礎研究所のコンピューターシステム, JAACE 第20回学術講演会, pp. 165~168 (1976).
- 10) 石田順一: 最近のラボラトリー・オートメーションシステム, ふんせき, No. 5, pp. 289~295 (1976).
- 11) 日本電子工業振興協会: コンピューティング計測, 52-A-124, 昭和52年6月.
- 12) ラボラトリー・オートメーション, 日本アイ・ビー・エム(株).
- 13) 小西英文: 三菱化成工業(株)におけるラボラトリーオートメーション(LA)システム, FACOM ジャーナル, Vol. 2, No. 9, pp. 2~4 (1976).
- 14) 日本電子工業振興協会: 工業用コンピュータソフトウェアの標準化動向, 第1報 (1973).
- 15) 同上, 第2報 (1974).
- 16) 日本アイ・ビー・エム(株): エンジニアリング・システム・レポート, No. 6, pp. 41~54 (1973)
- 17) 須貝, 柏柳, 檜物: ラボオートシステムへの光伝送系の適用, 昭和53年度電子通信学会全国大会(発表予定).
- 18) A. A. Guido: Interactive Laboratory Automation Aid: The Research Device Coupler, Proc. IEEE, Vol. 13, No. 10, pp. 1509~1513 (1975), その他, LA の概説として
- 19) 曾我 弘: 研究における実験・観測の自動化, 第16回西山記念技術講座, 21, 鉄鋼協会(1972).
- 20) FACOM ミニコンピュータアプリケーションシンポジウム, ラボラトリーオートメーション, 富士通(株), 1976年2月.

(昭和52年11月17日受付)