46－S 007

機械工業における制御情報システム

昭和47年 3月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発センター

JIPDEC
46
S007

この事業は，日本自転車振興会の機械工業振興資金による「昭和46年度情報処理に関する調査研究補助事業」のうち「機械工業における制御情報システムの研究」の一部として実施したものであります。

序

経済の成長と情報化社会の進展にともなって著しい変貌を遂げつつある産業界において，経営者が常に安定した企業経営を維持していくためには，経営のための関連情報を十分に活用して適確な意思決定を行なう必要があり，このような情報を必要に応じて経営者に提供する，いわゆる経営情報システムの開発が，内外の企業，研究機関等において活発に行なわれております。

当財団においても，昭和４３年度以来，コンピュータを有効に利用して合理的な経営情報システムを確立するという観点から，各種企業における経営の組織活動等を調査，検討し，経営情報システムのあり方を明確にするための研究を実施しておりますが，昭和４６年度には，その一環として，生産企業における経営のための「計画機能」と，生産のための「実施機能」をループ状につないで構成した情報システムについて，理論，模擬実験の両面から考察しました。

その結果として，トップ・マネジメント・レベルの経営情報を，生産活動の制御に直結したオペレーショナル・レベルの管理情報に進展させるためには，各レベルにおいて必要とする管理のための時間間隔を尺度として企業の情報システムを分割，階層化することが効果的であるとの結論を得ました。

ここに今年度の研究実施にご尽力ならびにご支援を賜わった，若松清司（電子技術総合研究所），飯田喜久雄（電子技術総合研究所），成田誠之助（早稲田大学），高森寛（青山学院大学），の各氏および関係各位に心より感謝の意を表しますとともに，この報告書が各方面に活用され，わが国情報処理の発展の一助として寄与できれば幸いに存じます。

昭和４７年３月

財団法人　日本情報処理開発センター
会　長　難　波　捷　吾

機械工業における制御情報システム

目　　次

1章　総　　論

1. 研究の目的と概要 …… 1
2. MISとコンピュータリゼーションの新段階 …… 5
3. 制御情報システムへのアプローチ …… 13
4. 階層構造のあり方 …… 39

2章　生産システムにおける制御情報の分析

1. 分析のための前提 …… 51
2. 加工サブシステム …… 53
3. 組立サブシステム …… 77
4. 貯蔵サブシステム …… 80

3章　制御情報のためのコンピュータ・システム

1. コンピュータ・システムのあり方 …… 87
2. 電力におけるコンピュータ・システム …… 89
3. 鉄鋼業におけるコンピュータ・システム …… 98
4. プラント・メーカにおけるコンピュータ・システム …… 105
5. 制御情報システムにおけるミニコンピュータ …… 106

4章　模　擬　実　験

1. 実験の目的とその概要 …… 109
2. 生産管理のための制御情報システム …… 110
3. FORTRANによる模擬実験 …… 117
4. EGPS－Ⅲによる模擬実験 …… 133
5. 制御情報システムのための解析・設計用言語 …… 145

5章　今　後　の　課　題 …… 147

1章　総　　論

1. 研究の目的と概要
   1.1　制御情報システムの概念
   1.2　報告書の概要

2. ＭＩＳとコンピュータリゼーションの新段階
   2.1　ＭＩＳ理念の展開
   2.2.　コンピュータ化への進展と企業への負担
   2.3　コンピュータ応用の各段階

3. 制御情報システムへのアプローチ
   3.1　ＭＩＳにおける問題点
   3.2　システムの階層化
   3.3　サブシステムにおける制御情報
      3.3.1　在庫管理サブシステム
      3.3.2　財務管理サブシステム
      3.3.3　生産管理サブシステム

4. 階層構造のあり方
   4.1　システム階層化の考え方
   4.2　複雑システムの設計と運用
   4.3　階層化の方式
   4.4　状態モードを考えた制御情報システム

1. 研究の目的と概要

1.1 制御情報システムの概念

経営情報システム（ＭＩＳ；Management Information System）とは，当初,経営者が経営のための関連情報を必要な時に利用して意思決定に役立てるものとして一般的に考えられていた。この考えに基づいて，トップ・マネジメントのための情報システムは，かなり合理的に設計され，利用されてきた。

しかし，最近では，経営情報システムの概念が拡張され，単に，トップ・マネジメントのレベルだけでなく，企業のあらゆる管理レベルにおいて，それぞれの業務を遂行するのに，必要な情報をタイムリに利用できるようなシステムであると考えられるようになってきた。そのために，情報システムはトップ・マネジメントだけのときよりも格段と大きな規模となり，処理も複雑になってきた。それに加えて，企業活動により生ずる情報量は非常に増える傾向にあるから，セントラル・データベースの規模は増大の一途をたどり，大形コンピュータを利用して情報を処理する必要性が増々強くなる。

そこで，情報システムのあり方というものを検討する必然性が生れてきたのである。

これまでの経営情報システムは，大きなセントラル・データベースをもち，大形コンピュータで処理しなければならない欠点があるというけれども，その原因は，トップ・マネジメントのための情報システムに，オペレーショナルなレベルで利用する情報を集中管理させることにある。トップ・マネジメントによっては，データベースが大きくなったからといって，利用すべきデータがそれほど増えるわけではないから，大形コンピュータを利用する利点を感じないばかりでなく，むしろ，不必要なデータをかかえ込むという不便を痛感することになる。

一方，オペレーショナル・レベルの管理者にとっても，ただ単に，ファイルの重複をさけるという理由で，トップ・マネジメントのための情報システムに，原始データを送り込んでから利用するというのでは不便である。

このように，セントラル・データベースをもつ，中央集中処理方式の情報システムは，トップ・マネジメントからも，オペレーショナル・レベルの管理者からも，不合理であると考えられるようになってきた。

オペレーショナル・レベルでは，業務の遂行に応じて，上位のレベルに経営のための情報を送り，下位のレベルに仕事のための指示を流す必要がある。

経営のための情報システムには，トップ・マネジメントが，オペレーショナル・レベルの管理者に情報の提供を求めて，意思決定を行ない，その結果を指示するという情報の流れと，オペレーショナル・レベルの管理者が，下位レベルのデータに基づいて意思決定を行ない，その処理をトップ・マネジメントに報告して，その後に続く処理に対して判断をあおぐという情報の流れがある。前者を，経営情報システムというのに対して，後者を，制御情報システム（ＣＩＳ；Control Informa−

tion System）と呼ぶことにしたのである。

経営情報システムにも，制御情報システムにも，Plan−do−see のループは存在するけれども，前者のサイクル・タイムは，年・月・日といった比較的長いものであるのに対して，後者のサイクル・タイムは，時・分・秒といった短かいものである。

このような，異なるサイクル・タイムをもつ情報のループをうまくリンクさせることも，制御情報システムがもたなければならない機能の１つである。

一般に考えられていた経営情報システムに，制御情報システムの概念を導入した新しい情報システムが企業全体にわたるオンライン自動化のためのトータル経営情報システム（トータルＭＩＳ）に進展すると考えられる。

1.2 報告書の概要

当財団では，４３年度以来，経営情報システムに関する調査研究を進めており，その成果として，４３－Ｓ００４「経営情報システムの理論とサブシステム」，４４－Ｓ００３「中堅企業のＭＩＳ構造」，４５－Ｓ００４「機械工業の生産情報システムにおける意思決定機構の解析」といった一連の報告書をとりまとめている。今年度は生産企業のための計画機能と実施機能を効果的に連系運用することを目的とした情報システムをとりあげ，この観点から各種企業における情報システムの現状を調査するとともに，生産活動を自動的に管理，制御する。いわゆる，生産企業における制御情報システムを横擬的に考察して，将来の生産企業において経営活動や生産活動を円滑にするための情報システムのあり方を究明し報告書にとりまとめております。

第１章「総論」では，制御情報システムの概念を記述し，一般に考えられていた経営情報システムとの関連を明らかにするとともに，トップ・マネジメントや，オペレーショナル・レベルの管理者が必要となる情報システムの管理サイクルによるシステムの階層化について解説している。そこでは，中央集中処理方式による情報システムよりも，管理サイクルで階層化した情報システムのほうが，コンピュータへの負担を軽減する点で有利であることを指摘している。

第２章「生産システムにおける制御情報の分析」では，制御情報システムの概念を機械工業の生産システムに適用した場合に，どのような制御情報があり，情報の流れが存在するかを考察している。機械工業の生産システムを構成する，加工，組立，貯蔵などの各種サブシステムごとに，制御情報を分析するとともに，コンピュータ制御の実施例を紹介し，それぞれのサブシステムにおける自動化が，トータルＭＩＳへの進展に，どのような効果をあげつつあるかを吟味している。

第３章「制御情報のためのコンピュータ・システム」では，トップ・マネジメントのレベルから，オペレーショナル・レベルに至る，いろいろの管理サイクルをもった情報システムを運用するという面から，コンピュータ・システムのあり方を述べている。電力事業や，鉄鋼業などにおけるコンピュータ・システムの調査結果を解説し，トータルＭＩＳを指向したコンピュータ利用の実績を評価している。

第４章「模擬実験」では，オペレーショナル・レベルの情報システムをとりあげて，生産管理のた

めの制御情報システムを模擬実験的に考察し，制御情報がどのような性格をもっているかを述べている。制御情報システムの設計基準についても，たとえば，生産量と製品の品質，あるいは作業員と材質という相反する条件を設定して，検討を加えている。

第5章「今後の課題」では，これまで定性的に述べてきた経営情報システムの合理性とか，有意性を定量的に検討することが必要であることを指摘するとともに，今後の課題として，トータルMISの実現には階層構造をもったコンピュータ・システムを，信頼性とか機動性といった観点から，最適構成する技術が確立されなければならないことを述べている。

2. ＭＩＳとコンピュータリゼーションの新段階

2.1 ＭＩＳ理念の展開

ＭＩＳ（Management Information System）という言葉が使われはじめてから数年，その言葉がブームをよんでからでもかなりの年月がたっている。しかし，ＭＩＳとは一体何か，の理解が人によりまちまちであり，混乱し続けてきた。学者や専門家が言っているいろいろの定義をまとめてみると大よそ次のようなものである；"ＭＩＳとは経営の意思決定に適切な情報を各階層の管理者に，必要に応じてタイムリに提供できるように，人間とコンピュータを最も効率よく組み合せた総合経営管理システムである。"このようなあまりにも一般的な表現の定義を検討，吟味しても意味がないであろうが，このような理念を志向して止まない現代経営管理の背景を少しでも理解しておくことは，この調査研究を位置ずける上においても，意義のあることと思われる。

さて，Ｐ．Ｆ．Drucker の有名な言葉「経営とは変化に対応することである。」をもちだすまでもなく，今日のようなダイナミックな環境において経営管理の死命を制する鍵は，新しい知識や技術をいち早く吸収し，進歩や市場の変化に適応し，あるいは一歩先んじて行くことにかかっているといえよう。それだけに意思決定にともなう危険や不確定性は増大しつつあり，また反面正しい判断や決定のもたらす成果も大きなものになっている。これが今日の経営管理者の立たされている共通の立場である。このような意思決定にかかる圧力が，より良質で，しかも，適切な情報を要求しているのである。しかしながら実際には，雑多な未加工データの洪水の中とか，あるいはもっとも必要とする情報を欠く環境の中で，経験や勘をよりどころとして決定を迫られるというのが現状であろう。また，自分の管轄している部署がほんとうにあるべき状態に管理統制されているかということに管理者が確信を欠くときにも，その原因としてしばしば情報の不完全さを挙げるといわれている。

このように現代経営管理の特色として，情報危機（imformation crisis）が意識される場合が多く，これが，前に要約した"ＭＩＳの定義"の中に反映されている。このようにして，今日適切でタイムリな情報を入手するという要求が根強いものとなっている。それと関連して，複雑性とか，巨大性とか，あるいは，変化への対応，などという現代特有の経営諸問題に対処しうる必要条件として，まず，責任とか権限が必ずしも明確でない管理風土を合理的に整備しなければならないという認識も普遍的になってきている。

さて以上のように，今日の経営管理の背景にある強いニーズを理解するとき，これら諸問題を克服し，新しい管理形態を形成する主役的使命を担いうるものとして，１９５０年代後半に登場したコンピュータにかけられた期待は，きわめて自然なものであった。人間の頭脳の働きを肩代りし，情報革命をもたらす道具として出現したコンピュータの測り知れない能力を経営や管理に十分活用しようという努力は，１９６０年代を通して，たゆみなく続けられ，現今にいたっている。図 1. 1に示すように，１９５９年には１１台にすぎなかったわが国のコンピュータ設置台数がわずか十年あまりの

間に7,500台にも増加している。この増加の傾向は，今後も依然と続くものと予想される。

ＭＩＳという言葉がブームをよんだのも社会へのコンピュータの浸透と並行している。初期のＭＩＳの概念は，意思決定に適切な情報を提供するという面が強調されたのであるが，しかしどのような情報がどんな形で,いつ,そして管理層のどこで必要とされるかを明確にするためには，組織や管理そのものの標準化とか，合理化などの条件が整備され，意思決定過程の解明が必要となってきた。また，ここで認識されるにつれ，トータルＭＩＳなどという言葉が聞かれるようになった。ＭＩＳの研究はいまや，巨大化し複雑化した流動的組織を有機的に統合する神経組織として，コンピュータを中心とするTotal Management Information and Control System（ＴＭＩＣＳ）を志向する努力へと移行してきたといえよう。

このＴＭＩＣＳなるものが具体的にどんな内容のものであり，その目的がなんであるかに関しては意見の一致をみていない。ただ，まず第一に注文，在庫，設備容量，生産費，人事，市場予測などといった重要データや情報がすべて１か所に貯えられ瞬時的に誰にも机上のディスプレイやコンソールなどから引き出せるシステムという観念がその底辺にあるようにうかがえる。これが，前に述べた情報危機からの解放である。その解放が進み，業務運営の判断や管理もより定型的なものから次第次第にプログラム化され，コンピュータが管理者の背負う頭脳的あるいは精神的重荷を肩代りしてくれるという内容まで発展し，ＭＩＳなる合言葉はいつのまにか，未来のシンボルであるコンピュータを主役とした合理的，科学的経営管理と同義語となってしまったかの感さえある。ＭＩＳの概念が，このように拡大されるに反比例して以前ほどひんぱんにこの言葉がきかれなくなっている。すなわち，ＭＩＳなるものが理想的経営管理の未来像として理念化されるにつれて，単なるコンピュータの導入とその散発的応用とがいかにめざましい成果をあげても，総合的ＭＩＳの形成には結びつかないのである。いまやそこにある大きなギャップがあらためて認識されつつあるというのが現状であろう。

2.2　コンピュータ化の進展と企業への負担

図１．１でも明らかなように，わが国においてもコンピュータの設置台数は，１９６０年代から着実に増加の一途をたどり，１９７０年代には一層の伸びが予想される。コンピュータ設置台数の飛躍的な伸びとともに，コンピュータの能力もハード，ソフト両面において急速に向上してきている。しかし，コンピュータの能力が着実に向上していくのとは対称的に，コンピュータの活用面ではかなりの立ち遅れがみられ，いわゆる，採算的活用という面ではコンピュータの能力を十分に利用しているとはいいがたい。これは，コンピュータの導入が多くの場合，明確な検討と準備をはぶいて，ただ単に，同格の競合企業に先行しようとする目的だけで企画されたり，あるいは，コンピュータが経営管理に寄与するであろうという，単なる今後の可能性だけを考えて企画されていることなどに起因しているとも考えられる。最近，経営者は，コンピュータの導入にともなうとてつもない費用負担にあえいでおり，かつまた十分な成果をみないうちに新しいソフトウェアの開発に莫大な費用をつぎこまなければならないとか，あるいは，新しい世代のコンピュータや周辺機器の登場で現有設備が陳腐化したとかいうことに頭を悩ましており，コンピュータやコンピュータ要員に対する期待はずれの不満

を口にする者さえみうけられる。

このことは米国その他の先進国においてもみられる。たとえば，米国企業は１９６９年に年間総設備投資の１０分の１に相当する７０億ドルをコンピュータに投資し，さらにコンピュータ維持，運転費に年間１４０億ドルを費しているといわれている。しかしほとんどの会社でのコンピュータ利用は給与計算，注文処理，在庫管理などのルーチン的事務処理といった低次限の業務に限られており，その利益効果は少ないといえよう。単に従来のルーチンになっている事務処理の機械化以上の領域へのコンピュータ利用に成功している企業は非常に少ないと思われる。

数年前ウエスチングハウスエレクトリック社はトップ・マネジメントの諸問題の処理，意思決定に少しでもコンピュータを活用しようと真剣に考えた結果，副社長室とか役員室にコンピュータ・コンソール，テレタイプ，ＣＲＴディスプレイ装置などを設置し，随時，トップ・マネジメントが必要なデータやプログラムを呼び出し意思決定に利用するシステムの開発が計画された。しかしこのようなトップ・マネジメントからの要求にもとづいて立てられた計画に対して最近完成されたウェスチングハウス本社の役員室にはそのようなコンソールもＣＲＴもみあたらない。システム・アナリスト達の説明によるとその計画に実際とりかかろうとした際，自分達がどのような種類の情報を欲しているかを告げることができるトップ・マネジメントはほとんどいなかったか，あるいは自分の欲しい情報を与えられたとしても，それで一体どうしたらよいかシステム・アナリストに説明できるものがいなかったそうである。このエピソードは，第一線のトップ・マネジメントと，いわゆるシステム・アナリストとかコンピュータ専門家の間に意思の疎通が全くないことを物語っている。

次にコンピュータの飛躍的な進歩とその利用の面から見ると，１９６０年代の半ばに第３世代コンピュータが出現し，多くの企業がこの新しいモデルを導入した。しかし容量ベースからいって，この新機種は買うにしろリースにしろわり安であるにもかかわらず確実に採算を上げるのが非常に難しいと考えられてきた。１つの理由としてはこれら機種があまりにも高速，汎用で柔軟性に富むという点にあった。これら新モデルは遊ばせておくにはあまりにも高価であり，といって，効果的に活用するためには高いレベルのコンピュータ要員が必要となる。しかし，高給を出してもそのようなコンピュータ要員を得るのが困難な状態になりつつある。ある専門家の推測によると現在設置されている第３世代コンピュータの約半数が依然として第２世代コンピュータ用のプログラムで動かされたり利用や運転が第２世代のモードでなされ，第３世代の特色である汎用性，柔軟性などの能力の大部分が眠っているケースが多いといわれている。これは主として，現用のプログラムやソフトウェアに膨大な資金が投下されていることとか，これらを新しい機械用に書きかえるための人材が欠乏していることなどに起因していると考えられる。

結論的に言えば，コンピュータの導入が企業に大きな負担を感じさせる最大の原因は，コンピュータの導入が直ちに企業の合理化に結びつくと信じていることにある。コンピュータの導入は，常に企業収益力への効果を考えて行なわれるべきであって，そのためには，コンピュータが果すべき役割をあらかじめ十分に分析して，その役割がコンピュータの機能を最大限に活用させるものであるかどうかを判断して，コンピュータの規模とか，あるいは，その導入を決定すべきであろう。コンピュータ

の導入による生産の合理化は，企業をとりまく環境の変化に即応した生産を常に維持するという生産の機動力増強には十分役立つものであるからコンピュータの機能を十分活用した形とか企業収益力に見合った形で導入が行なわれるならば，コンピュータへの投資が膨大であっても，その導入は正当化されよう。

年　代	台　数
1959	11
1962	220
1965	1,164
1968	3,500
1970	7,500
1975	40,000（予測値）

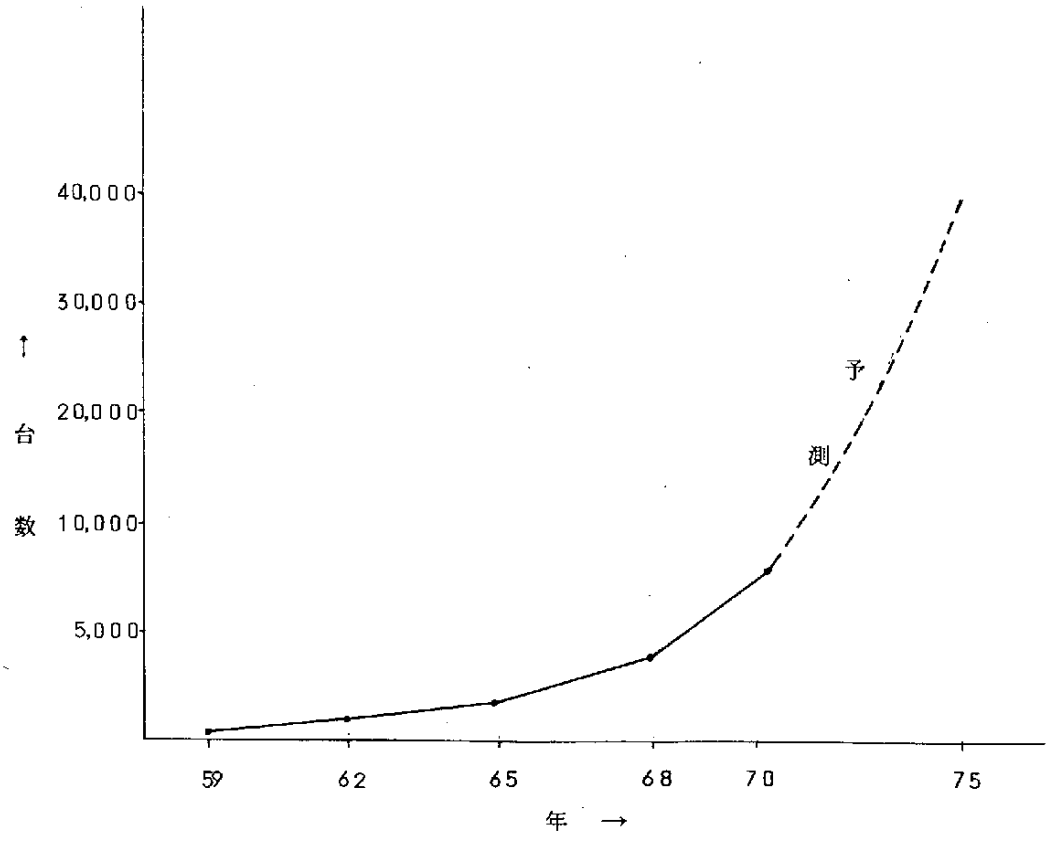


図1・1　わが国のコンピュータ設置台数

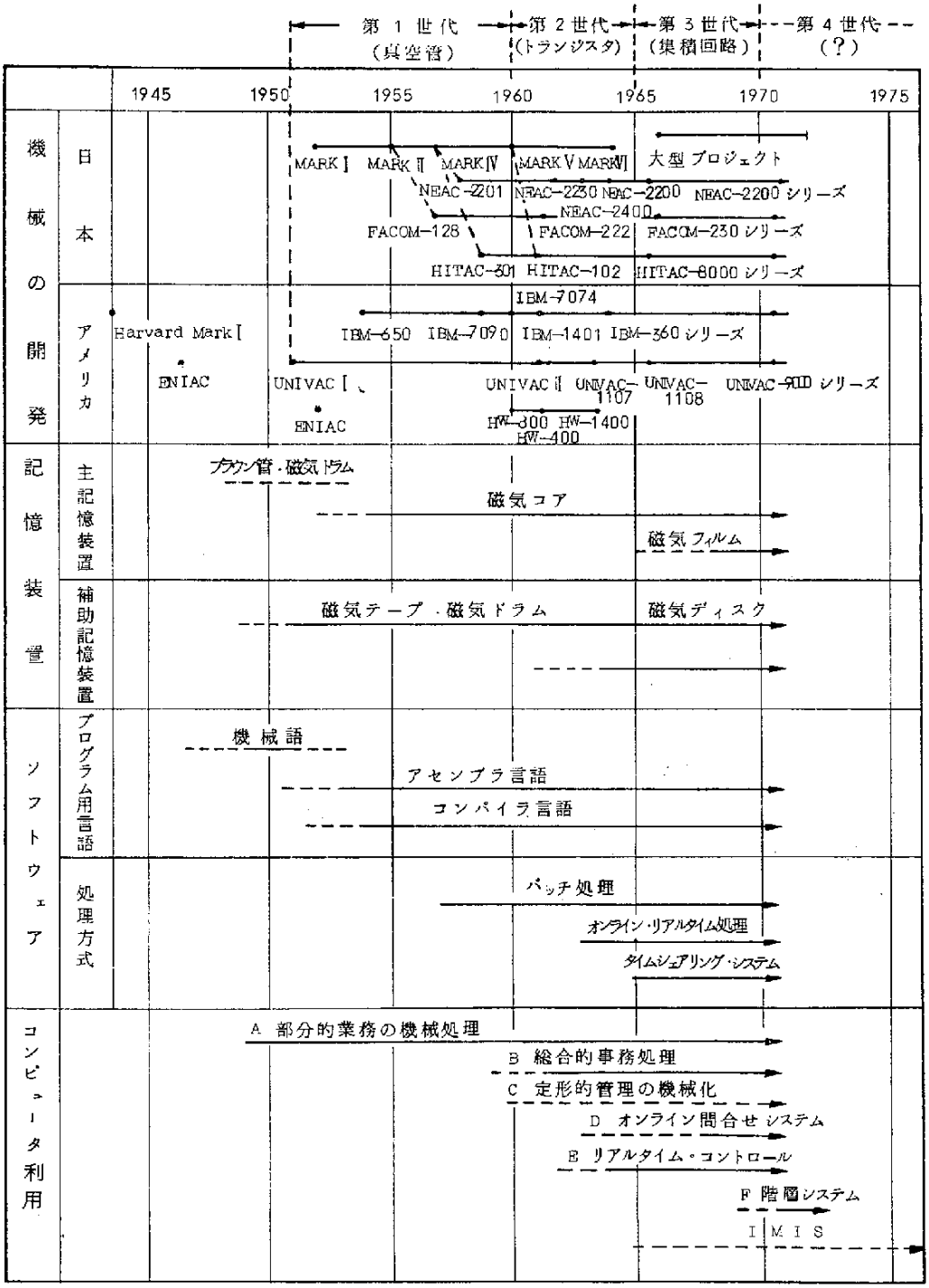
2.3 コンピュータ利用の各段階

企業におけるコンピュータ利用は次第に高度なものとなってきているが，その過程をいくつかの段階にわけて，大よそどの年代から本格的実用段階に入ってきたかを整理してみよう。このうち，いくつかの利用段階では，コンピュータの必要性がかなり早くから存在していたが，採算上問題があって技術的条件が経済的に満されるまでは実用に移行できなかった事例も見うけられる。たとえば，サービス業におけるオンライン問合せシステムや座席予約システムなどの利用段階では，大容量ランダムアクセス補助記憶装置の実用化とか，その他の技術的な必要条件があって，これらのシステムの実現は遅れていたけれども，この条件が満されると，きわめて急速に実用化の段階に突入したのである。このような現象は，ハードウェアだけに限らず，ソフトウェアの面でも見うけられ，システム実現のためには，知識の進歩が待たれている段階もいくつかある。たとえば，情報検索，データマネジメント，予測と計画，システム階層化理論などの知識のレベルをみてみると，現在の段階では，まだ低いレベルにあり今後の発展が期待されている。コンピュータ利用に関する知識の進歩は，コンピュータ利用の可能性につながっており，その進展速度を予測することが，今後におけるコンピュータのより高度の利用段階を予測する基礎となるであろう。

このようにコンピュータ化の過程は，それぞれの段階でハードウェアまたソフトウェア両面の基本条件を満たしながら，実用化へと移行してきたのである。そこで，現実にめざましい成果をあげているコンピュータの利用領域に目を向けて，どのような条件が満されて実現したかをつきとめ，また逆に，現在もなお実用化が遅々として進まない利用領域では，どのような基礎条件が満れないかということを明らかにすることが，今後コンピュータ利用の可能性を検討するのに重要な役割をはたすであろう。このことは，コンピュータ化の進展が利用領域によっては，早くなっていたり，遅れていたりというアンバランスの現状を理解することにもなろう。

そこで第１・２図に，コンピュータ利用の段階を図示する。なお第１・２図では，列挙した順に実用化が進んできたとか，また技術の高低が表わされているものではなく，単にコンピュータ利用の過程が歴史的に書き並べられているにすぎない。図中，点線は研究試行段階，実線は実用化段階を示す。

図１・２　コンピュータのハードとソフトの発展段階



次にコンピュータ利用の各段階におけるシステム実現のための諸条件や適用例などについて述べる。

A　部分的業務の事務処理

適用業務　給与計算，経理事務，統計事務，各種受け払い業務

利用状況　中形以下のコンピュータによるバッチ処理

B　各システムの連繋を考えながら適用業務の総合化をはかる事務処理に利用

適用業務　生産実績の把握，在庫調整のための資料作成，原価計算

利用状況　中形あるいは大形コンピュータによるバッチ処理

C　定形的判断業務の自動化に利用

適用業務　生産管理，在庫管理，輸送計画，例外的処理問題の抽出，定形的な管理業務の自動化

利用状況　大形コンピュータによるバッチ処理

D　オンライン問合せおよび予約システム

適用業務　座席予約システム，銀行窓口業務，その他問合せシステム

利用状況　信頼度の高いコンピュータによるオンライン処理

情報処理そのものは比較的定形的であるが，

① 大容量のランダム・アクセス補助記憶装置

② 伝送システムと端末装置

③ マルチ・プロセシング

などのハードウェアが必要。

E　リアルタイム・コントロール・システムに利用

適用業務　プロセス制御

利用状況　信頼度の高いコンピュータによるオンライン・リアルタイム処理

ここでは，

① 信頼性の高い計測装置

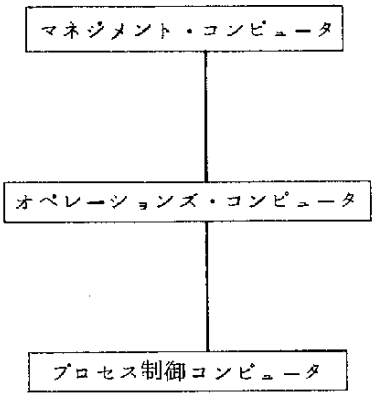
② 伝送システム

③ 高速処理能力

などのハードウェアが必要であるが，大容量のランダム・アクセス補助記憶装置や高度のデータマネジメント技術は不必要。

F　コンピュータ階層システム

たとえば次のような構成になるであろう。



全社的生産管理のための汎用コンピュータ

工場単位の日常業務を行う汎用コンピュータ

工程制御のための専用コンピュータ

G　総合的な経営管理および非定常的意思決定システム

適用業務　管理会計，利益計画など全社的な経営計画と管理および経営戦略決定のためのモデリング

3. 制御情報システムへのアプローチ

3.1 ＭＩＳにおける問題点

第2節で述べたように，ＭＩＳの定義はきわめて概念的なものである。たとえば，Mcdonough やL．J．Garrete は次のように述べている。

"ＭＩＳとは，計画の実施と統制のために行なう管理者の意思決定を支援する目的のもとに，データを記録したり，処理したりするコミュニケーションのプロセスである。すなわちＭＩＳは，企業の内外で発生するデータを集収し，処理し，貯蔵し，そして組織内の関係者にタイムリに伝達する役割をもつ。したがってＭＩＳの設計にあたっては，あらゆるレベルの管理者が要求する情報を満すために共通のデータ利用をできるだけ可能にするよう努力することが重要である。" ＭＩＳの基本的性格としては，まず第一に，組織内の各レベルの管理者に対してその管理に必要な情報をタイムリに提供しなければならない。すなわち，データはトップ・マネジメントだけとか，現場管理者だけのものではなく，どのレベルの管理者に対してもひとつのデータベースから統一的，つまりお互に矛盾しない情報が提供されねばならないということである。ここで注意すべきことは，役員室から，現場といった管理レベルの異なったところでは，たとえば，生産高を上げるという同じ種類の情報でも作業員増員とか，原料の変更などといった異なった形式で処理が行なわれたり，また，許容される処理時間の間隔も異なっていることである。このような条件を満足する情報処理システムは，きわめて複雑でしかも柔軟な処理機能と，膨大なデータベースを備えていなければならない。その上，情報提供の適宜性が重視されるので，データベースは時々刻々更新されなければならない。ＭＩＳの志向しているものは，生産，販売，人事，財務といったいろいろな経営機能を全社的に1つのシステムに統合したトータル情報処理システムであり，いわば，トップ・ダウン方式により企業を総合的に管理，運営していくための神経機構である。

R．N．Anthny によれば，経営システムは

① 戦略的計画

② マネジメント・コントロール

③ オペレーショナル・コントロール

といった3つのレベルに階層分割できるといわれている。そこでＭＩＳも，経営システムのレベルに対応して，

① 戦略的計画ＭＩＳ

② マネジェリアルＭＩＳ

③ オペレーショナルＭＩＳ

の3つのレベルに分割されるべきだといわれている。

そこでは次のような特徴が指摘される。

① 戦略的ＭＩＳ　：　トップ・マネジメントに情報を提供するレベルで，不定期的な情報が多く，しかも外部情報が中心であり，必要な時々に応じて情報収集対象や内容が異ってくる。そして，このレベルでは複雑な情報処理や分析が必要で，そのためには経営科学や計量経済の手法などが利用される。また将来の展望を描く長期企業モデルの作成なども行なわなければならない。

② マネジェリアルＭＩＳ　：　トップ・マネジメントや工程管理者に管理情報を提供するレベルで，一般に１週間とか１ケ月単位の実績報告が管理情報の内容となる。このレベルでの情報は各部門が共通してとり扱うことのできるような貨幣単位などで表わされることが多い。

このような情報は大部分がバッチで処理され，計画と実績の対比が行なわれる。また，例外事項はただちに報告されるような機構を備えていなければならない。

③ オペレーショナルＭＩＳ　：　現場管理者に情報を提供するレベルで，情報は工場や営業所の第一線で時々刻々発生し，この情報を処理するためオンライン・システムがとられる場合が多い。情報は企業内部の限られた範囲でしか利用できないものがほとんどである。この情報は定形的な管理ルーチンで処理されるものが多い。また例外事項は自動的にただちに報告されるような機構を備えていなければならない。

経営システムには，生産，販売，人事，財務という職能別にみた横断面があり，情報処理システムには戦略ＭＩＳ，マネジェリアルＭＩＳ，オペレーショナルＭＩＳなどという縦断面がある。これらの断面を基礎に縦横に結合した構造をなしているのがトータルＭＩＳであり，図１・３はその概念を図示したものである。

以上のようにまとめたトータルＭＩＳは，たとえば大形コンピュータによる同時並行処理技術の確立などといった技術条件とか，管理サイクルの規制などといった概念的仮定を基礎として成立しているのでその妥当性を，現実性，経済性の面から検討してみる必要がある。まず，経営システムの各レベルに対して，それぞれのレベルに適した情報を必要な時に提供するシステムを実現するためには，

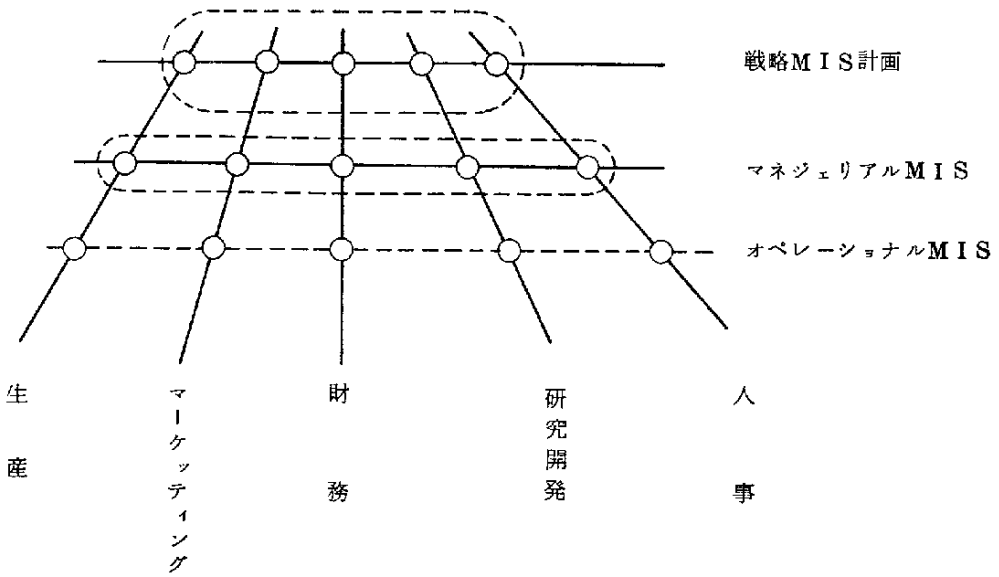
① 超大形超高速コンピュータでしかも同時並行処理の能力をそなえていること。

② 各レベルの異った目的に応じてデータを時々刻々，更新できるようなセントラル・ファイル・システムを備えていること。

③ 遠隔地にいる多数の管理者が共同で利用できるタイム・シェアリング・システム（ＴＳＳ）という３つの条件が満足されなければならないと考えられている。ここで問題となるのは，セントラル・ファイル・システムのあり方である。トップ・マネジメントに情報をすばやく提供するという迅速性とか，データ貯蔵の重複をさけるという経済性への配慮から，セントラル・データベースを中核とした中央集中処理方式によるＭＩＳが考えられてきたが，各レベルの管理者も活用すべきデータまで考えるならば，各レベルの管理者が必要とするデータの量と質はレベルごとに異なり，その利用サイクルにも長短があるので，共通のファイルを持つことには無理がある。原始データとか物理変数までも

1ケ所に集めたセントラル・ファイル・システムでは，いたずらにデータの伝送量を増すだけで，伝送速度，容量，信頼性，および，経済性の面で問題がある。同時並行処理や伝送による遅れとか，伝送中のノイズにも問題があり，データの貯蔵，検索を極度に複雑化し，超大形，超高速のコンピュータを必要とする原因にもなっている。

以上のことから，情報システムのファイルは，システムの規模に応じて構成されるべきである。



3.2 システムの階層化

これまで，一般に考えられていたＭＩＳでは，いわゆる計画をたてることに主体をおいており，その計画をうまく下部に指示していく形態で情報システムが構成されていたので，セントラル・データベースが合理的であるとされていた。しかしながらセントラル・データベースを基礎としたトータルＭＩＳを構築しようと試みても，現在の技術条件や知識のレベルからいって実現性に乏しいものであることはすでに指摘した。本来，経営のための情報システムは，企業をとりまく環境の変化とか，経営システムの進展に対応して改善できるという，いわゆる，システムの柔軟性を持つ必要がある。データを中央に集中して管理する中央集中処理方式では，データのとり扱いが，複雑になり，コンピュータにかける負担をいたずらに大きくするばかりでなく，システムに柔軟性を持たせるという面でも不利である。これを克服するために，各レベルの管理者が利用しやすい形でデータを扱えるように，情報システムを階層化する必要がある。とくに，原始データをとり扱うレベルで，データ管理を行なう情報システムを考え，データを利用するレベルでは，その情報システムから必要なデータをうまく取り出し，加工処理し，加工した情報のファイル管理をするといった3つの機能を持っような形に階層化するのが望しい。このようなレベルの積みかさねにより，情報システムの階層化を行なうことによって，すでに述べた中央集中処理方式による問題点が解消できる。さらに，各レベルの情報システムを改善したり，あるいは新しいサブシステムを追加する場合にも，他のレベルに影響することがない。この利点は，進展し続ける経営システムのための情報システムにとって重要である。また，このような階層構造をもつ情報システムでは，各レベルの情報処理に適したコンピュータを割りあてることになるので，万一あるレベルのコンピュータがダウンしても他のレベルに波及することはなく，むしろ処理能力に余裕がある他のレベルが故障発生のレベルの機能を救援することができる。この効果は，システムの信頼性向上に重要な役割をはたすことになる。

ここで，階層構造をもつ情報システムのあり方を具体的に考察してみよう。

ｉ）制御ループと管理サイクルにもとづく階層化

管理者が必要とする情報は各管理レベルにおいて，異った形や時間間隔を持っているので，すべての情報を１箇所のデータファイルに納めるということは不合理である。とくに，オペレーショナル・レベルでのデータは時々刻々発生したり変化するので，その都度，データファイルを更新することが必要となる。その場合，外乱とかじょう乱によって発生する管理対象の状態変化を適確に把握できるような時間間隔でデータを更新しなければならないが，この時間間隔を決定するにあたっては，外乱の周期や，管理対象の動特性を考慮する必要がある。つまり，管理や制御のための動作は，管理対象や制御対象の動特性とか外乱の周期に対応して行なわれなければならない。さて，ここで，われわれは，意思決定の実施動作がとられてからその効果が認識されるまでの時間間隔を管理サイクルと呼ぶことにする。これは任意に定められるものでなく，管理対象の動特性や外乱の周期などから決まってくるものであり，管理レベルが上位レベルになるにつれて１週間，１カ月というふうに長くなっていくものである。またデータファイルの更新は，必ずしもデータが発生したり変化したりした瞬間に行われなくても管理サイクルに合致した頻度のデ

ータ更新や情報処理が行なわれているならばそれはリアルタイム（即時）処理が行なわれていると考えてよい。

たとえば，国鉄の座席予約システムの場合であれば，空席があるかないか，といったような問い合せにたいし，数秒で答えがでてくればよい。また，在庫管理システムの場合であれば，在庫量が発注点に到達した，などという情報は数分かけて得られても十分であろう。もっと手近な例として，銀行の預金，引き出し業務の場合であれば，その口座に関するデータ更新処理に１日かかったとしても，もし次の預金引き出しが１日以上後であれば十分であろう。しかし，宇宙船の軌道制御のような場合には，軌道修正のための計算が何秒もかかっては意味がないであろう。国鉄の座席予約システムとか在庫管理システムとか銀行の預金,引き出し業務では処理速度が遅くても，管理サイクル内で処理されているのでリアルタイム処理と呼んでも，何ら問題はないが，宇宙船の軌道制御では，処理速度が非常に速くても，管理サイクル内で処理できなければ，リアルタイム処理と呼べないであろう。そこで，管理サイクルに間に合えば，データをリアルタイムで処理しようと，リモート・バッチで処理しようと，効果は何ら変わりない。即時性ということを，管理サイクルで考えるなら，リモート・バッチ処理というものも，オンライン・リアルタイム処理の１変形にすぎない。リモート・バッチ処理では，コンピュータにかかる負担は，格段と軽減されるので，管理サイクルの長いレベルの処理方式としては，リモート・バッチが有利と言えよう。ここで，管理サイクルによる階層化の意義が明確に理解されるものと思う。ＭＩＳにおける各レベルの管理者に，適切な情報をタイムリに提供するという概念も，制御情報ループ特有の管理サイクルの観点から把握してはじめて意味のあるものとなるといえよう。たとえば，情報システムが提供情報の質を高めようとしてどんなに複雑な加工，処理，分析を行っても，その情報が意思決定に役立つどころか，時としては，管理対象の動作を不必要に乱すような結果を起こしかねない。この意思決定のタイミングも含めて，各レベルにおける動作のタイミングの良さは，そのレベルの管理サイクルによって決まってくる。制御情報システムの概念は，情報システムを制御ループと管理サイクルにもとづいて階層化し，サブシステムを設計することである。そして，各サブシステムごとに，その制御ループが持つ管理サイクルに適した独自のデータベースを設計し，必要に応じて各サブシステムに独自の情報処理を行うコンピュータを与えるものである。これはデータベースを分割化（ｄｅｃｅｎｔｒａｌｉｚｅ）し，中央コンピュータの同時並行処理の負担を各サブシステムに分担せしめるという考え方である。しかも制御情報ループが持つ管理サイクルを階層化の基準としそのループ内のデータマネジメントや処理をそのループ内で各々やらせるのでサブシステム間の情報のやりとりは，原始データのやりとりではなく，要約した実施情報や，運用上の報告情報などの処理加工された形で行なわれるので，サブシステム間に流れる情報量は抑制される。ここでは，管理サイクルを基準とした階層化を述べたが，階層化の基準は他にもあるので，機能とか外乱サイクルなどを基準とした階層化についてＩ章４節で述べることにする。

ii) レベル間のインタフェイス

ここで制御情報システムを提起する大きな理由の1つとしては，システムを階層化するにあたり，出来上った階層システムのサブシステム間の情報量を抑制するようにサブシステム化したい，ということがあった。図1・4は，制御情報システムの概念図であるが，ここでは，この図をもとにして，いかにサブシステム間の情報量が抑制されるかを説明する。まず階層構造の基幹として，ひとつの制御ループをもとにしたサブシステムが，さらに大きな制御ループの1要素となっていることを指摘したい。この意味において，制御情報ループが階層システムの基礎要素（Building Block）となっている。

サブシステムは，階層のレベルが下位へ行くにしたがって，管理サイクルが短くなり，意思決定も定形的でプログラム化されうるものが多くなる。そしてこのサブシステム運用上の目的や制約条件が与えられれば，サブシステムは，その目的にそって計画，管理を行ない，サブシステムを乱すじょう乱に対処する。そのためのデータ収集や情報処理，意思決定は，このサブシステム内で独自に行なわれうる。この際，サブシステムが独自に修正，変更できない情報として，上位レベルから指示される実施情報がある。すなわち，それは，プログラム化された意思決定機構の目的関数のパラメータとか運用上の制約条件の規定とか変更の指示である。この上位レベルからの実施情報の頻度や周期は，上位レベルの管理サイクルに相当するので，指示を受けるサブシステムの管理サイクルに比べて非常にかんまんになる。その理由としては，管理サイクルは上位レベルの管理サイクルになるにしたがって長くなるからである。また一方，指示を受けるサブシステムの運用成績を上位レベルにフィードバックする報告情報の頻度も，上位レベルの管理サイクルに相当した時間間隔で要約した形で行なわれればよいことになる。以上のようにあるサブシステムとその上位レベルのサブシステムとの情報のやりとりは，このサブシステムの時間間隔から見れば，非常に少ないものとなる。なお，非定常的な情報のやりとりとして，異常事態や緊急事態はただちにこのレベルの管理機構に，そして必要とあれば，上位レベルの管理機構にも報告されるようになっていなければならない。

iii) マン・マシン・システムとしての制御情報システム

ここで述べてきた制御情報システムの概念において，各サブシステムにおける意思決定が，コンピュータによってなされるか，あるいは，人間によってなされるかについては，触れていない。その理由としては，制御情報システムの概念は意思決定がなににによってなされるかを規定しているものではないからである。ところが，すでに指摘したように，下位レベルのサブシステムになるにしたがって，管理サイクルは短くなるので，変化に対するすばやい情報処理と，早い応答能力が要求される。また，意思決定の内容は定形的な，しかも，標準化されたものが多くなる。したがって，下位レベルにおける意思決定はプログラム化されうるものが多い。このため，これらの要求に対して，コンピュータの能力と利点を発揮させる機会が増大する。また一方，上位レベルのサブシステムになるにしたがって，管理サイクルは長くなり，変化に対するすばやい情報処理や早い応答能力は二義的なものになる。たとえば，長期傾向や，パターンを認識したり，分析

