

研究開発とエレクトロニクス

小森谷 清*, 館 暉*
Kiyoshi Susumu
KOMORIYA TACHI

Key Words: Laboratory Automation, Electronic Assist System, Information Processing, Research and Development, Man-Machine System, Computers

1. はじめに

近年、研究開発への要求はますます強まっているといえる。しかしながら低成長時代と言われる今日の状況では研究開発部門での人的、金銭的な資源の増大は望めず、研究開発を能率化することによって、これを補わざるをえない。すなわち、研究開発にともなう種々の作業のうち、ルーチン的なものをなるべく自動化し、人がその能力を創造的な作業に割り当てられる時間を増そうというねらいである。

さて、研究所における自動化“Laboratory Automation (LA)”ということばが IBM の研究所で叫ばれはじめたのが 17, 8 年前のことである。このインパクトは日本にも及び、これまでに関連学会の会誌で特集が組まれるなど⁽¹⁾、各種の議論がなされるとともにいくつかの自動化例が紹介されてきている^{(2)~(9)}。しかし、これまで取り上げられてきた LA は主として計算機システムを実験室に持ち込み、実験装置を制御しながらデータを採取したり、得たデータを処理するといった、研究過程全体からすれば比較的狭い意味でのエレクトロニクスによる支援であった。さらに広い意味での研究過程の他の部分における自動化の簡単な指摘が行われていないわけではないが、実験に直接結びつく LA ほど注目されなかったといえる。

したがってここでは研究開発の過程を筆者らなりのフロー図としてとらえ、そのおのおのにかかわるエレクトロニクスによる支援を取り上げ、若干の説明を加えるとともに、興味ある事例のいく

つかを紹介したい。むろん、その中のいくつかは他の分野の自動化、すなわち生産部門における自動化、事務部門における情報処理の自動化に源をもつものである。エレクトロニクス、中でも計算機が高機能化、低価格化してきている現在、研究開発機関においても積極的にこのような研究開発の支援手段を取り入れ、つねに最適なシステムを構成していくことが今後ますます重要になってくると思われる。

2. 研究開発過程とエレクトロニクスによる支援

研究開発にたずさわる機関には大きく分けて、大学、企業など民間の研究所、国公立の研究機関がある。それぞれはその使命によって目的とするところは多少は異なるにしても、新たな知見や技術、すなわち情報を生み出すといった点で共通性をもっている。すなわちその活動は概略、図 1 のようにまとめられると思われる。

このようなプロセスにおける研究開発の本質は、目的の設定と目的達成へいたるアイデアの創造にあるのは議論のないところであろう。そしてこの部分は現在のところ人間に固有のもので、機械が肩がわりするのはむりであるが、その他の部分は計算機などによるシステムの支援によって自動化をすすめることが可能であり、今後、ますます支援の割合は高まってくると思われる。また、こうしたシステムが研究開発の過程と有機的に結びつくことは単に時間的な能率を高め、研究者に問題の発見、アイデア創造のための時間をより多く与えるメリットのほかに、こうしたシステム自体が新しい実験手法、実験システムを生み

* 工業技術院機械技術研究所 (〒305 茨城県新治郡桜村並木 1-2)。

出すのではないかという期待ももたれている。

研究目的の設定は大学であれば主として個人的な興味から、企業であれば利潤の追求から行われ、公的機関であれば社会的要請が主なモチーフになっている。この目的を達成するためのプランニングでは技術の現況の調査として文献調査、特許情報の調査が行われる。そこでは科学技術情報をデータベースにまとめ、オンラインで必要とする情報が検索できるシステムが各種作成され、利用されている。このような情報をもとにブレインストーミングなどによって検討が加えられ、目的を実現する過程が細分化され、実験計画が立てられる。多くの場合、こうして実験が行われ、理論、技術の検証がなされるわけである。実験の実施には装置の設計、試作という実験準備の過程がある。それは今日、自動化がほとんど行われていないといつてよいが、生産現場ですみれられている CAD・CAM を用いた自動加工システムのような自動化も将来的には取り入れられよう。