したりという複雑な情報処理能力が要求される。また，意思決定の内容も非定形的なものとなる。このため，意思決定をプログラム化し，コンピュータで処理するメリットが少なくなり，人間の能力にたよらざるをえない部分が多くなる。表１・２に人間の能力とコンピュータの能力の対比を示す。したがって，制御情報システムの概念にもとずいて階層化されたシステムはおのずと

人　　間	コンピュータ
〔情報検出能力〕	〔情報検出能力〕
(1) いろいろな情報の中からあまり起こることのない情報を検出する。	(1) ひじょうに複雑な情報ではあるが，ある一定の方式によってみつけることのできる情報を検出する。
(2) よい条件下では種々の形式の物理量に感ずる。	(2) 人間より感覚幅が広い。
(3) 騒音と重なった信号の中から必要な情報だけを選択する。	(3) 騒音と信号がいっしょにはいっているときには検出器としてはあまり有用でない。
(4) いろいろの情報の中から必要な情報だけを選択する。	(4) 情報の選択はできない。
(5) 主題からはずれることが少なくない。	(5) 外乱により主題がそれる。
〔データ処理能力〕	〔データ処理能力〕
(1) 複雑な事象を簡単化して事象を認識し，その情報を利用する。	(1) 空間的時間的領域のパターンを認識する能力が少なくない。
(2) 同じ目的のものを種々の方法によってためし，その信頼性を高める。	(2) 費用をかければかけるほど信頼性が高まる。
(3) 推論・創造の能力がある。	(3) 推論創造の能力がない。
(4) 計算することはあまりじょうずではない。	(4) ひじょうに速く正確に計算することができる。
(5) 情報の通信容量は比較的小さい。	(5) いくらでも通信容量を大きくすることができる。
(6) 一時の過負荷に耐えられる。	(6) 過負荷は誤り，事故の原因となる。
(7) 記憶容量が小さい。	(7) 記憶容量が大きい。
〔伝達能力および出力〕	〔伝達能力および出力〕
(1) 比較的小さな力に耐え，比較的小さな力を出しうる。	(1) ひじょうに大きな力に耐え，長い間大きな力を出す。
(2) 追従動作はあまりじょうずでなく，約0.5 Hzぐらいの変化までしか追従できない。	(2) いくらでもうまく行なうことができる。
(3) 作業を続けていくと作業能力が時間とともに低下し，休むと回復する。	(3) 作業を長くつづけてもあまり変化はないが，常に保全と管理が必要である。
(4) 比較的おくれ時間は長い。	(4) おくれ時間をひじょうに短くすることができる。
〔経済的要因〕	〔経済的要因〕
(1) 機械と比べると比較的安いように思われる。	(1) 仕事をはやく正確に行なうので大量にものを処理する場合には人間より安い。
(2) 重量も軽く，いろいろな場所で仕事をするのに適す。	(2) 機構が複雑で重量もあり移動に適さない。
(3) 多少の損傷に対しては比較的簡単に回復する。	(3) 機械が複雑であればあるほど保全のための費用がかかる

“無人化システム”
林喜男，野呂影男著参照

表１・２　人間とコンピュータの比較

マン・マシン・システムを構成し，そして，下位レベルになるにつれて，コンピュータによる意思決定の比重は大きくなる。また上位レベルになるにつれて，人間による意思決定の重要性が大きくなる。管理者が意思決定をする場合サブシステムごとに適当に保持されているデータベースをもとにして，管理者が必要な情報を検索，加工するプログラムをサブシステム内でファイルしておけばよい。また，管理者はすべての情報をコンピュータを経て得るのではなく，上位レベル，あるいは下位レベルの管理者との直接のコミュニケーションから得られる情報も多い。さらに，周囲や外部の環境から直接得られる情報も少くない。そこで，図１・４では，サブシステム内の意思決定はプログラム化されたものと，管理者によってなされるものとに分け，コミュニケーションの関係を矢印で示す。

今日，管理機構のシステム化をはかるにあたり，情報処理，意思決定，管理統制を出来る限りコンピュータ化したほうがよいという考え方，および，それがやがては可能であるという考え方が一般的であるように見うけられる。しかし，このような考え方が常に適切であるとは考えられないし，また時には，このような仮定がきわめて不備なシステム化をもたらすということを指摘したい。第１に，上述の考え方に基づいたシステム化のきわめて自然的な結果として，コンピュータ化したためのシステムの硬直化があげられる。たとえば，生産高を最大にするということから，品質向上にサブシステムの目的が切りかえられたような時，コンピュータ化された意思決定は，その目的変更に順応が難しいということ。第２に，出来る限りのコンピュータ化を押し進めるならば，技術的にも経済的にも莫大な負担がかかるであろう。これは，人間の能力や役割を十分認識しないで，コンピュータ化を押し進める考え方の結果である。まず，硬直化したシステムの構築をさけるために，ここで提案したいことは，どの領域の意思決定を人間にゆだねれば，システムの柔軟性が保たれるかを見きわめる努力がなによりも重要であるということである。人間が介在することからくるシステムの柔軟性が最も顕著に発揮される場合とは，非定形的処理が必要な時，とくに緊急事態に対処しなければならない時である。緊急事態が発生した時，人間であれば，人間特有の柔軟性と機動性をもって，定常時とは異なる階層構造をただちに編成してその緊急事態に対処することができる。また，定常時においても，人間は絶えず，情報処理機構の改善や学習を行ない，異常事態の発生に備えて対策をねっていることはいうまでもない。図１・４では，定常時の人間の階層構造を示しているのであり，異常時には臨機応変に階層構造が編成される。

また，ある意思決定を人間にゆだねることにより(たとえそれがどんなに小さな領域のものであろうとも)，システム構築の技術的，経済的負担が極度に軽減されることがしばしばある。たとえば，１年に１回しか起らないような事態に対処する意思決定まで高価なプログラム化をはかる必要があるかは疑問である。

以上の点から，人間の能力とコンピュータの能力を十分に理解認識して，さまざまの基準，および観点から，人間とコンピュータに，それぞれの能力に適した役割をあたえつつ，バランスのとれたマン・マシン・システムの構築がのぞまれる。

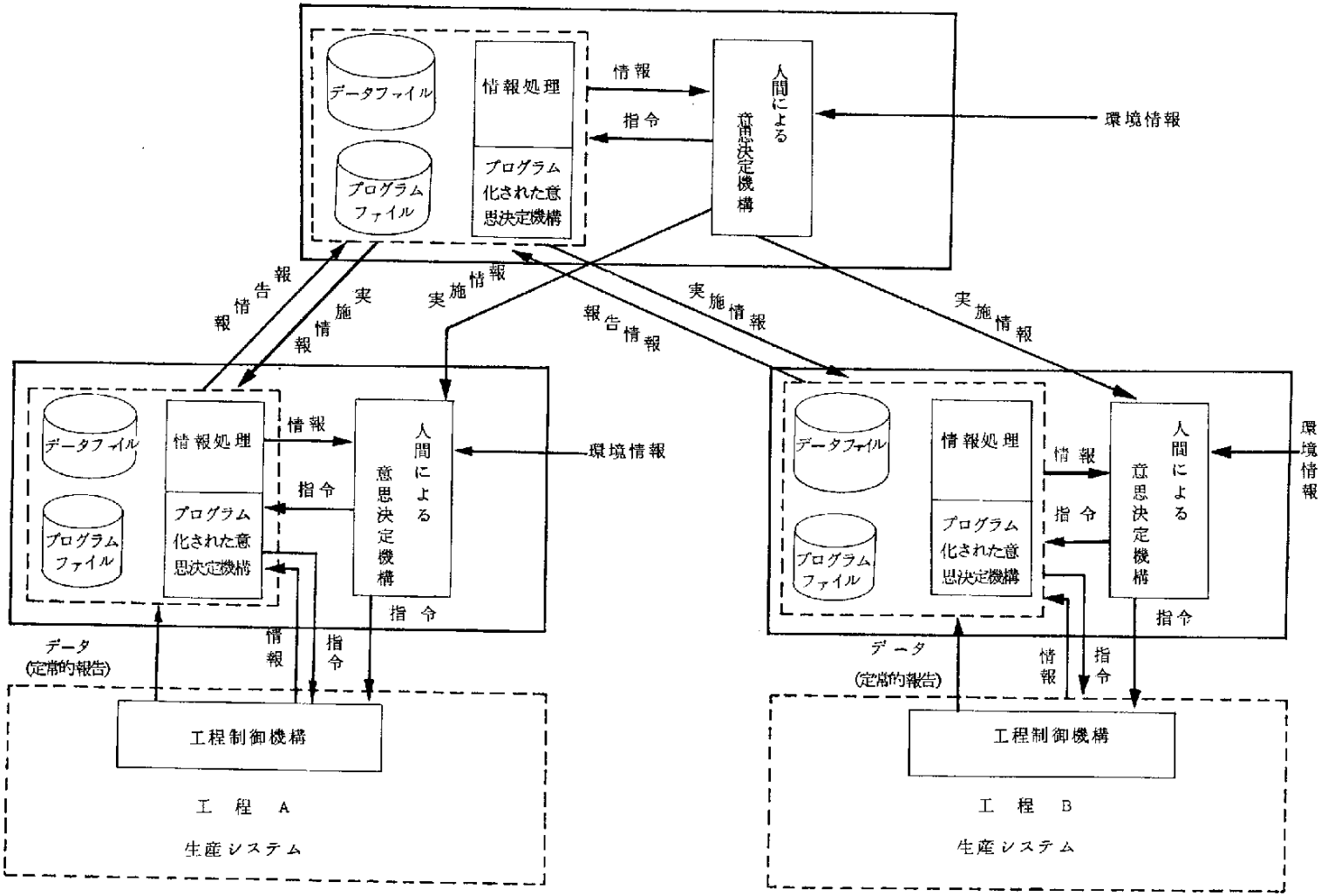


図1・4　制御情報システムの概念図

これまで，管理サイクルを基準とした階層構造をもつ制御情報システムの概念を述べてきた。このような概念を，在庫管理サブシステム，財務管理サブシステム，生産管理サブシステムに適用した場合，各レベルにおける意思決定が，どのような内容のものであるか，さらに，各レベル間に流れる情報はどのような内容のものになるかを，具体的に3.3節で述べることにする。

3.3 サブシステムにおける制御情報

3.3.1 在庫管理サブシステム

在庫物とは，企業にとって資産ではあるが，それが実際には有効に生産や運用業務に活用されず眠っているような物資や資産である。この在庫物の保管に費用がかかり，また，一方，在庫量を減らすと注文や生産の回数が増えてそれに伴う発注費が増加したり，品不足の頻度が増加するので，うまく在庫量を管理するための在庫管理の問題が存在してくる。在庫管理の問題はどの企業においても普遍的なものであり運営業務のいたるところに存在する。とくに生産会社においては原料，製品および仕掛品と呼ばれる中間製品とか半製品などを合わせると在庫管理すべき品目の種類は数万におよぶ。実際にはそれぞれの在庫品目を担当する業務管理者によって在庫保管に伴う資本費，発注費，品切れによる浪費また需要予測などを考慮に入れて在庫量を監視しながら，在庫量があるレベルに達した時点で適当と判断される量（発注量）を発注したり，あるいは，発注量だけ生産させたりすることによって管理されている。通常各発注ごとに発注量の大きさにあまり依存しない一定の発注費がかかると考えられる。したがって在庫管理において意思決定されるべき内容は，いつ，すなわち在庫量がどのレベルになったらどれだけの量が発注されるべきかということである。在庫管理に介在する制御ループは，時々刻々の在庫量をたしかめながらタイムリに適切な量の発注ないし生産を行ないつつ在庫量を管理するというものである。ここで制御対象である在庫量を乱す要因は，出荷であるが，この出荷はある時間々隔で起りしかも時間とともに量が変動したり予測しきれない頻度で起る。これらの時間サイクルや変動は，在庫管理の制御ループに対する外乱の周期とかダイナミックな特性と呼ぶことができる。この外乱の周期とか動特性によってどのような頻度で在庫量の観測や発注に関する意思決定がなされねばならないかが決り，さらにこのループの管理サイクルも決ってくる。データベースには管理される在庫品目の在庫量，出荷時点とその量，発注時点とその量，発注されてから入荷までのリードタイム，入荷時点とその量などに関する計画値や実績値，あるいは予測のデータが格納されねばならない。データ・ファイルの更新は管理サイクルに合致した頻度で行われれば，情報の斬新さ，すなわちダイナミックな特性は失われない。もし在庫品目が自社の生産に使われる部品とか原料である場合は，製品への需要予測とそれに伴う生産計画が与えられれば，その在庫品目の予測出庫量を割り出す操作はプログラム化され得るものである。この予測操作をこの制御情報ループで行う場合は，どの製品が単位当りどの部品をどれだけの数量必要とするかに関するマスタ・ファイルがデータベースに記憶される必要がある。

さて在庫管理における意思決定には上記のような対象システムの状態を把握する諸変数のデータのほかに，上位レベルからの実施情報として，在庫管理に関するマネジメント・ポリシが伝達される必要がある。たとえば在庫物が品切れになる頻度はどの程度許容されるのか，在庫に伴う資本費や発注費はどのくらいと考えられるべきかなどに関する情報である。これらの情報が在庫管理の下位レベルでは決めることができず上位のレベルから与えられねばならない点に関しては，後にくわしく述べることにする。

上記の対象システムの状態に関する制約条件と目標値がそろえば在庫管理における意思決定は比較的定形的であり，プログラム化される可能性が生ずる。在庫量があるレベルに達するとコンピュータのプログラムが自動的に個々の品目に関する注文書を作製したり，もしその品目が自社で生産される部品などであれば，生産部門の管理者に生産請求をコンピュータから自動的に伝達したりするような形をとって，サブシステム間のインタフェイスを考えればよいであろう。

在庫管理の意思決定にはすでに述べたように在庫保管費，発注費，品切れによる浪費などの費用構造に関する何らかの知識が必要であるが，これらのパラメータが上位レベルから与えられ，また操作を受けるという形で在庫管理情報ループを基礎とするサブシステムがさらに大きな上位レベルの制御情報ループからコントロールされるという機構をもう少し詳しく述べたい。

前節で定義された制御情報システムを基礎とした情報システムの階層化の概念が在庫管理にいかに適用され得るかを具体的に示す。順序としてはまずなぜ費用パラメータが実察の在庫管理の現場レベルで決められないかについて議論する。次に在庫管理における意思決定の単純化されたモデル，いわゆる経済発注量モデルを記述する。このモデルが実際の意思決定の肩代りをするという意味で記述するのではなく，このモデルを使って上位レベルからの費用パラメータの操作に対し在庫管理の制御情報ループのコントロール状態がどのように応答して行くかを明確に論ずることができるからである。さらに上位の管理ループでは何を基準として，また下位のループからどのような情報を受けとりながらしかも会社の資源を有効に利用していくという目的に沿って在庫管理のループを制御して行くことができるかを議論する。

i) 費用パラメータの決定

在庫保管費は会社が在庫に必要な資金を調達するための費用を含むのみならず，会社が負い得る負債の限度なども考慮に入れねばならず，多くの場合資本市場で資金を調達する際の市場価格とは関係がない。また在庫保管費は，在庫品目が不要になってしまう危険，および貯蔵庫の容量や維持費まで考慮に入れて決められねばならないものである。

発注費の方も発注量に依存したり，または在庫品目が社内で生産される部品の場合には種々発注量に依存する工程混雑の度合をも考慮されるべきであり，工程の生産優先順位などにも関連している。

品切れに伴う損失とか費用は最も定めがたいもので顧客への出荷が遅れたり，社内生産のための部品が品切れとなったときの損失費用は数量化の難しいものである。

以上のように費用パラメータの値は会社全体の資源配分や業務全般のマネジメント・ポリシに基いて決められてくるもので，在庫管理の現場レベルで独自に決めることのできないものである。費用パ

ラメータは実際に費用の値というよりは在庫管理ループの活動を上位レベルのポリシに基づいて操作統制するためのパラメータもしくは実施情報とみなされる性質のものと考えられる。

ii) 意思決定モデル

通常，在庫管理モデルを構成するいくつかの要素を起述し，最も単純な経済発注モデルの場合の例を示す。

ⓐ 意思決定変数 ： 管理者が在庫量を制御するために決定し，操作する変数で，k個あれば

$$X=(x_1, x_2, \cdots\cdots x_k)$$

のようにベクトルで表わすことができる。経済発注モデルでは，この変数が1個だけで，発注量(x)である。

ⓑ 品目パラメータ ： それぞれの在庫品目個有の特性パラメータで

$$P=(p_1, p_2; \cdots\cdots p_m)$$

とあらわす。経済発注モデルでは，

p_1 ＝ 平均月間需要量

p_2 ＝ 品目1個当りの費用

ⓒ 結果変数 ： 管理対象である在庫の状態を示す変数で

$$Y=(y_1, y_2, \cdots\cdots y_n)$$

であらわす。経済発注モデルでは，

y_1 ＝ 在庫に投資される資本高の平均

y_2 ＝ 年間発注回数

ⓓ 費用パラメータ ： それぞれの結果変数の単位レベルあたりの費用で

$$C=(c_1, c_2, \cdots\cdots c_n)$$

とあらわす。経済発注モデルでは，

c_1 ＝ 1円分の価値品目が1年間在庫されるときの費用

c_2 ＝ 発注が毎回行われるごとにかかる費用

ⓔ 運用構造式 ： 意思決定変数や品目パラメータが結果変数にどのように関係しているかを示す構造式で，

$$\left\{ y_i = f_i(X, P) \right\}, \quad i = 1, 2, \cdots\cdots, n$$

であらわすことができる。経済発注モデルでは，

$$y_1 = \frac{x \cdot p_2}{2}$$

$$y_2 = \frac{12 p_1}{x}$$

という構造である。

ⓕ 年間総費用 ： 特定の品目を考えた場合，それぞれの結果変数y_iに対してc_iの費用が

かかる。いまｊという品目に対する変数をy_{ij}, x_{ij}, p_{ij}のように表わせば，品目ｊの年間総費用は

$$w_j = \sum_i c_i \cdot y_{ij}$$

であり，経済発注モデルでは

$$w_j = c_1 \frac{x_j \cdot p_{2j}}{2} + c_2 \frac{12 p_{1j}}{2}$$ である。

そして，すべての品目に関する総費用は線形性を仮定すると

$$W = \sum_j w_j = \sum_j \left(c_1 \frac{x_j \cdot p_{2j}}{2} + c_2 \frac{12\ p_{1j}}{2} \right)$$

となる。

ⓖ 意思決定ルール ： 上に述べた線形性を仮定すると各品目毎にその年間総費用

$$W = \sum_i c_i \cdot y_i = \sum_i c_i \cdot f_i\ (X, P)$$

を最小とする意思決定変数X^*を求めることができる。この最適解X^*は費用パラメータ

$$C = (c_1, c_2, \cdots\cdots c_n)$$

と品目パラメータ

$$P = (p_1, p_2, \cdots\cdots p_m)$$

の関数となり，

$$\{ x_i^* = R_i\ (P, C) \} \qquad i = 1, 2, \cdots\cdots, k$$

とあらわすことができる。経済発注モデルでは，

$$x^* = R\ (p_1, p_2, c_1, c_2) = \sqrt{\frac{24 c_2 p_1}{c_1 p_2}}$$

ⓗ 経済運用曲面： 上に示した線形費用関数Wの両辺をある費用パラメータ，たとえば，c_nで割って

$$\frac{W}{c_n} = \sum_i \frac{c_i}{c_n} \cdot f_i\ (X, P) = \frac{1}{c_n} \sum_i c_i \cdot f_i\ (X, P)$$

を最小化しても，最適解X^*は変わらない。したがって，最適意思決定ルール

$$\{ x_i^* = R_i\ (P, C) \}$$

はｎ個の費用パラメータのかわりにｎ－１個の費用比

$$\overset{\triangle}{C} = \left(\frac{c_1}{c_n}, \frac{c_2}{c_n}, \cdots\cdots, 1\right)$$

を与えれば定まり，

$$\left\{ x_i^{*} = R_i \left(P, \overset{\triangle}{C}\right) \right\}$$

とあらわすことができる。さて，結果変数y_iは決定変数x_iと品目パラメータPの関数

$$\left\{ y_i = f_i (X, P) \right\}$$

で表わされるから，最適決定ルールを採用したときの結果変数は

$$\left\{ y_i = f_i (X^{*}, P) \right\} \qquad i = 1, 2, \cdots\cdots, n$$

となる。ここで，

$$X^{*} = \left\{ x_i^{*} = R_i \left(P, \overset{\triangle}{C}\right) \right\}$$

である。このn個の方程式から，$n-1$個の費用比$\frac{c_i}{c_n}$を消去すると結果変数のn次元空間内の曲面方程式

$$\phi (Y^{*}, P) = 0$$

が得られる。

経済発注モデルの場合は，最適決定ルールを採用したときの結果

$$x_j = \sqrt{\frac{24 c_2 p_{1j}}{c_1 p_{2j}}}$$

変数の値は，

$$y_1^{*} = \sum_j \left[\sqrt{\frac{24 c_2 p_{1j}}{c_1 p_{2j}}} \cdot \frac{p_{2j}}{2} \right] = \sqrt{\frac{c_2}{c_1}} \cdot \sum_j \sqrt{6 p_{1j} p_{2j}}$$

$$y_2^{*} = \sum_j \left[\sqrt{\frac{c_1 p_{2j}}{24 c_2 p_{1j}}} \cdot 12 p_{1j} \right] = \sqrt{\frac{c_1}{c_2}} \sqrt{6 p_{1j} \cdot p_{2j}}$$

となり，これらから$\frac{c_1}{c_2}$を消去すると

$$\phi (Y^{*}, P) = y_1^{*} \cdot y_2^{*} - 6 \left[\sum_j \sqrt{p_{1j} \cdot p_{2j}} \right]^2 = 0$$

を得る。更に，y_1^{*}とy_2^{*}の比をとると

$$\frac{y_1^*}{y_2^*} = \frac{c_2}{c_1}$$

を得る。このようにして得られた結果変数空間の曲面　$\phi(Y^*, P)$　を経済運用曲面と名づけよう。図１・５参照

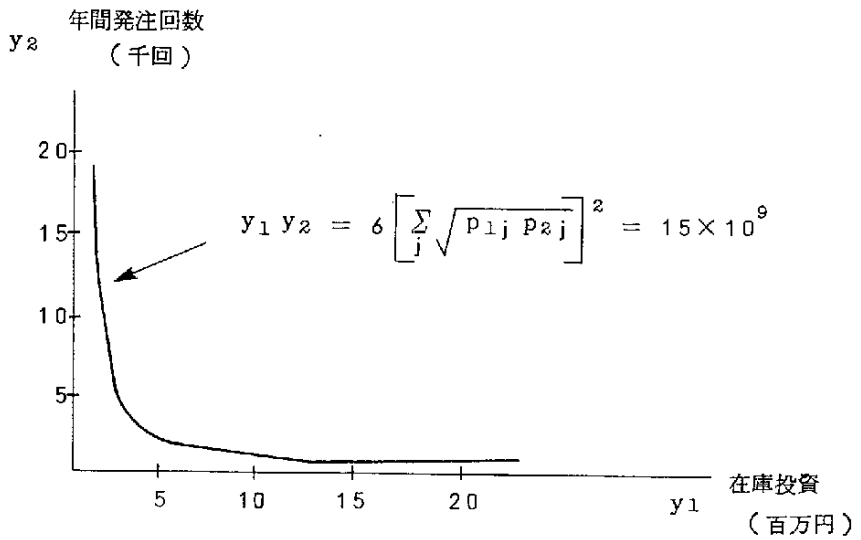


図１・５　経済発注モデルと経済運用曲面

さて，この経済運用曲面 $\phi(Y^*, P) = 0$　との概念を基礎として，在庫管理ループのサブシステムが上位のレベルから操作，管理されるメカニズムを議論することができる。

上に述べた経済運用曲面をつかって，在庫管理における意思決定にはTactical Decision（戦術的決定）とStrategic Decision（戦略的決定）に分解できることをはじめて指摘したのは，G．J．Feeneyである。在庫管理の意思決定は先ず，それに関連した費用比が与えられれば，上記のモデルが示すように最適意思決定X^*が定まり，最適運用レベルである結果変数の値Y^*も定まる。すなわち，経済運用曲面上のどこかの一点に在庫管理運用状態が落着くことになる。これをもって，G．J．Feeneyは在庫管理の戦術的側面が解決したと呼ぶ。制御情報システムの概念を適用すると，上位のレベルから指示された経済運用曲面上の特定の一点から運用状態がそれないようにいくつか与えられた品目群の在庫を管理するのにひとつの制御情報ループが存在し，サブシステ

ム化されるべきである。

さて，上位のレベルが必要とする情報は，現在，会社全体として在庫にどのくらい投資されているか（y_1），発注回数はどのくらいであるか（y_2），などの運用レベルを知ることである。すなわち，経済運用曲面のどの点で運用がなされているかの情報が必要である。この曲面上のどの点にも特定の費用比

$$\overset{\triangle}{C} = \left(\frac{c_1}{c_n}, \frac{c_2}{c_n}, \cdots\cdots, 1\right)$$

が対応するから，現在の会社全体の運用状態が，どのような費用構造を前提として運用されているかも割り出される。そして，経済運用曲面上の他の点に移動するように在庫管理の各サブシステムを操作することは可能であるが，現在，システムが乗っている曲面からそれて，もっと経済的な運用状態というものは実現できない。すなわち，在庫に投資されている資本レベル（y_1）を下げようとすれば，下位レベルの各サブシステムがどんなに頑張っても，発注回数（y_2）や品切れ頻度（y_3）が運用曲面に沿って増えるという犠牲（費用）を覚悟しなければならない。経済運用曲面上のどの点に会社全体の在庫管理運用状態を維持するかの決定をG．J．Feeneyは在庫管理における戦略的意思決定と呼ぶ。この決定がなされれば，経済運用上の決められた点に対応する費用構造すなわち費用比が定まり，これを実施情報として各在庫管理サブシステムに指令することができる。各サブシステムにおいては，費用比が与えられることは各費用パラメータの値が与えられることと同じであり，これに対応して各結果変数（状態変数）の最適目標値が定まる。種々のじょう乱を受けながらサブシステムをこの目標状態に維持するのは各サブシステムの制御情報ループの役目である。すでに述べたように，在庫保管費はいくらか，1回発注するときの費用はどのくらいか，また品切れになったときの費用はどのくらいかなどの量は各サブシステムのレベルで測定したり計算したりして決め得るものではなく，上位のレベルでの戦略的意思決定がなされれば結果的に決ってしまう。したがってこれらは現実の費用というよりは上位のレベルでのマネジメント・ポリシを反映して各サブシステムを制御する操作変数としての意味をもってくる。

さて上位レベルでの戦略的意思決定がなされるためには，会社全体の在庫管理システムが経済運用曲面上のどこの点での運用状態にあるかを知らなければならないことはすでに述べた。図1・5に示されているのは最も簡単な経済発注モデルの場合の経済運用曲面で2つの結果変数，すなわち年間平均総在庫投資量（y_1）を年間総発注回数（y_2）の間の方程式

$$y_1 \cdot y_2 - 6\left[\sum_j \sqrt{p_{1j}\, p_{2j}}\right]^2 = 0$$

を示している。各サブシステムで各品目jに関して最近一定期間内の平均在庫レベルy_{1j}（金額価値）と発注回数y_{2j}の実測値を1年間分の量に換算して上位のレベルへ報告すれば，これらをすべての品目に関して総和することにより，システム全体の運用状態 $(y_1, y_2) \equiv \left(\sum_j y_{1j}, \sum_j y_{2j}\right)$

が明らかになる。さらに各サブシステムから各品目についての$p_{1j}\cdot p_{2j}$（平均月間使用量の全額価値）についての報告情報が得られれば，

$$6\left[\sum_j \sqrt{p_{1j}\,p_{2j}}\right]^2$$

を計算することによりシステムの経済運用曲面が明らかになる。上で求めたシステムの状態（y_1，y_2）はこの曲面

$$y_1\cdot y_2 - 6\left[\sum_j \sqrt{p_{1j}\,p_{2j}}\right]^2 = 0$$

の上に近似的に乗っていることが期待される。たとえば１０,０００個の品目について

$$6\left[\sum_j \sqrt{p_{1j}\,p_{2j}}\right]^2 = 15 \times 10$$

であったとする。そして現在　$(y_1, y_2) = (3\times10^7, 5000)$の近傍にシステムの運用点があるとする。この運用状態では平均３千万円の在庫投資がなされている。もし会社の資金が向う数ケ月間緊迫することが予想されるときこの在庫投資を半分の１千５百万円に落して,浮いた１千５百万円を他の活動のために調達しようという案を検討しなければならないこともあり得るであろう。このような種類の意思決定に経済運用曲面モデルは重要な情報を提供する。すなわち，図１・５から明らかのように現在の在庫レベルを半分に落すためには，システム発注回数を現在の５,０００回から１０,０００回に増加するという代価が覚悟されねばならない。その他の在庫レベルへの変更の評価も同様になされ得る。そして，どの運用点をえらぶかは，会社の全般的目的や業務運営上の制約を考慮して会社の資源配分の意思決定に関連するものである。ただ，ここで指摘したいのは，経済運用曲面が管理者に重要な情報を提供するということである。

上位レベルの情報システムとしては経済運用面を準備し，それにそえて，システム全体が現在この曲面上のどの運用点にあるかを伝えることが，このレベルでの意思決定にとってきわめて重要な情報であるということである。

3.3.2　財務管理サブシステム

計画というものが，単にひとつの孤立した意思決定と異る点は，計画が無数に多くの意思決定から成り立ち，そしてそれらが複雑にからみ合った意思決定のシステムを構成しているということである。したがって必然的に計画というものは階層的な活動とならざるを得ない。

企業における管理，機構やその情報システムの階層化のためには，各レベルの管理サイクルが階層化の基礎的基準として有効なものであることはすでに指適されてきた。この概念をもっと具体的に論ずるために，ここでは企業の重要な職能部門である財務計画，管理をとり上げまずそこにある主要な制御情報ループを指摘し財務における計画管理活動の階層を明らかにすること

を試みる。またレベル間の実施情報や報告情報が具体的にどんなものであるかを記述する。

企業における流動資産，すなわち現金，市場性のある債券，受け取り勘定，在庫などの管理統制は運転資本管理（working capital management）と呼ばれる。運転資本管理に関する計画を立案するためには会社の業務運用計画に基づいて割り出される必要資金の予測が必要となる。しかし，一方では運転資本管理上の配慮が逆に業務運用計画に種々の制約を加えるのである。このように企業の限られた資源を配分して生産，購買，運搬や販売促進などスケジュールを決める運用計画と運転資本管理は密接に相互関連していると考えられる。

短期の財務管理，運用計画や資金計画などを実施する時は，通常多くの企業資産は固定されているという前提のもとになされなければならない。大抵の固定資産，たとえば生産設備や貯蔵，運搬設備などの容量もそうであるが販売促進や流動資産に関する企業方針，契約上の条項などもそう簡単には変更し得るものではない。そのほか通常，短期の財務管理において固定されている制約としてみなされねばならないものに，会社が取引きをしているいくつかの銀行から短期に調達できる資金の限度というのもある。これは会社が普段どのくらいそれらの銀行と取引きをし，そして近密な関係にあるかなどによって決まり，数カ月ぐらいでは変更できるものではない。また負債比率，当座比率などの制限で表わされる資産構造に関する会社の方針なども短期には変更できないものである。

D：E．Peterson などは上に述べた固定資産の容量や運用上の手続および方針などは比較的短期の意思決定においては変更し得ないものとして，パラメータとか制約条件として取扱われねばならないものを「主要状態変数」と名づけ，またこれら主要状態変数の変更が可能となるような期間の長さを「運用期間」と呼んでいる。すなわち，これはどの主要状態変数の制約や固定が会社の成績向上のネックとなっているかを評価検討し，新しい資本投下などによってその主要状態変数を変更して行くのに必要な期間である。通常は半年とか年単位の長さで会社の業務内容の性質で決ってくるものである。この「運用期間」を管理サイクルとする制御情報ループが存在するわけで，この制御ループの目的は資本予算などの意思決定を通して主要状態変数を操作し企業業務の構造を変更して行くという戦略的なものである。すでに定義された制御情報システム概念にしたがえば，この制御情報ループに寄与するデータベースと情報システムがサブシステム化されるべきであろう。

データ・ファイル更新はもちろんこのループの管理サイクルに見合った頻度でよいわけであるが，提供される情報は企業モデルや長期予測モデルなどで処理された高次のものが要求される。

さて上に述べた運用期間よりも管理サイクルが短いような意思決定は当然，これらの主要状態変数は動かないという前提でなされねばならない。現金管理，短期資金調達や運用スケジュール立案などにおける意思決定はそのように管理サイクルが運用期間よりも短い制御ループを構成するもので，この3つは互に相互干渉をもつ。これらのMinor Loopにおける財務管理のための情報システムが提供しなければならない，とくに重要な情報としては次のようなものがある。

ⓐ 運用期間内における運用スケジュールが定った時，そのスケジュールを実施することにより会社の手持ち資金の状態が運用期間中を通してどのような影響や変動を受けるかを評価すること。

ⓑ 会社の生産や運搬活動がどのような流動資源上の制約のもとになされねばならないかを評価する

こと。

運用期間よりも短い管理サイクルのいくつかの意思決定の領域はそれぞれに制御情報ループを構成しているのであるが，これらはいずれも主要状態変数はパラメータとか制約として受け入れるということにおいて一段下位の制御ループである。しかしお互いに独立したループではなく，重要な情報を提供し合わねばならない。運用期間内での異なる領域の意思決定を協調，統合するという活動を運用計画と呼ぼう。

運用期間におけるスケジュールが実施に移され，意思決定の視界が運用期間よりも拡大されるとき，運用計画においてはパラメータとか制約として扱われた主要状態変数の変更や拡大によりどのような成果が期待できるかを検討する機会が生ずる。主要状態変数の変更に関する計画にはそれよりも下位レベルの意思決定活動である運用計画およびその実施のサブシステムからの基本的情報が不可欠であり，また会社の全般的な長期的目的などに照らして行われるのである。いわゆる資本予算（Capital budgeting）における意思決定は主要状態変数の計画に関するものであり，とくに設備投資に関する決定は会社の固定資産の構造変更を計画する重要なものである。図１．６は財務計画と管理を中心とした制御情報システムの階層の概略図であり，サブシステム間の矢印はパラメータの操作とか制約条件の変更などの形の情報の流れとか，あるいは与えられた制約条件がどのようにサブシステム運用条件を拘束しそして与えられた制約をどれだけ緩めるとどんな可能性が開けるかなどに関する情報の流れを示すものである。

(i) 運用計画

運用期間内における資金管理などの財務に関する管理統制は生産，購買，在庫など実際の業務運営管理と密接に依存し合っているものである。それは資金管理というものが次のような内容を含むからである。

ⓐ 業務運営スケジュールに伴う必要資金の予算算定。

ⓑ 業務運営スケジュールを実施することにより，新しい資金として期待される流入資金の予測。

ⓒ 業務運営スケジュールに伴うこれら資金の流出入の動きの分析。

業務運営計画というものをもっと具体的に表現しよう。まず運用期間というものを運用管理の管理サイクルに合致した期間，たとえば１カ月単位に分割する。そして各期間内におけるそれぞれの業務活動の基準値を計算する。業務活動の基準値としては，各製品の生産量，各原料の購入量，仕掛け品の在庫量，銀行など社外からの資金調達量，短期有価証券などへの投資基準や販売促進活動の基準等々である。先にも述べたように，これら運用計画管理においては，もっと長い管理サイクルで計画統制されるような状態変数，たとえば固定資源の容量（工場設備，倉庫，運搬設備など），短期調達できる資金限度，負債比率，当座比率など流動性に関する制約，製品の価格などのほかに会社が自由に変更できないような外因的状態変数，たとえば各サブ期間における各製品への需要，生産費，労働費などもパラメータや制約条件として扱われねばならない。

また，一方，上位レベルの状態変数に関する計画および管理の意思決定に必要な情報で重要なものをいくつかあげると次のようなものであるが，そのための多くのデータはある程度処理されて下位レベ

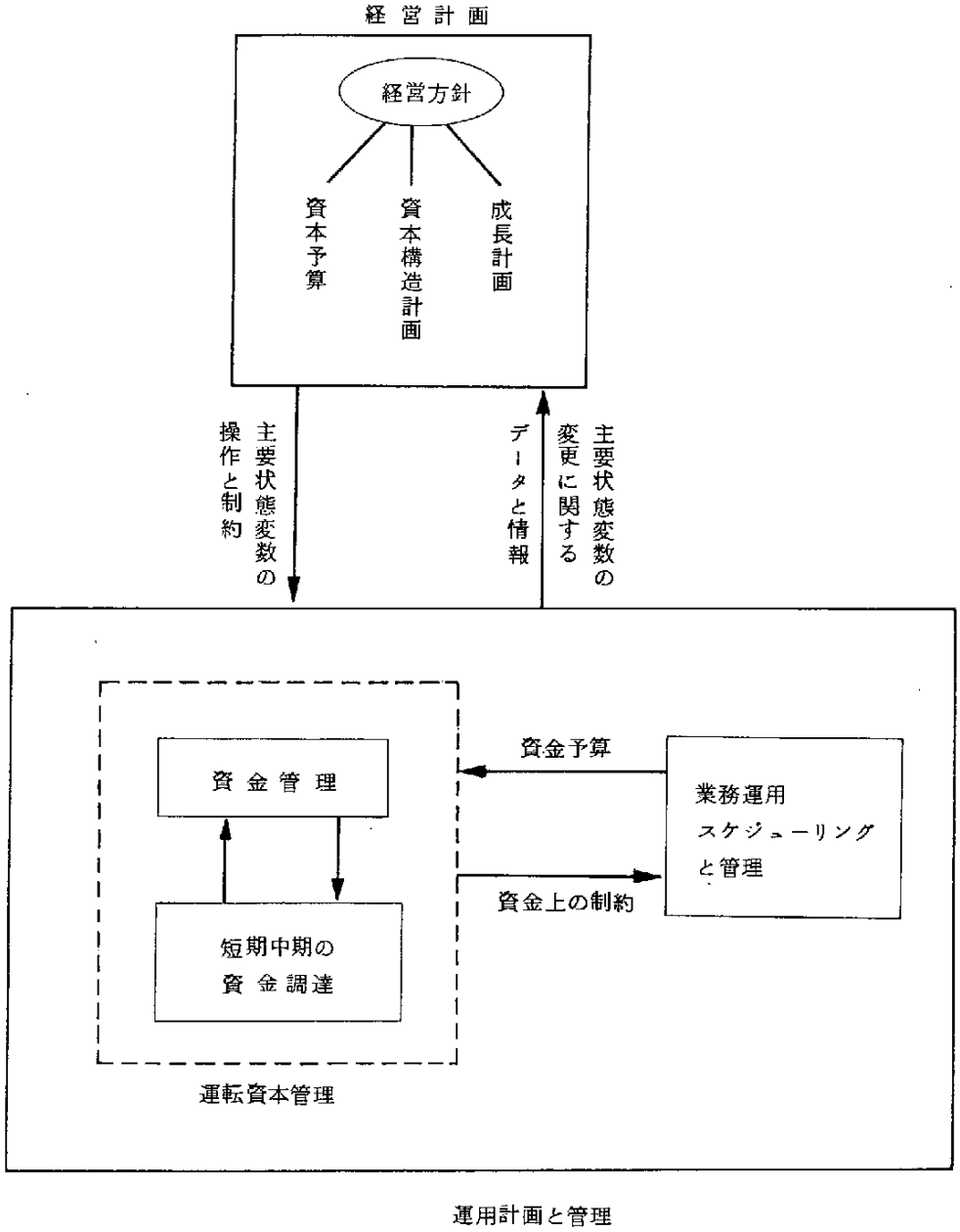


図１・６　財務計画と管理の概略図

ルの運用計画の制御ループから提供されねばならない。

ⓐ 現在の資産構成においてはどの資産の限定が会社の収益力その他の改善を妨げているか。それを除去あるいは変更する可能性はどうか。またそのための費用はどれだけかかるか。

ⓑ どのような新しい設備投資の代案があるか。それらの投資の大きさと収益率はどうか。

ⓒ もし，ある原料の原価がたとえば1％値上りしたら，現行の運用スケジュールの実施に必要な資金はどれだけ影響を受けるか。

ⓓ 負債比率や当座比率など流動性に関する拘束条件を，たとえば5％ゆるめたら，運用スケジュールはどの程度楽になり利益効果をもたらすか。

ⓔ 受取り勘定の支払い期間を，あるパーセントだけ現行よりも変えたら，運用期間中の資金の流れのダイナミックスはどう変化するか。

ⓕ 受取り勘定に投資されている資金は，たとえば運搬設備の拡大など他の状態変数変更に再投資されるべきかどうか。

3.3.3. 生産管理サブシステム

企業における生産とは，与えられた材料を望まれる形（製品）に変形する一連の操作活動から成っている。この生産を円滑に実施するため，すなわち生産を効率よく実施するためには，生産をうまく計画管理することが必要である。生産の最高効率を得るということは，要求された時に，最も経済的な方法で製品を製造することであろう。これらの指命を達成するために生産管理の最適な構成を考えることが必要となる。

機械工業における生産活動は，一般に，出庫，加工，組立，検出などのサブシステムに分割することができるであろう。

すなわち，これは，図１・７に示されるようなシステム構成を持つであろう。

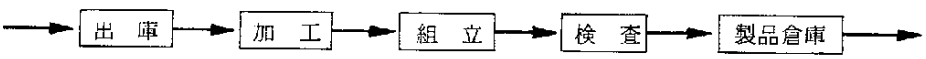


図１・７　物の流れによる分割

次に，品質管理，購買管理，原価管理，工程管理といったサブシステムへの分割がある。これは，事務処理の内容，すなわち管理手法による分割である。

ここで，第１の分割によるサブシステムと第２の分割によるサブシステムとは互い独立するものではなく，互いに有機的な関係を持っていなければならない。そこで，各サブシステムが必要とするデータは必要な時に入手できるようにデータの管理が必要となる。では，あらゆるデータを半永久的に１ケ所に保存し，検索できるようにしておけばよいであろうか。しかし，このようなデータバンクを持った場合は次のような問題が発生するだろう。

① データは時間の経過につれて，その価値が変ってくる。

② データの使用用途によって，あるサブシステムにおいては非常に詳細なデータを必要とするであ

ろうが，その他サブシステムにおいては，さほど詳細なデータを必要とせず，加工され，要約された質的変換をなされたデータが必要となる。

このようにデータもその利用目的に応じて各種の性格を持っているので，データはその利用目的にしたがって加工され，かつ要約されて質的変換がなされて保存されねばならない。さらに，不用となったデータは整理され，常に新しいデータとして更新されなければならない。

生産管理の場合，制御対象が生産工程であるということから，まず必要なデータは工程から発生すると言えよう。すなわち，生産活動に直接従事している部門がデータの発生源であり，ここから必要なデータが収集され，各サブシステムからの要求に従って加工される。

情報の使用側である各サブシステムは相互依存の関係にあり，お互いが独自に，最適と思う行動を取っても，それがシステム全体として必ずしも最適であることを意味しない場合が多い。そこで，各サブシステムがお互いに他のサブシステムの情報を入手でき，その相互関係の上での最適化を計らなければならない。そのためには，各サブシステムの役割，必要なデータ，出力データ，他サブシステムとの関連，そして可能な行動などを明確にしなければならない。

工程管理において，各サブシステム（出庫，加工，組立，倉庫等）の間の進捗状況，加工時間，組立時間，在庫高等の各種のデータが必要とされる。また，品質管理は，品質の保証体系であり，その実現には企業組織の全機能をあげて努力する必要がある。このため，品質管理の活動範囲は，工程設計，製造，検査，出荷等の各サブシステムに及び，さらには製品開発，生産計画にまでに及ぶ。工程管理も検査も生産活動において品質を保証する点においては同じ目的を持っているのであるが，工程管理が品質維持のために原因を追求するのに対し重点を置くが，検査は工程の後仕末として消費者に迷惑をかけないとか，製品の信用を保持することに重点が置かれている。

第3に制御を目的としたシステムの分割が考えられる。これは，外乱に対して計画通りに業務を遂行することに重点を置き，外乱の種類によって，その発生の周期を考え，管理サイクルによって分割を考えるものである。これをここでは制御情報システムと呼び，その概念図を図1・7に示す。

制御情報システムにおける各階層間でやりとりされる情報は，各々，その量および質を異にする。無人化工場を目指す生産管理システムにおいては，情報の信頼性，経済性およびそのダイナミックな特性が非常に重要となる。また，情報はその使用目的に対して寿命を持ち，その寿命から必然的に，最適な管理サイクルが決定される。すなわち，工程制御のための情報というものは非常にダイナミックな特性すなわち短寿命であり，遂次的な管理サイクルを必要とするが，1週間単位の生産管理は，販売実績等の外乱によって影響を受けるが，比較的長期の寿命を持っている。このような理由から，無人化工場を目指す管理システムは，階層構造を持ったシステムとなるであろう。そこでの階層構造をもった管理機構によって工程を管理する具体例を述べる。

i）繰糸工程における生産管理の例

繭から生糸を作る工程を，制御情報システムの概念を適用した管理機構で管理してみる。とくに，生糸の生産工程の中で，繭から生糸を繰る繰糸工程の管理機構を考える。なお，この管理機構の詳細については，Ⅳ章模擬実験で述べるので，本章においては，概念を簡単に述べるだけにする。

繰糸工程を管理する場合，繰糸工程のみを対象とし最適運用をしても，生産システム全体としては，なんら最適運用にならない。とくに，前工程（煮繭工程）とは時間が連続的になっている。すなわち，煮繭工程で生産された生繭は直ぐに繰糸工程に投入される。このため，繰糸工程側は前工程に強く影響され，前工程の情報は刻々と知りたい。そこで前工程と十分に協調をとってた繰糸工程の管理機構を述べる。

繰糸工程を管理サイクル，外乱のサイクルにより３つのレベルに分けた。各レベルの時間サイクルは第１レベルは１０分，第２レベルは１日，第３レベルは１週間というふうになっている。

図１・９，図１・１０は経営者の意思決定事項が繰糸工程まで伝わる流れ，生産活動中の情報の流れ，制御方式のブロック図である。図１・８はトップ・マネジメントで決定された決定事項が末端の工程までどのように伝達されるかを表わしている。各レベルは上位レベルが決定する制約条件の下で，与えられた目標値を達成するため最適な計画を立案し，最適な制御を行なう。すなわち，トップ・マネジメントで決定された生糸の生産計画（生糸の品質，生産高）を会社の方針（生産高第１主義か，品質第１主義かなど）に従って達成するために，第２レベルはいかなる品質の原料（乾繭）を使うか，何人の作業者を投入するか検討する。そして，第２レベルが決定した使用原料，投入作業員によって工程を稼動させるわけだが，第３レベルは，それらの制約条件のもとで，生産量を多く，かつ品質が落ちないように繰糸工程を制御する。繰糸工程が計画通りに稼動すれば，繰糸工程の目標値は達成されるはずだが，繰糸工程には当然外乱が影響をおよぼし，計画通りに稼動しないことがしばしばある。繰糸工程より各レベルに向う情報の流れは図１・１０の通りである。第３レベルにおいては，１０分間サイクルで自動繰糸機の回転数を故障発生回数によって管理している。第２レベルでは，１日サイクルで原料の品質と作業員数を生産高によって管理している。また，第３レベルでは，１週間サイクルで生産高，品質の管理をする。このように，各レベルごとに管理サイクル，外乱のサイクルにより，管理項目を変え，下位レベルにおいて管理しきれなくなった場合その上位レベルでカバーしてもらう。

以上のような繰糸工程の管理機構について，具体的にモデルを作成し模擬実験を行った（Ⅳ章）。この実験では，上述の管理機構をもう少し単純にして模擬実験を行なっている。

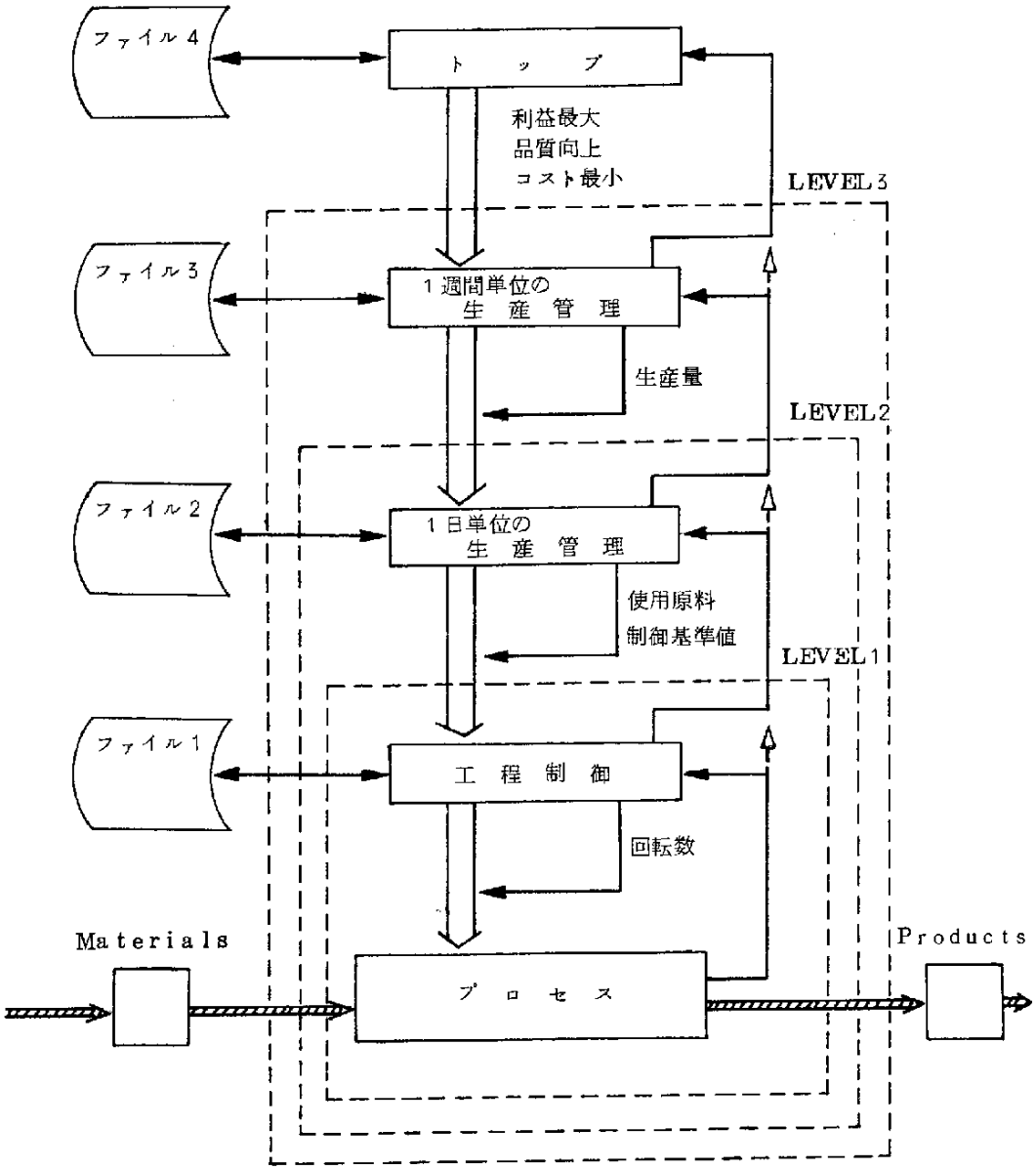


図１・８　生産管理システムにおける階層構造

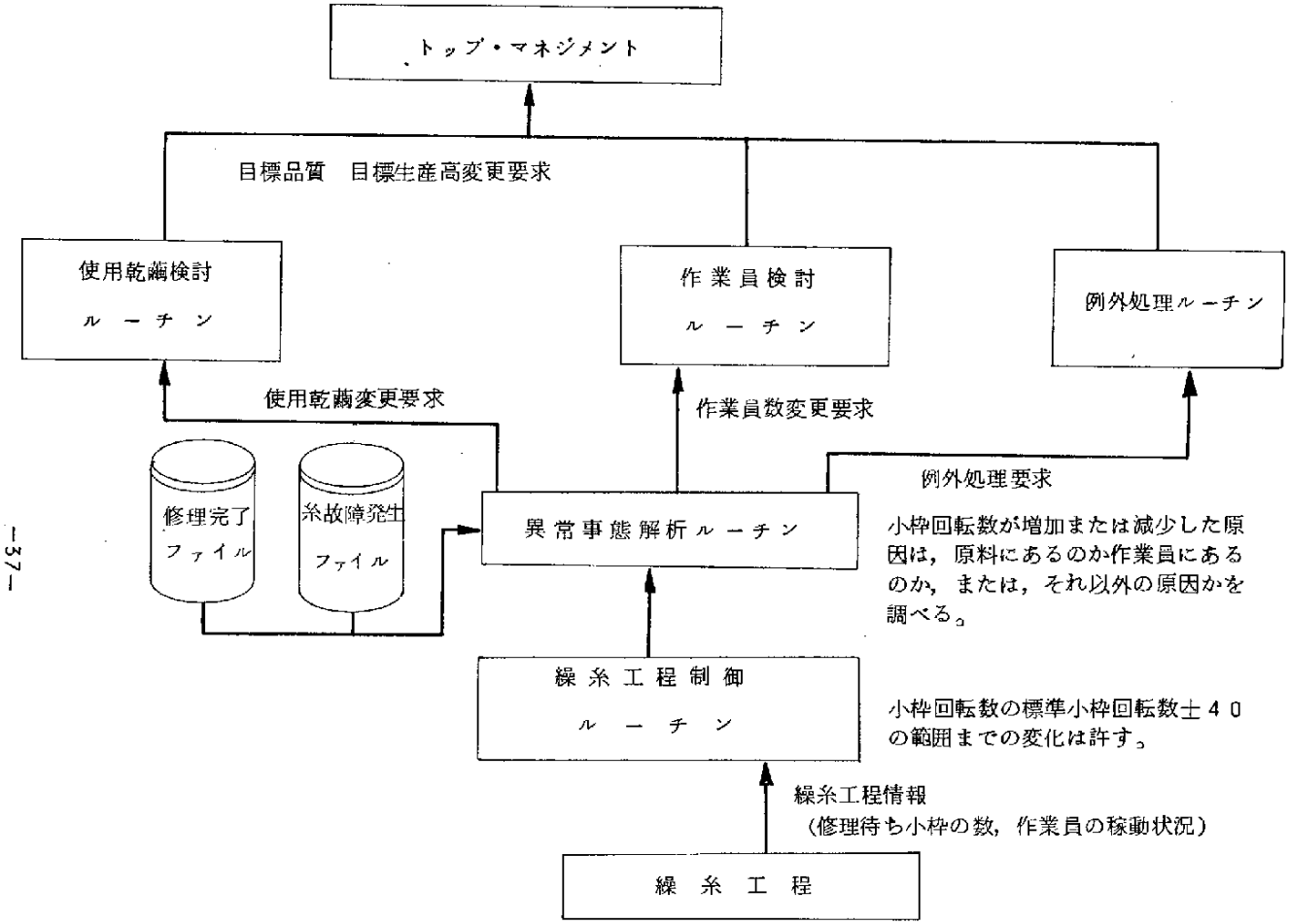


図1・9　繰糸工程で発生した異常事態に対処する情報処理体系

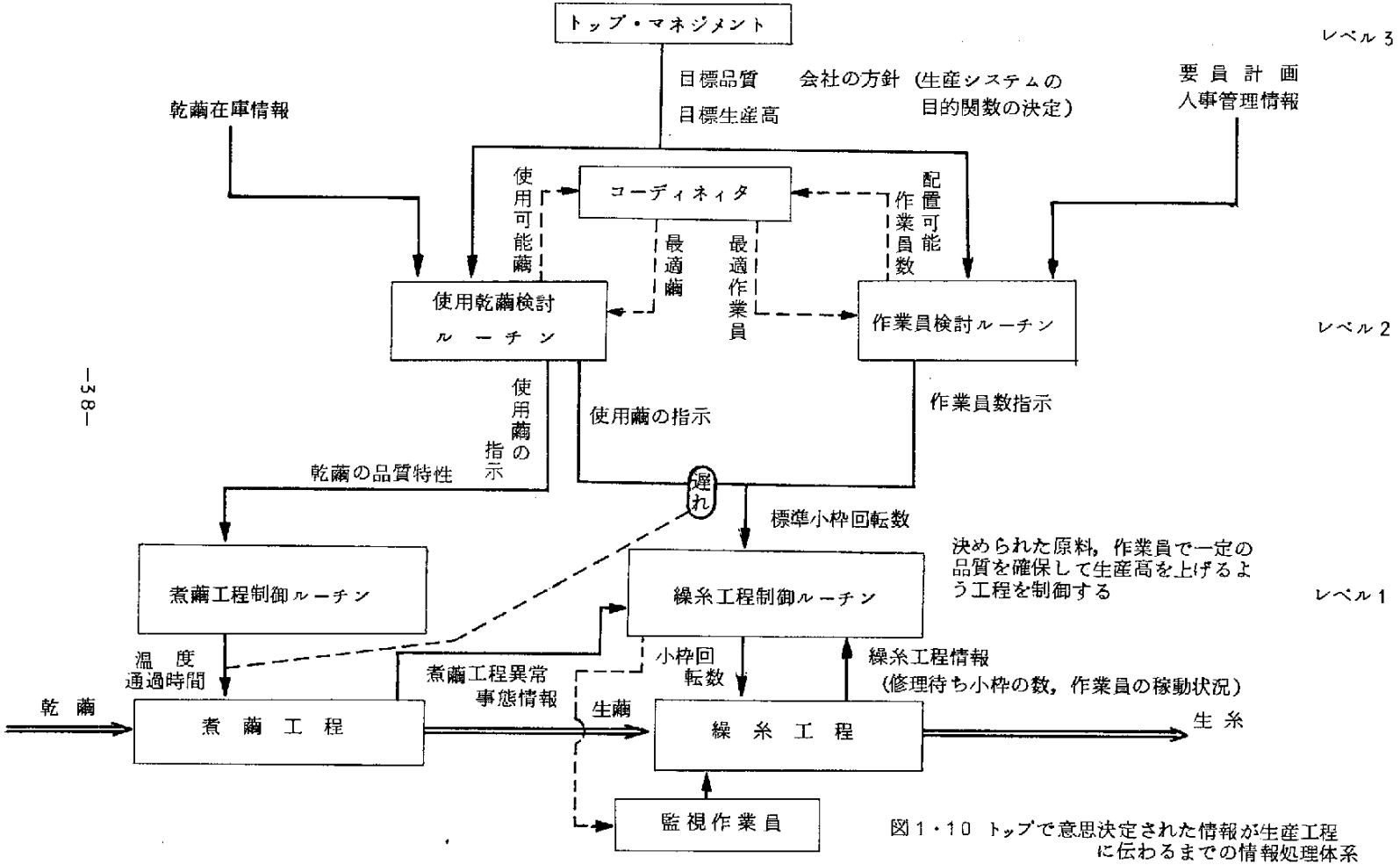


図1・10 トップで意思決定された情報が生産工程に伝わるまでの情報処理体系

4. 階層構造のあり方

4.1 システム階層化の考え方

従来のMISは対象とする企業体やシステムの規模がある限度以上になると非能率的で不経済であり，ＭＩＳが本来はたすべき機能をはたしえなくなることはすでに指摘したとおりである。このため管理サイクルによってＭＩＳを階層化し，その下位から中位に位置するレベルとして制御情報システムという考え方が重要であることもすでに述べたとおりである。しかしながら階層制御システムの立場からこのＭＩＳと制御情報システムの関係をあらためてふりかえって眺めてみると，階層構造が単に管理サイクルによるレベルとしてしかあらわれないのか，また，この目的のみを考えて階層システム，とくに，この場合には制御情報システムを設計し，運用すればよいのかという疑問が残る。後で述べるように，制御情報システムの階層化にあたっては，管理サイクルに従った階層化と同程度の重要性をもつ他の階層も存在し，このような見方をかえたいくつかの階層を首尾よく複合できてこそ，制御情報システムの真価が発揮されるであろう。以下，本節では階層制御システムの立場から次のような問題を提起し，それに対処する方向づけを述べることにする。

ⓐ 複雑なシステムを設計し運用するとき，どのような困難が生じてくるか。さらにこのような困難は現存の情報処理システムによって能率的に，しかも経済的な方法で克服できるであろうか。

ⓑ もしⓐの質問に対する解答がＮＯであったとき，どのような考え方でシステムを分解し，階層構造をつくっていけばよいか。

ⓒ システムを高信頼度で運用できるような階層構造はどのように考えたらよいか。

以上3つの問に対して他のシステムたとえば電力システムでの具体例をもまじえながら若干の考察をおこなう。

4.2 複雑システムの設計と運用

まず，ある与えられたシステムの管理あるいは制御という問題を非常に単純にモデル化して考えてみる。たとえば，ある生産システムで受注から加工・組立・検査。出荷に至る各サブシステムは，もしこれらのサブシステムに内的にも外的にもじょう乱を与える要素がなければ，システムは準定態的に動き，しかも各サブシステムの広い意味での機能が適当に設計されているならば，管理とか制御とかいう概念は全く必要はないといってもよい。つまり，注文量が一定で正確に予測でき，しかも実際値がこの予測値に合致し，さらに，加工・組立などの中間プロセスにおいて，この一定量の受注を消化できるような要員と機材が用意されているといったように完全にすべてのサブシステムが設計され，運用されているならば，すべては，あるスケジュール値に従って動き，フィードバックを必要とするような管理・制御・統制といったことは不必要となろう。逆に言うと，このような静態的なプロセス

・オペレーションを乱すじょう乱や不確定性があるからこそ，管理・制御・統制が必要であり，また，そのためのシステムが必要となる。

このような議論は自明のことであるが，従来のＭＩＳの欠陥を指摘する重要な要素を含んでいる。それは対象システムが巨大化し，複雑化すればするほどこのシステムの静態的なオペレーションを乱すじょう乱が多種多様であるという事実である。すなわち，システムに入るじょう乱は物理的じょう乱（たとえばプロセスの圧力・温度・湿度・成分），運用条件に対するじょう乱（たとえば生産システムの生産高，電力システムにおける需要電力など），システムのパラメータに対するじょう乱（賃金・原材料の価格），さらにはシステムの環境の変化によるじょう乱（たとえば経済状勢や市場の変動，需要構造の変化，特許，政治状態など）等々，その種類はぼう大なものである。このようにじょう乱の種類が多いということはこれらのじょう乱に対処し何らかの補償を行ないうる方法も非常に多数存在するということを意味する。そこで例を挙げて考えてみよう。プロセス変数，たとえば圧力とか温度の制御にはフィードバック制御（ＰＩＤ制御など）は有効な方法であるが，この方法は時間遅れを含む経済状態や市場の変動に対しては必ずしも有効なものではない。このような場合には各種の数理計画手法，たとえば線形計画法を用いたり，あるいはシステムの運用方法を改善するなどの管理を行なった方がのぞましいであろう。同様に,すでに述べた他のじょう乱を補償し，システムを管理，制御するにはまた違った方法が用いられる。したがってこのような性質の異なった制御・統制のために必要な情報を特定の１箇所に集結し，１台のコンピュータで，あるいは少数の集中化した人間のグループにやらせるということはかならずしも合理的でないことは明らかであろう。

次に指摘すべきことは，現実のシステムは固定したものではなく，時間と共に成長，拡大し，また内容的にも変化していくことである。またどのようなシステム設計をおこなうにせよ，現在のシステムには存在しないようなじょう乱が将来入ってくるかも知れない。このようなシステムの規模の拡大や内容的な変化に対して集中化したシステムが対応できるかは疑問である。また，場合によってはシステムの一部が機能的に陳腐化し，これを更新する必要がおきることはよくあることであるが，このような事態が生じた場合，はたして中央集権的な集中化システムで対処できるかという疑問も残る。とくにＭＩＳや制御情報システムは，実運用に入った後は間断なく連続的にサービスを行なわなければならないオンライン・システムであり，システムを長期間止めることなく，このようなシステムの拡張やサブシステム機能の変更を行なわなければならないわけである。

第３に考えなければならないのは，適切な制御や管理をおこなうために必要な情報量がシステムの規模の拡大と複雑さの増大に伴なって指数的に増加するということである。したがって，システムの各所に入ってくるじょう乱やシステムの運用状態に関するデータはぼう大なものとなる。しかしながら各サブシステムの適切な制御のためにこれらのぼう大なデータをすべて必要とするわけでなく，また，あるデータは常に必要であるが，他のデータは間けつ的にのみ要求されるということも多い。たとえば，ある生産システムで，不意に多量の注文をうけたときに必要とされる情報は，在庫や生産計画に関する情報や製造プロセスの運用状態である。これに対して，あるプロセスの物の流れが急変したような場合には，その流れに関するダイナミックなデータと，その急変が生じた部分の局所的な状況に関

する情報が主として必要とされ，その他の情報が時々刻々要求されるわけではない。従来のＭＩＳがややもすると可能な限りの情報を集中化したセントラル・データベースに格納し，そのデータを時々刻々更新しなければならないというように解釈されていた面も皆無ではなかったことは反省されなければならない。すなわち中央集権的なＭＩＳでは，その目的とするところが"必要な情報を必要な管理者にタイムリに提供する"という事実にもかかわらず，不必要なデータの更新やデータ収集に無駄な努力と経費を払うという危険性をはらんでいたという点である。セントラル・データベースをもつということは，大部分のデータが一旦このデータ・ファイルに格納され，各サブシステムの機能に応じてその中から必要とされるものを適宜とり出すという形をとっているので，データの"新鮮さ"という面での問題点を本質的に含んでいる。このような点から考えると，セントラル・データベースをもつ中央集権的な情報システムはその運用，費用および広義の信頼性の面で再検討される必要があろう。これはコンピュータの規模とコスト・パフォーマンスとの関連によって大いに左右されることは事実であるが，中央集権的なＭＩＳが適しているシステムの規模にはその時代の情報処理技術によってきまる適正の規模の上限値があることを意味している。

第４の問題として，システムの複雑化にともなってハードウェア構成も複雑となり，このハードウェアを制御するためのプログラミングなどのソフトウェアの面で生じてくる問題がある。極端な例を考えると，仮にシステムの規模が小さい場合でも，プロセスの物理的変数のＤＤＣ（Direct Digital Control）的な制御，これを管理するオペレーショナルＭＩＳ，さらに上位レベルに位置するマネージェリアＭＩＳを一つのプロセッサで処理することは，プログラミング言語の面で相当むづかしい問題を提起する。仮にセントラル・データベースをつくり，これをうまく使った集中的なシステムが出来たとしても，オペレーティング・システムは相当複雑なものとなるであろうし，またオンライン・リアルタイムという状況のもとでこの情報システムの拡張やディバッギングがうまく出来るかどうかは大いに問題が残る。

以上，中央集権的な情報システムの欠点のみを列挙した感じもないではないが，システム規模や複雑さによってこのような方式のシステムがいくつかの問題点をふくんでいたことは理解されよう。

4.3 階層化の方式

4.2節で述べたように，集中化された情報システムはいくつかの問題点をふくんでおり，何らかの手段でこれを複数のサブシステムに分解して考えることが必要であることを説明した。しかしながらここで注意したいのは"システムはこれを分解するのは容易であるが，一旦分解されたサブシステムを首尾よく再結合することはそれほど容易ではない"という事実である。システムには与えられた目標があり，システムの構成要素はすべてこの目標を達成すべく有機的に結合されているはずであるから，単に情報処理システムの立場から，これをたいした思慮もなく分解したとすれば，これを再結合するのは容易な仕事ではないことは明らかである。したがってシステムを分解するということは，分解を行なう時点において，この分解されたいくつかのサブシステムの機能をうまく協調し統合できるとい

う目算があってこそ可能なことなのである。換言すれば，どのように分解するのが合理的であるかということを十分に事前に検討しなければならない。

これまで述べてきたように，システムの分解には，分解されたサブシステムを協調，統合する過程が必要であり，協調，統合の上位ユニットをもつ階層構造が必然的に生れてくる。したがってシステム分解の方法はシステムの階層化の方法に通じており，以下この点を考えていくことにしよう。

システムの階層化にはいろいろ異なった見方があるが，分解した後のサブシステム間の協調がうまく行ないうる実際的な方法は次の3種類に分類されると考えられる。

ⓐ　システムの構造にもとづく階層化

ⓑ　サブシステム間の影響のレベルにもとづく階層化

ⓒ　制御，管理のレベルにもとづく階層化

すでに指摘したように，制御情報システムは経営情報・管理システム（MICS＝Management Infirmation and Control Systcm）を上述のⓒの立場から階層化したときの下位レベルから中位レベルのサブシステムの総称と考えることができるが，ⓐおよびⓑの場合，特にⓑの立場から階層化する場合の階層システムについても十分検討する必要があり，制御情報システムにこのような意味での階層構造の機能をもたせる必要があることをあらかじめ指摘しておきたい。

ⓐからⓒまでの階層化の具体的な方法や，制御情報システムとの関連については後述することにして，ここではこれらの考え方について簡単な説明をしておこう。

システムの構造にもとづく分解と階層化とは，与えられたシステム，たとえば企業体を独自の目的でもち，たがいに相互作用を有するいくつかのサブシステムに概念的に分割することを意味する。この分割は空間的におこなわれる場合には1つの企業体をいくつかの事業部，工場などに分割することを意味し，時間的に分割される場合には，システムを異なったオペレーショナルな面にわけることを意味する。システムのいろいろなオペレーショナルな面での分割とは，たとえば生産プロセスの場合，製品の仕様が与えられて種々の技術的検討を行なう技術部門から，製品を実際に製造し，検査・試験し発送し，さらに保守をおこなうといういくつかのサブシステムへの分割である。

このような場合，各々のサブシステムに対して制御・管理システムを設計し，各サブシステムの制御管理機構に適当な協調の役割りをはたすパラメタを含ませる。サブシステム間の統合や協調はこのパラメタを通しておこなわれるわけである。この場合，パラメタの値をどのように定めればサブシステム間がうまく統合，協調され，システム全体としての機能や目的をはたすことができるかを決定する。上位レベルに位置する統合や協調のためのサブシステムを設けることにより，システムの構造にもとづいて分解した場合の階層化が達成される。このような考え方で各分割したサブシステム間の協調は，各サブシステムの制御や管理機構の目的そのものを修正したり，またサブシステム間の相互作用をあらわす変数（これは相互変数あるいはインタフェイス入力などと呼ばれる）の値を上位レベルのサブシステムで予測したり推定することによっておこなう。

次の方法は，システムの中のいくつかのサブシステム間の優先度，一般的にいうならば影響のレベルによって分割をおこなうことによって階層化をおこなおうとする考え方である。すなわち，与えら

れたシステムの全体の意思決定とか，制御や管理の問題を異なった優先度（priority）をもついくつかのレベルにわけ，優先度の高い上位レベルに位置させた階層システムである。経営管理システムはこのような階層システムの最も良い例である。この場合，同一レベルのサブシステムの間の協調という事は特に問題にはしない。むしろ，このように優先度の異なったレベル間でどのような情報の授受をおこなうかが重要な関心事となる。

まず上位レベルのサブシステムが下位レベルのサブシステムを統合管理するときの方法であるが，大別して直接的介入，目的を修正する介入および制御条件を変更する介入の3つの方法が考えられる。直接的な介入とは，下位レベルのサブシステムでの意思決定の結果を全く無視して，上位レベルからの指令を押しつけたり，あるいは下位レベルの意思決定の結果を大幅に修正してしまうものである。このような下位レベルのサブシステムに対する統制の仕方が常時なされることは階層化した本来の意味をなくすことになるのでかならずしも好ましいことではないが，上位レベルをとりまく環境構造の大幅な変化や緊急的な事態が発生したときには当然直接的介入という形をとらざるをえなくなる。第2の目的を変更したり修正したりする介入の方法とは，下位レベルのサブシステムの制御・統制の目的そのものを修正したり，各種のパラメータを変更したりして下位レベルを統制する方法である。この最も一般に用いられている形は，たとえば一定品質のものを可能な限り多量に生産するという生産システムの目的をその製品の市場の軟化に合せて，生産量は上限よりおとし，そのかわりできるだけ品質のよいものを生産するという形に変えるというような指示の与え方である。このような例は他のシステムでもしばしば見うけられることである。たとえば電力システムにおいてシステムの一部に事故が発生し，システム全体にこの事故が波及しそうな緊急状態が発生したときは，システム運用の目的を発電のための燃料コストの最小化ということから，ともかく負荷のかかっている所に，必要な電力を送るという方針にきりかえるなどの方向がとられる。

第3の分解と階層化の方法は，システムの制御・統制のレベルによるものである。もっと具体的に述べると，システムの目標をいくつかのサブゴールにわけ，それぞれのサブゴールに対して異なった制御・統制のサブシステムをつくり，これを階層的に配置する方法である。前にも述べたように制御・統制はシステムの各所に入るじょう乱に対して何らかの補償をするために設計されるものであり，この場合，じょう乱をその発生ひん度，言い換えると，じょう乱周期の長いものほど，それに対応する制御サブシステムを上位のレベルに位置させ，逆に周期の短かい，ひんぱんに発生するじょう乱を制御するサブシステムを下位におくと階層化がうまく出来ることが多い。この考え方はじょう乱の周期の長短を問題にしており，3.2節で説明した管理サイクルの考え方に対応している。ただし，この考え方はじょう乱の発生が局所的であるか，システムの全体に分布して発生しているかということとは特に関係のないことに注意する必要がある。

以上述べたようにシステムの分割と階層化には基本的に3つの考え方があり，制御情報システムを設計する場合，いずれか1つの考え方にのみ，とらわれてシステム設計をおこなうことは望ましくない。この問題は後でまた触れることにして，次にシステムの階層構造がかなり明確化した段階で各レベルに位置するサブシステム（これは同時に制御情報システムのサブシステムになるが）をどのよう

な手順で設計すればよいかを簡単に説明しておこう。

ⓐ 各サブシステムの制御目的を明確にし，それを具現化する方法を検討する。すなわち，各サブシステムにおいてどのような制御・統制が必要であるかを具体的に検討するわけであるが，複雑なシステムはある考え方ですでに分割され階層化されているので，この段階は全体システムに直接とり組む場合より，はるかに簡単化されているはずである。

ⓑ 各サブシステムの制御・統制の具体的内容，すなわち，サブシステムの仕事の仕様をきめ，この仕事を実現するためにはどのような情報が入力データとして必要であるか，また仕事の達成された程度，すなわちサブシステムの性能を示すためにはどのような情報を出力として出さなければならないかを検討する。とくにここで重要な点は，不必要な入力情報は何であるかも同時に明確化することである。このようにして明確化された各サブシステムに必要な入力情報に関するデータ・ファイルは以上の説明からも明らかなように，やはり階層構造をもつことによって集中化されたセントラル・データベース方式が必ずしも有利ではないことを暗示している。

ⓒ サブシステムの仕事とそれを実行する方法がⓑの段階できまるので，この実行に必要なコンピュータの演算時間，内部および外部記憶装置の大きさ，すなわちコンピュータの仕様と負担がはっきりと定量的に評価できる。

ⓓ 各サブシステムの仕事の実行にあたってどのような情報が入力データとして必要であるかがⓒによって明確化されるので，これらの情報をサブシステム間にどのように流したらよいか，すなわち，コミュニケーション・リンクの構造が明らかになり，同時に情報伝送量もきまってくる。

以上述べたことをここで整理すると，ある階層化の方法によってまず1つのシステム構成を仮定し，システムの目標を達成するための仕事を各サブシステムに適当に割りふりをする。次に各仕事の内容を検討して，各サブシステムはどのような機能をはたさなければならないか，すなわち，各サブシステムに割りあてられる要求をサブシステム毎に総計する。さらにサブシステム間にどのような情報の授受，すなわちコミュニケーションが必要であるかを，各仕事の実行に必要な情報の入出力要求から検討する。サブシステムの仕事がコンピュータで実行される場合には，コンピュータに割りあてられた仕事を総計することにより，コンピュータの負荷はどの程度になるか，演算処理速度としてはどの程度のものが要求されるか，入出力データはどんな頻度で，また情報量はどのくらいになるか，データ・ファイルの大きさ，これを記憶するための記憶容量はどのくらいのものが必要となるか，またこのサブシステムの運用者やオペレータとコンピュータとの間のマン・マシン・コミュニケーションはいかにあるべきか，さらには他のサブシステムやコンピュータとの情報のやりとりはどうあるべきかなどが具体的に検討される。このような検討結果にもとづいて，制御情報システムに必要なコンピュータ・システムの規模や費用，さらには与えられた制御情報システムのソフトウェアの開発費がはっきりとしてくる。すなわち，与えられたシステムに対してひとつの階層方法に従って制御情報システムを設計したときのコスト・パフォーマンスを見積ることができるわけである。

以上述べたような解析の結果にもとづき，もしコミュニケーション・リングが弱いなどの問題点が生ずればこれを補強し，何回か設計の手直しをくり返すことによってシステム設計を改善していく。

また，システムが拡張したり，内容的な改良を加える必要が生じた場合，現在のシステムをすべてすてて，また第一歩からすべての設計をやりなおすということはせずに，協調や統合の役割りをはたすサブシステムを現在のシステムに附加したり，システムのある部分を除去するなどをくり返す方法がとられる。このような方法はシステムを階層化に設計することによってのみ可能であり，とくに制御情報システムのようにオンラインでシステムの向上が拡張をおこなわなければならない場合には，集中方式のシステム設計をおこなっているといろいろな問題点が生ずることは明らかであろう。

ここで前に述べた階層化の方法と制御情報システムとの関係についてもうすこし具体的に検討してみよう。

まず，システムの構造による分割と階層化の方法であるが，これは本質的にはシステムが本来分割されている基準がどこであるかを考えて，その特徴を抽出することにほかならない。このような特徴抽出はサブシステムの幾何学的位置，機能的差違，運用上の時間的段階などをうまくとらえることによって可能となる。たとえばサブシステムの機能という点から眺めると，１つの経営システムは機能的に各サブシステムの果すべき目的や仕事という面から分割できる。また時間的な流れによって１つの製造プロセスを設計，製作，検査，発送，据つけ，保守というように分割できる。ただ，このような考え方でサブシステムを完全に分割し，完全に独立したものとしてとり扱かうことは，何らかの協調，統制をおこなう上位レベルのサブシステムが存在しない限り，うまくいかないことは明らかである。たとえば製造サブシステムの重要な目標は，とにかく生産量をあげることであるから，もし他のサブシステムとの協調がうまくいっていなければ，検査も十分になされていない製品が多量に出荷され，この結果，保守の面で不必要な出費と現地での修理といったことがひんぱんに必要となり，システム全体としての目的が最適化できないことになる。このような事態が生じないように，たとえば各サブシステムに対して，広い意味でコストの概念を導入し，品質管理が悪ければ製造コストにペナルティをかけるなどして製造サブシステムと保守との間のバランスをとることができるような制御情報システムが考えられる。このようにしてサブシステム間の協調・統制をおこなう方法はすでに述べた目的介入の１つのやり方であり，この場合，品質というような直接，価格と関連づけにくいものも適当なファクタをもうけることによって経済的な変数としてとり扱う必要がある。

ところでサブシステム間の協調・統制は，上位レベルに，ある協調ユニットを設けて階層構造にすることにより可能であるにはちがいないが，ここで問題となるのはこのような協調を行なう頻度がどのくらいになるかをあらかじめ検討しておく必要があるということである。とくに，制御情報システムは実際に物が流れているレベルに直接関連する，あるいは，そのすぐ上位のレベルに位置する部分を制御するものであり，物の流れを定常値から乱すじょう乱の周期は比較的短かいのが常である。たとえば製造サブシステム１つを考えてみても，このサブシステムに入るじょう乱の周波数は比較的高く，したがって，このサブシステムを制御する制御ユニットは，このようなじょう乱に対して十分早いレスポンスをもっていなければならない。しかしながら，このサブシステムの上位に位置する協調ユニットのレスポンスはこのような周波数の高いじょう乱に直接影響されるわけではなく，一般にプロセスのじょう乱よりも１桁周期の長い協調・統制の動作をすればよいことが多い。例を挙げてみよう。

プロセス工業の代表例の1つである製紙システムを考えてみると，このシステムは抄紙工程と乾燥工の2つのサブシステムにシステム構造の立場から分割することができる。すなわち原材料のパルプが抄紙工程によって紙シートに変えられ，このシートが次の乾燥工程に入る。この場合，この2つのサブシステム間の相互作用はシートの比重量と湿度という形であらわれる。ところで第一段目の抄紙サブシステムには各種の周期の短かいじょう乱が入り，物の流れの速度や圧力に関してかなり複雑でダイナミックスな動きが生ずる。同様に第2段の乾燥サブシステムにおいてもシートの湿度とか蒸気圧力に関するかなり周波数の高い動きがある。しかしながら，このような周波数の高いじょう乱は各サブシステムのコントローラにより，ローカルに処理され，制御されており，サブシステム間の相互作用を代表する紙シートの比重量と湿度の平均値はそれほど短かい周期の変動はない。したがって制御情報システムの上位レベルの協調ユニットは必ずしも最下位レベルのプロセスのじょう乱の周期と同程度のレスポンスをもつ必要はなく，実際にはかなりゆっくりとした制御を行なえばよいことになる。すでに述べた管理サイクルという立場で考えると，この協調サブシステムに要求される管理サイクルは一般にプロセスそのもののじょう乱の周期よりもかなりゆったりとしたものとなる。このような意味で，協調サブシステムの機能としては，本来はかなりダイナミックな特性をもつものではあるが，実際には協調の手法として準静態的な手法で代用することが可能である。準静態的な手法により協調が可能であるということは，制御情報システムのサブシステムの1つとしての協調サブシステムが比較的単純なロジックでプログラム化される可能性をしめしているといえる。制御情報システムのようなオンライン・システムでは，微分方程式系で代表されるような複雑なダイナミックスをもつ系に対するロジックを組むことはハードウェア上の制約や時間的な問題から困難な場合が多いが，以上の観察からもわかるように，このような階層システムでの協調・統制のロジックは代数方程式であらわされるような比較的単純なもので実現することが可能である。このことは同時に下位レベルのサブシステムと上位レベルの協調サブシステムの間の情報のやりとりのひん度が少なくてすむことを意味し，この協調を行なうためのコンピュータの負担もそれだけ軽減されることになる。

上に述べた階層化の方法は相互作用をもつ静態的最適化問題として比較的ゆっくりとした周期でとくことで解決される例であるが，すべてのシステムがこのような形の制御情報システムをつくることにより適切に制御されるわけではない。たとえば顧客からの受注の処理，在庫および生産管理などいくつかのサブシステムからなる経営システムについて考えてみよう。このようなシステムでは，サブシステムの間を流れる変数（すなわち，interaction variable ）の値を予測し，その値に固定することにより分割することができる。たとえば受注高と需要予測値，在庫高などをある予測した値に固定すれば生産のスケジュール値がきまり，それによって生産管理のサブシステムは一応他のサブシステムの管理問題と独立してとり扱かうことができる。このようなシステムには各種のじょう乱，たとえば予期していなかった緊急を要する注文とか，プロセスの故障とかが存在するが，このようなシステムそのもの以外からの外乱のほかに，interaction variable の予測誤差によって生ずるじょう乱の問題が同程度に重要である。これはシステムを分割することによって生じた内的じょう乱で，このじょう乱によって，たとえば納期遅れなどの不都合が生じることになる。このよう

なシステムの分割をおこなった場合，システム固有のダイナミックな周期，たとえば製品の発注をうけてから実際に納入するまでの期間とシステムに対するじょう乱の周期が問題となり，場合によってはシステムのレスポンス（これは制御情報システムの成否によるわけであるが）が，システムの外的じょう乱に対して遅れをきたし，このため準定常的な運用ができなくなることもありうる。すなわち，サブシステム間の協調がうまくいかなくなり，システム内部に振幅の大きなじょう乱をもたらし，最悪の事態として，システムの信頼性を分割させたがために，システムが劣化するという結果になってしまう。このようなことに対処するため，異常事態の発生を未然に防止し，また万が一おきたとしても，これをただちに検知してシステムを準定常的な運用に復旧できる特別の制御システムを考えることが必要である。このような制御システムは信頼度制御システム（Security Control System）と呼ばれ，たとえば化学プロセスや電力システムではかなりの検討がすすめられているが，生産プロセスの制御情報システムの中にも適当な形でくみこまれることが必要ではないかと考えられる。この問題は後でまた別の角度から検討を加えることにするが，制御情報システムを設計するときルーチン化の容易な定形的な仕事のみならず，このような異常事態，緊急事態にも対処できるような形にしておくことが必要である。

4.4 状態モードを考えた制御情報システム

4.3節でも指摘したように，制御情報システムの設計にあたってはシステムの信頼性の面からとくに"信頼度制御サブシステム"とでも呼ぶべき機能をもたせなければならない。システムが異常事態に突入して，その後復旧するまでにこうむった損害の大きさを想像するだけで，信頼度制御サブシステムの重要性が理解されると思う。このような信頼度制御の機能を考えるとき，システムの運用されている状態を次の3つの状態モードにわけて考えると問題が整理されてくる。

ⓐ 予防運用状態（preventive state）

サブシステム個々の制御，およびサブシステム間の協調が準定態的に正常におこなわれており，システム中の物の流れおよびこれを管理する情報の流れがスムーズにおこなわれている状態のことである。信頼度制御を考えた時このような状態においては制御情報システムの果すべき目的は，各サブシステムの運用状況を監視し，異常事態の発生確率を出きるだけ少なくし，また，仮に発生したとしてもそれに対処する手段がえやすいように運用条件を適応的に修正していくことである。この制御機能は，一口にいえばシステムを安全に運用するということであり，安全制御とでも呼ぶべきものである。

ⓑ 緊急運用状態（emergency state）

システムの準定態的な運用を大幅に乱し，このまま手をうたずに放置すればシステム全体あるいは大部分の機能が停止する恐れのある事態が発生したとき，異常事態をそれが発生したサブシステム内にローカルにとどめ，他のサブシステムに波及しないような緊急的な制御が必要であり，異常事態拡大防止制御とでもいうべき機能が必要となる。この制御は緊急を要するので複雑な情報処理を

必要とするような制御方式は不向きであり，出来るだけ単純なロジックにしたがってなされる必要がある。このロジックとは，たとえば予防運用状態においてあらかじめ時間をかけて検討されたもの，あるいはオフライン的に検討されていたものを用いることが考えられる。

ⓒ 復旧運用状態（restorative state）

ⓑで述べた緊急制御のロジックによってとにかく異常事態を，それが発生したサブシステム内にローカルに限定した状態に押えておく。そして復旧運用状態において行なうべき制御は，システムを出来るだけシステムにじょう乱を与えないようにしながら正常な運用状態に復帰させる制御である。

以上述べたように，運用状態を3つのモードに分け，それによって制御を行なう具体的な内容を示すため，すでに部分的にではあるが，このような制御情報システムを実施している電力システムの例を説明しよう。電力システムの目的は運用上の拘束つまり，周波数偏差，電圧偏差，電流レベルなどを許容値内に維持しつつ，もっとも経済的な方法で必要とされる電力を負荷に間断なく供給することである。このシステムへの外乱は予期できない負荷変動，事故，連系線を通しての電力需要，装置の故障など種類が多く，必要な電力を供給出来ないときは緊急事態となり，このような場合にも自己崩壊をおこすことなく，システム自身を保護し，出来るだけ早く安全状態に復旧することが必要である。このような複雑なシステムは，制御システムおよびそのためのハードウェアを階層構造にすることによって安全に，かつ経済的に運用できるように設計することができる。このシステムはこれまで述べてきたいくつかの分割手法が組み合わされて用いられている好例である。

電力システムにおける制御システムの仕事はシステムが正常状態にあるかないかによって大きく違ってくる。いま，すべての負荷に満足に電力が供給され，すべての運用上の拘束条件が満足されている，すなわち，すべてのシステム変数が許容範囲内に入っている状態を前述の定義にしたがって正常運転状態と呼ぶことにする。

正常運転中での制御システムの任務は，システムが正常状態からはずれると考えられるトラブルを予想することである。もし，このようなトラブルが発見され，このトラブルによって引きおこされるであろう事態をすくなくするようにシステムの運転状態を変更できるならば（もちろん，すべての負荷は満足され，また拘束に違反してはいないことは言うまでもない。），修正をおこなう。一般に，負荷と運用拘束を満すという前提条件のもとで最も経済的なシステム運用がなされる。このような正常運転をつづけながらどのようなトラブルがおこりうるか，またそれに対処しつつ運転する状態が予防運用状態である。

システム内に緊急事態が生じ，負荷が満足されなかったり，拘束条件がおかされると，システムの状態は予防運用状態から緊急運用状態に入る。この状態での目標は経済性ではなく，出来るだけ早く拘束違反をなくしてシステムを何とか運転しつづけることである。ここでの考え方は何としてでもシステムは運転しつづけなければならないという思想にもとづいているから，すべての負荷が満足されているとは限らない。したがって負荷の再配分とか，場合によっては負荷しゃ断ということもおこなわれる。

負荷のすべてに電力は供給されてはいないが，運用上の拘束条件は満足されているような状態が

復旧運用状態である。この状態での目的は，電力の供給が中断されていた負荷に再び電力を供給できるようにすることである。

以上述べてきたように，このシステムの制御の仕事は，システムがどの状態にあるかによって異なり，したがって影響のレベルという点から分割することが出来る。予防，緊急，復旧という3つの状態の間に適当な協調がなされるならば，これらの各状態に対して1つづつレベルが考えられる。これらのレベル間の協調は，緊急レベルの場合には直接的介入（すなわち，事故除去，負荷しゃ断，発電切換など）あるいは目的関数に関する介入（事故発生のとき，最経済運転から負荷供給能力最大運転に変更）によってなされる。復旧のレベルでは主として拘束条件に関する介入あるいは目的協調という形で協調をおこなう。すなわち，しゃ断された負荷を再並入し，再び緊急状態にもどらないように注意しながらシステム運用を修正していく。以上述べた3つの運用モードとそれに関連した制御機能を図で表わすと図1・10図のようになる。

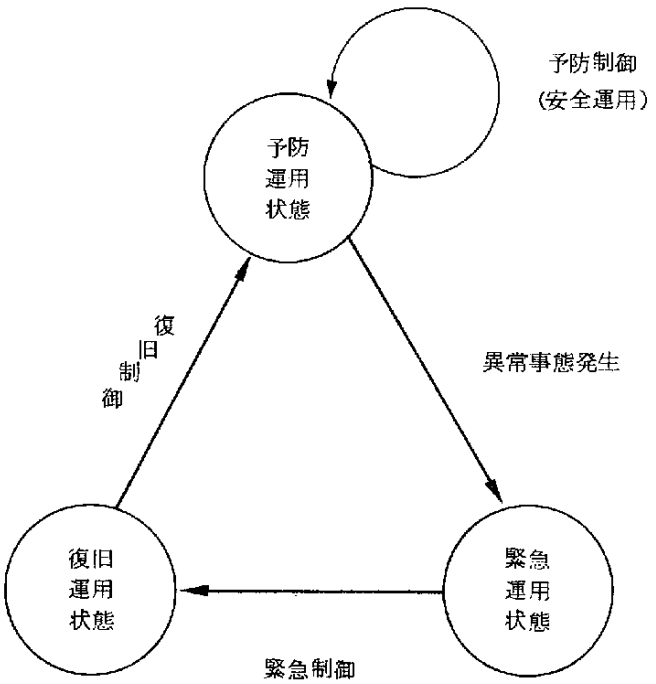


図1・10　信頼度制御からみた3つの運用モードの関係

以上のように階層制御システムの立場から制御情報システムを考えてきたが，ここであらためて強調しておきたいことは，システムの階層化の方法を単にシステムの構造という１つの面からとらえることなく，影響のレベル，制御のレベルという他の面からも考え，これらにもとづいた階層システムを有機的な形で制御情報システムの中に組みこんでいく必要があることである。またシステムの信頼性から見た信頼度制御という考え方は一般の生産システムにおいては必ずしもなじみの深いものではなく，その真の内容はつかみにくい面もあるであろうが，本節で述べた運用モードの分類によって具体的な問題が浮きぼりにされ，運用モードによって信頼度制御のための階層構造をもつソフトウェアの開発がなされると信ずる。