実験システムを計算機で管理し、データを採取、処理する自動化は早くからすすめられ、各研究に即したシステムが構成され、利用されている。この部分における自動化は特に研究開発のスピードアップと密接な関連をもつため従来、種々論じられてきている。次に研究者はシステムを用いて処理した結果に検討をほどこし、実験結果いかによっては装置の修正、実験自体、プランニング自体を変更してこのプロセスを繰り返す。最終的に価値ある結果が得られればその情報を論

文、特許、あるいは資料としてまとめ、発表するとともに、企業の研究機関であれば、新たな製品の生産に結びつける試作設計、試作開発の過程に接続していくわけである。この最後の過程ではワードプロセッサ、図表出力装置などを利用した文書図表作成システムが一部使用されている。

3. エレクトロニクスによる支援

3.1 情報検索 研究者にとっては主に科学技術の現状の調査が重要であろう。今日、大量な科学技術情報を研究開発に利用する手立として考えられる方法に、情報検索システムの一つである文献情報検索システム⁽¹⁰⁾と特許情報検索システムがある。いずれも計算機可読な大量のデータ、すなわちデータベースをつくり、計算機を用いて利用者が適切な入力を行うことで必要な情報を入手するものである。

こうした計算機を用いた情報検索は 1950 年代にはじまっており、以後、計算機の記憶容量の増大にともなってデータベースの容量が増加するとともに当初、利用者の質問に検索作業がすぐ伴わないバッチ処理であったのに対してリアルタイムで質問に答え、検索結果を出力するオンライン方式に進歩してきている。

しかし、取扱い可能な情報量を、システムが許すハード的な限界まで増加するのは技術の進歩によって可能であっても、ソフト的な面でのデータベースの作成、更新、検索手法、運営などの問題がある。また、利用頻度など経済性も問題となっている。これらの問題の中で利用者たる研究者に特にかかわる点は、検索時のハード、ソフト両面でのインタフェースの問題であろう。たとえばソフト的には、使用者のデータベースの認識の問題がある。文献検索では必要とする文献に結びつくキーワードで得たい情報の範囲を規定するわけであるが、利用者の意識しているキーワードと実際の文献との対応がデータベースの場合とずれていることがある。こうした点を補うものとして、数字コードを用いたり、シソーラスでデータベース全体を規制する方法もとられているが、結局問題の解決にはならず、利用者がこのずれをすばやく認識し、その理解のもとでシステムを利用していくのが現状と指摘されてい

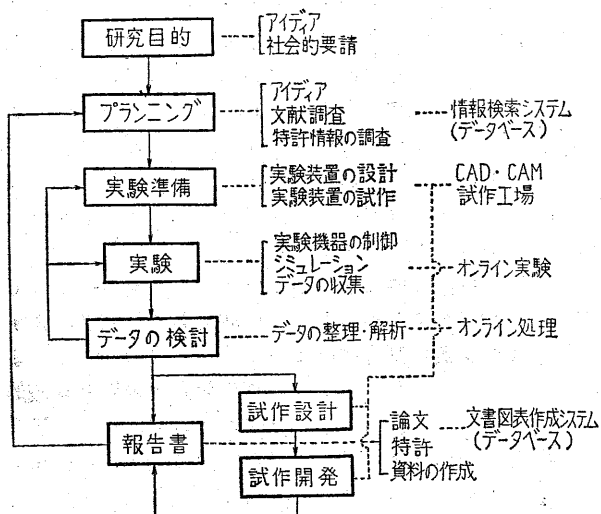


図1 研究開発過程とエレクトロニクスの支援

る⁽¹¹⁾. 迅速に必要なとする情報を得られるように利用がってのよさをさらに高める改善を行い, ずれを意識することなしにすむシステムが期待されている. また, 現在のような単なるキーワードによる探索のみではなく実験のアイデアを入力すれば, それに近いアイデアで行われた研究をみつけだし, その結果を出力するようなシステムなど, 人間と計算機の対話が行える文献検索システムが望まれる.

こうしたインタフェースの問題に関連し, 使いがってを高める試みとして MIT ではいろいろな入力指令を用いて情報検索を行う興味深い研究が進められている⁽¹²⁾.