2章　生産システムにおける制御情報の分析

1. 分析のための前提

2. 加工サブシステム
   - 2.1　制御情報の分析
     - 2.1.1　群管理システムの登場
     - 2.1.2　群管理システムの現状
     - 2.1.3　制御情報システムの概念を適用した群管理システムのあり方
   - 2.2　群管理システムの実施例
     - 2.2.1　システム24
     - 2.2.2　オムニコントロール・システム
     - 2.2.3　FANUCシステム・K
     - 2.2.4　FANUCシステム・T

3. 組立サブシステム
   - 3.1　制御情報の分析
     - 3.1.1.　自動化にあたっての問題点
     - 3.1.2　自動化へのアプローチ
     - 3.1.3　自動化への具体的な構想

4. 貯蔵サブシステム
   - 4.1　制御情報の分析
   - 4.2　自動倉庫の実施例
     - 4.2.1　雑誌の自動倉庫
     - 4.2.2　自動車部品の自動倉庫

1. 分析のための前提

第1章で定義した制御情報システムの概念を，機械工業の生産システムに適用した場合について考察してみよう。一般に，原材料を製品に変形する生産システムには，加工，組立，貯蔵，搬送といった一連のサブシステムがあり，生産のための制御情報システムを設計するにあたっては，サブシステムがどのような機能を備え，また，サブシステムをどのようにシステム構成しなければならないかなどについて考察する必要がある。設計の第1段階として，サブシステム間に流れる，生産システムを運用のための情報，すなわち，生産システムにおける制御情報を，自動化と情報処理の協調といった見地から分析しなければならない。この場合，現存の技術水準を念頭において，問題の解決をはかる必要があることはいうまでもなかろう。ここでは，機械工業の生産システムで中心的役割を果している加工サブシステムに焦点をあてて，制御情報の分析を解説する。

制御情報システムの概念を適用した生産システムでは，過去の経験から作られた定形的な作業や判断基準の決まりきった意思決定を機械に任せ，あまり起こらないとか，経験がないといったことからいわゆる，例外的な判断を要する作業や創造的な仕事を人間が分担するという，理想的なマン・マシン・システムの実現がはかられる。制御情報システムでは，各サブシステムごとに閉ループの管理ルーチンを持つことが前提となっているが，現在の技術では，たとえば加工サブシステムを例にとると，検査という段階でどうしても人間が介在しなければ閉ループを構成できないといった具合にマン・マシンによる制御情報システムの実現がもっとも現実的といえよう。もちろん，検査の作業も，パターン認識の開発とか計測技術の向上によって自動化することが望ましい。しかしながら，自動化とは反面的な言い方になるが，人間を制御情報システムに，存在させることによって，どのくらいシステムの信頼性や経済性が向上するかを検討することも重要な課題といえよう。

2. 加工サブシステム

2.1 制御情報の分析

2.1.1 群管理システムの登場

機械工業における加工サブシステムの機能は，与えられた金属素材を，要求された形に変形することである。機械工業は一般に多種少量生産形の企業なので，このような，多種少量生産の加工サブシステムでは，これまで人間（熟練工）への依存が高く人間中心に設計されたシステムだったといえよう。加工サブシステムを自動化し，省力化することを目的として，当初，自動工作機械が出現したことはいうまでもない。

自動工作機械では，同種の製品を連続的に生産する工程にこそ効果を発揮するのであって，製造ロットが少く，製品の変更とか，設計変更を繰返す機械工業の工作機械には，必ずしも適しているとはいえない。自動工作機械の効力は，段取り時間と加工時間の相対的な関係から評価されるべきである。自動工作機械の段取り作業を自動化し，製品変更に伴う段取り時間を出来るだけ短くした，いわゆる多種少量生産に適した工作機械として，数値制御*工作機械（ＮＣ工作機械）が誕生し，現在広く普及する傾向にある。はじめ，ＮＣ工作機械は，複雑な形状でしかも精度の高い加工を効率よく行なうために開発されたものであるが，最近では，労働力不足や賃金の上昇などの社会情勢に対処する有力な手段として脚光をあびるようになり，現在では，ＮＣ工作機械の合理性を高めるために，複数台のＮＣ工作機械を１台のコンピュータで同時に監視，制御する群管理システムの構想が具体化している。表２・１は，内外におけるＮＣ工作機械の開発過程を示している。

＊ 数値制御　Numerical Control

	米　　国	日　　本
1947 (昭22)	(米) John T. Parsons 氏，ヘリコプタのローターブレードを製造中にNCに着想	
1948	米空軍，NCに関する可能性追求調査をParsons Corpと契約	
1949	米空軍，数値の入力情報から自動的に工作機械を制御するシステムのプロトタイプモデルの開発をParsons Corp. とMITに発注	
1952	MIT，最初のNC工作機械（すなわち標準形バーチカル・トレーサ・フライス盤を改造したもの）を公開運転 Parsons氏等，「NCサーボ系に関する特許」を出願（1962年取得，米国特許3069608）	東大教授高橋安人，第47回自動制御研究会でScientific American 誌のNCフライス盤を紹介
1955	Gidding & Lewis，世界最初の商業機"Numericord" NC装置を開発	東工大，NC工作機械の研究開始
1956		機械技術研究所，NC工作機械の研究開始
1957		東工大，NC旋盤試作 富士通，NCターレット パンチプレスを開発
1958	Pratt & Whitney 社，NCボール盤発表	牧野フライス，富士通，国産第1号のNCフライス盤を見本市に出品
1959		富士通，電気一油圧パルスモータ，代数演算方式パルス補間回路を開発
	Kearney & Trecker社，自動工具交換装置付きのマシニングセンタを発表	日立精機，富士通，三菱重工業名古屋製作所へ実用機第1号のNCフライス盤を納入 機械技術研究所，NCジク中ぐり盤を試作
1960	全米工作機械展（シカゴ）でNCの出品，全工作機械の5%	
1961	APT Ⅲ 開発	日立製作所，わが国1号のマシニングセンタを開発
1962	NC工作機械1000以上稼働	
1963	モデュラ構造，ソリッドステートNCシステム出現	
1964		日立製作所，国産1号機のATC付きのマシニングセンタ開発
1965	NC工作機械5000台稼動	
1967	NC工作機械11000台以上稼働	
1968	NC工作機械15000台以上稼働 (英) Molins 社コンピュータ・コントロール System 24を発表	池貝鉄工，富士通，国鉄大宮工場の群管理システム開発
1969	Sundstrands 社，Omnicontrol を開発	機械振興協会技術研究所，グラフィックAPTを開発 NC工作機械年間製作台数840台

表2・1　NC工作機械の開発過程　　「NCのプログラミング」(山岸正謙著)オーム社参照

次に，ＮＣ工作機械が運転を開始するまでに準備しておくべき作業について考えてみる。その作業は次の２種類から成り立っている。第１は，加工する製品の図面の指示に従って，ＮＣ工作機械を動作させるのに必要なＮＣ指令プログラムを作成する作業である。

第２は，加工に必要な素材，工具，取付具などを手配し，備えておく作業である。この２つの作業が終了してから，ＮＣ指令テープをＮＣ装置の紙テープリーダを通して入力すると，すでに工作機械に装着してある素材の加工が開始される。

図２・１は以上の作業順序を図説したものである。

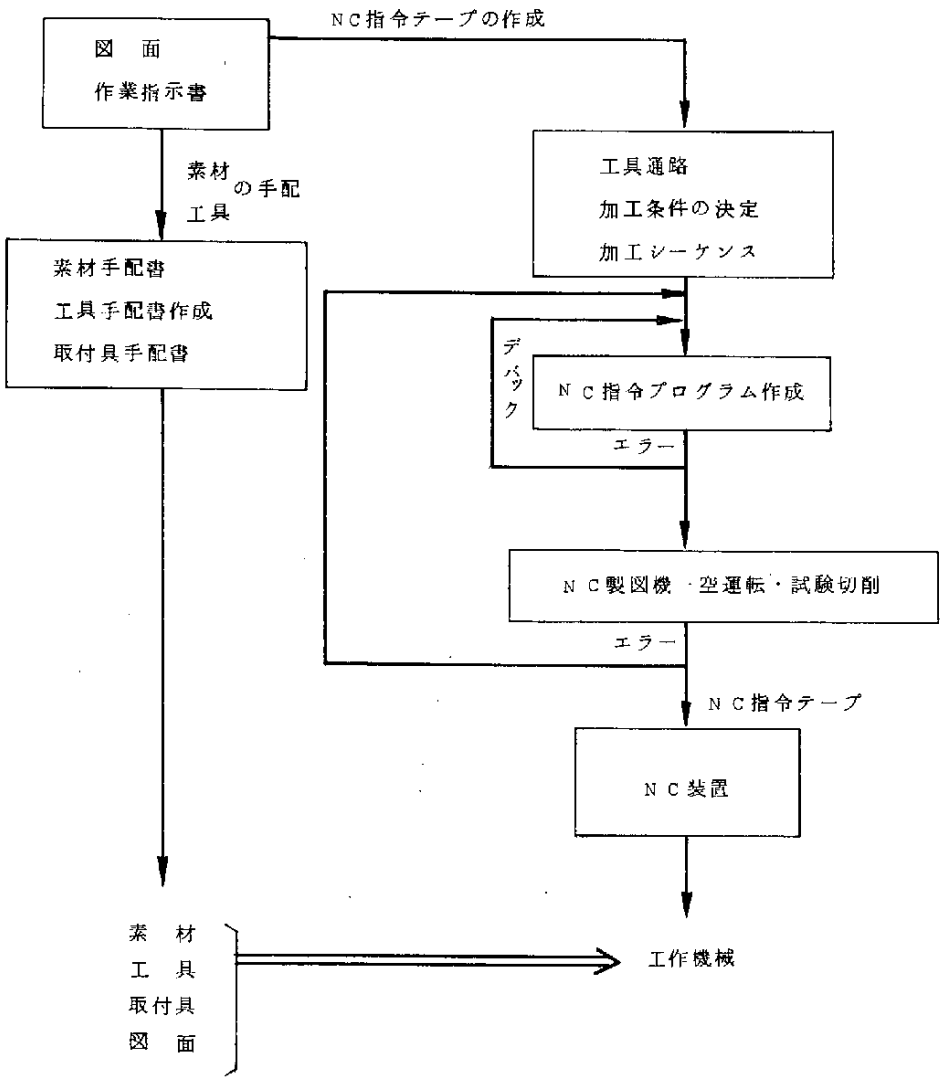


図２・１　ＮＣ工作機械が加工するまでの作業順序

ここで，NC指令プログラムの作成過程，および，NC装置の機能を少し詳しく述べよう。

ⓐ NC指令プログラムの作成

NC装置は，人間と異なり，加工すべき製品の図面を直接与えられても，どのような加工をしたらよいかわからない。そのため，図面で与えられている加工方法をNC装置が理解できる機械の言語，すなわち，NC指令プログラムに変換してそれをNC指令テープを介してNC装置に入力しなければならない。この変換作業をプログラミングといい，人間が手で行なう場合か，あるいは，コンピュータにより自動的に行なう場合がある。前者を手動プログラミングといい，後者を自動プログラミングという。この両者の処理の流れを図２・２に表わしている。なお，自動プログラミングでNC指令プログラムを作る時は，APT*言語を使ってプログラミングする。このプログラムの例を図２・３に示す。

もし，以前に加工したことのある製品を再び作る時は，その時作成したNC指令プログラムをそのまま利用できるので，新たにNC指令プログラムを作る必要はない。

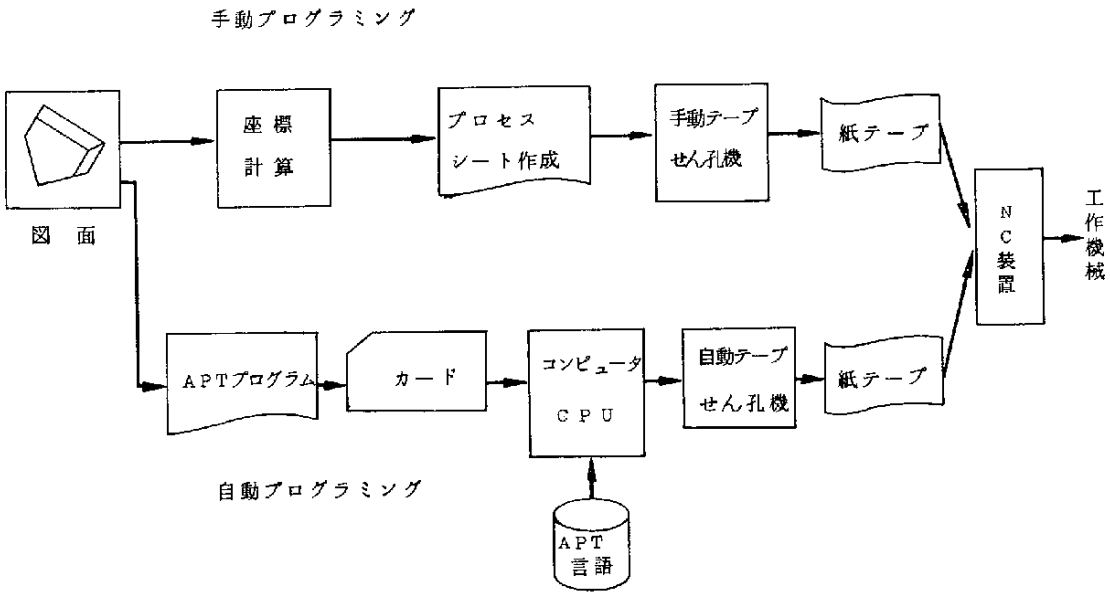
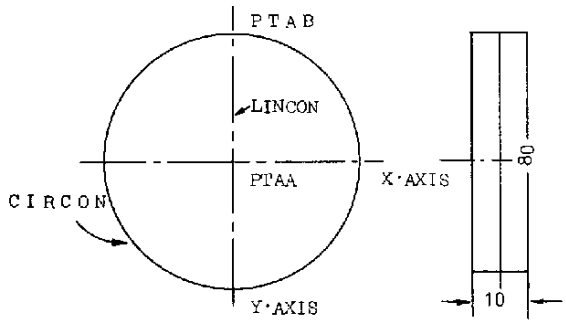


図２・２ 手動プログラミングと自動プログラミング

＊ APT： Automatically programmed Tools




```
PARTNO   APT SAMPLE PROGRAM1                    FANUC 220, 設定単位5／1000㎜
         MACHIN／F220                           工具径10φ指定
         CUTTER／10
         CLPRNT                                 印刷してチックする
CIRCON＝CIRCLE／CENTER,(PTAA ＝ POINT／0, 0, 10)S
         RADIUS,40                              切削円とその中心
LINCON＝LINE／PTAA,(PTAB ＝ POINT／0, 40, 10)   Y軸と切削始点
         SPINDL 900, CLW                        回転数と回転方向
         COOLNT／FLOOD                          クーラント
         FROM／PTAA,2400                        早送り2400㎜／min
         INDIRP／PTAB                           にして工具半径だけオフ
         GO／PAST,CIRCON                        セット
         GODLA／0, 0, －20, 50                  20㎜ Z方向下方に切り
         INDIRV／1, 0, 0                        込む。送りは50㎜／min。
         TLLFT,GOFWD／CIRCON,ON,2, INTOF,LINCON 一周切削
         GODLTA／0, 0, 20, 2400                 早送りで20㎜Z上方向に逃げる。
         GOTO／PTAA                             原点復帰
         END                                    停止
         FINI                                   終了
```

図 2・3　APT－Ⅲプログラム例

ⓑ ＮＣ装置の機能

ＮＣ装置は，①ＮＣ指令テープを入力し，②その入力された情報を，工作機械が動作をするために必要な信号に変換し，さらに，③工作機械の動作に合せて，変換した信号を逐次工作機械に送る。ＮＣ装置は，数値制御回路とサーボ機構から構成されている。（図２・４）

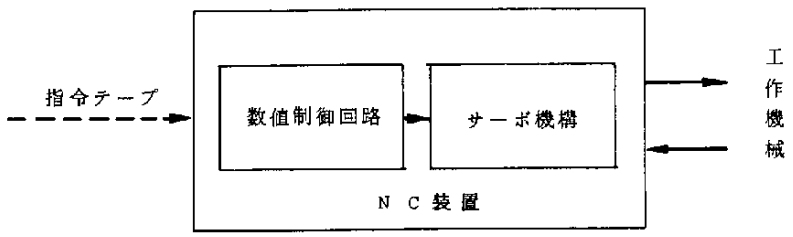


図２・４　ＮＣ装置の構成

以上のようなＮＣ工作機械を使って，加工を行なえば，作業員の仕事は，切り粉の処理や機械の監視などの比較的簡単なものになる。このため，工作機械ごとに熟練した作業員を配置する必要はなくなる。

しかしながら，ＮＣ工作機械は，従来の単独の工作機械にとって代わるものであり，たしかに従来の工作機械と比べると作業能率の向上や熟練工の作業員負担軽減などで大きな成果は得ることはできるが，機械工場全体を，無人で，効率よく稼動させるには，ＮＣ工作機械だけではまだ不十分である。すなわち，複数台のＮＣ工作機械を動かす時，一つ一つのＮＣ工作機械の能力がすぐれていても，総合的な管理がしっかりしていなければ，なんらその能力を発揮しないであろう。そこで，機械工場全体の無人化を目ざし，ＮＣ工作機械を効率よく稼動させる有力な手段の１つとして，それらを並列に制御する群管理システムがある。群管理システムとは，複数台のＮＣ工作機械を同時に１台のコンピュータの管理のもとに動かすシステムである。この時，コンピュータが処理する機能のレベル，ハードウェアの構成などにより，群管理システムにはいくつかのレベルがある。この群管理システムについて，最も基本的なシステム構成のものと，今日レベルが一番高いと考えられている群管理システムとの２つの例について述べる。前者の群管理システムは，ＮＣ装置を備えた複数工作機械を１台のコンピュータで制御するシステムである。（以下これを群管理システムＡと呼ぶことにする）後者の群管理システムは，各工作機械にそれぞれ図２・４に示したＮＣ装置の中の数値制御回路はつけない

で，サーボ回路と操作盤からなる制御装置だけ残し，数値制御回路が行っていた機能は，中央のコンピュータに任せるシステムである。（以下これを群管理システムBと呼ぶことにする。）

以下，この2つのシステムについて少し詳しく述べよう。

2.1.2 群管理システムの現状

i) 群管理システム A

このシステムの一般的な構成例を図 2 ・ 5 に示す。この図でもわかるように，システムAにおけるコンピュータの役割はNC指令プログラムを記憶しておき，必要な時にNC指令プログラムを工作機械のNC装置に送り込むだけである。このような形で既設のNC工作機械とコンピュータが結合されているので万一，コンピュータがダウンしてもNC工作機械に手作業で紙テープをかけることによってNC指令プログラムを入れることができ，単独で稼動させることも可能である。システムAでは以上のようにNC指令プログラムのデータバンクとしてコンピュータ・メモリを使用する以外に，次のような処理も行なっている。

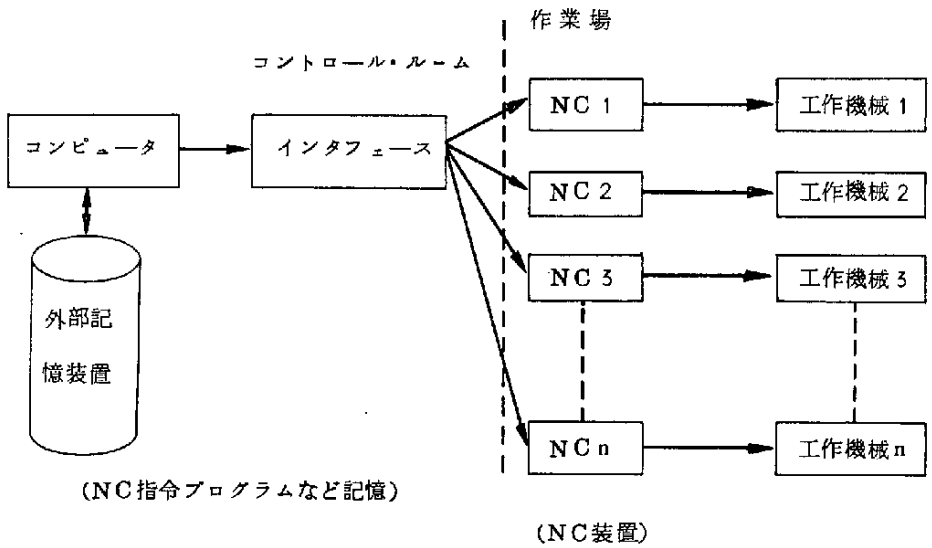
ⓐ 素材を加工する時の各工作機械への作業割付けを行なう。

ⓑ NC指令プログラムを自動プログラミングで作成する。

ⓒ 各工作機械の作業結果を集計し，それをプリント・アウトする。

以上のような機能を備えたシステムAは，群管理システムの目標が無人工場にあるとすれば，さしずめ，その出発点といえよう。

国内では，このシステムは国鉄大宮，鷹取工場などで実用化されている。

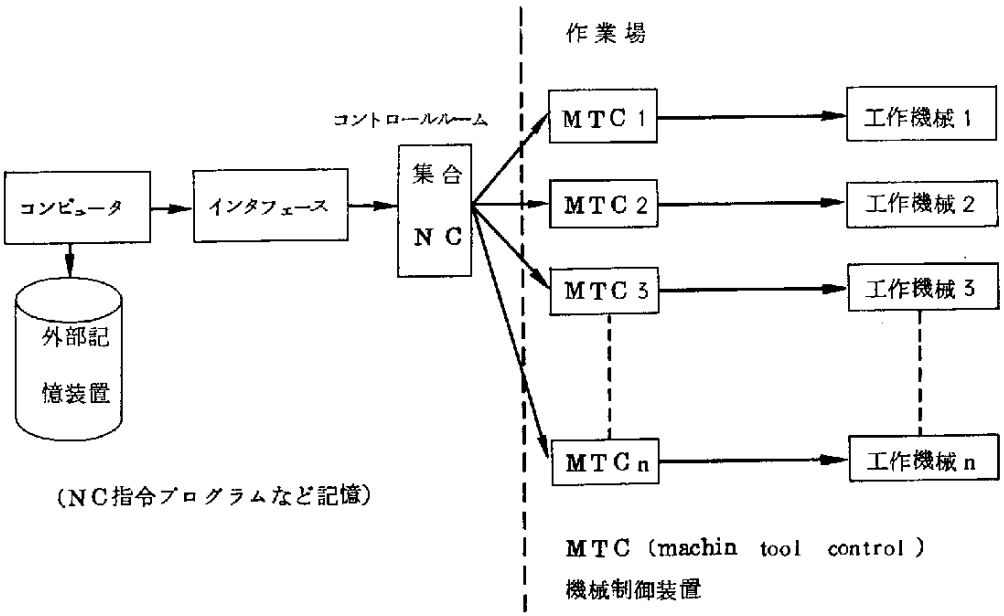


コントロール・ルームより作業場へ伝送される情報は，各NC装置が使用するNC指令プログラム（NC指令テープは不要）の1ステップ単位の指令である。

図 2 ・ 5　システム A 構成図

ii) 群管理システム B

システムBの一般的な構成例を図２・６・１に示す。



コントロールルームより作業場へ伝送される情報は，各工作機械が使用するパルスの形になった情報である。

図２・６・１　システムB構成図

システムBは，各工作機械ごとにＮＣ装置が備わっていたシステムＡとは異なり，各工作機械にＮＣ装置の中の数置制御回路は備えず，その機能を中央のコンピュータが行なうようになっている。すなわち，各工作機械にはサーボ回路と操作盤からなる制御装置が備えられ，この制御装置を介して，中央のコンピュータと工作機械が結びつけられている。中央のコンピュータは外部補助記憶装置に記憶されている各種のＮＣ指令プログラムの中から，それぞれの工作機械が必要とするＮＣ指令プログラムを取り出し，時分割で各工作機械が理解できる指令パルスに変換し，各工作機械の制御装置にパルスの列の形で送る。図２・６・２参照。

このため，高価なＮＣ装置を各工作機械ごとに備える必要がなくなり，工作機械の台数が多いシステムではシステム全体の価格は安くなるというメリットがある。しかし，万一中央のコンピュータがダウンした場合は，全工作機械の稼動は停止してしまい，紙テープなどによる単独運転は不可能である。

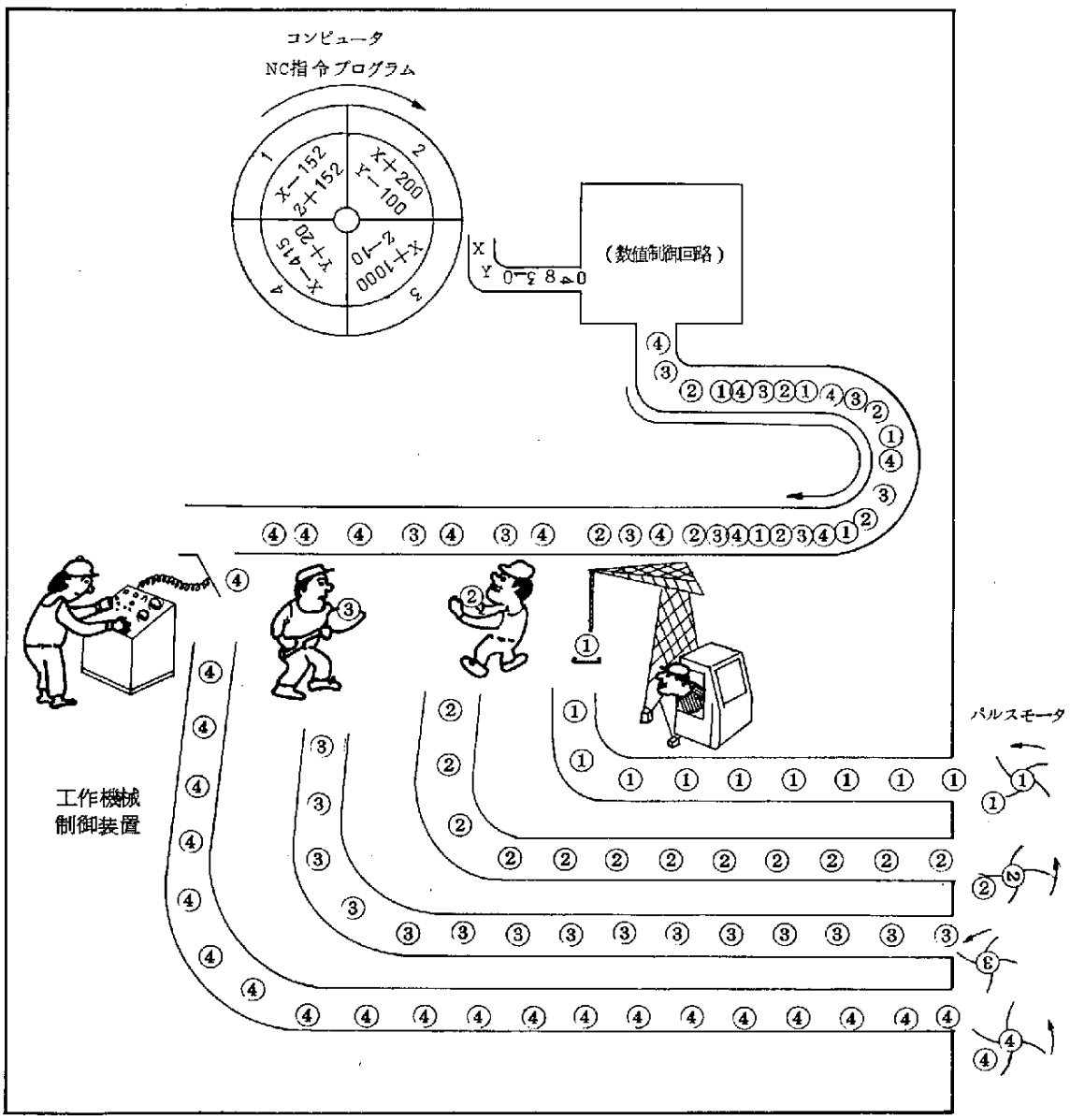


図２・６・２　時分割パルスの流れ

iii) システムAとシステムBの比較

システムA，システムBの両者を比較したものを表2・2に示す。

	システムA	システムB
メリット	① 単独運転していた複数台のNC工作機をコンピュータで監視，制御する群管理システムを構成することができる。 ② コンピュータがダウンした場合でも，システム内の全工作機械は機能を停止することなく，各工作機械のNC装置にNC指令プログラムを読みこませて，工作機械を単独運転させることができる。	① 中央のコンピュータが，システムAのものと比べて高価であっても，各工作機械ごとに高価なNC装置を必要とせず安価なものですむので，工作機械がある台数以上（だいたい10台前後がクロス・ポイント）になると，システム全体の価格は安くなる。 ② 数値制御回路は中央のコンピュータといっしょにコントロール・ルームに入れられるので，作業場に設置されていた時よりも，その故障を起こす回数が減少する。
ディメリット	① 各工作機械ごとにNC装置が必要であるのでシステム全体の価格が高価になる。	① NC装置の一部が中央に集中されるためコンピュータがダウンした時，システムAのような単独運転は不可能であり，全工作機械はストップしてしまう。このシステムの信頼度はコンピュータの信頼度によって大きく支配される。

表2・2　システムAとシステムBの比較

表2・2で表わされているシステムAとシステムBの相異点はシステムの機能が異っているというのではなく，制御方式の違いによって生ずる差異である。すなわち，群管理システムを1つのブラック・ボックスと考えた場合，このシステムに入力される情報や物と，出力される情報や物とは，システムA，システムBどちらも同じものである。群管理システムと生産システムにおける他のサブシステムとのつながりは，システムA，システムBとも図2・7のように同じに表わされるであろう。生産システムの中の1つのサブシステムとして，システムA，システムBを考えた場合，これらは

同じ扱い方でよいと考えられる。この見方で群管理システムを考えた場合，群管理システムの問題点として次のようなことが言えるのではないだろうか。

a) 情報の流れが開ループになっていて，フィードバック機構を持っていない（加工された制品の検査は自動化されていない）。このため，外乱の影響に対処する行動が起せない。

b) 加工結果の検査ができないので，他のサブシステムとの結合が難かしい。

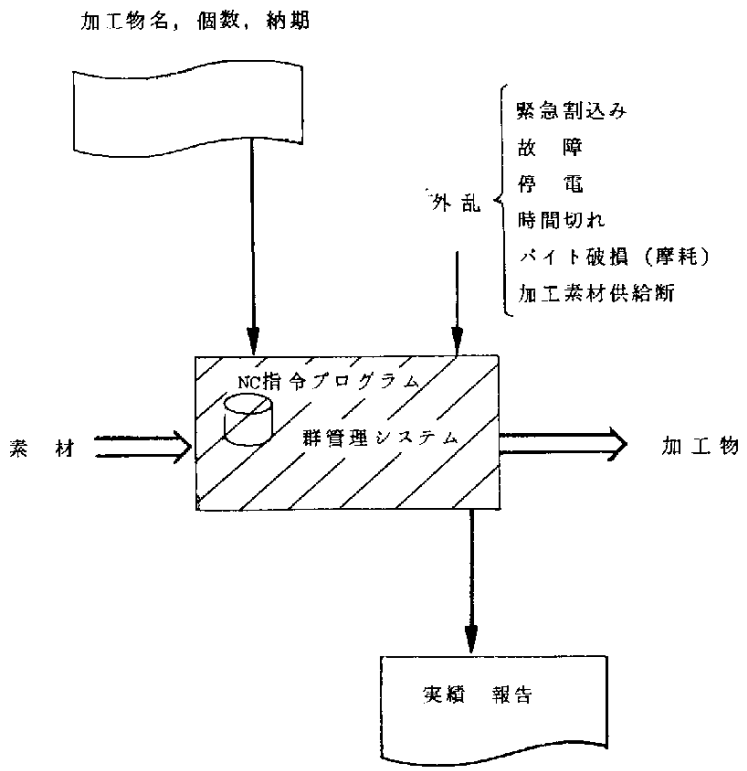


図２・７　群管理システムの情報体系

2.1.3 制御情報システムの概念を適用した群管理システムのあり方

2・1・2で述べたような群管理システムの現状をとらえて，ここで定義した制御情報システムの概念を適用した生産システムにおける加工サブシステムのあり方を考えてみる。ただし，ここでは群管理システムに的をしぼる。このサブシステムが究極の目標とするものは，まず第1に，ルーチン化された作業ならびに意思決定はすべて自動化し，例外的な判断を要する作業や創造的な仕事を人間が分担するという理想的なマン・マシン・システムを構成していること，第2に，サブシステムの管理機構は，閉ループの管理ルーチンで構成されることである。

第1の目標を達成するために，現在開発しなければならないこととしては，切り粉の処理機構，工具の監視機構，などがある。また，第2の目標を達成するためには，群管理システムより出力される物，すなわち，加工物が良品であるか，不良品であるかを検査する機構をまず開発しなければならない。また，検査結果を群管理システムにフィードバックさせる機構も必要である。これら2つの目標を達成するためには，まだ他にもさまざまな機構，技術を開発しなければならないが，もし2つの目標が達成された時は，別な見方をすれば，工作機械のそばに作業員が1人もいなくなっている時であろう。そこで，現在の群管理システムにおける研究開発において，システムAからシステムBになったということでシステムの無人化に1歩進んだのではないかと一般に考えられているが，制御情報システムの概念にもとづいて，システムAとシステムBを評価した場合，システムBはなんら無人化にも進んでいなく，単に制御方式が進歩しているだけであろう。

また，コンピュータの信頼性を考えた時，いくら信頼性が向上しても，コンピュータが絶対ダウンしないということは断言できない。このため，一般に，コンピュータ・システムをデュアルあるいはデュプレックス・システムにして，ダウン時の対策をする方法がある。しかし群管理システムでは，このようにコンピュータ・システムに投資して信頼性を高めるより，むしろ，コンピュータが正常に稼動している時に比べて経済性や効率の面では劣るかもしれないが，ダウン時の対策として，システムの機能を最低限保つため，手作業によって，各工作機械を単独に運転できるようにすればよいのではないか。このような観点に立った場合，システムAの機器構成をもったシステムを今後発展させた方が，制御情報システムの観点からみれば，よりのぞましいのではないかと考えられる。

2.2 群管理システムの実施例

今日，内外稼動中の多くの群管理システムの中から，いくつかを選び調査したので，それらの概要を紹介する。調査したのは英国における群管理システムの1つであるシステム24，米国のものとしてオムニコントロール・システム，国内のものとして，FANUCシステム1・K，FANUCシステム・Tである。

2.2.1 システム24

英国モリンズ社（タバコ製造機や包装機を作る，世界で有名な機械メーカ）が開発したシステムである。このシステムは機械部品の機械加工を24時間フル稼動するため，24時間分の準備を作業員が

工場にいる8時間ですべて準備し，残りの16時間は完全無人で工作機械を稼動させることを目的としている。そこで，素材を加工する手順を簡単に説明する。

まず，作業の前日に，作業者は，素材準備センタという所で，素材と工具と取付け指示図面を運搬箱に入れ加工の準備をする。この運搬箱は，コンベアによってワーク・セッティング・ステーションという所にいる作業者に送られ，同時に，ここへ，MOLAC (Molins On-Line Automatic Conveyer)により空のパレットが送られる。作業者は運搬箱より素材，工具を取り出しパレット上に取りつける。このパレットは再びMOLACによって貯蔵庫に格納され待機する。ここまでが，作業者が介入する作業である。したがって昼間に，作業者は24時間分の素材をパレットにとりつけておく。これ以降は，オンライン・コンピュータ（ここではIBM1130）が加工スケジュールにしたがって所定のパレットを貯蔵庫から取出し，オンライン・コンピュータで制御される。MOLACは所定の工作機械へパレットを運ぶ。工作機械の所へ到着したパレットの中に入っている素材が指示どおりのものか確かめる。そして，パレットはローダによって工作機械に取付けられ，所定の加工が行なわれる。加工が終わると，自動的に切り粉が払われ，パレットがテーブルから取りはずされる。もし他の工作機械の加工がまだ必要ならば，MOLACによりつぎの工作機械まで運ばれ，同様な加工が行なわれる。完全に加工が終わった部品は完成品の貯蔵庫へ運ばれる。もし必要ならば，再び所定のワーク・セッティング・ステーションへ運ばれ，作業者により再セッティグされ，同様な加工が施される。このようなシステム24の機器構成を図8・2に示す。

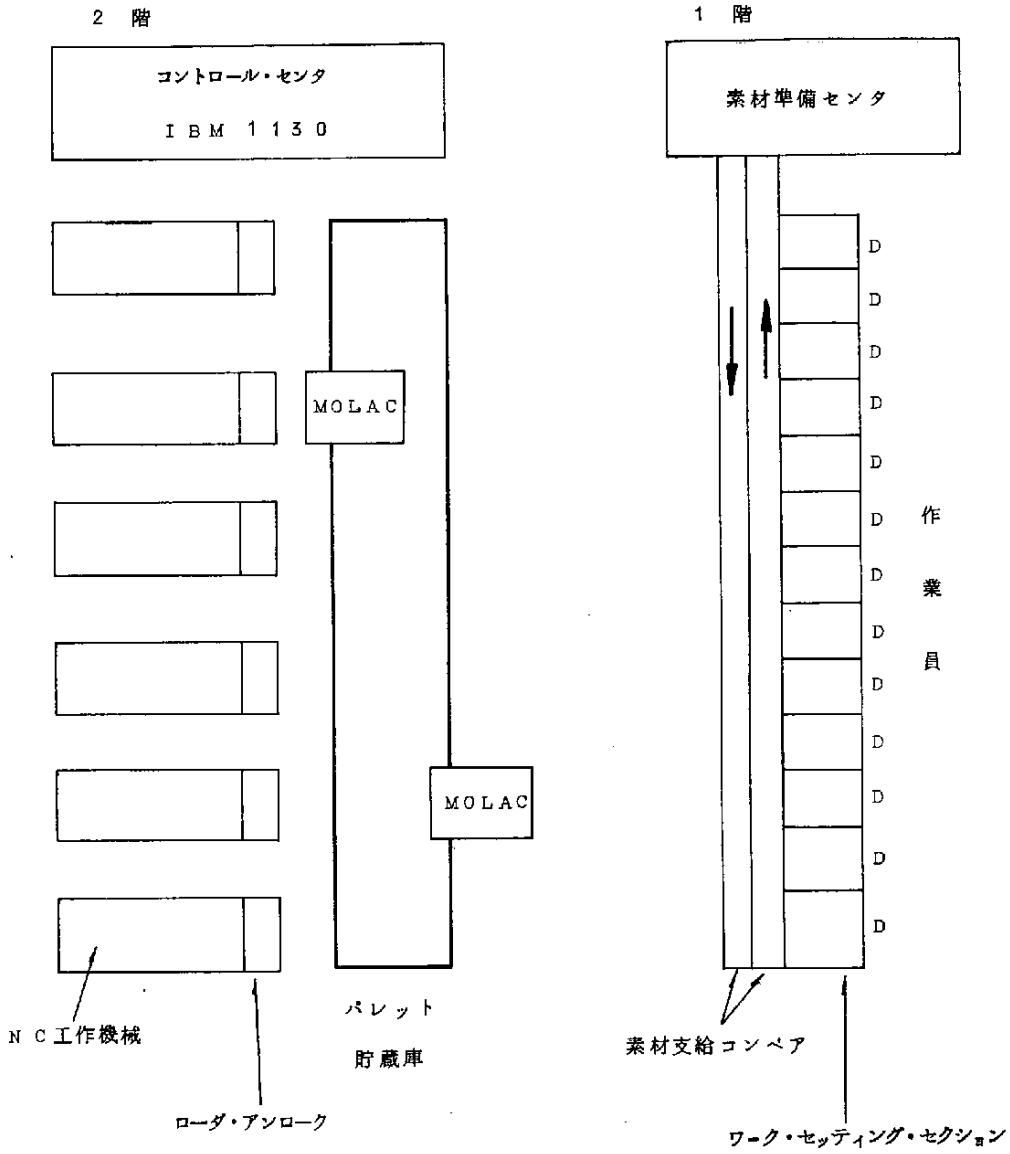


図2・8　システム24機器構成図

コントロール・センタにあるＩＢＭ１１３０コンピュータは，このシステムでは，大きな威力を発揮して，以下のような処理をしている。

ⓐ 加工のスケジューリングを行なう。

ⓑ ＭＯＬＡＣの運転を制御する。

ⓒ 所定のワーク・セッティング・ステーション，貯蔵場所・工作機械へのパレットの運搬の制御をする。

ⓓ 機械への素材の取りつけ，加工物の取りはずしを制御する。

ⓔ 工具の自動交換を制御する。

ⓕ ＮＣ指令プログラムの入っているカセット・テープの自動交換を制御する。

ⓖ 加工した製品の実績を把握する。

また，コンピュータは以上の処理が正常に行なわれているかどうかをたえずチェックしている。

システム２４において，実際に素材を加工するために必要なＮＣ指令プログラムは，オフラインで作られ，カセット・テープに記憶しておく。そして，加工をする時に，必要なＮＣ指令プログラムは各工作機械に備えられている特別ジュークボックスと呼ばれる装置を通して，カセット・テープの中から選び出されて工作機械にインプットされる。

システム２４の中での情報の流れを第２・９図に示す。

図２・１０は，システム２４の機器構成が工作機械７台（２軸シリンク３台，２軸ドリル２台，６軸機１台，検査機１台）の場合と，それと同じ生産能力を持つ在来システムとを比較したグラフである。このグラフを見ると，システム２４は，その経済性，生産効率，省力化などで非常に優れていることがわかる。

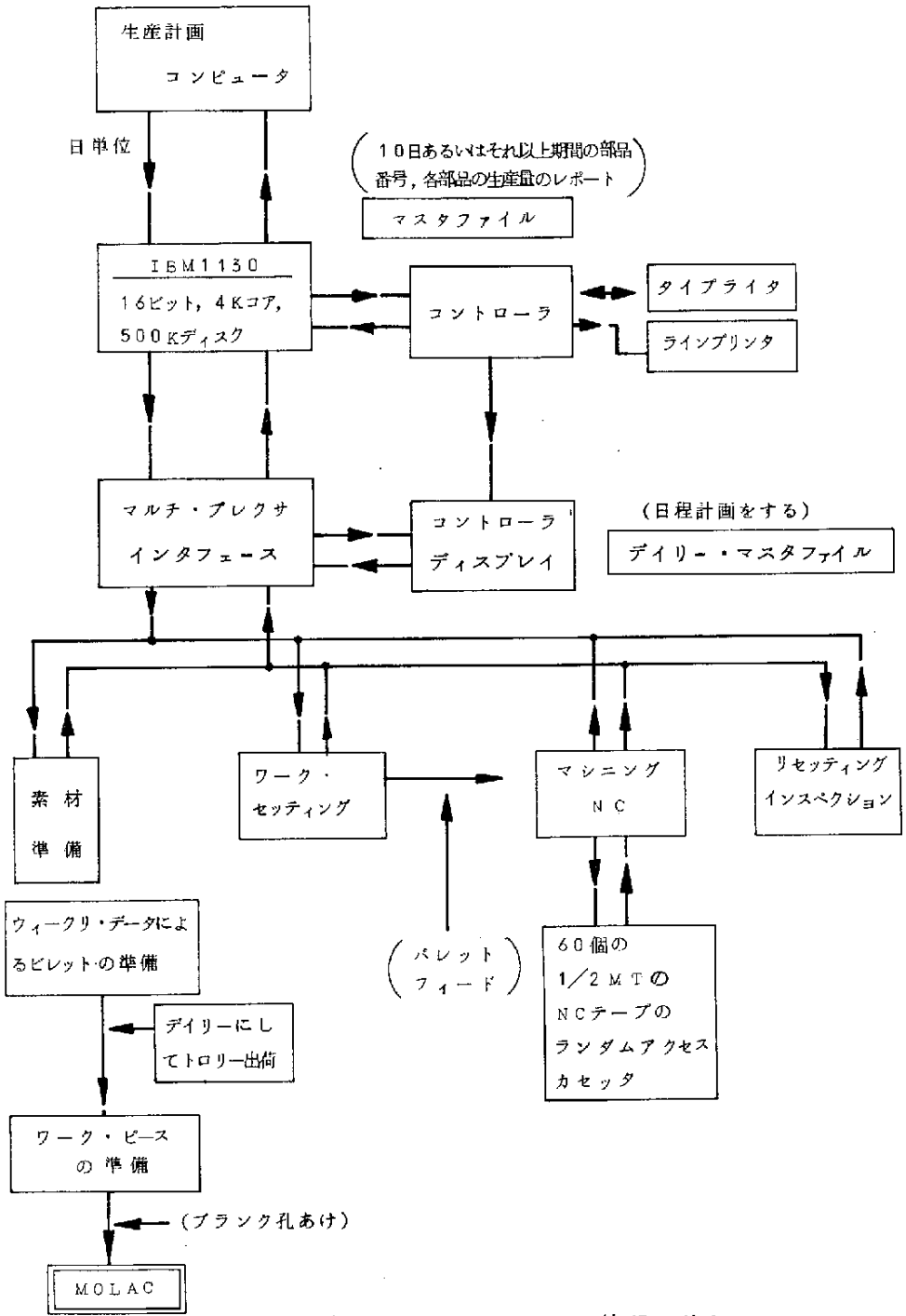


図 2・9　システム 24 情報の流れ

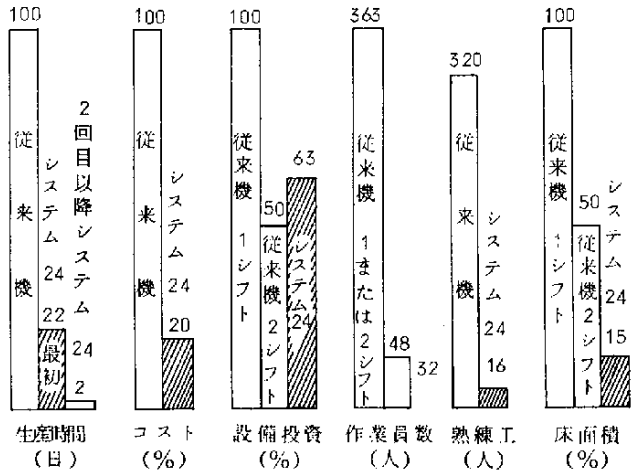


図２・１０　従来システムとシステム２４との比較

2.2.2　オムニコントロール・システム（Omnicontrol System）

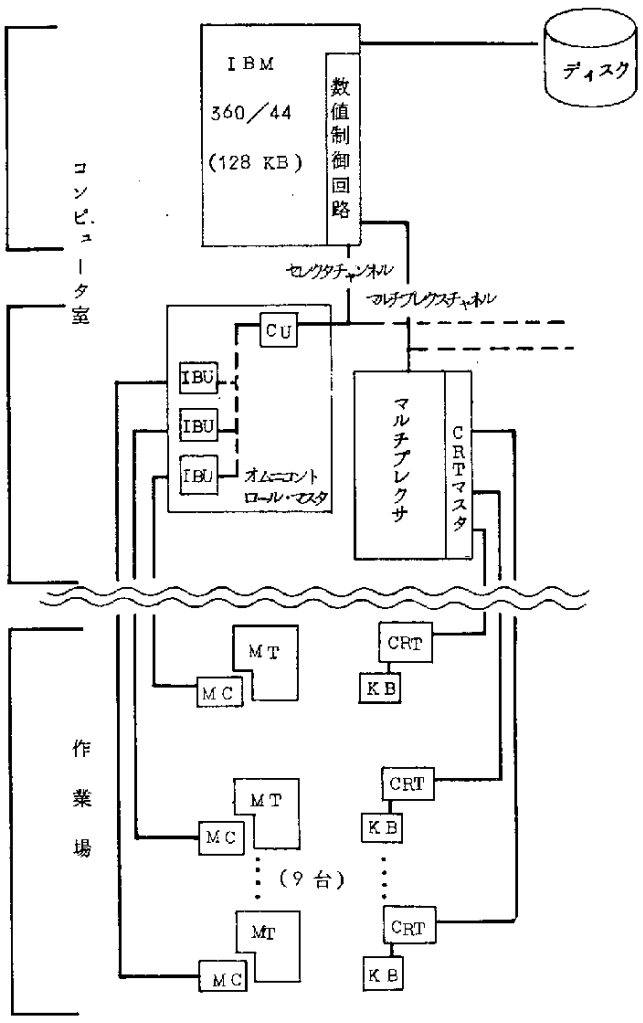
オムニコントロール・システムは米国Sundstrand Machine Tool 社で開発したシステムで，２・１・２で述べたシステムBの機能を持った群管理システムである。すなわち，このシステムでは中央のコンピュータがNC装置の機能まで持って，各工作機械側は単に工作機械の制御装置しか備えていない群管理システムである。オムニコントロール・システムの大きな特徴として，各工作機械のそばにＣＲＴが置かれ，中央のコンピュータより加工物に関する情報がＣＲＴに写され，またＮＣ加工に必要なプログラムの作成，修正を，工作機械のそばのＣＲＴや，プログラミング室にあるＣＲＴなどを使って，オンラインで行なうことができる。そこで，Sundstrand 社の工場で実際に稼動しているオムニコントロール・システムについて説明する。

この工場では，９台の工作機械がＩＢＭ３６０モデル４４（１２８Ｋバイト）の中央コンピュータの制御下で稼動している。このシステムの機器構成は図２・１１のとうりである。

このシステム機器の稼動状態はＣＲＴを通して，作業者に知らされる。また，工具が破損しているような場合は，この現象をソフトウェアで検出し処理され，この点従来のＮＣ装置でハード的に処理していたものとは異っている。この工場では，工場の無人化を目ざすために必要な制御のうち次の３つの制御を実現している。すなわち，①工作機械間で加工物を動かすためのコンベアの制御，②各工作機械に負わせる仕事量の最適化制御，③各工作機械間の工程管理である。このオムニコントロール・システムの出現は，加工工程の完全自動化に一歩近ずくものといえよう。

なお，このシステムの中央コンピュータとして，当初は，ＩＢＭ３６０シリーズの汎用計算機が必

要であったが，最近，このコンピュータに代わるものとしてDigital Equipment社のミニコンピュータであるＰＤＰ－１１を使ったシステムも開発されており，このようなミニコンピュータにより，このシステムが構成出きるようになったことは大いに注目されよう。



ＩＢＵ：バッファ
ＭＴ　：工作機械
ＭＣ　：制御装置
ＣＲＴ：ブラウン管
ＫＢ　：キーボード

図２・１１　オムニコントロールの機器構成

2.2.3 FANUCシステム・K

国鉄大宮工場においては，電気機関車，客車，気動車，貨車など多種の車輌の修理を，できるだけ早く行なうために，機械部品加工の近代化を図っている。車輌が入場検査を受け，解体してみて，はじめて必要な部品がわかる。これらの部品は非常に多種類ある。ところが，これらの部品の在庫は，予備品として在庫しておくもの以外，ほとんどは在庫がない。このため，取替部品の要求に対し，必要な時期まで必要な数を確実に供給しなければならない。そこで，従来の施盤で加工していた加工部品を，作業要員を節減し，加工時間を短縮して入手するために，群管理システムを導入した。

大宮工場の群管理システムは富士通，池貝鉄工が共同開発したもので，2・1・2述べたシステムAに相当する。このシステムの具体的な機器構成は図2・14に示す通りである。

このシステムにおける部品を加工するまでのコンピュータの役割としては次の3つの業務がある。

① 作業前のオフライン業務

② オンライン業務

③ 作業後のオフライン業務

以下順次それらの詳細を述べる。

i) 作業前のオフライン業務

修理される車輌が入場すると，車輌を分解し，交換しなければならない部品を決め図2・12のような入場検査調書を作成する。この入場検査調書からスケジュール・テープを作成し，図2・13のような決定工程表を各NC装置ごとに作成する。このスケジュール・テープには，3日分の入場検査調書から得られた部品データが，緊急度に関係なくランダムにパンチされており，これをコンピュータの中で次のように処理している。

1) スケジュール・テープの中に指定された部品をどの工作機械で加工するかを決定する。

2) 指定の管理サイクルと同じ納期のスケジュールをまとめてリストアップする。

3) リストアップされた作業を，緊急度の順序に仕分ける。

4) 各工作機械ごとに作業工程を決定する。

決定された作業工程には，図2・13のように，その管理サイクルにおける，工程番号，部品番号，見積時間および必要素材，加工時間などが記載されている。この決定工程表は，各旋盤の作業者に渡されて，材料のセットや監視に用いられ，同時に用品倉庫にも送られて材料の要求表として用いられる。このシステムでは，250種の部品について，材料の内容，見積加工時間，NC指令プログラムがファイルされていて，部品ファイルとして記憶されている。このファイルは新しい種類の加工部品が出現するごとに順次更新される。

ii) オンライン業務

このシステムはコンピュータがNC装置へ時分割でNC指令プログラムを送るシステムAと同じ方法で稼動している。作業員がNC装置の操作盤からNC運転指令をコンピュータに送ると，コンピュータは，決定工程表にしたがってあらかじめ集録されているNC指令プログラムをNC装置に1ステップづつ送り旋盤を駆動させ，また同時に各素材供給装置に素材供給指令を送る。所定の部

入　検　調　査

工作No.	部品No.	数量	納期	緊急度
00001	0000139	02	0430A	A
00001	0000138	01	0430A	A
00001	0000137	01	0430A	B
00004	0000137	02	0430A	A
00004	0000138	02	0430A	A
00005	0000480	05	0430B	A
00220	0036001	02	0430B	B
00005	0000137	01	0430A	A
01020	0124801	02	0430A	A

図２・１２　入場検査調書

整理No.	部品No.	素材No.	材質	形状	数量	加工時間（1個当り）	日付	緊急度（A.B.C）	NCテープNo.	
・	・	・	・	・	・	・	・	A	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	A	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

図２・１３　決定工程表

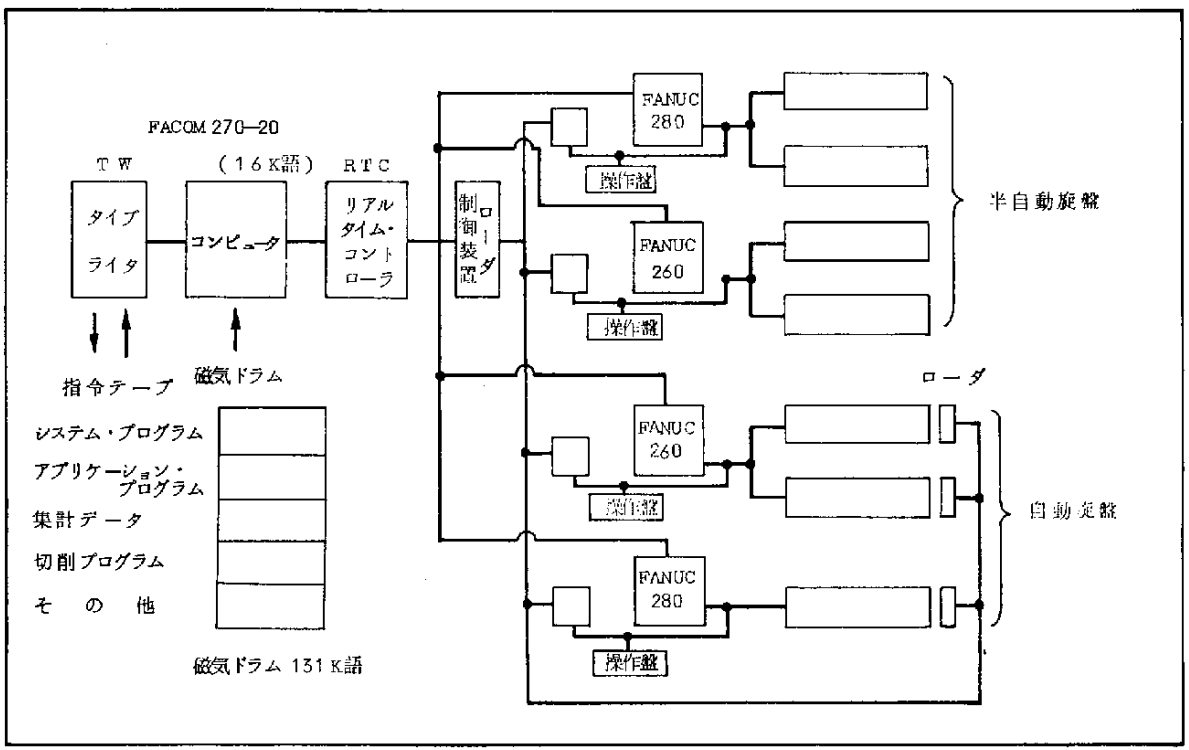
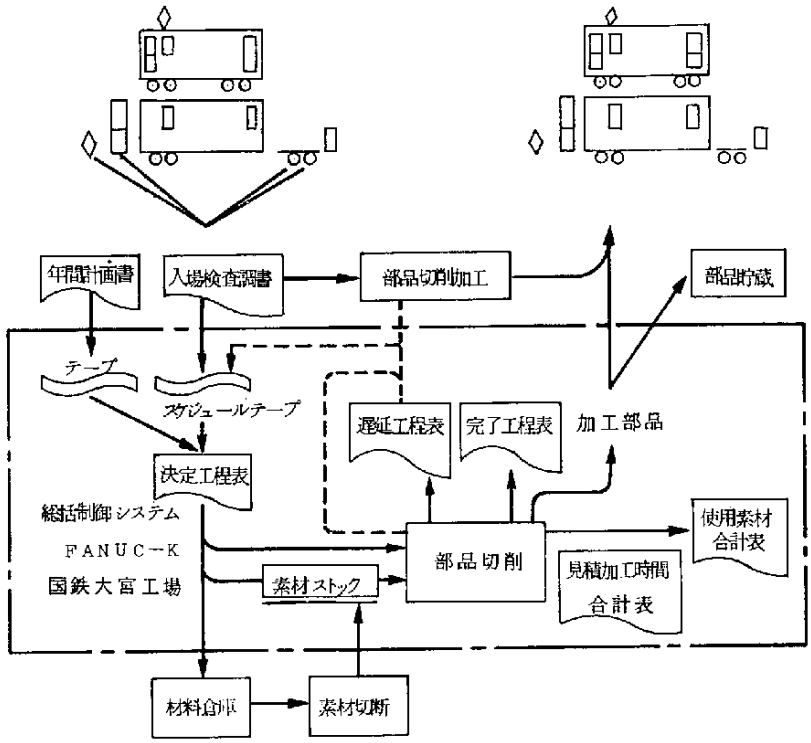


図 2・14　国鉄大宮工場のシステム



プログラム名称	メモリ容量 (KW)	プログラム名称	メモリ容量 (KW)
モニタ	6	マシン・コントロール	6
スケジュールテープ読込み	0.5	各種ユーティリティ	3
決定工程表 作成	1.5	サブルーチン	1.4
完了工程表 作成	0.5	システム・プログラム	6
遅延工程表 作成	0.3	NCアセンブラ	2
使用材料合計表 作成	0.7	データ	32
見積加工時間合計表作成	0.4	部品ファイル	69
部品ファイル 読込み	0.7	合計	130

図２・１５　国鉄大宮工場管理システム

品の切削が終ると，切削部品は自動的に取りはずされ，受皿に入れられる。作業者は工具や切り粉を監視するだけだから，３台の全自動旋盤に対し１人，４台の半自動旋盤に対して２人で，操作・監視している。

iii) 作業後のオフライン業務

加工が終了すると，部品加工の結果から，機械別に「完了工程表」「遅延工程表」がコンピュータによりタイプアウトされ作表される。また，使用した１次素材*については，工作番号ごと，材質ごと，材料径ごと，あるいは形状ごとに，素材の長さを累計し作表される。２次素材**については，工作番号ごとおよび部品番号ごとに切削完了した部品の数量を累計し，作表される。さらに，工作番号ごとあるいは部品番号ごとに，切削した部品の数量と，加工に要した部品の加工時間を累計し作表する。

結局このシステムを要約すると次のようなことがいえよう。

この群管理システム（図２・１５）は，工場の中の１つのショップ***として存在している。このショップが遂行しなければならないことは，要求された部品を必要数納期までに加工することである。いかなる方法で加工するかは，ショップ内の権限とされる。すなわち,どの旋盤で加工するかは，旋盤の能力，１日で加工できる量などを考慮して，ショップ内で人間が決定する。これが決まると，コンピュータにより，優先順位を考慮し，どのような順番で加工したらよいか，どのような素材が必要となるかが決められる。現在のシステムにおいて，工作機械の監視には，まだ人間が必要である。しかしながら，従来の旋盤２０台分の仕事量をこの７台のＮＣ工作機械で加工している。

2.2.4 ＦＡＮＵＣ　システム・Ｔ

富士通東京工場パルスモータの部品加工工程に導入されている群管理システムは，富士通と工作機械メーカ各社が協力して開発したもので，ＦＡＮＵＣシステム・Ｔとよばれている。このシステムは，２・１・２で述べたシステムＢと同じ思想の機器構成となっている。すなわち，ＦＡＮＵＣシステム・Ｔでは各工作機械には簡単な機械制御装置だけを付け，数値制御回路は，中央のコンピュータに集中化されている。この数値制御回路から機械制御装置にパルス信号は時分割で送られ，多数の工作機械は多種類の加工を同時に行なう。

＊　１次素材：丸棒や角棒を所定の長さに切断したもの

＊＊　２次素材：このシステムに供給されるまでに，すでに１次加工を終っている

＊＊＊　ショップ：ジョブショプ（Job−shop）

3. 組立サブシステム

3.1 制御情報の分析

3.1.1 自動化にあたっての問題点

現在機械工業においては，前節で述べたように加工サブシステムの分野では比較的自動化が進んでいるが，組立サブシステムにおいては，あまり自動化は進んではいない。その理由としては加工サブシステムに比べて，組立サブシステムが非常に複雑であるからである。しかし，一部，時計の自動組立機械のように，専用機としての機能を持ち，また，その組立数量が多量であるような企業において独立した1台の機械としての自動化が進められている。組立サブシステムの自動化においては，その管理ルーチンが大きな課題となるであろう。

従来，組立サブシステムの自動化が進められている分野の例としては，少種多量生産のコンベアシステムがあるが，多種少量生産における組立サブシステムの自動化は困難と考えられていた。多種少量生産では設計の変更，多品種生産からくる混合モデルの順序付け，受注生産において標準仕様の維持を行なうなどの技術的な面における困難が内在しているからである。

たとえば，混合モデルの順序付けの問題は，1本の組立ラインで多品種の製品を組立てる場合のように，製品の多様化に応じる対策として生じるものであり，ラインに流す製品の適正な順序を決定する必要があり，オーディオ製品のような，多種小量生産を行なう企業においては必ず発生する問題である。

標準仕様の維持は，製品の多様化や継続的に生ずる製品および設計変更が原因となって標準仕様の作成や修正，さらにそれを常に利用できる状態に整備しておく作業が増大することから要求されるものである。また，ライン・バランシングにおいては高い効率の組立ラインを編成すること自体が困難となっている。

従来，組立サブシステムは変動的な環境に対して，そのシステムが所有している"余裕"によって対処してきたといえる。たとえば，受注生産形態をとる企業の組立サブシステムでの遅れは，作業者の労働意欲の向上による作業効率の増加や残業によって対処し，コンベアにおける組立ラインにおける作業者の欠勤といった変化に対しては予備員をおくという形で対処してきた。また，短期間で組立を行なう製品の変更が行なわれるような組立ラインでは，効率の悪い作業編成に甘んじて組立を行なっていることが往々にしてあった。

これは，組立ラインに配置された作業者全体に対して余分な余裕時間を与えておいて，それによって作業の変動に対処しようとするものであった。

この他にも環境の変化を吸収するための種々の"余裕"が組立サブシステムに見い出される。確かに，それらの"余裕"のある部分は組立作業にとって不可欠であるが，"余裕"のみによって環境の変化を吸収しようとする管理方式に依存しているということには問題があろう。

3.1.2　自動化へのアプローチ

3・1・1で述べている問題を解決するための手始めとして，組立サブシステムのモデル化を試みよう。組立工程は，それぞれ，製品や生産形態によって異なるので，ここでは，一般的な組立工程に適合するような組立サブシステムのモデルについて述べる。

組立サブシステムというマン・マシン・システムは，一般に，生産計画，部品，半製品，労働力といったものを入力とし，製品を出力として持っている。又，その他，設計変更，標準仕様の変更といった入力情報と作業報告のような出力情報を持つ。組立サブシステムは，与えられた生産計画に従って必要な製品を，必要量，要求された品質で，定められた日・時までに最も経済的な方法で生産することを目標とする。

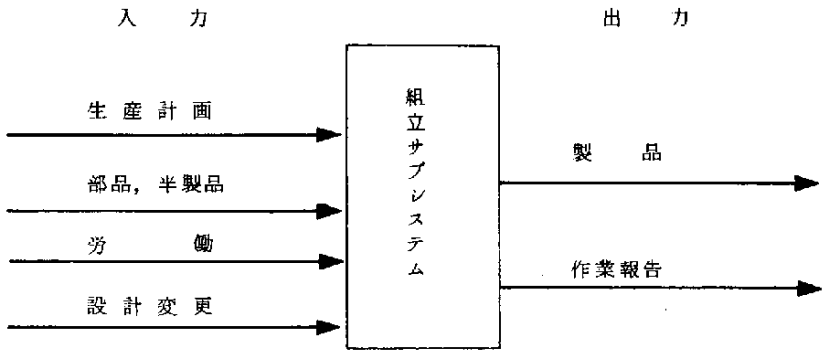


図2・16　組立サブシステム

さて，図2・16に示した組立サブシステムがその業務を達成するためには，次のような構造を持つべきであろう。

すなわち，組立サブシステムは，上位レベルから与えられた生産計画に基づいて，組立ラインへの組立品の順序付け，各組立ラインでの組立品の順序，組立品の割当，組立品のロット・サイズの決定，組立ラインの作業編成の作業等を行ない，また，部品倉庫に対して部品，半製品の出荷指示を与え，さらに組立ラインの日程管理，生産効率の測定および上位レベルへそれらの報告を行なうこと等の作業を管理ルーチンが行なう。

組立工程は，組立管理ルーチンから指示された作業計画に従い，製品の組立を行ない，それを実現するために，与えられた作業編成の修正，作業者への割当て，作業者の訓練，動機付けなどを行ない，また，管理ルーチンに対し組立実績，現有労働力などの報告を行なう。

このような組立システムにおいて，その環境の変化に迅速に適応するために，管理ルーチンの構造をさらに検討する必要がある。すなわち，環境の変化の種類により，適正な管理サイクルを設定し情報処理あるいは意思決定を適正かつ迅速に遂行できるような構造を持たせるように考慮すべきであ

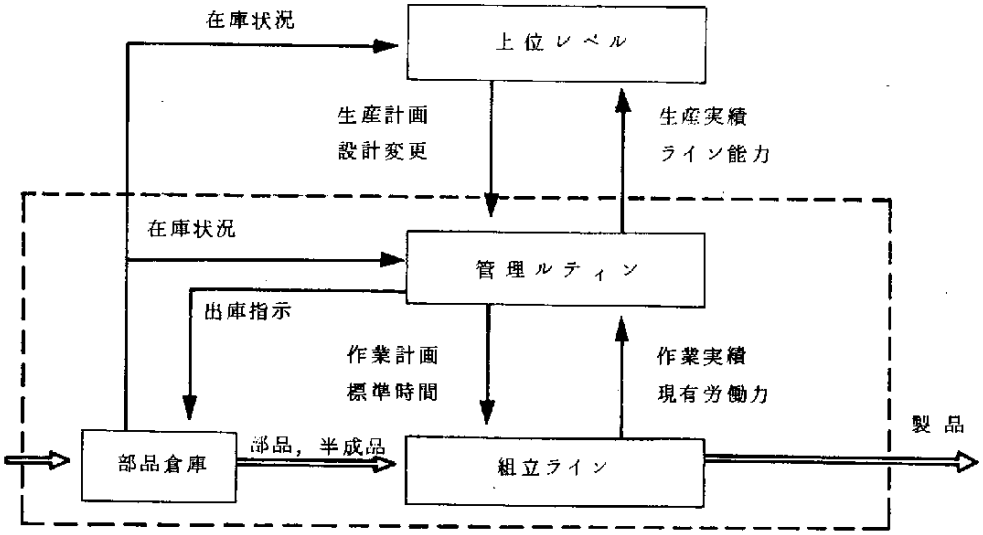


図２・１７　組立システムの概要

る。

すなわち，技術情報の作成，貯蔵，更新及びその利用が迅速に行なえ，これらの情報は組立ラインや部品倉庫にタイムリに伝達し，また，組立ラインや部品倉庫についてのデータを正確に収集し，管理ルーチンにタイムリに伝達するシステムでなければならない。

以上のような，組立の無人化システムの開発を行なっている例として日立製作所の構想がある。ここでは，加工の無人化もあわせて考えている。

3.1.3　自動化への具体的な構想

日立製作所の構想は小型モータ工場を対象とするもので部品の加工から組立そして製品の入庫まで十数種の生産を管理する無人化システムである。ＨＩＤＩＣ５００という制御用コンピュータを用いて，材料の供給，生産，倉庫管理等の仕事を行ない，工作機械，プレス，溶接機からなる加工ライン トランスファ化された自動組立機を備えた，組立，検査工程を持ち，機械間は工業用ロボット，ベルト・コンベアで連結し，完成品は自動包装機を通り，立体無人倉庫に納入される。このように工場を無人化し，月産１０万～１５万台の小型モータを生産しようとしている。これらの機械，ロボットはすべてＨＩＤＩＣ００につながって集中管理される。組立ラインは１本で，多品種を少量ずつ生産することが可能である。というのが開発目標となっている。

以上のようなシステムの開発に着手した背景は加工サブシステムの無人化が相当すすみ，無人化の技術が蓄積されたからであろう。

4. 貯蔵サブシステム

4.1 制御情報の分析

機械工業の生産システムにおける貯蔵サブシステムでは，どのようなものを扱い，どのような情報がどう流れていくかに観点をおいて考察をしてみる。

機械工業の生産体制は，受注生産がほとんどであり，貯蔵サブシステムが在庫として貯えておく物は，完成製品よりもむしろ原材料，部品，半製品といった物が大部分である。この貯蔵サブシステムは，加工サブシステムや組立サブシステムから要求された原材料や部品を，適正かつ迅速に，そのシステムに供給できる機能を備えていなければならない。

最近，この機能を備え，無人化した貯蔵サブシステムとして，自動倉庫というものが出現した。自動倉庫は，入庫情報がくるとコンピュータの制御により入出庫動作が開始され，自動的に倉庫内に物が格納されるか，倉庫より出庫される。このような自動倉庫では制御情報システムの観点から見た場合，閉ループを持つこと，ルーチン化された作業や意思決定の自動化などがほとんど望ましい形で行なわれていると考えてよい。このような考えにもとずいて稼動中のいくつかの自動倉庫について，情報の流れ，物の流れを中心に調査したので，その概要を述べることにする。調査した自動倉庫は，学研平和島自動倉庫とトヨタ自販の春日工場第3倉庫である。

4.2　自動倉庫の実施例

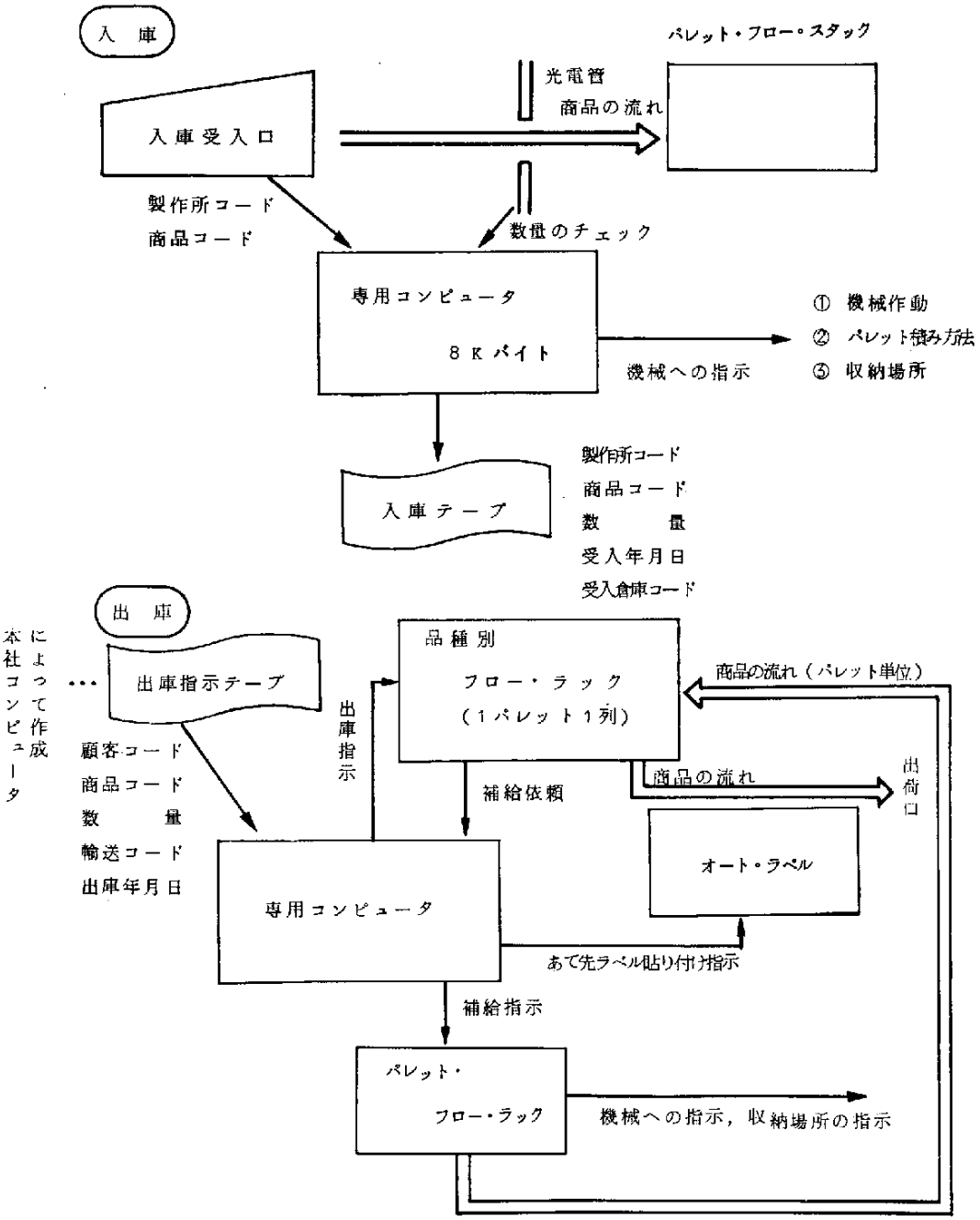
4.2.1　雑誌の自動倉庫

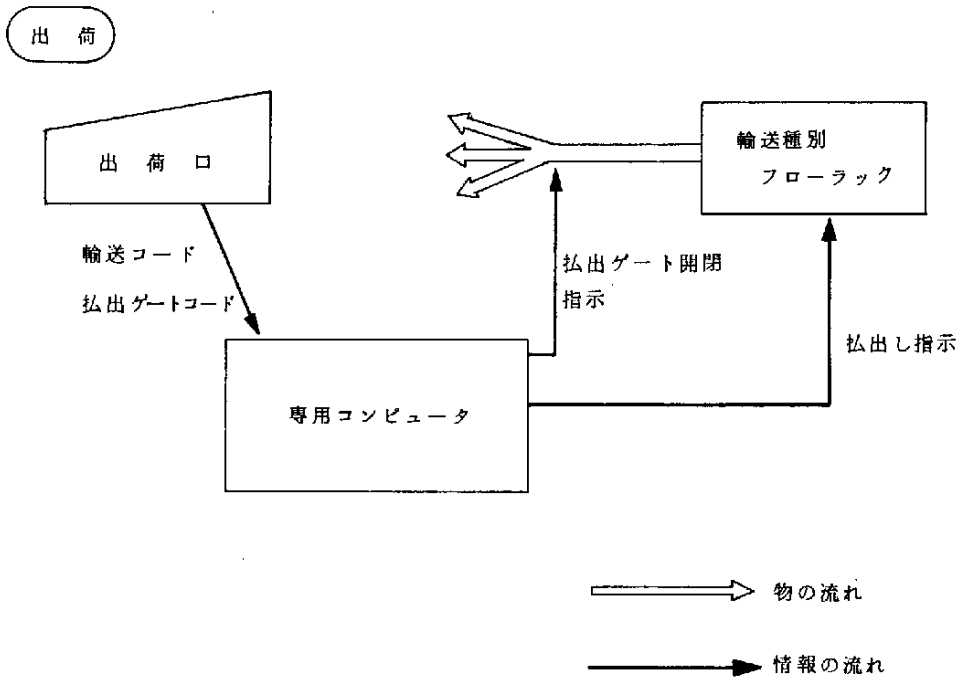
学習研究社（学研）が毎月取り扱っている月刊雑誌は３６種類６００万部である。月刊雑誌の発送は，その商品の性格上，短期間（毎月１０日と１５日などの発売日の数日間）で６００万部もの多量の物量を処理しなければならない。幸いなことに，雑誌は３６種類と種類は少く，それぞれの種類の雑誌とも重量，形状はほぼ一定である。そこで，この多量の雑誌を短期間でさばくため，自動的に入庫，格納，出庫を行なうシステムを開発し，これを学研フロー・プラント・システムと呼んでいる。このシステムでは，各機器の制御，モニタリング用に８Ｋバイトの専用コンピュータが設置されている。この専用コンピュータを中心に，入庫検収，包装，パレットの積み降ろし，ラベルの貼り付けなどの処理を自動的に行なう機器が構成されている。それらの機器は専用コンピュータの制御の下で稼動する。また，これらの機器間も専用コンピュータの制御で動くコンベアによって結びつけられている。このシステムの機器構成は次の通りである。

シュリンク包装機	3　基
パレタイザ	1　基
デパレタイザ	1　基
入出庫スタッカ・クレーン	3　台
パレット・フロー・ラック（８００パレット収容可能）	
品種別フロー・ラック（７６８０個収容可能）	
輸送種別フロー・ラック（３８４０個収容可能）	
オート・ラベラ	4　台

また，このシステムでの雑誌の入庫，出庫，出荷における物，情報の流れは図２・１８の通りである。

図２・１８ 自動倉庫における物，情報の流れ





4.2.2　自動車部品の自動倉庫

トヨタ自販における部品登録点数は１８万点，在庫点数８万４千点，在庫金額９８億円，在庫月数は平均３ヶ月となっている。注文は２７０の国内データと１２５の海外データから受け，午後4時にその日の受注を〆切っている。それらの注文をテレックス，電話，郵便などで受け，受注情報として本社のＩＢＭ３６０－５０でコンピュータ処理し，翌朝，倉庫ではそのオーダ・シートに従って出荷システムを管理している。注文は，定期オーダと随時オーダがあるが，後者は４８時間以内にその９９％を処理している。

４１年8月に完成した，この立体倉庫は，コンピュータでロケーションごとに部品を管理し，ラックマスタで搬送やピッキングの効率を高めている。

補給部品配送システムは図２・２０で示す。また，高層自動化倉庫の設備概要は表２・３のとおりである。

図２・２０の補給部品管理システムは次のようになっている。各地のデータから注文がテレックス，郵便，電話などで本社に送られてくるが，これを本社側のコンピュータで処理し，出荷指令のかたちで部品倉庫側のコンピュータが受けとる。部品倉庫側のコンピュータは，管理している物と注文の照合を行なうと同時に，最短時間で出荷できるよう作業スケジュールを立て，そのスケジュールにしたがってラック・マスタが自動的に運転される。棚から物を取り出す作業そのものは，人が取り出すほかないので，確認の意味で次工程の集約梱包作業を考慮し出庫ラベルが発行されている。出庫ラ

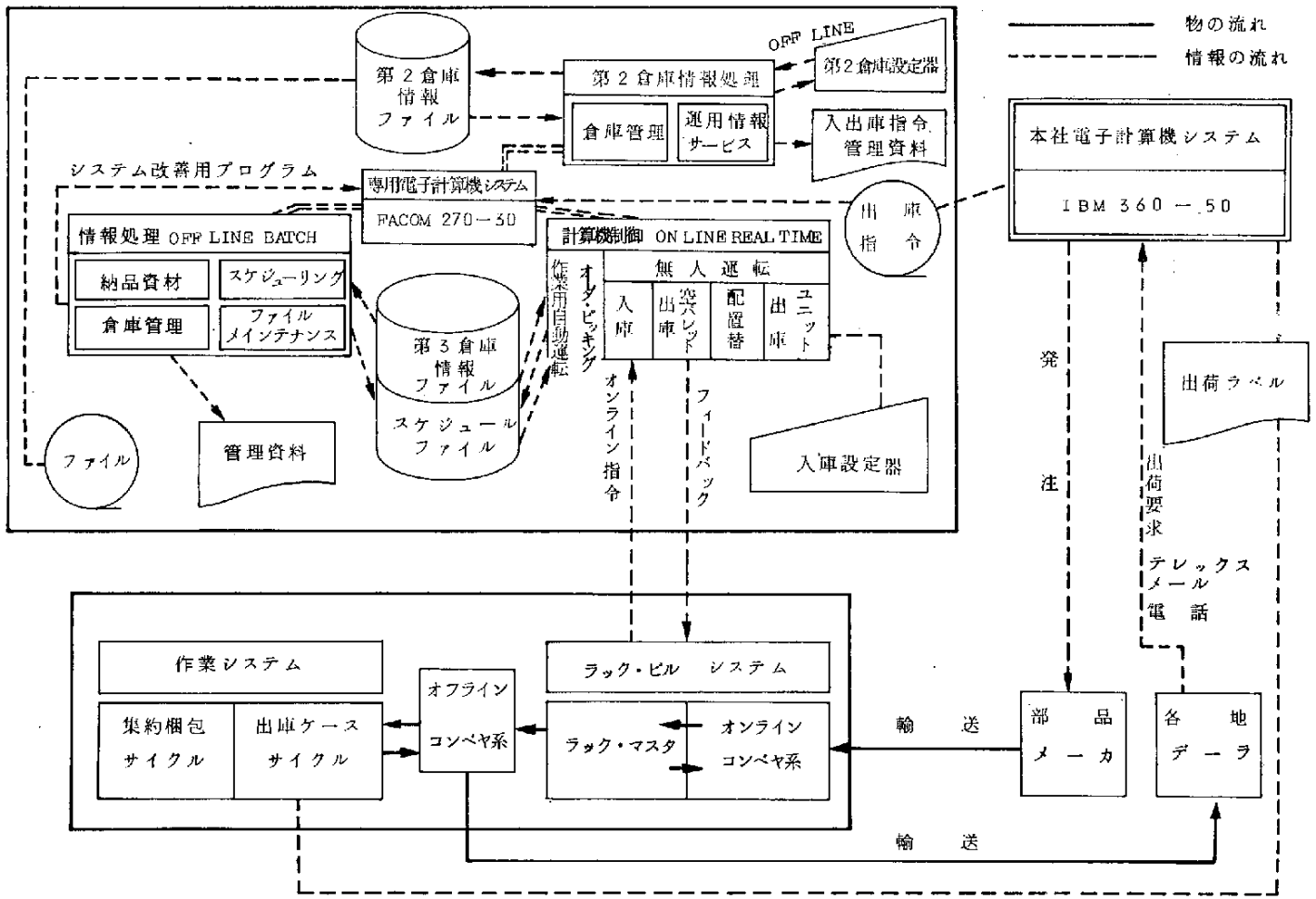


図２・２０　補給部管理システムフローチャート

1.	ラック・ビル	
	収容パレット数	13,570P
	フリー・ロケーション	7,130P
	フイックスド・ロケーション	6,440P
	パレット	1240W×950L×1200H×500Kg
2.	ラック・マスタ	
	設置台数	11台（予備1台）
	コントロール方式	コンピュータ・コントロール
	走行速度	84×42×5m/min
	バケット搬出トレエレベータ	17m/min
3.	トラバーサ	
	設置台数	1台
	走行速度	20×1m/min
4.	パレット搬送コンベヤ系	
	コンベヤ全長	450m
	搬送タクト	30sec
5.	中小物搬送コンベヤ系	
	ローラコンベヤ，ベルトコンベヤ全長	2940m
	エンクロベヤ全長	180m
6.	情報処理システム	
	計算機	FMCOM270-30 16KW
	内蔵磁気ドラム	262KW
	外部磁気ドラム	262KW
	磁気テープ読取装置	1台
	ファコムライタ	2台
	紙テープ読取装置	1台
	紙テープせん孔装置	1台
	ラインプリンタ装置	1台
	リアルタイム制御装置	1式
	入庫設定器	3台（予備1台）
	I／O機器切換	1式
7.	自動封函機	
	設置台数	2台
	処理能力	300ケース／H台
8.	自動計量器	
	設置台数	1台
	処理能力	180ケース／H台
9.	構内通信設備	
	設備監視用テレビ	1式
	有線放送設備	1式
	自動電話設備	1式
	BGM放送設備	1式
10.	動力用エヤー源	
	コンプレッサ	22KW×2台
	配管	1式

表2・3　設備概要

ベルは１つの注文について１枚発行されており，直接とり出した物に添付される。一方，部品メーカから入荷してくるパレットは，入荷コンベア上にいったん格納され，部品番号の入力により自動的に入庫作業を行なう。パレットの自動入庫は昼休みに，また午後の入庫はオーダ・ピッキング終了後に行なわれる。オーダ・ピンキングによってラック・ビル外に搬出されたものは，自動仕分けコンベアによってデーラごとの仕分けが集約場で行なわれる。集約場には，デーラ別・オーダ別（緊急注文，定期注文などの区別）に集約リストが発行されており，出庫されてきた物に添付されているラベルと照合して出荷のカートン・ケースに納める。したがって，ピッキングのミスがあっても最終的に集約される段階で修正される。

3章　制御情報のためのコンピュータ・システム

1. コンピュータ・システムのあり方

2. 電力におけるコンピュータ・システム
   2.1　系統制御のためのコンピュータ・システム
   2.2　変電所制御のためのコンピュータ・システム

3. 鉄鋼業におけるコンピュータ・システム

4. プラント・メーカにおけるコンピュータ・システム

5. 制御情報システムにおけるミニコンピュータ

1. コンピュータ・システムのあり方

階層構造の制御情報システムを運用するという面から，コンピュータ・システムのあり方を考察する必要がある。中央に設置した１台の大形コンピュータで，すべての処理を行なおうとする集中処理方式のコンピュータ・システムでは，制御情報システムが大きくなるにつれて，単に中央のコンピュータシステムが大きくなるという難点ばかりではなく，たった１台のコンピュータ，もしくは，その周辺機器の１部がダウンした場合でも，生産システム全体の機能を停止してしまうという信頼性の問題も考慮に入れなければならない。コンピュータや周辺機器の信頼性は，年々高まってゆくことが予想されるが，コンピュータのダウンが，企業のすべての機能を停止してしまうという波及力を考えると，１機器の信頼性に，生産システム全体を託するのは当然問題である。現状では，コンピュータ・システムの信頼性を高めるための手段として，デュアル・システムとかデュプレックス・システムが採用されているけれども，制御情報システムの拡大にともなって経済的に不利になることはまぬがれない。

また，制御情報システムは，本来，各レベルで発生するデータを，データの有効な間にうまく利用するということが前提になっているので，中央の大形コンピュータですべてを処理するシステム構成では，単に，経済性に問題があるというばかりでなく，制御情報システムが拡大した場合には，たとえ，超大形，超高速のコンピュータでも管理サイクル内にデータを処理できないという難点も考えられる。

そこで，制御情報システムの運用にあたっては，コンピュータにも，管理体制の階層化と同様の概念を導入することが必要であろう。すなわち，生産システムの各レベルに対して，それぞれの業務に適合した規模のコンピュータを設置し，各コンピュータが独立して働くことができ，しかも，各レベルのコンピュータが互いにオンラインで情報を自由に交換できるようにしておけば，万一，あるレベルのコンピュータが停止した場合でも，他のレベルのコンピュータには影響をおよぼさないばかりでなく，必要とあらば，積極的にシステム全体の最低機能を保持するために，停止したコンピュータの業務を代行させることも可能となる。

制御情報のためのコンピュータ・システムを考える時には，超大形コンピュータよりもむしろ小形コンピュータ，あるいは，ミニコンピュータを利用することが重要な課題となろう。

ミニコンピュータを階層構造にシステム化して，大形コンピュータと同様の機能を発揮させることができれば，経済的にすぐれているばかりでなく，ミニコンピュータ単体の取り扱いは大へん手軽で柔軟性に富んでいるので，生産システムの各レベルで制御情報を有効に処理するのに最適といえよう。生産システムでは，各レベルで機能の追加，更新が頻繁に行なわれるものであるから，これに対処できるコンピュータ・システムの実現は，制御情報システムの設計にあたっては，必須の条件と考えるべきである。このような見地から，階層構造のコンピュータシステムに関する研究・開発は，ハードウェア，ソフトウェア両面について積極的に進められるべきであろ

制御情報のためのコンピュータ・システムは，制御対象の相異によって多種多様の形態をとるものと考えられる。そこで，電力事業，鉄鋼業およびプラント・メーカのコンピュータ・システムの現状を考察して，今後の研究に役立てようとしたのである。

2. 電力系統におけるコンピュータ・システム

電力系統は，人間の創造した最大の工学システムの一つであるといわれており，その制御・運用にあたってコンピュータがさまざまな形で利用されている。2.1節では電力系統の果すべき目標，すなわち，電力のサービス・クオリティの高度化（電圧・周波数の規定値保護，供給支障量の低減化）および経済的な運用という目的を達成するために必要な制御システムの機能を簡単に紹介し，このために必要となるコンピュータ・システムの構成および具体的な処理内容を述べる。また，2.2節では電力系統の1サブシステムである変電所の制御についても述べる。

2.1 系統制御のためのコンピュータ・システム

i）電力系統におけるコンピュータ・システムの果すべき機能

電力系統の適切な運用に要求される制御機能はつぎのように分類される。

(a) 自動監視・表示機能

これは電力系統における環境の変化や，電力系統の運用制御状態を監視し，あらかじめ定められた規定値もしくは想定値から著しく違反する場合は運用者にその状況を表示するとともに，次項(b)の論理判断機能を作動させるものである。監視の項目としては，負荷需要，出水，周波数，系統電圧，連系線潮流（隣接した他の電力系統(b)の電力の流れ），変圧器および線路の電力，発電機出力，しゃ断器の開閉状況など電力系統そのものの状態ばかりでなく，電力系統に影響をおよぼす気象条件（発雷，降雪，台風，照度，温度，湿度）などについても十分監視し，さらに制御システムの動作状況，例えば情報伝送装置，周波数制御装置などについても十分の監視が必要である。監視結果は，ＣＲＴディスプレイ，スクリーン・ディスプレイ，Ｘ－Ｙプロッタなどにより表示され，人間とコンピュータの間で気軽に情報交換できるように人間工学的な配慮がなされている。