このシステムの一部である Special Data Management System は, 光ビデオディスクに蓄積された画像データを, Media room と呼ばれる場所で, 操作いすにすわった使用者が探索するものである (図 2). 操作者はいすに取り付けられた joy pad などから指令を出す. 部屋には小形のモニタがおかれ, 使用者はここに表示されるメニューを指先で触れることによって情報の選択を行うことが可能である (図 3). 正面に設置された大形スクリーンには選択された画像データが詳細部を観察するために投影される. 必要に従って画面のズームアップも可能であり, このとき, それに応じて細部の画像が追加される. また, 操作者の体の運動, 目の動きをモニタして, 画面上の着目点の変化から使用者の要求をくみ取って, 要求にあった情報を出力することも計画されている. さらに室内には 8 チャンネルの音響システムも設備され, 画像情報と音響情報を組み合わせて, 使いよさを高めることも行われている.

このように入力信号として触覚や使用者の視線

を利用するとともに視覚, 聴覚情報を組み合わせて出力を構成し, マンマシンコミュニケーションの問題を解決しようという点でユニークな研究である.

3.2 CAD・CAM と試作工場 近年, 産業界で CAD・CAM を実際の生産ラインの中に取り入れ, 生産の自動化を図り, 能率を高めている例がいろいろところでみられる. いずれも計算機を利用して前者は設計のプロセスの省力化を試みようとするもので, 後者は前者のデータをもとに物の加工の自動化をめざすものである.

CAD は当初, プリント板のような二次元設計の自動化に端を発し, 現在三次元形状の設計にも使用されているが, それだけにはとどまらず, システム全体の設計まで計算機を用いて進めていこうと試みられている.

一方, CAM は工作機械の自動化にその源をもち, NC 工作機械が製作され, 使用に供されるとともに, CAD で得られた設計データを直接利用して部品の加工が進められている.

従来試行錯誤を繰り返していた設計製作過程に計算機を導入し, 図面情報を計算機に与え, その処理に柔軟性をもたせ, 図面作成, 修正といった設計作業を容易にする点, CAD・CAM による工程, 工期の短縮および複合することによるその効果の拡大, 標準化のもとに設計データを蓄積することによって, 後からそれを有効に利用できる点などがこうした CAD・CAM の進展の主要因となっている⁽¹³⁾.

これに対して研究開発分野では, 実験装置の試作過程はほとんど一品試作といってよく, 多品種少量生産のさらに特殊化したものである. したが

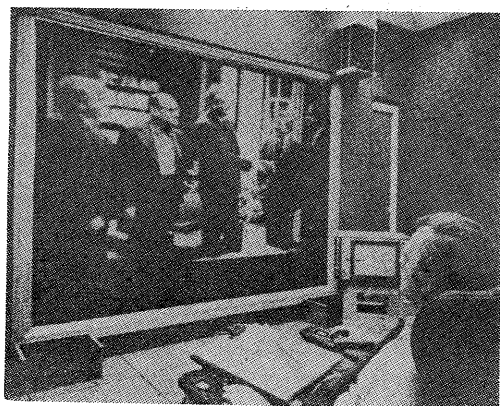


図 2 Media room

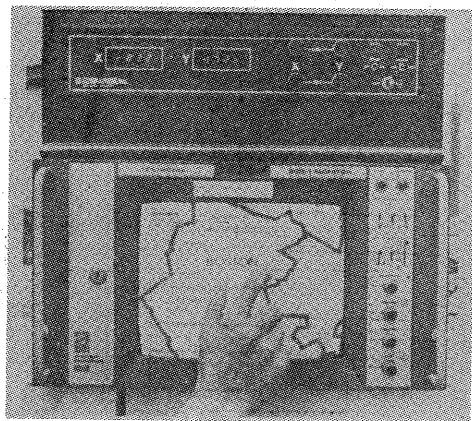


図 3 触覚機能をもつ CRT ディスプレイ

って今日この部分の自動化はほとんど行われていないといつてよい。しかしながら、研究開発の過程で装置の試作過程は欠くことのできないものであるし、秘密の保持性、試作に要する時間短縮への要求からも、高度な装置でも迅速に内製できることが好ましい。またこれから試作に携わる人を確保することがますます難しくなってくることを考えれば、CAD・CAM を取り入れた試作工場も現実のものとなってこよう。