(b) 論理判断機能

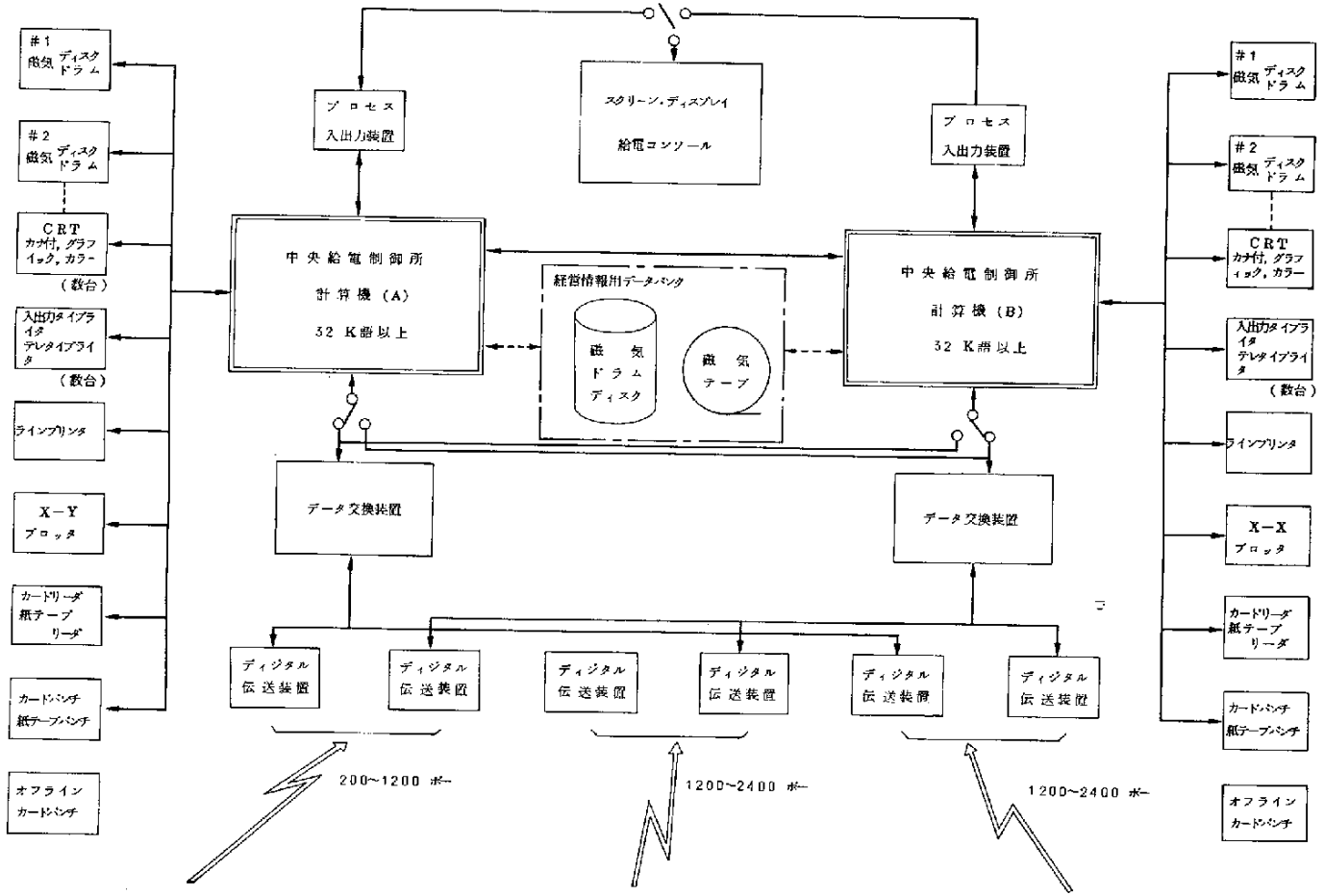
監視結果に応じて最適制御，適応制御，直接制御に関する論理判断を行ない制御指令を出すものである。

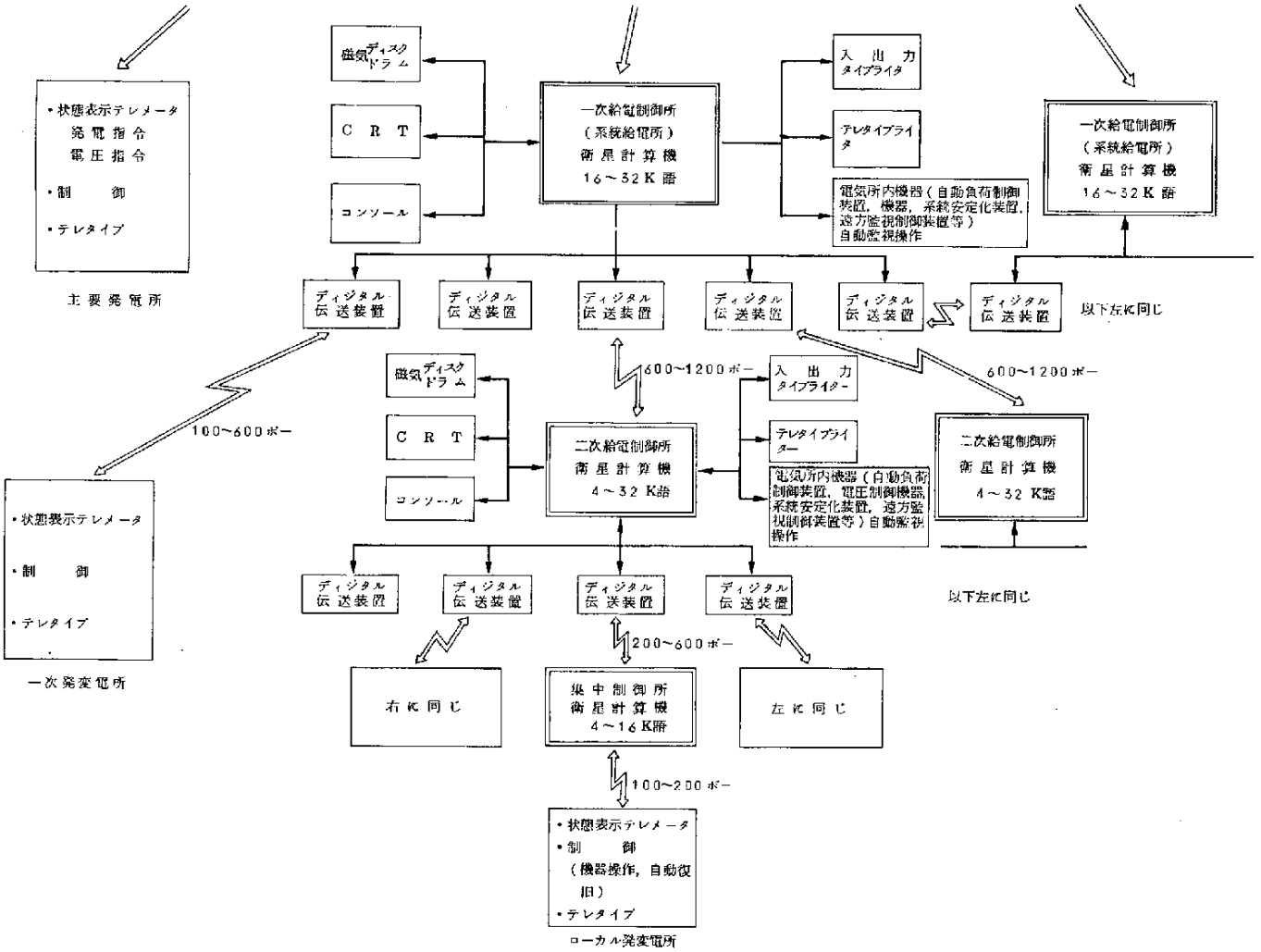
最適制御および適応制御の論理判断は一般に複雑で，計算時間も長くかかるが，いっぽう，直接制御の論理判断は短時間でしかも緊急を要するものが多い。

(c) 自動制御機能

論理判断結果にもとづいて制御をおこなうもので，その指令は情報伝送装置を通じて制御機器に伝達される。

図３．１　電力系統の自動給電システムの構成




・状態表示テレメータ
発電指令
電圧指令
・制御
・テレタイプ
主要発電所
磁気ディスクドラム
CRT
コンソール
一次給電制御所
（系統給電所）
衛星計算機
16～32K語
入出力
タイプライタ
テレタイプライタ
電気所内機器（自動負荷制御装置，機器，系統安定化装置，遠方監視制御装置等）
自動監視操作
一次給電制御所
（系統給電所）
衛星計算機
16～32K語
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
以下左に同じ
600～1200ボー
600～1200ボー
100～600ボー
磁気ディスクドラム
CRT
コンソール
二次給電制御所
衛星計算機
4～32K語
入出力
タイプライター
テレタイプライター
電気所内機器（自動負荷制御装置，電圧制御機器，系統安定化装置，遠方監視制御装置等）自動監視操作
二次給電制御所
衛星計算機
4～32K語
以下左に同じ
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
ディジタル伝送装置
・状態表示テレメータ
・制御
・テレタイプ
一次発変電所
200～600ボー
右に同じ
集中制御所
衛星計算機
4～16K語
左に同じ
100～200ボー
・状態表示テレメータ
・制御
（機器操作，自動復旧）
・テレタイプ
ローカル発変電所

(d) 情報処理機能

系統の状態を一定時間ごとに記録したり，給電操作に応じて指令を記録したり，あるいはまた，負荷の変化や貯水池水位の推移などといった瞬時瞬時の制御に必要な情報を得るとか，日々の運用計画，将来の系統拡張計画に必要な情報を作るために，時々刻々のデータを処理，分類するものである。

(e) 情報伝送機能

制御指令を遠隔地へ伝達したり，必要な情報を上位レベルから下位レベルへ伝達するものである。

ii）コンピュータ・システムの例

i）で述べた機能を果すため，電力系統のコンピュータ・システムは図 3 ・ 1に示すような階層構造をとっている。

すなわち，階層のトップレベルである中央給電制御所には，通常，デュアルあるいはデュプレックス結合された３２K語程度の制御用コンピュータがおかれている。この制御用コンピュータは経営情報用のデータバンクにも結合されている。

このレベルの下位には支店単位に１次給電制御所の衛星制御コンピュータ（１０～３２K語）がおかれている。これらの衛星制御コンピュータは中央給電制御所のコンピュータと，１２００～２４００〔ボー：baud〕の伝送チャンネルで結ばれている。

さらにこの下位のレベルには，変電所単位に２次給電制御所の衛星コンピュータ（4～３２K語）がおかれており，６００～１２００〔ボー〕の伝送チャンネルで支店単位の衛星制御コンピュータと結ばれている。最下位のレベルには通常集中制御所があり直接電気所を制御する。

iii）各レベルにおける情報処理および制御の内容

図 3 ・ 2は，前項 ii）で述べた階層化コンピュータ・コントロール・システムで実際におこなわれている業務の内容の概要を示す。

すなわち，この図の縦方向には時間の流れを示し，週間，月間の運用計画，前日におけるスケジュール計算および当日のオンライン制御計算の内容を示す。いっぽう，横方向にはそれぞれの仕事がどのレベルでなされているか，またレベル間にどのような情報のやりとりがおこなわれているかを示す。この図を概観することによって階層システムでは，不必要なデータをセントラル・データ・ベースにあつめることなくローカルに処理できるものはそのレベルで処理し，また意思決定の必要なサイクルにしたがって各レベルのコンピュータをうまく利用していることが推察されよう。

2.2 変電所制御のためのコンピュータ・システム

(i) 変電所の概要

電力の発生から需要家へ至るまでの経路は発電所，送電線，変電所，配電線の組合せであって，これを総称して電力系統といっている。送電線の電圧は経済的な理由などから，非常に高い電圧，

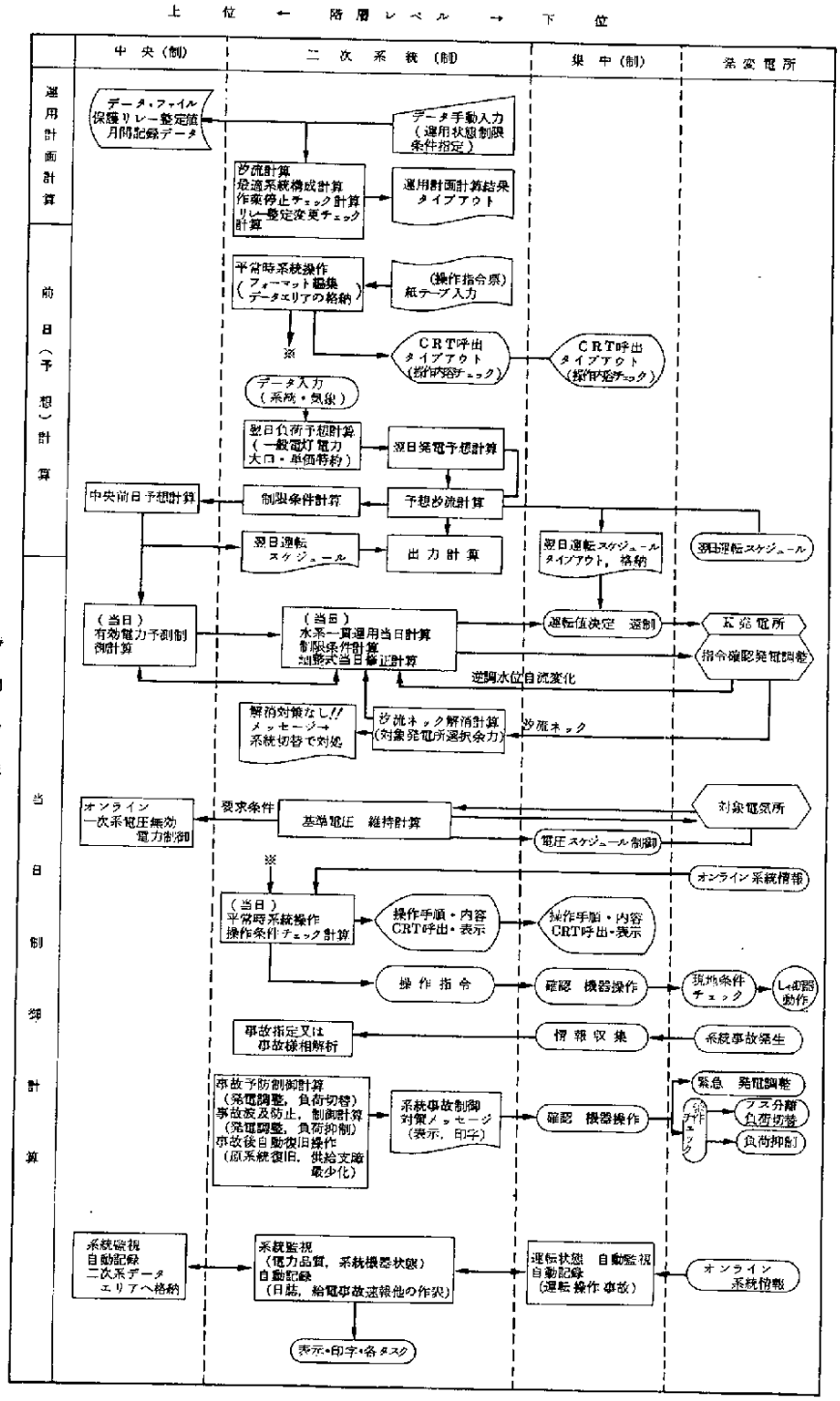


図5．2　各レベルにおける仕事の内容とレベル間の情報の流れ

たとえば275 KV，154KV，66KVなどが使われている。一方，一般の需要家に配電される電圧は200V，100Vの低圧が普通である。また発電所の発電機の端子電圧は絶縁などの制約から6～15KVが使われている。そのため電力系統において変電所は，電圧を上げたり，下げたりして，発電された電圧をもっとも合理的にかつ安全に需要家に分配するという役割を果している。

(ii) 変電所の役目

変電所の第1目的は上で述べたような電圧の変換にあり，それは変圧器で行なわれる。その外の役目として，電気の質を維持し，設備を保全するために，電圧調整，電力潮流の調整ならびに送配電線の運転停止（系統操作），保護を行なうことが多い。また需要運用のために時々刻々と変化する負荷を観測するモニタリングも重要な業務となっている。

電圧調整は負荷が重いときと軽いときで，線路の電圧降下が異り，需要家への供給電圧が変動するので，これが常に満足な範囲に入っているよう調整することで，そのための設備としては同期調相機，電力用コンデンサ，分路リアクトル，変圧器タップ，負荷時電圧調整器などがある。

電力潮流の調整は，電力系統を構成する各設備の過負荷を防いだり，送電損失を減少させたり，電圧を一定に調整するため，さらには，設備が事故となったとき他のルートにより電力を供給するなどの目的で，電力系統の各部を流れる有効電力と無効電力を調整することである。

(iii) コンピュータが果すべき役割

多くの新しい発電所においては，オンライン・コンピュータにより，データ収録，監視，状態記録，発電機の起動もしくは停止，あるいは発電効率の最適化等がはかられている。これらのコンピュータの性能はともかくとして，その必要性は十分認められており，警報監視などある種の機能については，他の装置で代用することはとても考えられないところまできている。とくに原子炉とかその関連するボイラ，タービンなどの監視には，相当なコストは掛るが，もしコンピュータがなかったらほかの方法ではとてもできないものである。

また電力系統の制御の分野でも，ディスプレイのためにオンライン・コンピュータを使う場合や，系統運用者の負荷予測，潮流計算，経済的負荷配分，短絡容量計算，系統の信頼度チェックなどにコンピュータをオフラインで使う場合でもすでにほとんど確立されている。

それにも拘らず，これらの中間点ともいうべき送変電の分野でのコンピュータの応用は立遅れの感がある。

一般に変電所において必要な機能は 表 3 ． 1に示すように速度と信頼性である。現在速度の点は技術的にほとんど解決されているが，信頼性とコストが残された問題となっている。

この表 3 ． 1に示された機能をコンピュータで実施するための研究が各方面で進められている。

表 3 ． 1の機能の中で1.データの記録，2.情報の表示，3.監視制御とインタロック，5.警報の解析と記録はすでに発電所などで採用されており，技術的に困難な問題はないといわれている。これら以外の機能が変電所特有のものであるが，内外において種々採用が試みられている。このあと述べる英国の事例はその内4，6，7までをカバーするものであり，わが国で進められているも

のもほぼ同様のものである。機能8，9番のコンピュータによる実施はまだ実現はしていないが，各方面で研究が進められているのが現状である。

表３・１　　変電所機器の機能

機　　能	速　　度	信　頼　度
1. データの記録	任　　意	△
2. 情報の表示	変動後１秒以内	△
3. 監視制御とインタロック	指令後１～２秒以内	□
4. 電圧，無効電力調整	駆動後0.5～１秒	□
5. 警報の解析と記録	駆動後0.5秒	○
6. 非常時の負荷制御	0.1～0.5秒	○
7. 故障除去後の系統操作	0.1～１５秒	○
8. バックアップ保護	0.1～0.2秒	◎
9. 第１段の事故検出	出来るだけ早く	◎

注：信頼度　◎　最重要
　　○　重要
　　□　やや重要
　　△　普通

(iv)　コンピュータ・システムの事例

英国ミドランド電気局ではそのバーミンガム地区にある１３の $^{33}/_{11}$KV変電所と１つの $^{132}/_{11}$KV変電所（制御されるしゃ断器は１５０台）を対象にコンピュータによるオンライン制御を行なっている。その主な目的は，事故時に変電所のしゃ断器の開閉操作を自動的に行なうことと，系統の各種表示をブラウン管（ＣＲＴ）上で行なうことにある。制御デスクは，４個の１７インチ形ＣＲＴにより表示される。

使用コンピュータは Marconi Myriad Ⅱ と呼ばれるリアルタイム・オンライン・コントロール用のミニコンピュータでコアメモリは，２４ビット，１６K語である。現在は１台のみが使用されているが，システムに要求される高信頼度に対処するため，将来は１台増設する予定である。コンピュータと周辺機器の間は多心ケーブルで結ばれ，データ・ハイウェイ・システムを形成している。コントロールセンターと各変電所の間は専用の表示線（１０００ボー）で結ばれ，時分割マルチプレックス方式で情報が処理される。常時は各変電所の諸情報を約１５分間隔で走査するが，異常時には，その検出と表示を５秒以内にできるよう割込みがなされる。

CRTである変電所の状態が表示されるとき，しゃ断器の開閉状況，それが接続されている母線，電圧と電流，リクローザ，高感度接地継電器等の状態が示される。

ある変電所に異状が発生すると，警報と共にその変電所名が表示され，その変電所の結線図，警報

の内容，異常の発生している機器が表示される。変電所の任意のしゃ断器は制御ディスクのキーボードにより呼び出され，ディスクから遠隔開閉操作を行なうことができる。

系統の表示は２段階のハイアラーキ構造となっている。第１レベルの表示は連系された系統と関連のしゃ断器や油入開閉器のみが表示され，大容量負荷の操作を迅速に行なうのに適しており，系統表示が単純化されているため，大局的な認識と正確な判断を可能にしている。

第２レベルの表示は関連の全回路とそれにつながる変電所に設置されている諸機器の詳細が表示される。表には変電所機器の定格，保護設定値等が表示される。これは系統保護，系統操作をするのに便利である。

つぎに,コンピュータにより変電所の二次側電圧を３％ステップで２段階まで制御できるようになっている。

データの保存はプリンタで行なわれ，定常的な主要データの記録，事故時には，警報の種類，事故でトリップした回路，遠隔制御した操作の内容等が印刷される。

最後にこの場合の主目的である，しゃ断器の開閉操作の自動化があげられる。ある変圧器が故障すると，直前の走査データをもとに，最新の負荷パターンを認識し，できるだけ供給停止のおこらないよう，負荷を健全な変圧器にふりわけ，それに応じたしゃ断器の開閉操作が行なわれる。能力としては系統で４台までの変圧器が故障したときに，３０秒以内に供給が再開出来るよう設計されている。この場合の開閉操作は３２回程度に達する。このシステムは１９６７年に建設にかかり，１９７０年にスタートを開始している。

(v) コンピュータ制御の将来

現在コンピュータが行なっている変電所の機能は前記表３・１の７番までで，信頼性の面で最も重要な機能である８番のバックアップ保護と９番の第１段の事故検出は保護リレーによって行なわれている。しかし最近，変電所の機器や母線，変電所から出る送電線の短絡事故，地絡事故を検出し，その場所を標定する仕事までもコンピュータでやらせようという研究が進められている。そのためには多くの解決すべき問題，コンピュータの信頼度，速度の点など問題点もあるが，コンピュータに変電所の保護継電機能を行なわせる可能性は十分あるといわれている。

コンピュータを使った場合の利点をあげれば，

① 現在のリレーにくらべ，誤動作の心配が少なくなり，迅速なトリップが可能になる。

② 普段，リレーは静止しているが，コンピュータのハードウェアは常時働いているので信頼度が上がる。

③ データ収集や制御のような保護以外の機能と共用できるので経済的である。

他方考えられる問題点としては次のようなものがある。

① プログラミング作業に膨大な人力が要る。

② 要求される入力としての交流電流，電圧を0.5ｍ秒程度以内毎にディジタル量に変換しなければならない。

③ 事故に対応するために，高速計算が要求される。

④ 不要なしゃ断器トリップを抑えるには，プログラムおよびA－D変換技術のより一層の開発努力が必要である。

以上，系統制御の面でも，また変電所単位制御でも，いずれの段階でもコンピュータの階層化が顕著であり，理想に近い構成が実現しつつあるように思われる。

3. 鉄鋼業におけるコンピュータ・システム

鉄鋼業の特徴は，膨大な量の生産を多数の工程をへて行なう，大形装置工業ということである。1製鉄所あたり，年間５００万t～１２００万tの鉄を生産するといわれており，その間には，多数の高温度操作を繰り返す高度の技術を必要としている。また，鉄鋼業は，受注生産形の企業であり，５割～８割の生産が受注で生産されるといわれており，製品仕様が複雑でかつ多様化しているのも特徴である。

高炉や転炉の段階のように，原料に近い工程では，大量生産が行なわれるが，製品に近くなればなるほど，仕様が細分化され，いわば１品１品の製品仕様が異なる，多種少量生産へと移っていく。このように大量生産から，多種少量生産へと移行する製造工程をうまくコンピュータ制御することが，鉄鋼業に課せられた重要な課題といえる。このような生産形態をもった鉄鋼業の管理と制御にコンピュータを導入すると，連続生産による省力化とか，安定運転による良質製品の生産，歩留および操業能率の向上といった効果が期待されよう。この見地から，事例として現存のコンピュータ・システムを紹介する。

ｉ）住友金属工業鹿島製鉄所におけるコンピュータ・システム

鹿島製鉄所は，最初からコンピュータを利用して生産を行なうという考えのもとに，生産プラントの設計が行なわれたことで知られている。工場管理のためのコンピュータ・システムは，１０台の事務管理用コンピュータと１２台のプロセス制御コンピュータからなっており，その上位に製鉄所全体のエネルギ管理を行なうコンピュータが連結されている。鹿島製鉄所のコンピュータは，①最少人員による操業，②管理の敏速，効率化，③コスト最少，④需要家へのサービス向上，といった目標のもとに作られており，当然，階層構造となっていることはいうまでもない。図３．３は，コンピュータ・システムの基本構成を示す。このコンピュータ・システムは，事務処理用コンピュータが3段階に配置され，その下位に各製造工程に密着した形でプロセス制御コンピュータが配置されている。ここで，最上位（第4レベル）のコンピュータは１台であり，総合計画すなわち，受注の処理，月，週，日単位の生産計画，ロット編成，および出荷計画などの業務をオフラインで行なっている。第３レベルのコンピュータは大分類された工程に対する日程計画，進捗管理，工程計画などを行ない，第２レベルのコンピュータとはオンラインで結ばれている。第２レベルはプロセス制御コンピュータと直結し，作業指示，変更，振り当て変更，実績データ収集などの業務をなう。

最下位（第１レベル）の制御コンピュータは実際の製造工程の操作指示を行なう。

図３．４は,製鋼，分塊，厚板工程における階層的な情報の流れを示す。

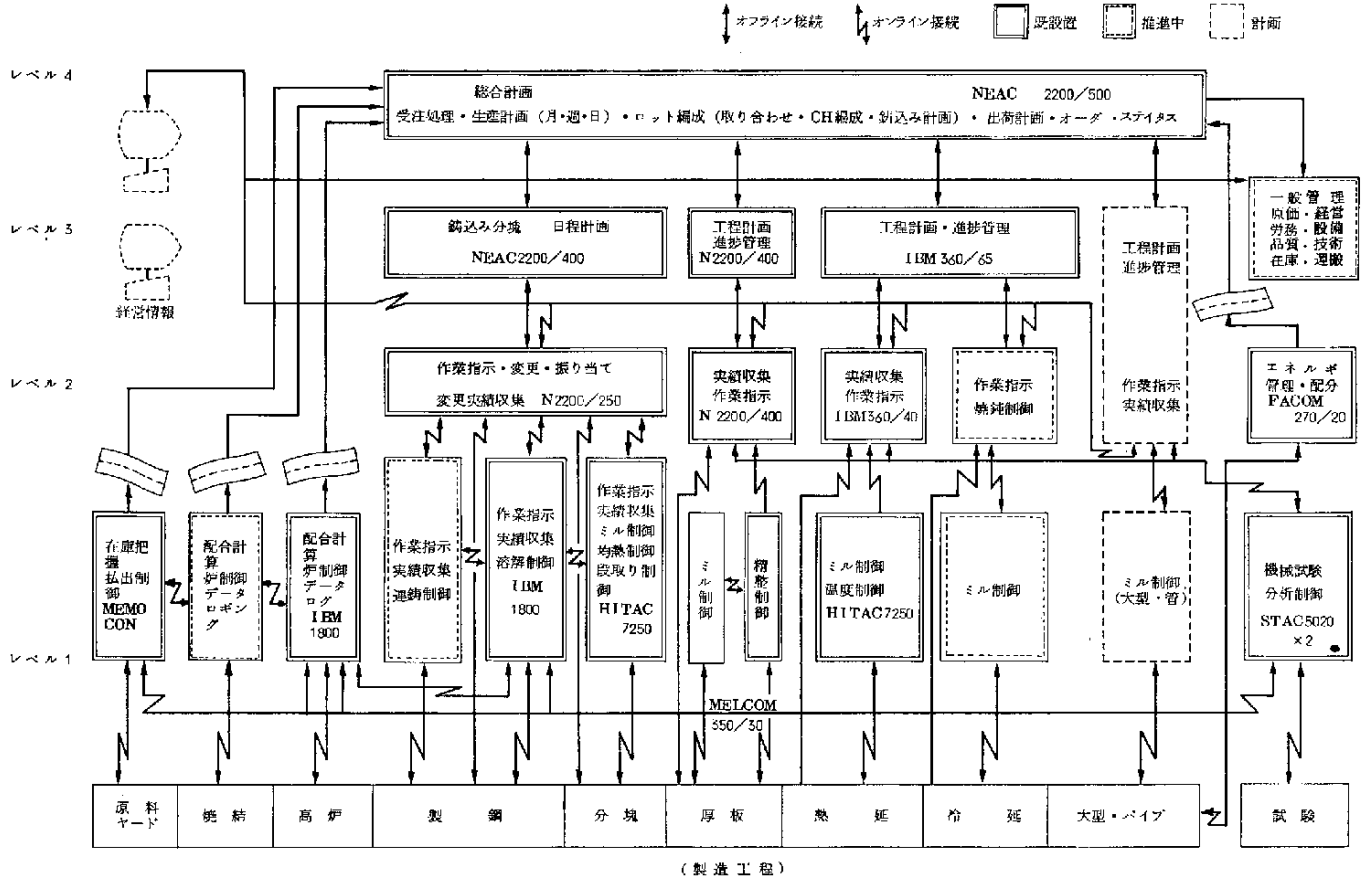


図 3．3　鹿島製鉄所総合管理システム（TOPS）構成図

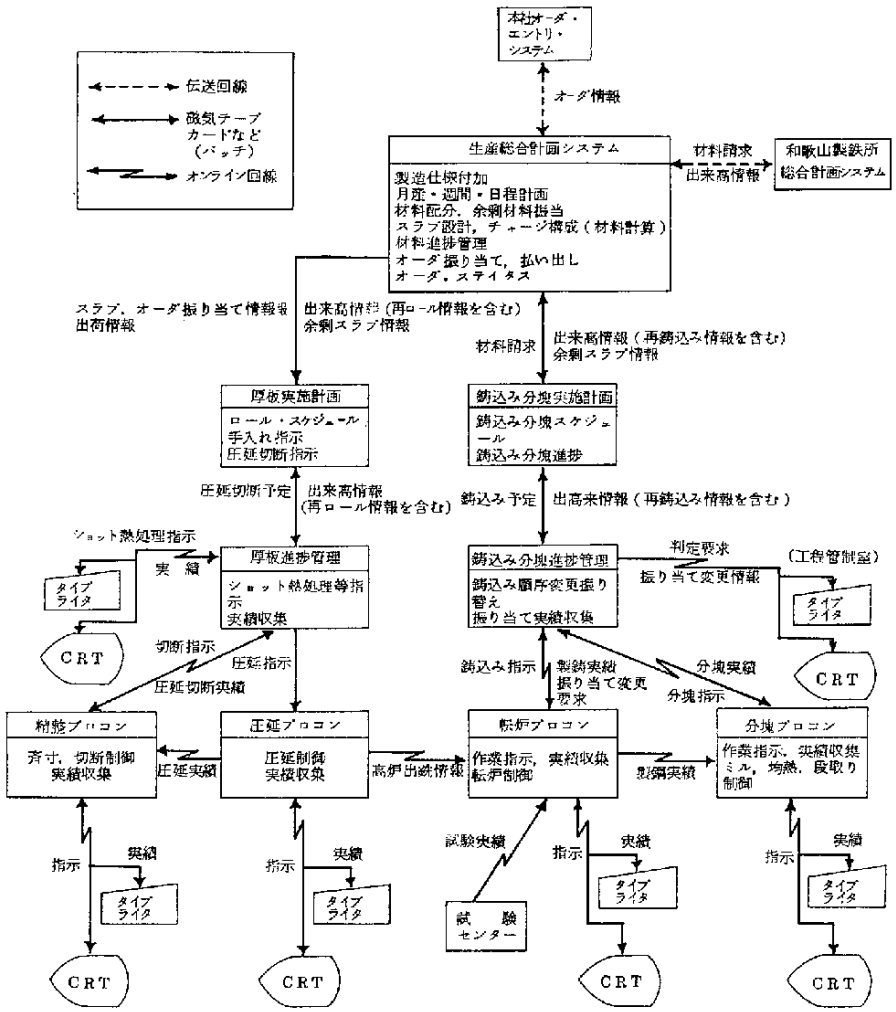


図 3 . 4　　製鋼 — 分塊 — 厚板システムの例

ii）新日本製鉄君津製鉄所におけるコンピュータ・システム

君津製鉄所では，①情報の採取および伝達方法の革新，②プロセス制御，コンピュータとメカニカル・オートメーションとを有機的に結びつけた工場無人化の促進，③マン・マシン・システムによるスケジュール作成，工程管理の向上による需要家へのサービスの向上，などを目標にコンピュータを導入して，いわゆる生産管理情報処理システムを設計したといわれている。この生産管理情報処理システムにおいては，プロセス制御コンピュータに，電送ラインでオンライン・コンピュータから原材料，半製品，製品の仕様，およびそれらの作業順序，現品札指示などの情報が伝送され，また，逆に，各種の測定値，実績値をプロセス制御コンピュータはオンライン・コンピュータに伝送する。このことにより，オンライン・コンピュータは，プロセス制御コンピュータの制御範囲外の設備に対し，機械設備の自動運転指示，および生産管理に必要なデータ収集，たとえば工場間のコンベアの自動運転，秤量機のデータ収集などを行なっている。

この生産管理情報処理システムでは，これまでコンピュータが分担していた生産実績などの作業に加えて，管理者が作成していた細部の生産計画のうち，とくに標準化された定常業務をコンピュータが処理するようになっており，管理者は，コントロール・カードを作成してコンピュータに指示するとか，生産工程上の例外処理を行なう。すなわち，これまで分割して行なわれていた計画の作成と工程の管理といった仕事を，実務プログラムと称する工場管理者が一元的に行ない，必要に応じてプログラムを修正したり，システムを補正したりして，生産の効率を上げるようになっている。

また，これまでの生産管理では，生産の進捗状況を需要家に知らせたり，あるいは，注文の変更などにともなって発生する業務の増大とか，変更指示の遅延などを混乱なく処理することが問題となっていたが，この生産管理情報処理システムでは，時々刻々の作業実績とか，仕掛の情報がオンラインで各工場の端末からコンピュータに送り込まれて作業の進捗状況を常に管理者が把握できるようになっているので，上述の難点は解消されたといわれている。とくに，生産実績のデータは，A，B 2つに分けられたスケジューリングに組み込まれるようになっており，Aランクのスケジューリングは，あらかじめ立てておいた計画には，無関係に最新の実績データだけにもとづいて，その後の旬間作業予定を作るようになっており，Bランクのスケジューリングは，Aランクで決った作業予定をもとに，材料の変動とか，工程条件の変化など時々刻々変わる最新の環境状況を考慮して，日別の作業予定を作成する。つまり，Bランクでは，Aランクから受けとった作業順序の入れかえとか，内容変更を行なって現状に即した作業指示を行なうようになっている。このようにして，生産管理情報システムでは，納期遅れの危険性のある注文に対しては，常に優先的な処理を行なう納期管理が導入されている。

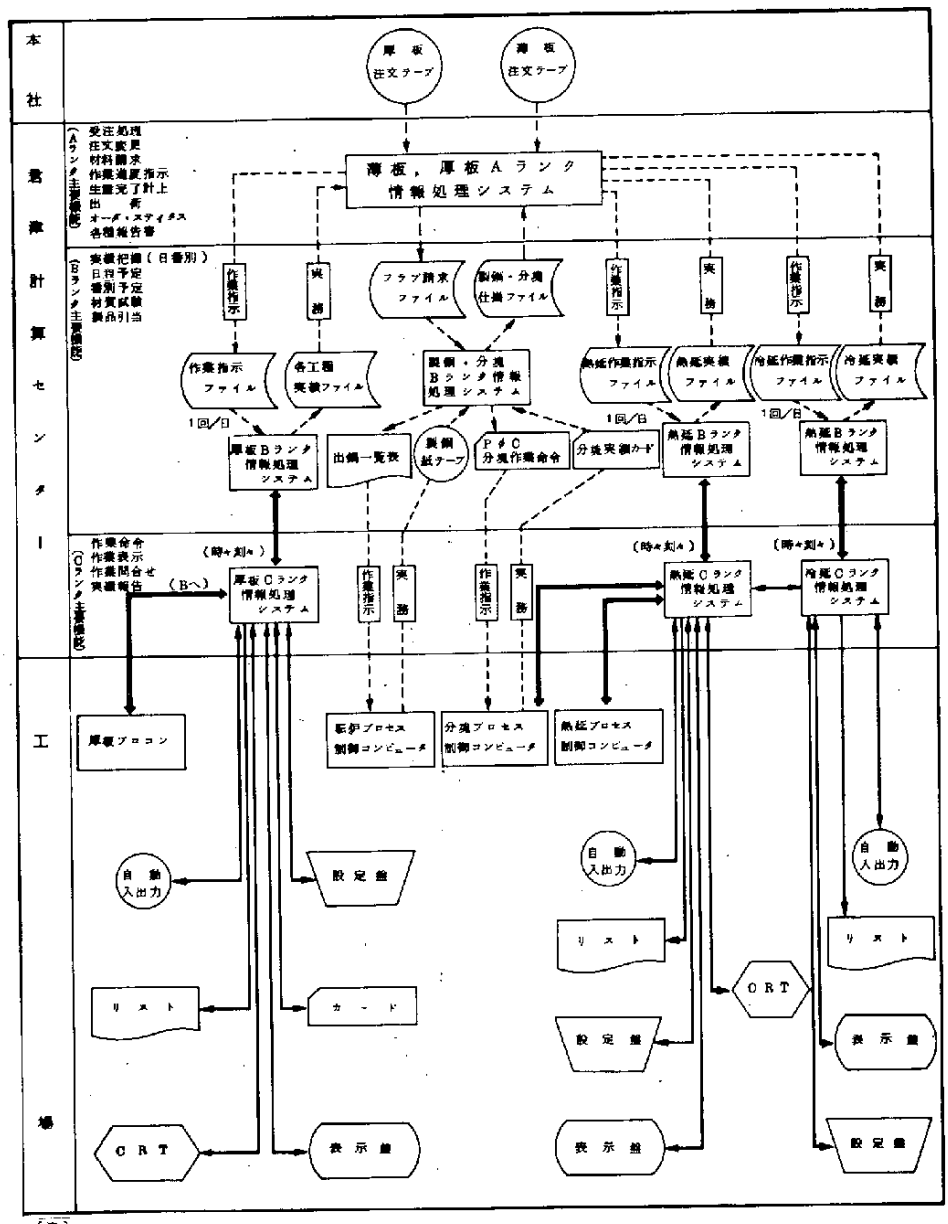
生産管理情報処理システムは，処理の範囲，サイクルおよび目的などによって，4つの管理レベルに区分されており，それぞれのレベルに設置されたコンピュータは階層構造となっている。

最下位にある，焼結，高炉，転炉，分塊，熱延，厚板の各プロセス制御コンピュータは，工場機械や電気設備の自動制御，作業員への作業指示，工程の監視，および作業実績データ，とくに技術データの収集を行なって，作業日報の作成にあたっている。プロセス制御コンピュータのうち，熱延，

分塊，厚板では，上位レベルのコンピュータと直接，あるいはカードまたはテープなどで間接に結合している。分塊工程のプロセス制御コンピュータは，プロセス制御機能の外に，工程管理機能も持たされている。

図３．５は，君津生産管理情報処理システムの構成を示す。この図に示されているとおり，生産管理情報処理システムは，薄板系，厚板系の２系統に分割されており，薄板系では，階層構造の最上位（Aランク）のコンピュータが受注から出荷までの材料計算とか，旬間日別計画とか，実績把握のためのデータ処理を行なっている。その下位（Bランク）のコンピュータは日単位の作業スケジュールとか，実績編集を行ない，さらに下位（Cランク）のコンピュータは，工場への作業指示とか，実績編集を行なう。とくに，Cランクのコンピュータは，オンライン・リアルタイムでプロセス制御コンピュータと結びついて，その概要は図３．６に示すとおりである。

住友金属工業，新日本製鉄の事例でもわかるように，鉄鋼業におけるコンピュータ・システムは，理想に近い階層化構造が実現しつつあるように思われる。



（注）

－－－－－ Batch処理で，ディスクパック，カード等を介して，情報が伝達されることを示す。

━━━━ Real-time に，しかも，計算機間において電気的結合で情報が伝達されることを示す。

——— Real-time に，計算機と端末機器の間で電気的結合で情報が伝達されることを示す。

図３・５　君津情報処理システム構成図

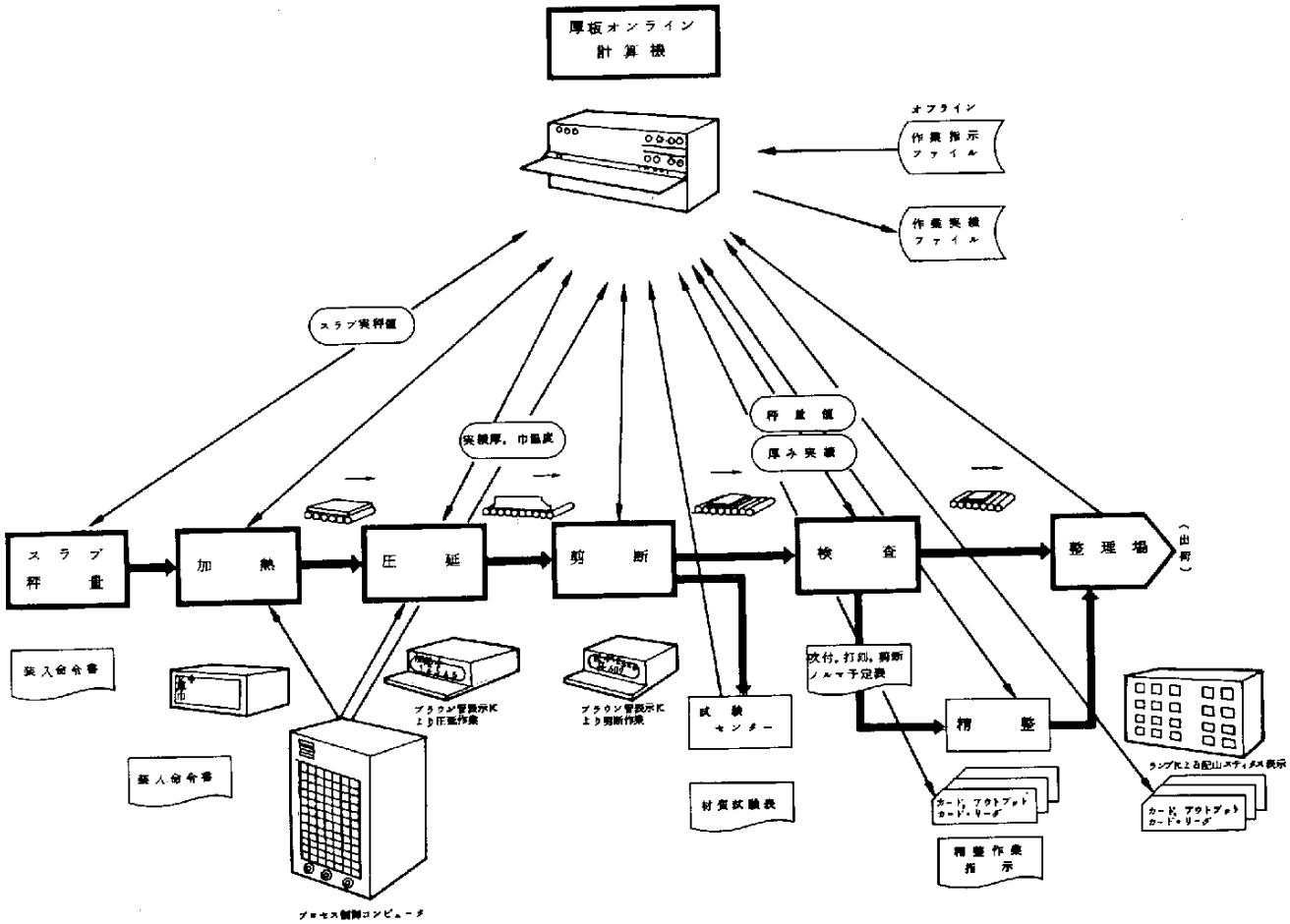


図3・6　厚板Cランク業務概要

4. プラント・メーカにおけるコンピュータ・システム

プラント・メーカの特質は，その生産形態が，個別受注で生産を行なうことにある。すなわち，同一仕様の製品というものがほとんどないので，注文ごとにその仕様が異なり，技術検討の必要性や諸計画の立案が非常にめんどうであったり，設計仕様の決定や製作図面の作成に時間がかかったり，あるいは，全体の工期に対して，製作期間や材料調達期間が短くなって，納期の確保がむずかしいといった生産管理上の難点を多くもっている。このような生産形態をもつ千代田化工建設の生産管理システムを例にとってコンピュータ・システムを考察する。

i）千代田化工建設におけるコンピュータ・システム

千代田化工建設のコンピュータ・システムは現在，実績収集とか，原価項目別損失実績の把握とか，日程計画をサポートする経営科学計算を行なっているにすぎない。

原価管理については，実行予算の立案，原価項目別の予算と実績との対比，資材または部品の予算と実績の対比，労務費の職種別の予算と実績の対比，および，副資材，消耗品の実績集計などをコンピュータで処理している。

日程計画については，小日程計画の立案，各職場または主要機械の負荷調整，各作業の進捗管理，標準作業時間と実績の対比，および，購入部品の遅れに対する処置などの作業をコンピュータで処理している。

このほか，日程計画を作成するのに必要な作業標準ファイルとか，原価管理に必要な各職種別単価テーブル，および，負荷調整に必要な各職場や主要機械の能力テーブルなどをコンピュータに記憶しておく。

現在このような生産管理業務を行なうためのコンピュータ・システムの構成は次のとおりである。

IBM360－G40	1台
IBM2314ディスク・ユニット	1台
IBM2401テープ・ユニット	2台
CALCOMP763プロッタ	1台

コンピュータ運用実績としては，月間稼動平均時間は500時間であり，その内訳は，科学技術計算が約60％で，生産管理，その他の事務処理が約40％にあてられているといわれている。

以上のように，プラント・メーカにおけるコンピュータの利用は，まだバッチ処理が主体であり，計画の作成にあたっては，かなりコンピュータが効果を発揮しているが，計画の評価・修正といった管理機構面では，まだ十分活用されているとはいいがたい。

5. 制御情報システムにおけるミニコンピュータ

第1節で述べたように，制御情報システムを運用するためのコンピュータ・システムは，階層構造をもったものでなければならない。すなわち，それぞれのレベルごとで必要な情報処理だけを行なうコンピュータを設置し，その上位に，これらのコンピュータを管理するコンピュータを設置するといった階層構造のシステム構成を考えなければよい。このようなコンピュータ・システムでは，下位レベルになればなるほど処理自体は，データ収集などといった非常に単純なものであるけれども管理サイクルが短くなるので，コンピュータには，高速の情報処理が要求される。また，上位レベルになればなるほど，管理サイクルは長くなるが，情報処理自体は，予測のための経営科学計算といった非常に複雑なものとなる。ミニコンピュータの性能が急速に向上しつつある現在，このようなコンピュータ・システムの構成要素としては，ミニコンピュータをうまく利用するべきであるという考えが盛んになりつつある。ミニコンピュータの定義はいろいろあるが，いま,仮りに価格や，記憶容量などで決めないで，コンピュータの処理している仕事や対象などが狭い範囲のもの，つまり専用的であるということで決めることにすると，制御情報のためのコンピュータ・システムには，ミニコンピュータの階層構造がもっとも適しているといえよう。とはいえ，生産管理システムを工学的に分析して制御対象を絞れば絞るほど，コンピュータ・システムの構成要素とは，一般的な定義のミニコンピュータで機能的に十分間に合うことになるし，また，いずれにせよ，ミニコンピュータの利活用がさかんになると予想されるので，表３．２に現在各メーカが販売しているミニコンピュータの性能を示しておく。

表３．２　ミニコンピュータの性能

	記憶素子	記憶語長	記憶容量	記憶サイクル時間	基本命令数	加算速度	**最大入出力チャネル数
FACOM－R	磁気コア	17ビット (16ビット+1パリティ)	1, 2, 4K語～32K語 (4K語単位で拡張)	1.5μ秒	28種	6μ秒	255台
TOSBAC－40	磁気コア	18ビット(2バイト) (16ビット+2パリティ)	* 8Kバイト～64Kバイト (8Kバイト単位で拡張)	1.0μ秒	81種	3.2～5.2μ秒	255台
NEAC－M4	磁気コア	8ビット	4K語～32K語 (4K語単位で拡張)	1.5μ秒	66種	4.5μ秒	31台
AICOM－C4	磁気コア	12ビット	4K語～32K語 (4K語単位で拡張)	1.2μ秒	8種	2.4μ秒	64台
OKITAC-4300S型	磁気コア	17ビット (16ビット+1パリティ)	4K語～32K語 (4K語単位で拡張)	1.5μ秒	39種	3.84μ秒	256台
HITAC－10	磁気コア	18ビット (16ビット+2パリティ)	4K語～32K語 (4K語単位で拡張)	1.4μ秒	16種	2.8μ秒	64台
MACC－7／F	磁気ワイヤ	16ビット	4K語～16K語 (4K語単位で拡張)	0.7μ秒	39種	1.2μ秒	256台
YOHPAC4100A	磁気コア	16ビット	4K語あるいは8K語	1.8μ秒	70種	5.6μ秒	256台
IBMシステム／7	モノリシック	18ビット (16ビット+2パリティ)	2K語，4K語あるいは6K語	400n秒	39種	400n秒 (レジスタ・レジスタ間) 800n秒 (レジスタ・ストレージ間)	多能モジュールの場合 ディジタル入力　128 ディジタル出力　64 アナログ入力　32 アナログ出力　2

＊番地はバイト単位でつけられている。
＊＊最大入出力チャネル数はソフトウェアにより大幅に変ってくるので，注意しなければならない。

4章 模 擬 実 験

1. 実験の目的とその概要

2. 生産管理のための制御情報システム
   - 2.1 モデルに選んだ製糸工場の概説
   - 2.2 制御情報システムのためのコンピュータ言語
   - 2.3 繰糸工程の制御
   - 2.4 管理ルーチン・レベル1における工程制御
   - 2.5 管理ルーチン・レベル2における工程制御

3. FORTRANによる模擬実験
   - 3.1 FORTRANプログラムの詳細
   - 3.2 実験結果

4. EGPS－Ⅲによる模擬実験
   - 4.1 EGPS－Ⅲ
   - 4.2 EGPSプログラムの詳細
   - 4.3 実験結果

5. 制御情報システムのための解析・設計用言語

1. 実験の目的とその概要

この実験の目的は，生産工場の管理機構においてどのような基準に基づいて意思決定が行なわれ，また，どのような情報がどのような形で流れていくかを模擬実験的に考察して，制御情報システムの概念を明確にすることにある。この模擬実験では，生産システムに内在するすべての機構を問題にしているのではなく，生産システムを構成している1サブシステムの管理機構だけをとりあげて，いわゆる，縦の管理情報のつながりを考察することにとどめている。すなわち，このシミュレーション・モデルでは，簡単のため，生産システムにおけるサブシステム間のつながりや，影響の度合，協調のとり方といった全体的な問題はとりあげていないが，管理機構内における上位レベルと下位レベル間の管理情報のやりとりや，機能面からみた管理機構の最適構成などといった，いわゆる，管理機構の階層構成については，十分検討できるように考慮されている。管理情報といっても，レベルごとに質的にも量的にも基準が異っており，たとえばある生産量を確保するという指示があった場合，上位レベルではある期間の平均生産量の指示となり，下位レベルでは瞬時瞬時の生産速度の指示となる。制御情報システムでは，管理機構の各レベルでそれぞれフィードバック機構をもつ閉ループとなっているので，各レベルごとの管理機構はもちろんのこと，生産管理システム全体についても自動制御理論の適用が考えられる。

つぎに，制御情報システムの解析や設計を適確に行なうためには模擬実験による多角的な考察が必要となるのはいうまでもない。そこで，コンピュータを駆使して模擬実験を繰り返すには，できるだけ効果的で便利なシミュレーション言語の選定が重要である。模擬実験にあたっては，この見地からシミュレーション言語の特質を考察する必要があり，ここでは同一のシミュレーション・モデルを FORTRAN 言語とシミュレーション言語ＥＧＰＳ－Ⅲ*で構築してその特質を検討している。

＊ 日本電気がＩＢＭ社のＧＰＳＳ(General Purpose System Simulation) を基礎に開発した同期形ディジタル・シミュレーション言語 (Extended General Purpose Simulator)

2. 生産管理のための制御情報システム

2.1 モデルに選んだ製糸工場の概説

第1章図 1・8 に示すような階層構造をもった生産管理システムの具体例として，製糸工場の管理機構をとりあげてみよう。

製糸工場は，現在，人件費の高騰と労働力，とくに，若年労働力の不足といった，経営上の深刻な問題に直面している。このため，工程制御の自動化や効率の良い生産管理を行なうことにより生産性の向上をはかることが，当面の課題となっており，モデルに選んだ製糸工場も同様の環境下にあって，生産工程の自動化が強くのぞまれているものと考えてよかろう。

一般の製糸工場では，生繭を原料とし図 4・1 に示すような乾燥，煮繭，繰糸など6工程を経て生糸を生産することになっているが，模擬実験では，説明が簡単なために，繰糸工程だけに主眼を置いて解析を進めることにする。養蚕家において飼育される生繭の産出期は，春（6月初旬～7月中旬），初秋（8月中旬～9月中旬），晩秋（9月中旬～10月中旬）の年3回であり，工場には各産期に続く1ヶ月間の間に集中して生繭が入荷する。工場に入荷した生繭は長期保存のために，乾燥機で処理される。このようにして集中生産された乾繭*はいったん原料倉庫に貯蔵され，毎日の生産計画にしたがってとり出される。出庫された乾繭は，選繭工程で良品と不良品に選別され，良品だけを煮繭工程に送る。煮繭工程を経た繭は，繰糸しやすくなって，自動繰糸機に送り込まれる。この自動繰糸機には400個の小枠があり，それぞれの小枠が一定量だけ巻き取ると，その小枠が自動繰糸機より手作業ではずされ，再繰工程に送られる。

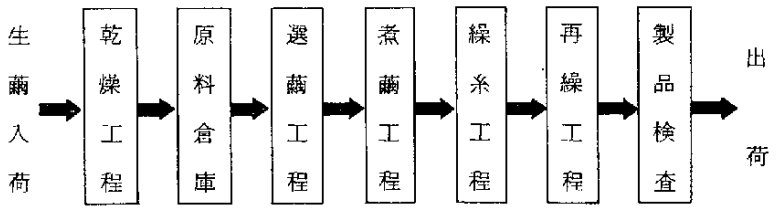


図4・1　　生糸生産工場の流れ図

i）原料入荷

養蚕農家から日本製糸業界協定にしたがって購入した原料は，工場に入荷される前段階で，不良繭，解除率，などといったいくつかの項目について公的な検定を受ける。なお，現段階では，自動化がもっとも難しい工程の1つといわれている。

ii）煮繭工程

＊　乾繭：乾燥繭のこと

良品の乾繭に蒸気を通して生繭に復元して，繰糸しやすい状態にする。選繭工程で合格した乾繭は，バスケット・コンベアで煮繭工程に送り込まれ，８段階の温度処理を受ける。現段階でも，かなり自動化が進んだ工程といえよう。

iii）繰糸工程

煮繭工程で復元された繭は，配繭器で繰糸工程の新繭補充槽に運び込まれ，そこで索緒され，抄緒された繭が給繭器に送り込まれる。給繭器は，４００個の小枠をもつ繰糸機の周囲を巡回し，小枠に巻きとられている糸の太さを繊度感知器が，細いと検知すると，自動的に繭をその小枠に補給する。給繭器には器内の保有繭量を自動的に計量する装置が設備されており，検出信号に応じて新繭補充槽から一定量の繭の補給を受けるようになっている。

iv）再繰工程

繰糸工程で繰糸された糸をさらに数本たばねて再繰糸する製品化の最終工程である。

v）検査工程

製品の繊度，節（node），ムラ，などの品質をサンプリング検査し，製品の等級を決定する。繰糸工程の段階で自動検査することが望まれている。

以上記述した生産ラインの６工程のなかから，とくに繰糸工程だけをとりあげ，繭から生糸を生産する工程の管理，制御に必要な情報の流れについて考察し，制御情報システムのシミュレーション・モデルを構築して模擬実験を実施した。

2.2　制御情報システムのためのコンピュータ言語

制御情報システムの実現にあたっては，コンピュータを多種多様の方法，例えば，〝システムの設計や解析〟のためには，バッチ利用，〝システムの運用〟のためには，オンライン利用するが，ここでは制御情報システムの解析・設計という立場からコンピュータ言語を考えることにする。

制御情報システムの基本的構成要素としては次のようなものが挙げられる。

ⓐ 原始データを発生地点で収集し，これを適当なディジタル・コード，アナログ信号あるいはセンス信号に変換するデータ収集システム（data acquisition system）。データ収集は場合によっては担当者の観測によってその結果を文書化し，適当な周期で蓄積した文書情報をカードないし紙テープあるいは他の適当な媒体を用いてデータ入力装置で周期的にコンピュータに入力する場合もある。

ⓑ 収集したデータを直接あるいは適当に加工，蓄積したものをコンピュータに送るデータ伝送システム。

ⓒ データ処理，制御，判断，意思決定，各種ファイルの制御およびデータの入出力をおこなう一台あるいは複数台の情報処理装置。

ⓓ 各種外部記憶装置，たとえばデータファイル，プログラムファイルなど。

ⓔ ⓐからⓓまでの機能を，これらと直列的あるいは並列的におこなうhuman function。

ⓕ human functionと機械システムを結ぶ一方向性の，あるいはinteractiveなマン・マシン・インタフェイス。

ⓖ 対象とするプロセスおよびこれを管理するhuman organization。

制御情報システムはⓐからⓖまでの要素が複雑に組み合さったマン・マシン・システムであるが，このようなシステムの解析・設計に模擬実験が有効な方法である。

第1章でも述べたように，制御情報システムは外乱の周期，またこれに対応する管理サイクルの長短によっていくつかの閉ループが含まれ，各閉ループの中にルーチン化された意思決定機構がいくつか含まれている。このようなルーチンは模擬実験モデルにそのままの形で，あるいは適当に簡略化してモデル化できるが，問題はルーチン化されていない，すなわち，非定型的な意思決定機構であり，このような場合には，適当な単位でブラック・ボックス化して等価モデルをつくる必要がある。また上に述べたように，一つの制御情報システムはいくつかの異なった管理サイクルをもつ閉ループをもっているので，各閉ループのモデル化をどのような粗密の程度をもっておこなうかが重要な問題である。これは後述するように，模擬実験プログラムのclock timeをいくらにするかということにも関連し，模擬実験計算の効率を支配する。

模擬実験にあたってどのようなコンピュータ言語の使用が望ましいかは，問題の規模，性質によって簡単に結論を下すことは避けたいが，ここでは同期形の汎用シミュレーション言語としてEGPS (Extended General Purpose Simulator)を用い，前に述べたFORTRAN 言語を用いた場合との長短を比較検討した。

2.3 繰糸工程の制御

繰糸工程とは，４００個の小枠を持った自動繰糸機によって生糸の生産を行なっている工程である。この工程を最適に制御するということは，工程の目的によって，つまり何をもって最適と考えるかによって異なってくる。今回のシミュレーション・モデルにおいては，制御パラメータ＊として小枠の回転数を考える。制御要因＊＊としての糸故障発生回数は，生糸の長さに比例しているものとする。小枠の回転数を上げれば，単位時間に巻き上げる生糸の長さが長くなり，糸故障の発生回数が多くなることを意味し，糸故障の修理回数が増大することになる。

このことから，繰糸工程に待ち行列理論を適用することが可能である。すなわち，糸故障の発生回数が客の到着であり，作業者がその故障を修理するということがサービスを行なうことに対応する。いま，作業者の修理能力とか，作業人員とか，原料繭の品質特性などは，繰糸工程にとっては条件パラメータとなる。条件パラメータは，外部環境によって定まるもの（作業能力）と上位レベルから与えられる指令情報（原料繭の品質，特性，作業人員）とがある。以上の条件のもとに制御システムを

＊　実際にアクションをとるパラメータのこと
＊＊　アクションをとる判断基準となるパラメータのこと

考える。工程自身を管理するルーチンをレベル１と呼ぶことにする。レベル１は上位レベルの管理ルーチン（レベル２）から，使用原料乾藁，作業員数，基準回転数などについての情報を受け取る。また，レベル１での制御の目的函数として何をとりあげるべきかの指示が必要である。すなわち，トップの政策が生産量最大であるか品質優先かによって，レベル１の制御方法がまったく異なる。

2.4　管理ルーチン・レベル１における工程制御

管理ルーチン・レベル１では，制御変数である小枠の回転数によって，故障中の小枠数を制御するには，まず，工程の状態を把握するため回転数および故障中の小枠数を観測しなければならない。そこで，一定時間間隔で，工程の状態を観測することにしたが，その観測間隔は，機械の特性および外乱のサイクル，時間などにより決定する必要があり，このモデルでは観測間隔を１０分，すなわち管理サイクルが１０分としている。

故障中の小枠数を出来るかぎり少なくし，かつ作業者の遊びを少なくすることが作業効率を高めるために与えられた制御ルーチンへの使命であるとした。

この制御ルーチンに与えられた目標を達成するためには，小枠の回転数を制御し，単位時間あたりの故障の発生回数を調節して，故障中の小枠数を制限範囲内におさめることを直接の制御目標とする。このような制御を図式化したものが図４・２である。

レベル１の機能は，上位レベルから与えられた条件パラメータおよび目的函数を与えられたときに，その目的函数を最大にするような制御方式によって工程を管理し，上位レベルに対して必要と思われる情報および上位レベルから要求された情報を定期的に，または要求された時点に不定期に提供することである。すなわち，管理ルーチン・レベル１は上位レベルから，条件パラメータまたは目的函数についての変更の指示が与えられるまで，現状を維持し，独自に工程の最適化を計るものである。

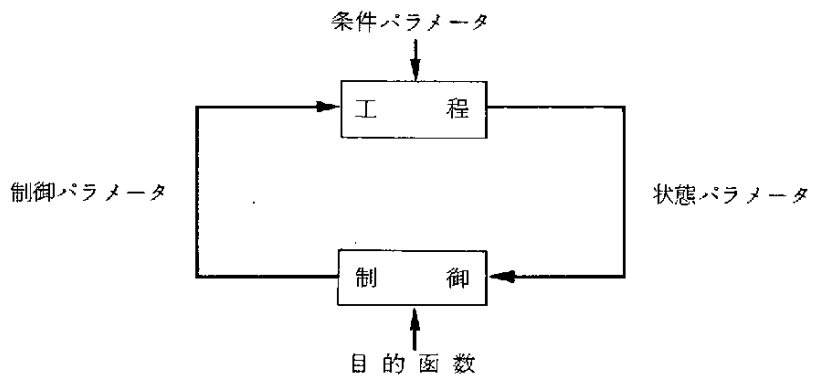


図４・２　　レベル１における制御ループ

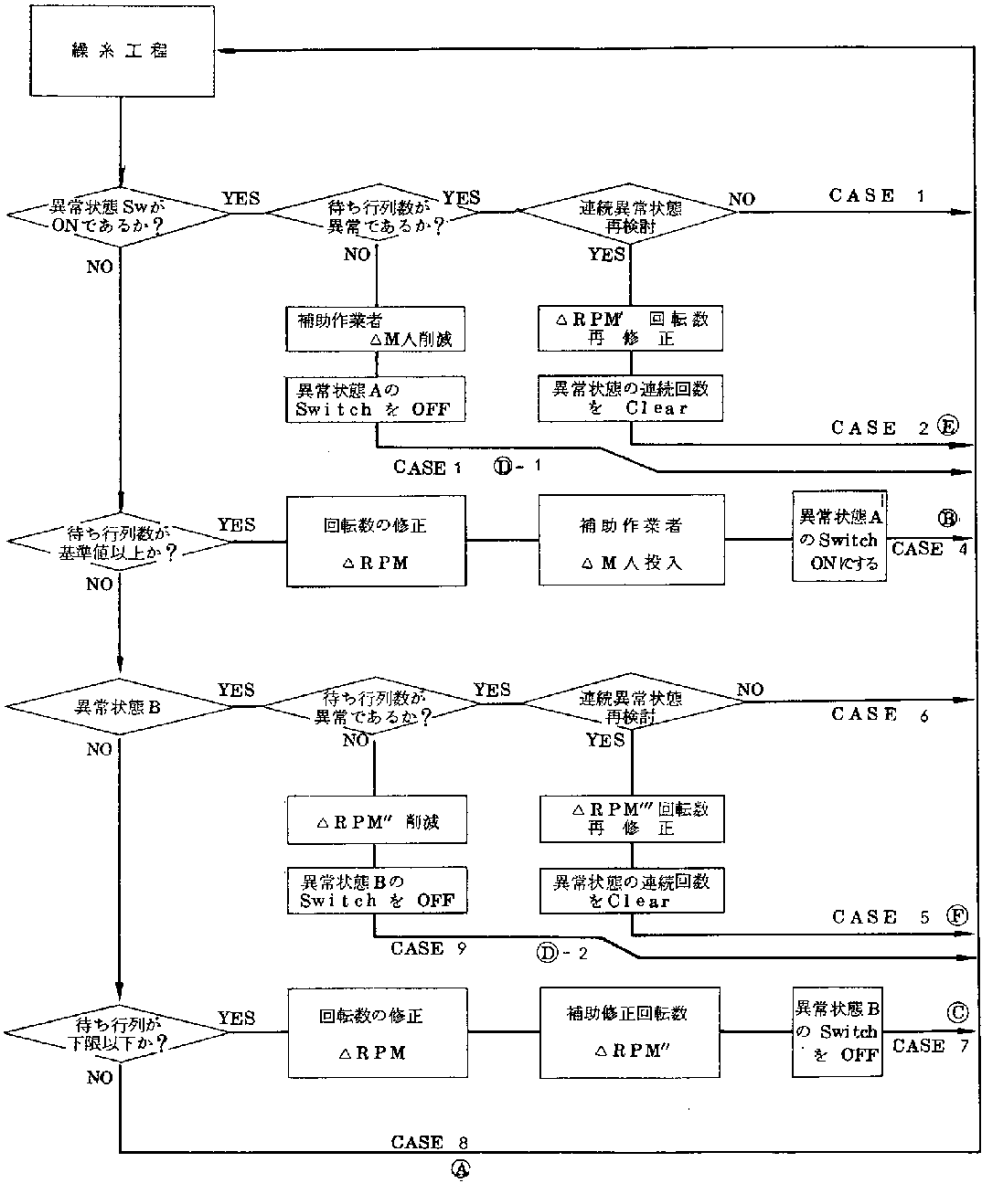


図４・３　繰糸工程制御ルーチン

繰糸工程を管理するため，工程制御ルーチンは，第4・5図に示すような手順にしたがって，工程に対する行動をとる。工程制御ルーチンは，管理サイクル（１０分）にしたがって，工程状態，すなわち，工程の故障待ちの小枠数を観測し，工程が異常状態か否かを判断し，もし異常状態であったならば，制御パラメータである回転数および補助作業者の投入指示によって，工程を正常に戻すような行動をとる。

その行動は，９種類に分けられる。この中でケース８は故障待ち小枠数が制限範囲内にある場合であり，工程が正常に稼動していることを示している。また，異常状態を正常にもどす行動をとっている時は，観測間隔を短縮して制御を行なっている。このモデルにおいては，観測間隔を１分としている。

2.5　管理ルーチン・レベル２における工程制御

管理ルーチン・レベル２では，目標生産高を達成するために，生産実績を把握し，生産高の実績値と計画値の差異に対応して，適確な行動をとらなければならない。

例えば，このモデルでは使用原料乾繭を変更して生産高達成のための修正行動をとる。管理サイクルは，観測と行動の動的な特性から決められるべきものである。この観点から考えて，模擬実験のために想定した繰糸工程のモデルでは，生産実績は１日の生産が終了した時点で把握されるのが一般的であるので，管理サイクルは１日としている。さらに管理ルーチン・レベル２には，週のはじめに，上位レベルから，その週の生産計画が指示されるものとする。そこで，まずはじめに，管理ルーチンレベル２では，１週間の生産活動のはじまる前に上位レベルより指示されたむこう１週間の生産計画を，その時の制約条件，たとえば投入可能な作業員数のもとで，日単位の生産計画に展開しなければならない。すなわち，この目標生産高を達成するためには，どの位の品質特性を持った原料乾繭を繰糸工程に供給するかを決定する。使用原料乾繭が決まると，１日ごとの生糸の予想生産高や自動繰糸機の基準回転数が算出される。次に日程計画にしたがって，その日の作業を下位レベルに指示する。このモデルでは，その日に使用する原料乾繭の品質番号と自動繰糸機の基準回転数，作業員の人数を指示することになっている。また，１日の生産の終了した時点で，１日ごとの生糸の生産高の計画値と実績値をつき合せて，差異を評定する。もし，この差異が修正行動を必要とするならば，残りの日について生産計画を立てなおすことになる。管理ルーチン・レベル２では，このような３つの活動で１週間の目標生産高を達成する努力をしている。なお，このレベルにおいて，繰糸工程を管理しきれなくなった場合には，ただちに上位レベルにデータを送って，適切な処置，たとえば，作業員あるいは目標生産高の変更を要請し，指示をあおぐ。なお，変更要請とは別に，上位レベルに対して１週間の実績報告を定例的に行なう。図４・４は管理ルーチン・レベル２における情報の流れを簡単な図で表わしたものである。

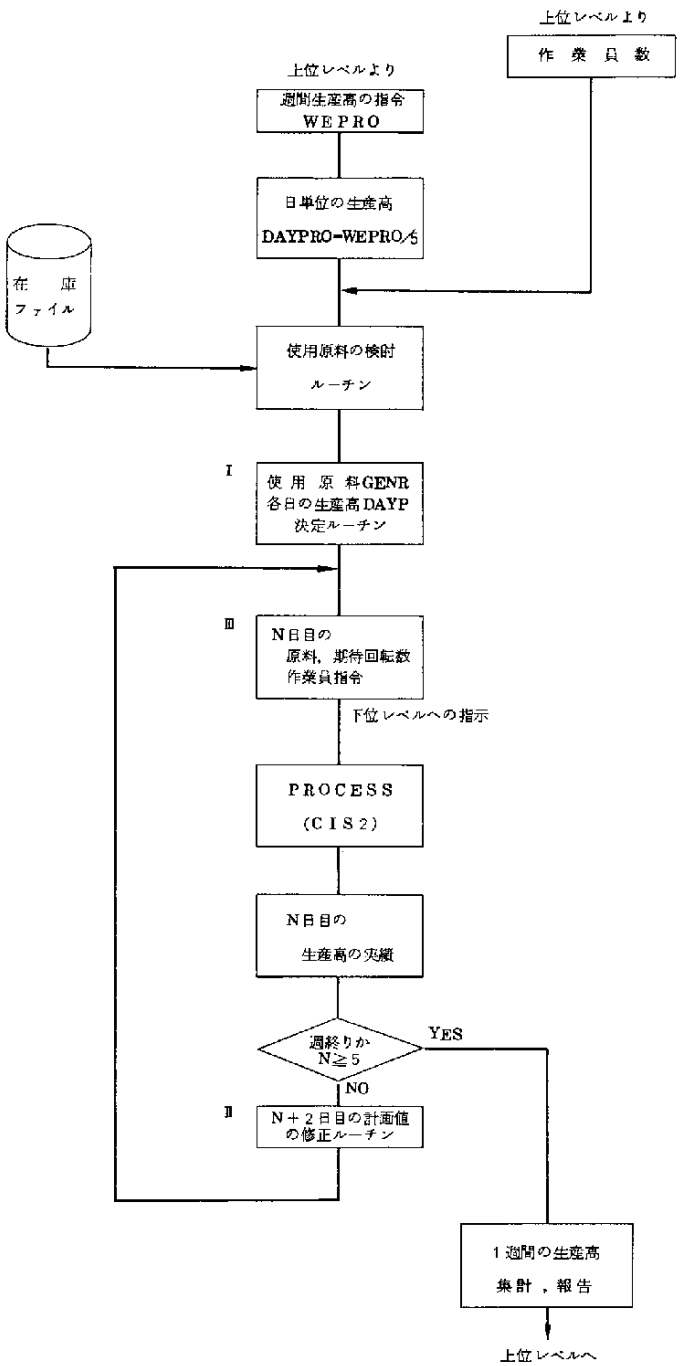


図４・４　　レベル２における情報の流れ

3. FORTRANによる模擬実験

3.1 FORTRANプログラムの詳細

この模擬実験のためのFORTRAN プログラムでは，１分，１０分，１日，及び１週間といった４とおりの時間間隔に分けて時間の推移を表わしている。

ここで，まず各々の時間間隔について説明しよう。

このモデルで１分と定めた最小時間間隔は，糸故障待ち小枠数が，その制限範囲外にあるとき，すなわち，工程が異常状態にあると判定された時，工程に対して制御を行なうためのサイクルである。１０分とした時間間隔は，工程の状態，すなわち，故障待ち小枠数を監視し，作業者の遊びを少なくし，さらに，故障待ち小枠数をも少なくするようなもっとも効率の良い状態で工程を稼動させるような回転数を決定する管理サイクルである。さらに上位の１日の時間間隔を持った管理サイクルでは，生産実績と計画値との差異を検出し，生産量の差異を修正することをも含めた新しい使用原料を決定する。このプログラムのもっとも大きなループ，すなわち１週間を時間間隔とした管理ループでは週間目標生産高，作業人員等に関する生産計画がたてられる。

以上，４とおりの時間推移について図式化したものを図４・５に示す。

さて，つぎにこの模擬実験では，２階層の管理レベルについて考察しており，レベル１は定常フローとして１０分単位の管理サイクルを持ち，また異常状態のフローとして１分間隔の管理サイクルを持っている。レベル２では，１日単位の管理サイクルを持ち，１週間単位で週の始めに上位レベルから生産計画が与えられる。（図４・６参照）

実際には，さらに上位の管理レベルが考えられるが，モデルを簡単にする意味から，この模擬実験では，週間生産計画は決定されているものとし，２階層構造の管理ルーチンだけについて考察した。

ｉ）管理ルーチン・レベル１

すでにくり返し述べたように，生産効率を最大にするという管理ルーチン・レベル１に与えられた目標に対し，これを達成する具体的な目標として，故障待ち小枠数を減らしたり，作業員の遊びを少なくすることが考えられる。しかし，回転数を制御パラメータとして，待ち小枠数や作業員の遊びを制御しようとするとき，この２つの目標が互いに相反するものであることは明らかである。すなわち，回転数を下げて，単位時間あたりの糸故障発生回数を作業能力以下にすれば作業員の遊びを生ずる。ここで回転数を下げることによって，糸故障発生回数が減少するのは，この模擬実験において，単位長さあたりの故障回数の平均値が回転数に関係なく一定であるという仮定に起因している。このことから，逆に，回転数を上げることは単位時間あたりの糸故障発生回数を増加させることになるが，糸故障発生回数が作業能力を越えたときには，故障待ち小枠数が時間の経過につれて増加し，ついには，すべての小枠が故障待ちになる場合が考えられる。

そのため，作業員の遊びが多い場合も，また故障待ち小枠数が多い場合も，生産量を最大にする

ことはいずれの場合も不可能である。そこで，作業員の遊びを少なくするという観点から，常にある程度の故障待ち小枠数を認め，この故障待ち小枠数を一定範囲内に納めるように回転数を制御し，生産量を最大にするような待ち小枠数の制限範囲を定める。

この模擬実験においては，具体的にどのような制御方式を採用しているかについて述べる。

制御方式の説明をするために，まず工程が定常状態にあるという時点から出発する。工程が定常状態であるというのは，故障待ち小枠数がこのモデルで定めた制限範囲内にあることを意味している。この制限範囲は，模擬実験を行なうために仮定したもので，仮定した制限範囲によって生産量が最大になるか否かについては実際の繰糸工程において十分な検討を行なうことができなかったので，わずか2，3の模擬実験結果から最も生産量が高かった制限範囲を採用している。

レベル1の制御ルーチンは10分間隔で工程の故障待ち小枠数を観測し，制限範囲内に入っているかどうかを評価し，工程に対して行動をとる。以下に，管理ルーチン・レベル1において行なう修正行動の基準を述べる。

ⓐ 故障待ち小枠数が制限範囲内に入っている場合，工程は正常に稼動しているものとみなし，回転数は現状を維持し，工程に対し何ら行動をとらない。

ⓑ 故障待ち小枠数が制限範囲の上限を越えている場合，工程に何らかの異常（原料品質の変化，作業能力の変化）が発生したとみなし，糸故障発生回数を減らすための行動，すなわち，回転数の削減および補助作業員の投入指示を行なう。このとき，回転数の修正は1サイクル前（10分前）の工程の状態すなわち故障待ち小枠数と今回の故障待ち小枠数との差に対して行なわれる。また補助作業員の投入は，回転数の修正が糸故障発生回数と作業能力とを一致させるためのものであるのに対し，上限を越えた故障待ち小枠数を基準値まで戻すためのものである。この基準値も，模擬実験を行なうにあたり仮定したものである。以上の方法によって，回転数の修正幅および補助作業員の投入指示が決定され，さらに工程が異常状態となったことを示すための異常状態Aのスイッチをオンにする。

ⓒ 逆に，故障待ち小枠数が制限範囲の下限以下となった場合にも，糸故障発生回数と作業能力とを一致されるための修正行動をとる。すなわち，1サイクル前と今回の故障待ち小枠数との差に対して回転数の修正幅を決定する。さらに，下限以下となった故障待ち小枠数を基準値にまで戻すための第2の修正幅を決定する。この場合は，異常状態Bのスイッチをオンにする。

ⓓ ⓑ，ⓒの原因により，工程が異常状態であることを示す異常状態スイッチA，Bいずれかがオンである場合，工程の状態を観測する時間間隔は1分にされる。これは，正常状態における時間間隔が10分であったのに対し，異常状態における工程に対する監視が強化されたことを意味している。ここでは，異常とみなされた工程で，故障待ち小枠数が基準値にまで戻されたか否かを観測する。故障待ち小枠数が基準値まで戻された場合，異常状態Aにおいては，補助作業員の投入指示を解除し，異常状態Bでは，回転数の第2の修正幅をゼロにする。またこれと同時に，異常状態を示していたスイッチAまたはBをオフにし，工程が異常状態から解除されたことを示す。さらに，この時点で1分間隔の観測は打ち切られ，定常動作である10分間隔の管理サイクルに

戻される。

異常状態が連続して続いたとき，修正を行なった時点における工程の状態から現在に至る間にさらに異常が発生したものとして，回転数の再修正を行なう。この模擬実験では，５０分以上連続して異常状態であった場合に再修正を行なう。なお，この５０分ときめたのはなんの根拠もない仮定の値である。

ⓔ 異常状態Aが５回以上連続して発生した場合，１０分前と今回の故障待ち小枠数の差および補助作業投入人員の作業能力分に対して，回転数の修正を行なう。

ⓕ 異常状態Bが５回以上連続して発生した場合，故障待ち小枠数の前回と今回との差に対して回転数の修正を行ない，さらに故障待ち小枠数を基準値にまで戻すための第２の修正回転数を求め，この２つの修正幅を加えたものが全体としての修正幅となる。

ⓔ，ⓕの修正行動がとられた時には，異常状態の連続回数はリセットされる。

以上が管理ルーチン・レベル１において行なわれる制御の内容であり，その概要は第４－３図に示してある。

ii）管理ルーチン・レベル２

前節で述べたように，管理ルーチン・レベル２には３つの管理動作がある。すなわち，ⓐ１週間の生産計画を立てるという管理動作，ⓑ生産高の実績値と計画値の差異を評定し，必要ならば修正行動を起こすという管理動作，ⓒ日程計画にしたがって，毎日毎日の作業を下位レベルに指示するという管理動作である。そこで，この模擬実験のための FORTRAN プログラムでは，ⓐ，ⓑ，ⓒ３つの管理動作がどのように実施されているかを解説する。

ⓐ 生産計画動作

管理ルーチン・レベル２には，週のはじめに上位レベルより，その週の目標生産高，投入可能な作業員数を決めた生産計画が指示される。管理ルーチン・レベル２では，この指示された投入可能な作業員を遊ばせることなく有効に使って，１週間の目標生産高を確保するためには，１日ごとに，どの程度の品質特性を持った原料乾繭を使ったらよいかを決定する。この原料乾繭を決定する手順を述べる。

模擬実験では，１週間を５日にしている。すなわち，１週間の目標生産高を達成するためには，管理ルーチン・レベル２における日程計画の修正行動を４回実施することが可能である。１週間分の使用原料乾繭と自動繰糸機の基準回転数を決める日程計画を立案する場合に，まず，上位レベルより与えられた１週間の目標生産高を５で割った値を，１日単位の目標生産高とした。１日の目標生産高が決まると，第４・１式によって，自動繰糸機の小枠の回転数（RPM）が計算される。

$$RPM = \frac{DAYPRO}{0.67 \times KOWA \times TIME} \qquad (4 \cdot 1)$$

RPM：１分間当りの小枠回転数

DAYPRO：１日の生糸の生産高（メートル）

0.67：小枠の円周の長さ（メートル）

KOWA：小枠稼動の平均個数(管理ルーチン・レベル１の制御ルーチンより決ってくる値で，小枠が稼動する平均個数)

TIME：１日の生産時間（分）

また，上位レベルより作業員の人数はすでに指示されているので，１分間に小枠で発生した糸故障を修理できる能力は決ってしまう。そこで，１分間あたり小枠で発生する糸故障の回数が，上記の作業員による１分間あたりの糸故障修理能力を上回った場合には，自動繰糸機のすべての小枠の回転が糸故障のためストップしてしまうことは明らかである。このため，第４・１式によって計算された小枠の回転数で繰糸した時に発生する糸故障回数が，糸故障修理能力以内におさまるために，どの程度の品質特性を持った原料乾繭が必要であるかは，第４・２式によって計算される。

$$TITO = \frac{SAGYO \times (1-ALPH)}{RPM \times 0.67 \times KOWA} \qquad (4 \cdot 2)$$

TITO：単位長さあたりの糸故障発生回数

SAGYO：糸故障修理能力

ALPH：余裕率

つぎに，第４・２式によって計算された品質特性を持った原料乾繭の在庫があるか，ないかを調べなければならない。調査の結果，もし，同じ品質特性を持った原料乾繭の在庫がなかった場合は，その品質特性に近い値を持った原料乾繭を探さなければならない。毎日の生産を実施するにあたり，在庫のあるどの原料乾繭を選ぶかを決めるルーチンを説明する。第４・２式で計算された糸故障発生回数の値は0.236…といった小数点３ケタ以下も含んだ値である。ところが，在庫のある原料乾繭の品質特性値，すなわち,糸故障発生回数は0.22，0.23，0.24，0.25といった小数点以下２ケタの値である。そこで，もし第４・２式で計算された値が0.236…であったなら，この値に近い在庫のある原料乾繭の品質特性値は0.23と0.24である。品質特性値0.23の原料乾繭を使って生産を実施した場合は，小枠の基準回転数が大きくなり，目標生産高より多くの生産をしてしまうであろう。品質特性0.24を使って生産を実施した場合は逆に，目標生産高より少ない生産になってしまうであろう。そこで，品質特性値0.24の原料乾繭を使って生産を実施する日と，品質特性値0.23の原料乾繭を使って生産を実施する日をうまく組み合せて，１週間の目標生産高を満足させるようにする。この時，生産活動を開始してからの修正行動をとりやすくするため，低品質の原料乾繭から順に使用するように，計画を立てる。

日程計画を作成する段階で，もし必要な原料乾繭の在庫がなく，その時の制約条件では目標生産高を達成することが不可能な場合には，次の行動をとる。まず，上位レベルに対して，管理ル

ーチン・レベル2に与えられた作業員で，与えられた目標生産高を達成することは不可能であることを告げ，作業員，あるいは目標生産高の変更を要請し，指示をあおぐ。この時，上位レベルが意思決定をするのに役立つと思えるデータも一緒に送る。今回の模擬実験では，これらの情報を出力するだけにとどめてある。なお，第1日目の生産活動は，目標生産高を達成できないけれども，一応現在の制約条件で出来る限りの体制で実施される。

ⓑ　日程計画の指示動作

1日の生産を開始する時，管理ルーチン・レベル1に対して，すでに作成されている日程計画にしたがって，使用原料乾繭の指示として，その品質特性値を表わした品質番号を伝え，また自動繰糸機の小枠の基準回転数を伝える。

ⓒ　日程計画の修正動作

1日の生産が終了した時点で，生産高の計画値と実績値の差異を評定し，残りの日についての生産計画を修正する。計画値と実績値の差異を評価する基準を簡単に説明する。繰糸工程が安定状態で稼動したとしても，生産高はある範囲でバラつくはずである。しかし，目標生産高を達成するためには，このバラツキがある範囲を越えたなら，すなわち，繰糸工程が異常状態になったことを表わしているが，修正行動をとらなければならない。模擬実験において，生産高の計画値と実績値のバラツキの範囲は，実際の繰糸工程に検討を加えて決めた幅ではなく，仮定した幅である。そこで，バラツキの範囲の上限，下限は，現在の原料乾繭より品質を2段階ズラして生産した時の生産高と現在の原料乾繭を使って生産した時の生産高の差とした。そして，生糸の生産高の計画値と実績値の差が，この範囲を越えた場合は残りの日の生産計画を再びたてなおす。

3.2　実験結果

図4・7は，模擬実験を行なうために，前もって設定したパラメータの値を示している。

原料乾繭の品質特性は，故障回数／メートルで表わされており，この特性値に対応して，良い原料乾繭から順番に1～10までの品質番号がつけられている。

作業能力は，1人の作業者が1回の故障を修理するのに要する平均作業時間のことで，秒単位で表わしてある。実際の作業時間は，作業能力を平均値にもつ指数分布にしたがって変動するものとしてい

る。

生産量は，小枠が１回転するときに巻き上げる糸の長さ，すなわち小枠の平均円周を示している。

つぎに，制御のために必要とされるパラメータについて述べる。

まず，故障修理待ち小枠数を制御するために必要とされるパラメータとして，工程の異常を検出するための故障修理待ち小枠数の上限値と下限値があり，また，工程が正常になったことを知らせるための上限値と下限値がある。そして，故障修理待ち小枠数が前者の限界値で決った範囲を越えたとき，制御リーチンは，後者の限界値で決った範囲内に故障修理待ち小枠数を戻すような制御を行なう。

つぎに，工程に投入される作業人員を決めている。作業員は，糸故障を修理するための作業員と補助作業を行ない，異常事態においてのみ糸故障の修理を行なう補助作業員とに分けられている。

連の数とは，異常状態が何回続いたら回転数の再修正を行なうかを示すものであり，故障修理待ち小枠数の数が範囲の上限を連続して越えた場合と，下限を連続して越えた場合の異常状態について与えられている。

模擬実験のコントロール・パラメータとしては，偏差に対して取られる制御のフィードバック定数があり，これも２種類の異常状態，すなわち，故障修理待ち小枠数が多くなった時と少なくなった時について決めてある。

図４・８は，週間生産計画表であり，使用原料乾繭の品質番号，計画原料乾繭を使用した場合の予想最適回転数およびそのときの予想生産量を示している。

図４・９～図４・１８までは，毎日の工程状況表であり，工程の稼動状況を数値とグラフで示してある。ここでは，年・月・日，使用原料乾繭，作業人員を最初に示し，つぎに，工程の状況を１０分間隔で，故障修理待ち小枠数，生産量，回転数，制御の種類および糸故障の修理のために投入された人員の５項目について示し，最後に総故障修理待ち小枠数，総生産量，総投入作業人員を示している。さらに，故障修理待ち小枠数，生産量，回転数，投入作業人員について，１日単位の平均値を示している。グラフの方は故障修理待ち小枠数，回転数，生産量についての動きを打点したものである。

図４・１９は週間生産実績を示したもので，最初に，生産を行なった期間を示し，つぎに，使用した原料乾繭の品質番号，平均故障修理待ち小枠数，生産量，平均回転数，平均投入作業人員について１日単位で１週間（５日）の実績を示し，最後に，１週間の生産実績を示してある。

図４・８・１は管理ルーチン・レベル２において，異常事態が発生したことを表わしている。すなわち，管理ルーチン・レベル３から与えられた作業人員によって，目標生産高を達成するために必要な乾繭がないことを表わしている。そこで，管理ルーチン・レベル３が，どのような処置をとったらよいかの意思決定をするために，すでに，管理ルーチン・レベル２に与えた目標生産高を達成するには，何人の作業員が必要なのか，また，作業員が現在のままでは，目標生産高をどれだけにしたらよいか，を明らかにしている。

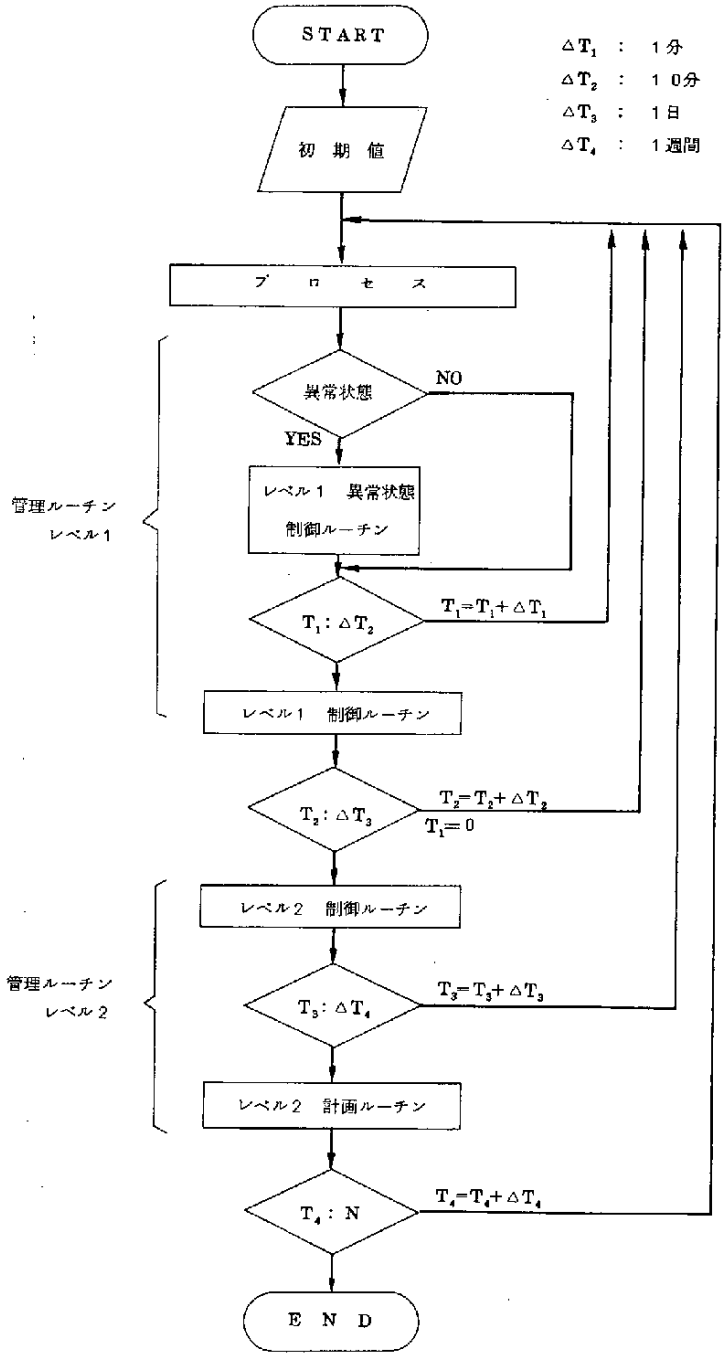


図４・５　　シミュレーションモデルの流れ図

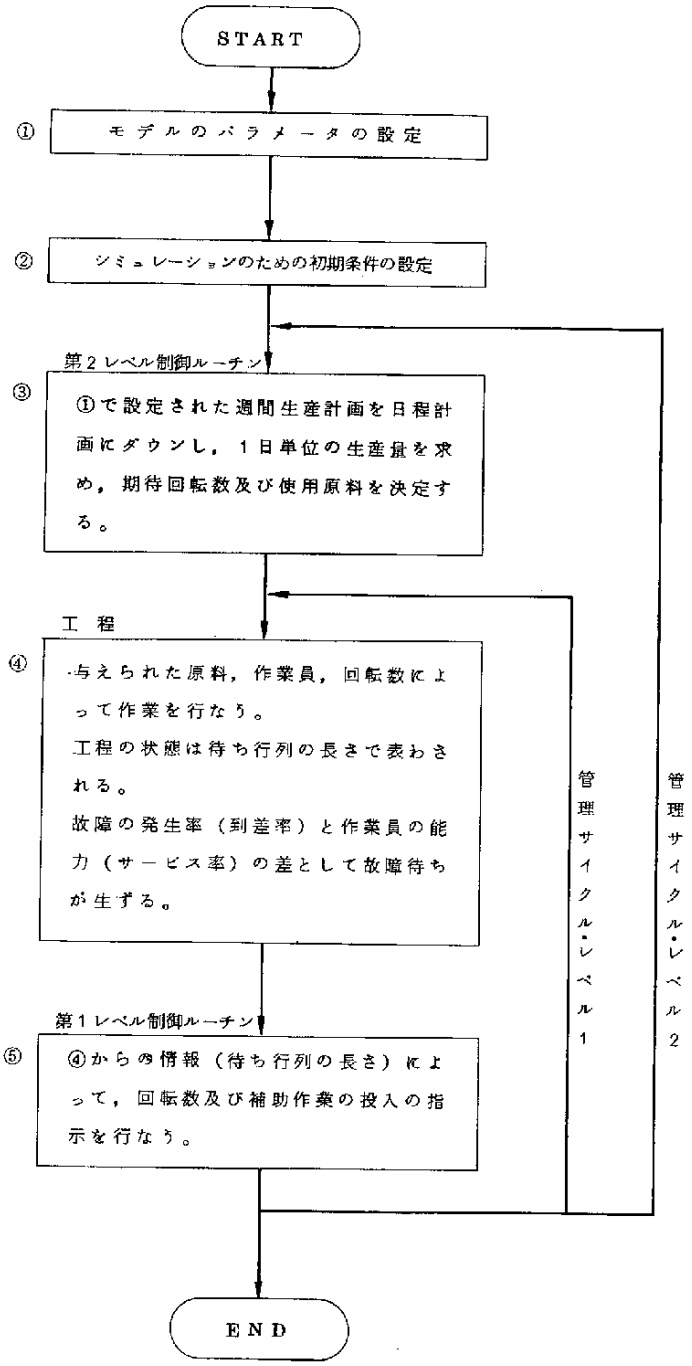


図4・6　　シミュレーションモデルの概略

```
**********************************************************************************************
*                                                                                            *
*  CONTROL INFORMATIN SYSTEM COMPUTER SIMULATION MODEL NO.1  *** APPLIED TO PRODUCTION CONTROL SYSTEM *** *
*                                                                                            *
**********************************************************************************************

*** CONDITION PARAMETERS USED IN PROCESS ***

  1) QUALITY OF MATERIALS

       MATERIAL NUMBER          KOSHYO SU / METER

             1                        0.16
             2                        0.17
             3                        0.18
             4                        0.19
             5                        0.20
             6                        0.21
             7                        0.22
             8                        0.23
             9                        0.24
            10                        0.25

  2) MEAN WORK TIME (SECOND)

     TIME / KOSHYU - MAN       =       20

  3) PRODUCTION

     METER / MINUTE    MACHINE =      0.67

*** FIXED CONTROL INFURMATION ***

  1) RANGE OF QUE LIMITATION(CONTROL POINTS)

     MAX  =       30
     MAXF =       20
     MINF =       20
     MIN  =       10

  WORKER(MAIN,SUB)

     MAN  =       10
     IMAN =        1

  3) NUMBER OF RUNS

     RUN(1)=       5
     RUN(2)=       5

*** SIMULATION CONTROL PARAMETERS ***

  1) FEEDBACK CONSTANTS

     GAMMA(1)  =  1.00
     GAMMA(2)  =  0.80
```