この際、試作という特殊性から二つの点が特に重要となろう。その一つは設計における情報を蓄積し、有効利用が図られるように設計要素をモデル化し標準化することによって、以後の利用を可能にすることである。いま一つは設計時のマンマシンインタフェースの向上を図ることである。人間から計算機への指令は直接コマンドを送る方式から、あらかじめ設定されている標準モデルを選択するメニュー選択方式に進展し、また二次元図形の修正においてもディジタイザやライトペンによって直接図形データをアクセスし、加工指令を行えるようになってはいるが、操作者が内部モデルを強く意識しなければならないといった点で改善の余地が大きいと思われる。

ここで図4に現在アメリカの NBS (National Bureau of Standards) で検討中の試作工場を示す⁽¹⁴⁾。右手には会話形式で行われる部品の設計や製作工程のデータベースを示す。工場で製作中の機械や部品の状態に関する完全なデータベースが左側に示されている。中央では製作工程のデータ、部品のデータ、工場の状態に関するデータを利用して、部品などの製作のハイレベルの要求を、工作機械やロボットへの数値制御命令や指示といった形の低いレベルの命令に自動的に組みかえていく。低位レベルの情報は実際に行われる前に、シミュレーションの形などを用いて製作者にフィードバックされ、チェックを受けたのち、実行に移される。管理情報システムは仕事のプライオリティをうけたり、在庫を管理したりして全体の流れの円滑化をはかっている。

3.3 オンライン実験システム 従来 LA と言われていたものは、狭い意味では実験時の機器の制御に計算機を用いてリアルタイムで行い、かつデータを採取することと、得たデータを処理して研究者が必要とする情報を引き出す実験データの整理と解析の二つが主要なものといえる。この点に関してはその特徴、現状、問題点、また実例に

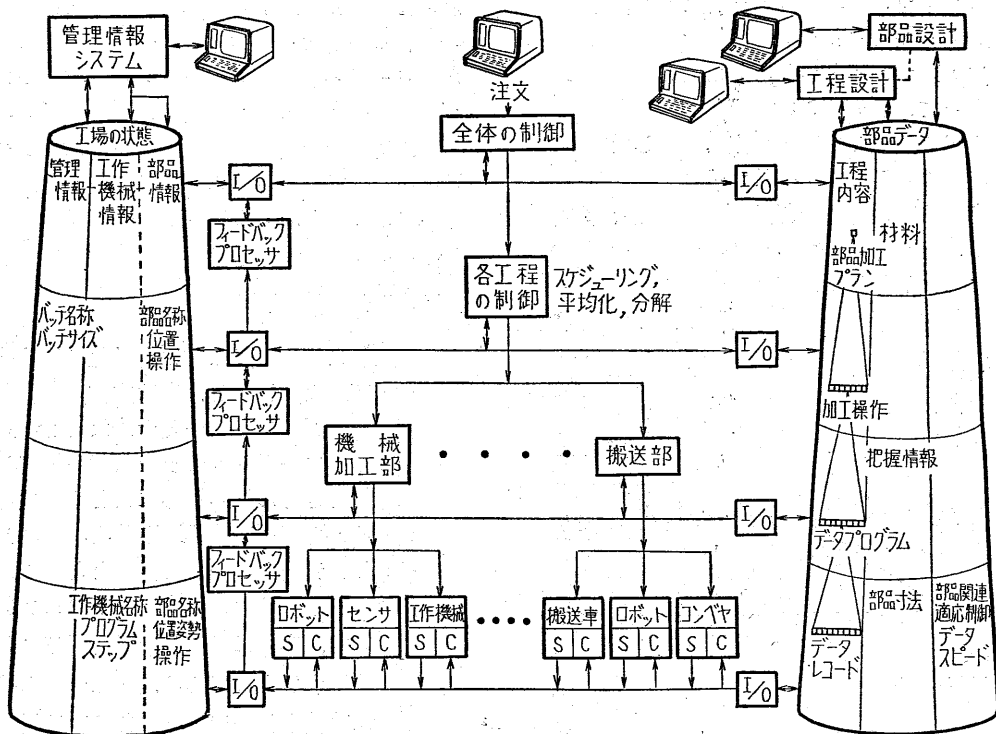


図4 試作工場 (NBS)

についても、いろいろと解説、紹介がなされている^{(1)~(9)}。いずれにしても各種実験装置、機器を計算機を介して接続して一つのシステムを構成した計算機制御管理システムと考えられる。

研究開発でこのようなシステムのもつべき特徴としては容易に部分的な変更が可能であること、使用者が一般の研究者自身であることから操作が容易かつ変更が可能なソフトウェアの充実があげられる。また、テーマ終了後、新たなテーマへの進出に伴ってシステムが適用可能であるような柔軟性をシステムにもたせておくことも必要であろう。

一方、これまで LA として指摘が少ないと思われる計算機シミュレーションも、計算機上に構成したモデルで実験を行い、データを得る点から一種の実験の自動化に含められよう。例えば、マイクロプロセッサを用いた移動ロボットの運動モデルを大形計算機内につくり、実機制御用アセンブラプログラムを一部に組み込み、ロボットの運動をグラフィックディスプレイ上でチェックしながらパラメータの最適推定を行っている⁽¹⁵⁾。これはプログラムのデバックも兼ねている。

ここではこのシミュレーションを含めたオンライン実験システムの興味ある一例として、人間機器環境シミュレータについて述べる。

MIT の Mann は義手、義足などの補装具の開発にあたって、人間から得た生体信号を計算機でリアルタイム処理し、計算機上に構成した腕のモデルや実際の義足のアクチュエータを制御し、制御手法を探り、最適設計を見い出す研究を進めてきている。

図5はこうした研究の流れの一つであり視覚障害者の歩行補助機器の評価、設計のための人間機

器環境シミュレータといえるシステムである⁽¹⁶⁾。歩行補助機器としては種々の方式があるが、たとえば超音波を前方に発射し、環境内にある物体からの反射波を検出して適当に処理したのち、使用者にその情報を呈示するものが考えられる。ここでは従来試行錯誤のもとで設計されてきた、このような機器のモデルを計算機上につくる。そして使用者が保持した機器の方向をモニターすることによって、超音波の発射方向を知り、計算機内にあらかじめ与えられておいた環境モデルとの照合を行い、超音波の反射信号を合成する。その信号を歩行補助機器のモデルに与え、その出力に使用者に呈示するとともに使用者の歩行状態を計測する。機器のモデルを変化させた際の歩行状態の変化から機器の評価、設計を進めようとするものである。

この方法は単に計算機でデータを採取、処理するというものではなく、実験装置の一部を計算機上のモデルで代行するとともに、実際に人間との情報の授受をしながら実験を進めるもので、新しい手法として注目されるものである。

3・4 文書図表作成システム 研究機関の出力とは新しい情報であり、それを社会に還元するためには文書化、図表化された論文、特許、資料といったものに必要がある。この過程でのエレクトロニクスによる支援はオフィスオートメーションで考えられているものと共通項が多い。

オフィスオートメーションでは自動化すべきオフィスでの作業が次のように区分されている⁽¹⁷⁾。

- (1) 情報の作成と編集
- (2) 情報の蓄積と検索
- (3) 情報の交換
- (4) 情報の印刷

これらの各作業の自動化は概略的に以下ようになる。(1)は文書、図表をインテリジェントターミナルなどから入力し、ワードプロセッサなどで編集し、情報をきちんとした形にまとめる段階である。(2)は情報を利用に適した形で蓄積し、データベースを作るとともに、有効に利用するため検索ソフトウェアを使用して、容易に必要な情報を得ることを可能にするものである。(3)はデータベースに蓄積されたデータ、あるいは(1)でまとめられた情報を必要とする部署へ伝送す

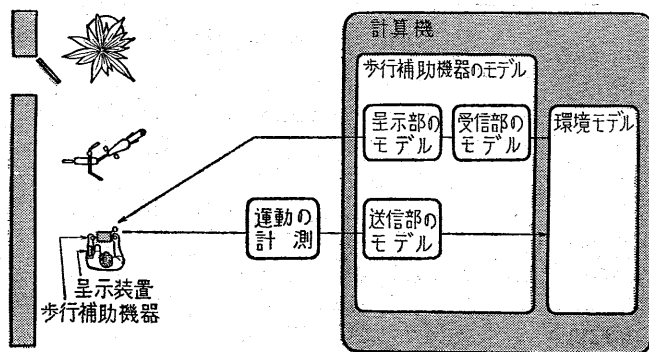


図5 人間・機器・環境シミュレータ (MIT)

る機能である。(4)は情報を実際に利用するための出力技術である。

こうした技術を有機的に結びつけて、事務の能力を向上させ、事務の質を改善していくことが、OAの課題であるが、こうした機能をもったシステムは図表についての強力な編集機能、数式記述の機能を付与することで研究機関にとっても適用可能であろう。ここでは清書システムについての文献⁽¹⁸⁾をあげることで例示にかえる。

また開発研究の場合などは、試作品が研究のアウトプットとなる。そのような場合にはやはりCAD・CAMなどの試作工場での製作過程が最後に加わることになる。ただし、企業の研究の場合には、それがそのまま製品化につながりやすいという観点からすれば最終段階では、実際の製造ラインを一つの試作ラインとして、日常のプロダクションの一部として最終試作が行えることが望ましい。そのためには実際の製造ラインも、従来のような固定化したラインではなく、むしろ図4の試作ラインに近いような計算機に管理され、ロボットやNC工作機械を多用した融通性のあるラインとすることなども、一つの将来の方向であると思われる。

4. おわりに

着想から論文あるいは試作品まで、研究や研究開発の流れが自動化され、人間-機械系として研究しやすい研究所や研究室は研究者の夢である。単に研究者のみならず、研究所の特に支援システムの自動化、システム化は研究開発費の減少にも、究極的にはつながる。

アメリカの大学の研究室では、例えばユタ大学にしろスタンフォード大学などにおいても、研究室専用のIC作製装置やインジェクションモールド装置などをもち、新しい理論やアイデアに基づく装置をすぐにIC化しハードウェア化して実

験を行い、その結果によって、すぐにそれらを改良する。そのような装置は理論と実際の優れた橋渡しの役割を果たしている。

MITでも共用の大規模なICセンターを計画しており、その完成の暁には、大形計算機センターを利用するような気楽さで、ICの仕様を書けば、自分たちの研究に必要なICができあがってくるという。

このようなシステムは、日本の大学や研究所でもぜひもちたいものである。それらは、高度な理論、優れた着想をすばやく実際のハードウェアに結びつける。その結果が現実のものとして試され、理論や着想にフィードバックがかかり、理論が磨かれ、着想がねられる。そうした試作工場やICセンターは単なる実験室の自動化以上の何かをもたらすであろう。

(原稿受付 昭和57年6月8日)

文 献

- (1) 小特集：計測と制御，14-10 (昭 50)。
- (2) 須貝，情報処理，13-6 (昭 47)，386。
- (3) 三田，電子通信学会誌，55-8 (昭 47)，1057。
- (4) 釜，情報処理，19-2 (昭 53)，165。
- (5) 川合，電子通信学会誌，61-3 (昭 53)，256。
- (6) 望月，情報処理，22-7 (昭 56)，632。
- (7) 足立，情報処理，15-4 (昭 49)，297。
- (8) 窪寺，システムと制御，25-7 (昭 56)，392。
- (9) 服部，システムと制御，25-9 (昭 56)，542。
- (10) 相川，ドクメンゲンキユウ，31-3 (昭 56)，105。
- (11) 山本，電子通信学会誌，63-12 (昭 55)，1255。
- (12) Negroponte, N., *Proc. Int. Conf. Cybernetics and Society*, (1978), 1402。
- (13) 池田，計測と制御，19-5 (昭 55)，456。
- (14) Albus, J.S., *Brains, Behavior, and Robotics*, (1981), McGraw-Hill。
- (15) 小森谷・ほか4名，機械技術研究所所報，37-1 (昭 58)，予定。
- (16) Tachi, S., ほか2名，*Biomechanics* Ⅷ, (1982), Human Kinetics Publishers, 予定。
- (17) 相磯，電子通信学会誌，64-2 (昭 56)，131。
- (18) 杉原，情報処理，20-11 (昭 54)，970。