図4・7

*** WEEKLY PLAN ***

DAY OF THE WEEK	ITO	E(PRODUCTION)	E(RPM)	WORKER
MON	5 (0.20)	0.256704E 08	208.96	10
TUE	5 (0.20)	0.256704E 08	208.96	10
WED	5 (0.20)	0.256704E 08	208.96	10
THU	4 (0.19)	0.270215E 08	219.95	10
FRI	4 (0.19)	0.270215E 08	219.95	10
	TOTAL	0.131054E 09		

***** ｼｼﾞｮｳｼﾞﾀｲ ﾊｯｾｲ ***** (CIS3)

ｼｼﾞｻﾚﾀ ｾｲｻﾝﾘｮｳ ｳｴ ｹﾞﾝｶﾞｲﾝ ｻｷﾞｮｳｲﾝｽｳﾃﾞ ｶｸﾎｽﾙﾀﾞｹﾉ ｻﾞｲｺﾊ ﾅｲ

(ﾄﾘｱｴｽﾞ ﾎﾝｼﾞｮｳﾊ ｶｲﾀﾞｲﾉｳﾘｮｸﾃﾞ ｾｲｻﾝｵ ｼﾃｲﾙ)

ｼｼﾞｻﾚﾀ ｾｲｻﾝﾘｮｳ 0.4000000E 08 (M/DAY)

ｶﾉｳﾅ ｾｲｻﾝﾘｮｳ 0.3208800E 08 (M/DAY)

ｺﾉﾀﾒ ｾｲｻﾝﾘｮｳｵ 0.3955998E 08(M/WEEK) ｹﾞﾝｼｮｳｽﾙｶ

ｻｷﾞｮｳｲﾝｵ 100 (ﾆﾝ) ｿﾞｳｲﾝｽﾙｶ ｲｼｹｯﾃｲｼﾃﾓﾗｲﾀｲ

図4・8

*** DAILY REPORT ***

S 47 . 2 . 28 (MON)

MATERIAL NUMBER = 5
E(KPM) = 728.0
MAN = 10 + 1

TIME (*10)	MACHI	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	10	0.542780E 06	208.96	0	10
2	12	0.541815E 06	209.13	7	10
3	0	0.544006E 06	209.13	6	10
4	0	0.547759E 06	209.13	6	10
5	13	0.544681E 06	209.13	6	10
6	0	0.537216E 06	207.76	5	10
7	23	0.536736E 06	207.76	6	10
8	2	0.517200E 06	202.19	8	10
9	22	0.574267E 06	224.07	7	10
10	9	0.550878E 06	214.36	8	10
11	0	0.583782E 06	228.42	7	10
12	3	0.584731E 06	228.42	6	10
13	28	0.581070E 06	228.42	6	10
14	49	0.521308E 06	222.13	8	10
15	17	0.503862E 06	207.60	4	11
16	29	0.514792E 06	207.60	8	10
17	30	0.498609E 06	207.60	6	10
18	5	0.521446E 06	206.91	4	11
19	35	0.547564E 06	230.23	7	10
20	29	0.502830E 06	201.78	4	11
21	5	0.515263E 06	201.78	8	10
22	0	0.563369E 06	223.68	7	10
23	33	0.570415E 06	230.25	7	10
24	5	0.487487E 06	197.06	4	11
25	0	0.571559E 06	221.17	7	10
26	3	0.572703E 06	221.17	6	10
27	7	0.568208E 06	221.17	6	10
28	17	0.575944E 06	221.17	6	10
29	32	0.517925E 06	223.35	5	10
30	14	0.498041E 06	205.21	4	11
31	2	0.530638E 06	205.21	8	10
32	8	0.576986E 06	225.09	7	10
33	8	0.524636E 06	223.09	6	10
34	7	0.533106E 06	220.07	7	10
35	16	0.551556E 06	225.80	7	10
36	17	0.531698E 06	216.13	6	10
37	14	0.556590E 06	216.13	6	10
38	15	0.544733E 06	216.13	6	10
39	26	0.543208E 06	216.13	8	10
40	44	0.514163E 06	216.13	6	10
41	8	0.508935E 06	203.90	6	11
42	43	0.556880E 06	232.87	7	10
43	0	0.495284E 06	202.32	4	11
44	60	0.581496E 06	240.97	7	10
45	0	0.460303E 06	191.35	4	11
46	20	0.600288E 06	239.83	7	10
47	9	0.582212E 06	229.62	8	10
48	38	0.593498E 06	243.35	7	10
TOTAL	765.00	0.260780E 08			466.00
MEAN	15.94	0.542249E 06	216.64		10.17

図4・9

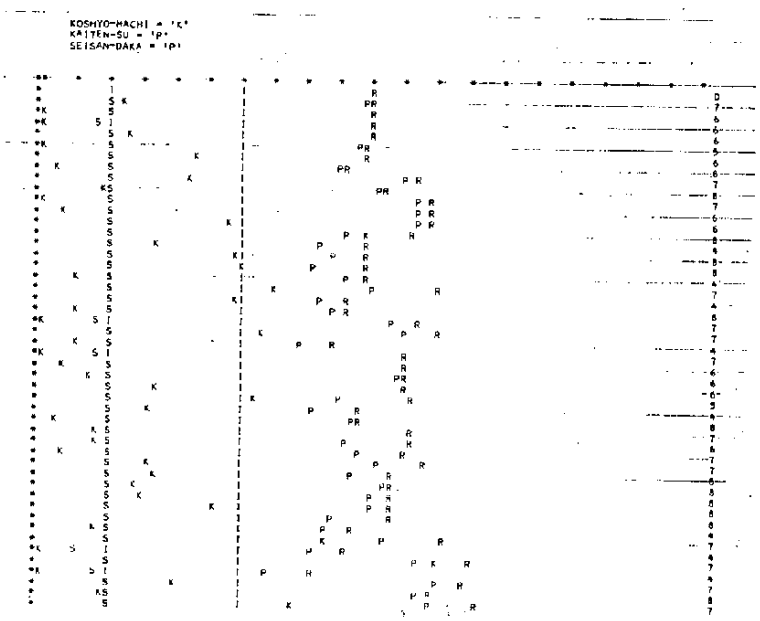


図4・10

*** DAILY REPORT ***

S 47 . 2 . 29 (TUE)

MATERIAL NUMBER = 5
F(RPM) = 209.6
MAN = 10 + 1

TIME (*10)	MACHI	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	7	0.517653E 06	208.96	4	11
2	60	0.542566E 06	235.46	7	10
3	37	0.434363E 06	193.95	4	11
4	16	0.449922E 06	193.95	3	11
5	0	0.499027E 06	193.95	8	10
6	5	0.555023E 06	223.04	7	10
7	16	0.549994E 06	213.04	6	10
8	23	0.496531E 06	213.04	6	10
9	23	0.505306E 06	202.70	8	10
10	25	0.482363E 06	202.70	8	10
11	0	0.510446E 06	202.70	8	10
12	6	0.590105E 06	228.25	7	10
13	27	0.556099E 06	228.25	6	10
14	40	0.512179E 06	217.44	8	10
15	4	0.502584E 06	201.45	4	11
16	25	0.542428E 06	239.03	7	10
17	21	0.566033E 06	231.21	8	10
18	55	0.541316E 06	231.21	8	10
19	14	0.503716E 06	207.68	4	11
20	6	0.534290E 06	207.68	8	10
21	16	0.572606E 06	219.48	7	10
22	30	0.538121E 06	219.48	6	10
23	8	0.507757E 06	202.77	4	11
24	31	0.543004E 06	222.09	7	10
25	0	0.500977E 06	200.25	4	11
26	21	0.599687E 06	229.19	7	10
27	47	0.526160E 06	218.71	8	10
28	12	0.495081E 06	201.27	4	11
29	0	0.521959E 06	201.27	8	10
30	0	0.560926E 06	218.71	7	10
31	6	0.563507E 06	218.71	6	10
32	34	0.542349E 06	218.71	6	10
33	6	0.490184E 06	190.22	4	11
34	18	0.517374E 06	232.99	7	10
35	0	0.527659E 06	205.89	8	10
36	30	0.584817E 06	227.38	7	10
37	5	0.560604E 06	227.38	6	10
38	38	0.570885E 06	230.35	7	10
39	12	0.564494E 06	220.54	8	10
40	21	0.531247E 06	220.54	8	10
41	29	0.553774E 06	220.54	8	10
42	42	0.579649E 06	220.54	8	10
43	15	0.512185E 06	208.06	4	11
44	0	0.510596E 06	208.06	8	10
45	49	0.527229E 06	226.69	7	10
46	5	0.452898E 06	189.33	4	11
47	2	0.560178E 06	218.22	7	10
48	0	0.568107E 06	218.22	6	10
TOTAL	850.00	0.255464E 08			491.00
MEAN 10	17.71	0.532224E 06	218.16		10.23

図4・11

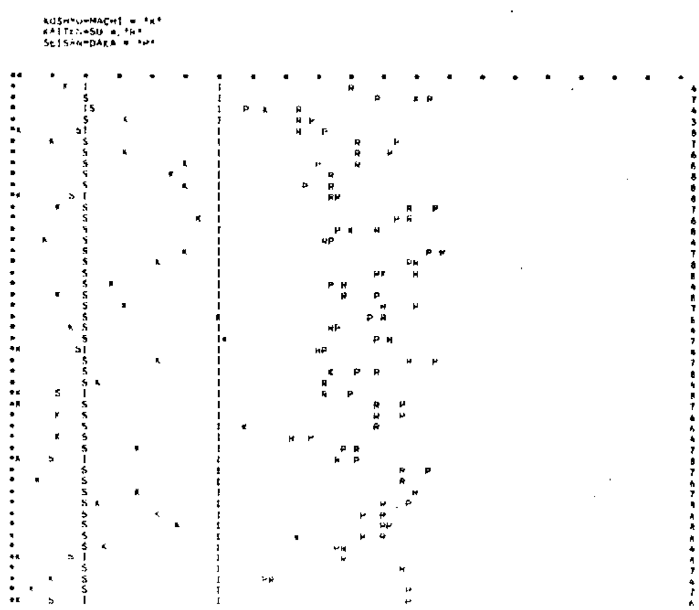


図4・12

*** DAILY REPORT ***

S 47 . 3 . 1 (WED)

MATERIAL NUMBER = 5
EXPRN = 209.0
MAN = 10 + 1

TIME (*10)	MACHI	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	17	0.5486870E 06	206.96	6	10
2	0	0.5510034E 06	208.96	6	10
3	37	0.5612644E 06	223.33	5	10
4	0	0.4821034E 06	192.21	4	11
5	0	0.5661674E 06	224.10	7	10
6	20	0.5830364E 06	225.25	7	10
7	16	0.5262374E 06	213.85	8	10
8	61	0.4923744E 06	213.85	8	10
9	0	0.4550524E 06	185.95	4	11
10	0	0.6080934E 06	233.89	7	10
11	55	0.5872824E 06	233.89	6	10
12	24	0.4509494E 06	189.23	4	11
13	4	0.4889474E 06	189.23	8	10
14	26	0.5231394E 06	208.12	7	10
15	0	0.5194254E 06	200.04	8	10
16	6	0.5913734E 06	225.90	7	10
17	39	0.5520874E 06	225.90	6	10
18	7	0.4703784E 06	193.90	4	11
19	0	0.5382284E 06	219.14	7	10
20	33	0.5324064E 06	219.14	6	10
21	25	0.4766924E 06	191.37	4	11
22	0	0.4943804E 06	191.37	8	10
23	15	0.5917194E 06	219.90	7	10
24	28	0.5015914E 06	219.90	6	10
25	26	0.4982924E 06	190.67	4	11
26	3	0.4990364E 06	190.67	8	10
27	18	0.5432244E 06	211.98	7	10
28	1	0.5251124E 06	203.38	8	10
29	12	0.5377164E 06	225.41	7	10
30	27	0.5271114E 06	213.11	8	10
31	54	0.4780034E 06	213.11	8	10
32	10	0.4682774E 06	193.23	4	11
33	13	0.5714574E 06	227.61	7	10
34	39	0.5449634E 06	222.40	8	10
35	21	0.4860584E 06	204.66	4	11
36	8	0.5188344E 06	204.66	3	11
37	39	0.5330344E 06	216.62	7	10
38	6	0.4975534E 06	195.14	4	11
39	0	0.5634114E 06	218.52	7	10
40	22	0.5642014E 06	218.52	6	10
41	16	0.5376404E 06	211.29	8	10
42	8	0.5418914E 06	211.29	8	10
43	17	0.5609514E 06	222.62	7	10
44	25	0.5280384E 06	222.62	6	10
45	44	0.4944634E 06	215.86	8	10
46	5	0.4919464E 06	203.03	4	11
47	5	0.5999784E 06	235.39	7	10
48	25	0.5878324E 06	238.80	7	10
TOTAL	858.00	0.2528604E 08			491.00
MEAN	10 17.87	0.5267934E 06	211.69		10.23

図 4 • 1 3

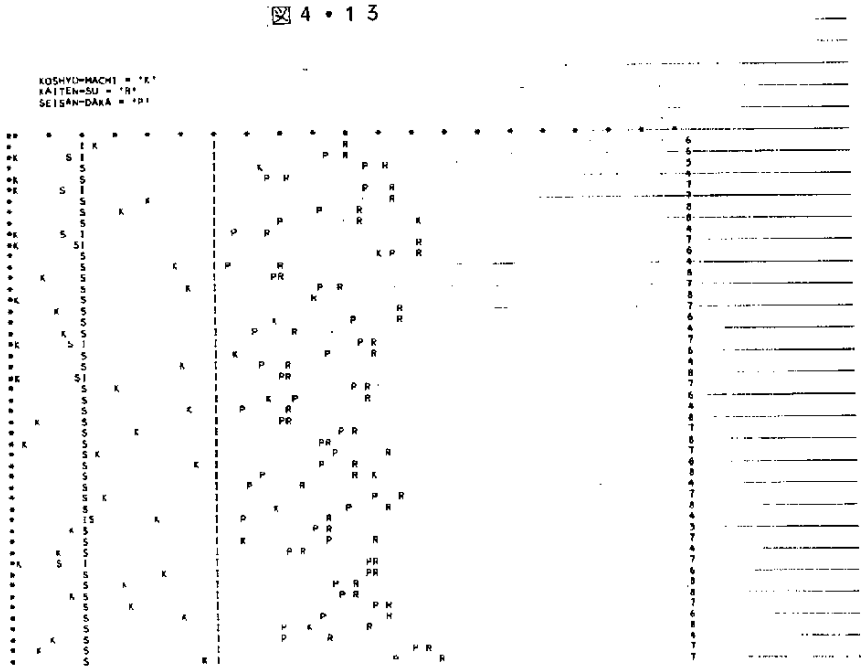


図 4 • 1 4

*** DAILY REPORT ***

S 47 . 3 . 7 (THU)

MATERIAL NUMBER = 4
FCKPM) = 220.0
MAN = 10 + 1

TIME (*10)	MACHI	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	26	0.519938E 06	219.95	8	10
2	29	0.518577E 06	219.95	8	10
3	9	0.541655E 06	219.95	8	10
4	32	0.574399E 06	238.97	7	10
5	14	0.549700E 06	215.96	4	11
6	0	0.560984E 06	215.96	8	10
7	12	0.612095E 06	255.94	7	10
8	2	0.571211E 06	235.94	6	10
9	17	0.594437E 06	241.38	7	10
10	32	0.567446E 06	230.61	8	10
11	12	0.555110E 06	219.65	4	11
12	0	0.574892E 06	219.83	8	10
13	45	0.559691E 06	238.67	7	10
14	0	0.491179E 06	198.50	4	11
15	0	0.579043E 06	255.68	7	10
16	14	0.560963E 06	237.07	7	10
17	35	0.551799E 06	225.07	8	10
18	12	0.526931E 06	210.35	4	11
19	13	0.532400E 06	210.35	8	10
20	5	0.524833E 06	210.35	8	10
21	10	0.580736E 06	225.68	7	10
22	26	0.534629E 06	225.68	6	10
23	5	0.550170E 06	216.15	8	10
24	20	0.583874E 06	237.81	7	10
25	7	0.579982E 06	229.18	8	10
26	10	0.626451E 06	245.41	7	10
27	34	0.574031E 06	245.41	6	10
28	39	0.480703E 06	207.09	4	11
29	38	0.488427E 06	207.09	3	11
30	7	0.532492E 06	207.09	3	11
31	29	0.566837E 06	240.54	7	10
32	63	0.526194E 06	230.40	8	10
33	13	0.478227E 06	206.95	4	11
34	0	0.536884E 06	206.95	8	10
35	6	0.583579E 06	225.48	7	10
36	37	0.563188E 06	225.48	6	10
37	12	0.507064E 06	197.34	4	11
38	0	0.502014E 06	197.34	8	10
39	2	0.593521E 06	214.45	7	10
40	1	0.557823E 06	214.45	6	10
41	0	0.556445E 06	214.45	6	10
42	8	0.559560E 06	214.45	6	10
43	0	0.534939E 06	206.21	7	10
44	1	0.543236E 06	206.21	6	10
45	29	0.521335E 06	206.21	6	10
46	0	0.513741E 06	199.88	8	10
47	5	0.577131E 06	227.43	7	10
48	23	0.570373E 06	222.61	7	10
TOTAL	741.00	0.263072E 08			489.00
MEAN 10	15.44	0.548066E 06	220.48		10.19

図4・15

KOSHTO=MACHI = 'K'
KAITEN-SU = 'R'
SEISAN-DAKA = 'P'

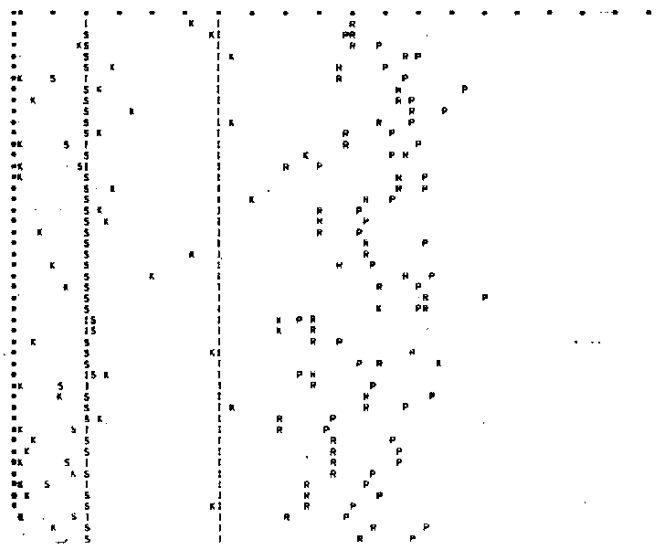


図4・16

*** DAILY REPORT ***

S 47 . 3 . 3 (FRI)

MATERIAL NUMBER = 4
E(RPM) = 220.0
MAN = 10 + 1

TIME (*10)	MACHI	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	5	0.570910E 06	219.95	8	10
2	46	0.541570E 06	234.98	7	10
3	50	0.477298E 06	203.59	4	11
4	7	0.534799E 06	203.39	3	11
5	11	0.585669E 06	229.90	7	10
6	76	0.561685E 06	229.90	6	10
7	7	0.546370E 06	220.34	8	10
8	24	0.579754E 06	239.68	7	10
9	41	0.555430E 06	232.05	6	10
10	17	0.537021E 06	221.12	4	11
11	2	0.561057E 06	223.12	8	10
12	51	0.572255E 06	243.43	1	10
13	0	0.504659E 06	199.87	4	11
14	18	0.612204E 06	243.28	7	10
15	25	0.564170E 06	232.62	8	10
16	7	0.593502E 06	232.62	8	10
17	18	0.642898E 06	259.74	1	10
18	14	0.622690E 06	244.07	6	10
19	47	0.273138E 06	248.07	6	10
20	24	0.558614E 06	223.49	4	11
21	29	0.542657E 06	223.49	8	10
22	46	0.532537E 06	223.49	8	10
23	15	0.518179E 06	211.90	4	11
24	10	0.515596E 06	211.50	8	10
25	15	0.544675E 06	220.01	7	10
26	0	0.541299E 06	214.37	8	10
27	0	0.606348E 06	254.83	7	10
28	22	0.588537E 06	254.83	6	10
29	28	0.565029E 06	223.40	8	10
30	14	0.550652E 06	223.40	8	10
31	16	0.539874E 06	223.40	6	10
32	3	0.556939E 06	223.40	6	10
33	25	0.602412E 06	241.62	7	10
34	4	0.573690E 06	231.49	8	10
35	11	0.636545E 06	255.31	7	10
36	15	0.634299E 06	245.43	8	10
37	16	0.615518E 06	245.43	8	10
38	28	0.597034E 06	245.43	8	10
39	72	0.544968E 06	245.43	8	10
40	19	0.487147E 06	214.06	4	11
41	5	0.556748E 06	214.04	8	10
42	37	0.571316E 06	230.98	7	10
43	0	0.575997E 06	222.42	8	10
44	15	0.696101E 06	251.88	7	10
45	57	0.287201E 06	251.88	6	10
46	27	0.475559E 06	210.54	4	11
47	33	0.527148E 06	210.39	3	11
48	11	0.525094E 06	206.41	4	11
TOTAL	978.00	0.270696E 08			490.00
MEAN 10	20.37	0.563866E 06	228.87		10.21

図4・17

GOSHYO-MACHI = 'K'
KAITEN-SU = 'R'
SEISAN-DAKA = 'P'

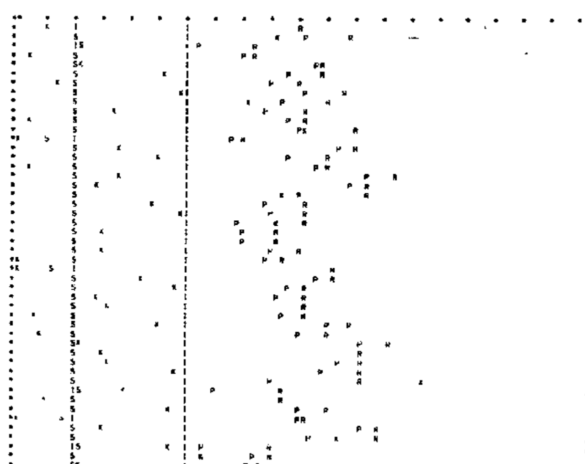


図4・18

*** WEEKLY REPORT ***

THE WEEK	ITO	MACHI	PRODUCTION	RPM	WORKER
MON	5	15.94	0.260280E 08	216.84	10.17
TUE	5	17.71	0.259468E 08	214.16	10.23
WED	5	17.47	0.252860E 08	211.69	10.23
THU	4	15.44	0.260072E 08	220.48	10.19
FRI	4	20.37	0.270696E 08	228.87	10.21
		TOTAL	0.130235E 09		

図4・19

4. EGPS－Ⅲによる模擬実験

4.1 EGPS－Ⅲ

EGPSはIBM社のGPSS (General Purpose System Simulator)をベースに日本電気が開発した汎用の同期形ディジタル・シミュレーション言語であり，特に待ち行列モデルの模擬実験に適していると考えられる。

今回の模擬実験の目的は，このような同期形の汎用シミュレーション言語が制御情報システムの解析および設計の段階でどのような有効性をもっているかを検討することにある。

EGPSにはいくつかのVersionがあるが，今回はNEAC2200／500でMOD－ⅢのO.S.のもとで働くEGPS－Ⅲを用いた。考察対象としている制御情報システムは基本的には待ち行列モデルであるが，特に時間関数として表わされるいくつかのダイナミックなシステムのふるまいを対象としているため，模擬実験の中間結果をSAMPLEブロック（後述）によって外部の磁気テープに格納し，模擬実験が終了した後，GRAPH機能によってラインプリンタによりプロットする。このほかにシミュレーション終了時に各ブロックにおける統計量（例えば待ち行列の平均長，最大長やサービス・ブロックでの利用率など）が自動的にアウトプットされる。EGPSそのものの内容を詳細に説明するのはここでの主目的でないので，各ブロックの内容は，具体的な繰糸工程のモデルの中で個別に述べることにする。

4.2 EGPS－Ⅲプログラムの詳細

繰糸工程の実験モデルについてはFORTRAN言語による模擬実験の説明のところですでに述べられているので，ここではEGPS－Ⅲによる模擬実験の流れ図と模擬実験プログラムを示し，それについて若干の説明をおこなうことにする。

図4・20は模擬実験の流れを示すブロック図である。EGPSやGPSSはそれぞれ固有の機能をもつブロック間にTransactionを流し，それによって模擬実験をおこなうものであり，各ブロックを表わすのに便利な表示法が用いられている。

つぎに模擬実験プログラムそのものを説明しよう。図4・21は繰糸工程のEGPS－Ⅲによる模擬実験プログラムの一例を示したものである。以下各ブロックについて順をおって簡単にその内容を説明する。

1	JOB	MODEL2

模擬実験プログラム名であり，MODEL2というJOB名がシミュレーション結果のアウトプットの各ページに印字される。

2		STRUCTURE	TYPE5

模擬実験を実行するために必要なコンピュータの最大容量を定義するものであり，ＴＹＰＥ１からＴＹＰＥ５までを指定できる。ＴＹＰＥ５はＮＥＡＣ２２００／５００のシステムを最大限に利用した場合の規模であり，たとえば，Transaction として２０００ケ，ブロック数として１５００，Function として２００，Variable ステートメントとして２００ケまで使用できる。

3		＊	＊＊＊MODEL－2＊＊＊

Column １のコメント欄に＊印をつけたものでシミュレーションの流れに直接関係のないコメント文である。（以下コメント・カードについては説明をはぶく）

4	1	GENERATE	1, , , , , , 1

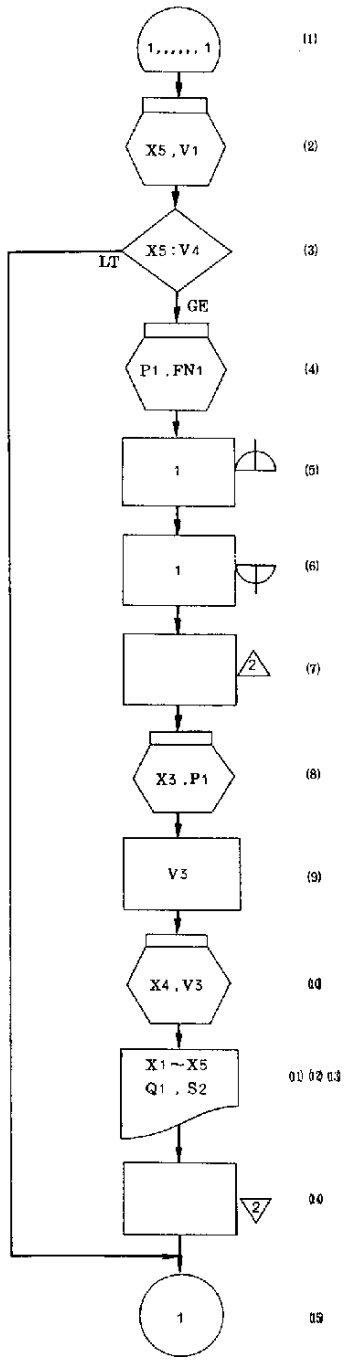
Transaction を発生するブロックであり，最初のフィールド（Ａフィールド）の１はシミュレーションの１ clock time 毎に１ケの Transaction を発生することを示す。このシミュレーションでは現象の周期を考えて 1 clock time ＝ 0.1秒に選んでいるので，実時間で考えると0.1秒毎に１ケの Transaction が発生することになる。最後のフィールド（Ｇフィールド）の１は Transaction に付するパラメータの個数を指定するものである。
Transaction のパラメータとは Transactionの属性を色わけするために用いられるもので，ここでは糸故障の種類を指定するために１７のパラメータを用いている。（これについてはカード№８の説明を参照されたい）

5	2	ASSIGN	X5, V1

カード№２５によって定義される変数Ｖ１（Variable 1）を SAVEVALUE CELL と呼ばれるところに記憶する。ここでは５ケの SAVEVALUE CELL を用いており，したがってＸ５は５番目の SAVEVALUE CELL を意味する。

6	3	TEST	GE	X5, V4, TERM

Ｘ５とＶ４（Variable 4）の値の大小関係によって Transactionがこのブロックからつぎにすすむブロックを制御するものである。Ｖ４は後でのべるように０から９９９０までの間に分布する一様乱数（整数型）である。一方Ｘ５はＶ１そのものであるが，これは後述するように小枠の回転数に比例した値をとっている。糸故障の発生ひん度は回転数に比例することはすでに述べた通りであり，したがってＸ５は糸故障の発生の割合に比例する。このＴＥＳＴブロックではＸ５と一様乱数Ｖ４を比較し，Ｘ５がＶ４より小さくなければ（ＧＥ）ブロック４で発生した Transaction はつぎの ASSIGN ブロックに進む。Ｘ５がＶ４よりも小さければこのＴＥＳＴブロックに到着した Transaction はカード№２１の TERMINATEブロックに進み，ここでシミュレーション



Variable Statements (29)(29)(27)(28)(29)(30)

V1 ← X1＊V2／K10000

V2 ← K10000－Q1＊X2

V3 ← V5＊V6／K10

V4 ← RN1＊K10

V5 ← FN2

V6 ← FN3＊K2

Functions (34)～(41)

FN1 … 糸故障種類（1, 2, 3）

FN2 … 糸故障種類による標準修理時間に対する重み（0.8, 1.0, 1.2）

FN3 … 平均値100の指数分布

Capacity (23) S1＝12

図4・20　EGPSによる繰糸工程のシミュレーション・ブロック図

・モデルから消滅する。このようにしてつぎの ASSIGN ブロックに到達する Transaction を実際の糸故障発生と考え，この発生割合はすでに述べたようにＸ５によって制御される。

8	4	ASSIGN	P１，FN１

関数ＦＮ１（Function １）の値をＰ１（パラメータ１）に与えるブロックである。ＦＮ１はカード№３４および№３５で定義されているが，ＦＮ１は１，２および３のいずれかの値をそれぞれ確率３３.３％でランダムにとるようになっている。ここでは糸故障の種類を節，糸玉，ごみによるものにわけ，その原因によって Transaction を色づけして１，２，３の整数をパラメータに与えている。

１０	5	ＷＡＩＴ	1
１１	6	DEPART	1

糸故障は作業員によって修理されるが，糸故障が作業員の修理能力を上まわると待ち行列ができる。ＷＡＩＴおよびDEPART の二つのブロックはこの待ち行列に関する統計量をシミュレーション終了後プリントアウトするためのブロックであり，つねに組合わせて用いられる。Ａフィールドの１は待ち行列の番号である。

１３	7	ＥＮＴＥＲ	2

糸故障の修理を実際に作業員が行なうブロック（サービス・ブロック）に Transaction がはいれる状態になったとき，待ち行列にならんでいた Transactionが一つづつこのブロックに入る。このサービス・ブロックの容量は，カード№２３の CAPACITY カードで１２人であることを指定している。すなわち，現在故障修理をうけている糸故障の Transactionが１２以下であればＡフィールドに指定してあるサービス・ブロック２に Transactionがはいり，サービスをうけている数が１３以上のときは待ち行列にならぶ。

１４	8	ASSIGN	Ｘ３，Ｐ１

パラメータ１の内容，すなわち糸故障の原因を SAVEVALUE CELL ３に格納する。

１５	9	ADVANCE	Ｖ３

このブロックに Transactionがはいったことにより，Ｖ３に指定される時間だけ模擬実験のclockをすすめる。すなわち，この糸故障の修理にＶ３なる時間を要したことをシミュレートしている。Ｖ３は Variable３ で計算され，つぎの式にもとづいている。

糸故障修理時間＝（平均値２０秒の指数乱数）×（糸故障の種類による係数）

平均値２０秒の指数乱数はつぎのようにして発生する。まず，カード№３８から４１までのFunction ３によって平均値１００の指数乱数を発生する。つぎに，このＦＮ３（Function ３の

意味）をカード№３０の Variable によって２倍し（FN３＊K２），平均値２００に変換する。模擬実験の CLOCK は0.１秒であるから，この指数乱数は平均値２０秒となる。また糸故障の種類による係数は，つぎのようにして作成している。すなわち，糸故障の種類をパラメータ１に整数値１，２あるいは３をわりあてることによって区別し，それぞれの故障種別によって平均修理時間２０秒に対して８０%，１００%および１２０%かかると仮定している。これは，カード№３６および３７の Function³（FN３）で計算する。EGPS－Ⅲの Variable の計算は整数型の演算でおこなわれるので８０%，１００%および１２０%という値を8，１０，１２という三つの値であらわし，この結果を最終的に１０（K１０）で割ることにより0.8，1.0および1.２という係数を与えている。これは，カード№２７の Variable ３ で計算している。

１６	１０	ASSIGN	X４，V３

糸故障の修理時間を SAVEVALUE CELL ４ に格納しておく。

１７	１１	PRINT	１，５，X，LP
１８	１２	PRINT	１，１，Q，LP，MACHI
１９	１３	PRINT	２，２，S，LP，SHURI

SAVEVALUE CELL １ から５，待ち行列１の長さ，およびサービス・ブロックSでサービスをうけている糸故障数の現在値をアウトプットする。

２０	１４	LEAVE	２

糸故障の修理をうけた Transaction がサービス・ブロック２から出ていくことを指示する。

２１	１５	TERMINATE	１

システム・モデルから Transaction を消滅させるブロック。

以下カード№２２から４２まではすでに説明した通りである。

４３		INIT X		CARD，２
４４	１	５５８	２	１５０

模擬実験を開始する前に SAVEVALUE CELL １ および２に１および１５０という初期データを与える。

４６	SAMPLEA	０，２００，１０，，，Q１，S２

模擬実験の実行中に待ち行列の長さQ１およびサービス・ブロックS２の中でサービスをうけている糸故障数を１０clock time，すなわち，１秒間隔で２００回サンプルする。これは待ち行列

および糸故障修理数のダイナミックな動きを模擬実験終了時に出力するためのものである。

```
48                    START       2000
```

模擬実験を2000clock timeおこなうことを指示する。このカードによって模擬実験が開始する。

```
49                    GRAPH       BEGIN
50                    TITLE       2, QUEUE-SRG
51                    CONTENT     SAMPLE, Q1, Q, 0, 20
52                    CONTENT     SAMPLE, S2, S, 0, 20
53                    GRAPH       END
```

SAMPLEした実験結果をラインプリンタでプロットする。

以上の説明からもわかるように，EGPSの各ブロックは非常にマクロ的な機能をもっており，この繰糸工程のシミュレーションは，基本的には15ケのブロックと6つのVariableステートメント，それに若干の乱数発生，関数発生のステートメントなどが必要となるだけである。

4.3 実験結果

図4・22から図4・25に実験結果の1例を示す。図4・22は各ブロック（1から15）におけるTransactionの通過数とシミュレーション終了時の現在数を示しており，シミュレーション・プログラムの大略の流れが予定通りになっているかを検討するのに便利である。このようなテーブルは模擬実験終了時のみならず，途中でオペレータ・コンソールを操作することにより適宜アウトプットすることもできるので，オンライン・ディバッキングには非常に便利である。

図4・23は糸故障修理をうけるためにできる待ち行列に関する統計量を示している。すなわち，平均待ちの長さ，待ちに並んだTransactionの総数，待ちが0で直ちに糸故障修理されたTransaction（ZERO ENTRIES），ZERO ENTRIESの割合，平均待ち時間などが自動的にプリント・アウトされる。またこのプログラムには用いていないが，QTABLEというブロックを用いることにより，待ちに関する統計をヒストグラムの形で得ることも非常に容易にできる。

図4・24は糸故障修理に関する同様の統計テーブルである。すなわち，作業員の平均実働人数，実働時間の割合，平均修理時間などが自動的にプリント・アウトされている。

以上の結果は実験終了時に特にプログラムで指定しなくても自動的に，ここに示した標準形式でプリント・アウトされるものであるが，繰糸工程のようなシミュレーション中のシステムのダイナミックな動きが知りたいときは，適当なサンプル周期で必要な情報をサンプルし，その結果を磁気テープに格納し，シミュレーション終了時にこれをグラフの形でプリント・アウトすることも可能である。

図４・２６はこのようなサンプルとプロット機能の例を示したものである。すなわち，シミュレーションの途中結果（待ちの長さおよび作業員の実働人数）を１０ clock time ごとにサンプルし，これをシミュレーション終了時にアウトプットした例である。この場合のスケーリングは，予め指定することもできるし，また指定がない場合にはＥＧＰＳの方で自動的に適当なスケーリングを行ない，このスケールで百分率表示をする。このプログラムではフルスケール２０（個あるいは人）としてパーセント表示されている。

```
EGPS-3    MODEL2                                                                DATE   72067    PAGE   0002
CARDNO  NUMBER  *LOC  NAME          OPERAND A,B,C,...                                  ERROR

   1                  JOB           MODEL2
   2                  STRUCTURE     TYPE5
   3             *    ***MODEL-2***
   4       1          GENERATE      1,,,,,,1
   5       2          ASSIGN        X5,V1
   6       3          TEST   GE     X5,V4,TERM
   7             *    ***ITO KOSHO GEN-IN***
   8       4          ASSIGN        P1,FN1
   9             *    ***QUEUE***
  10       5          WAIT          1
  11       6          DEPART        1
  12             *    ***KOSHO SHURUI***
  13       7          ENTER         2
  14       8          ASSIGN        X3,P1
  15       9          ADVANCE       V3
  16      10          ASSIGN        X4,V3
  17      11          PRINT         1,5,X,LP
  18      12          PRINT         1,1,Q,LP,MACHI
  19      13          PRINT         2,2,S,LP,SHURI
  20      14          LEAVE         2
  21      15     TERM TERMINATE     1
  22             *
  23       2     2    CAPACITY      12
  24             *
  25       1     1    VARIABLE      X1*V2/K10000
  26       2     2    VARIABLE      K10000-01*X2
  27       3     3    VARIABLE      V5*V6/K10
  28       4     4    VARIABLE      RN1*K10
  29       5     5    VARIABLE      FN2
  30       6     6    VARIABLE      FN3*K2
  31             *
  32                  PARAMETER     1
  33             8
  34       1     1    FUNCTION      RN1,D3
  35             .333 1     .666    2       1.      3
  36       2     2    FUNCTION      X3,D3
  37             1    8       2     10      3       12
  38       3     3    FUNCTION      RN1,C18
  39             0.   10000 .0001   900     .0025 600    .0498 300    .1353 200    .2231 150
  40             .3323 110  .4066   90      .4996 70     .5488 60     .6703 40     .7408 30
  41             .8187 20   .8607   15      .9048 10     .9560 5      .9802 2      1.0   0
  42             *
  43                  INIT   X      CARD,2
  44             1    500    2      50
  45             *
  46                  SAMPLEA       0,200,10,,,01,S2
  47             *
  48                  START         2000
  49                  GRAPH         BEGIN


EGPS-3    MODEL2                                                                DATE   72067    PAGE   0003
CARDNO  NUMBER  *LOC  NAME          OPERAND A,B,C,...                                  ERROR

  50                  TITLE         2,QUEUE-SRG
  51                  CONTENT       SAMPLE,01,0,0,20
  52                  CONTENT       SAMPLE,S2,S,0,20
  53                  GRAPH         END
  54                  END
```

図4．21　繰糸プロセスのEGPSによるシミュレーション・プログラム

PAGE 1

```
**********************************
***                            ***
***   SIMULATION  OUT  PUT     ***
***                            ***
**********************************
```

PAGE 2

BLOCK COUNT

BLOCK NR.	NAME	CURRENT	TOTAL	BLOCK NR.	NAME	CURRENT	TOTAL	BLOCK NR.	NAME	CURRENT	TOTAL
1	GENE	0	2006	2	ASST	0	2006	3	TEST	0	102
4	ASSI	0	102	5	WAIT	0	102	6	DEPA	0	102
7	ENTE	0	102	8	ASSI	0	102	9	ADVA	6	102
10	ASSI	0	96	11	PRIN	0	96	12	PRIN	0	96
13	PRIN	0	96	14	LEAV	0	96	15	TERM	0	2000

図4．22　各ブロックにおけるTransactionの通過数と現在数（シミュレーション終了時）

PAGE 18

STATISTICAL PRINTOUT FOR QUEUE ENTITIES

QUEUE NUMBER	MAXIMUM CONTENTS	AVERAGE CONTENTS	TOTAL ENTRIES	ZERO ENTRIES	PERCENT ZEROS	AVERAGE TIME/TRANS	+AVERAGE TIME/TRANS	QTABLE NUMBER	CURRENT CONTENTS
1	7	1.0683	102	48	0.4705	21.0000	39.6666	0	0

図4．23　待ち行列に関する統計量

PAGE 17

STATISTICAL PRINT OUT FOR STORAGE ENTITIES

NR	CAPACITY	(NUMBER ENTRIES) TOTAL	OBST	(AVERAGE CONTENTS) TOTAL	OBST	(AVERAGE UTILIZ) TOTAL	OBST	(AVERAGE TIME/UNITS) TOTAL	OBST	(OBST/TOTAL UTILIZ) TOTAL	OBST	(CONTENTS) TOTAL	OBST
2	12	102	0	9.347	0.000	0.7789	0.0000	183.735	0.000	0.0000	0.0000	6	0

図4．24　サービス・ブロック（糸故障修理）における統計表

EGPS-3　MODEL 2　　DATE 72067　PAGE 0005

**** GRAPH OUTPUT ****

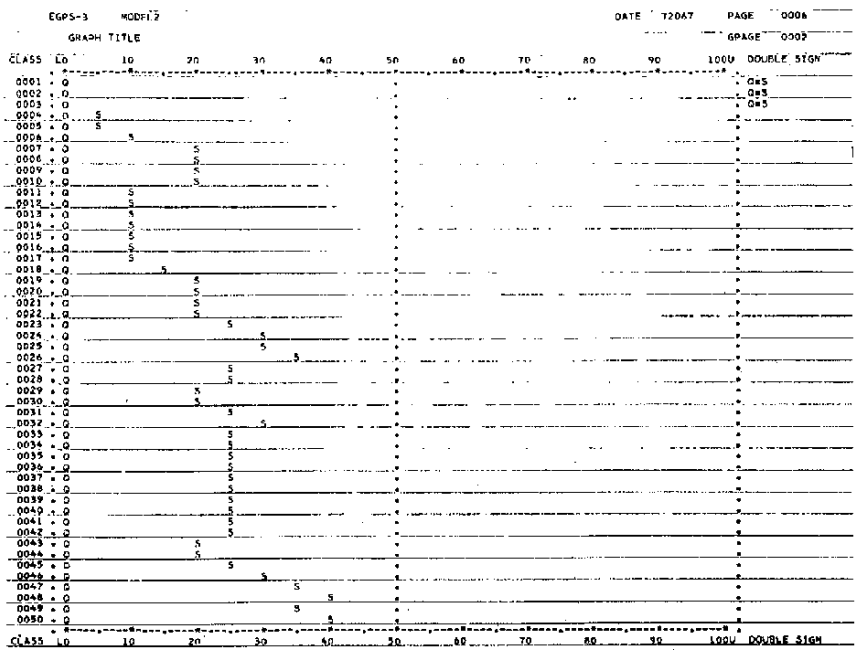
GRAPH TITLE　　GPAGE 0001

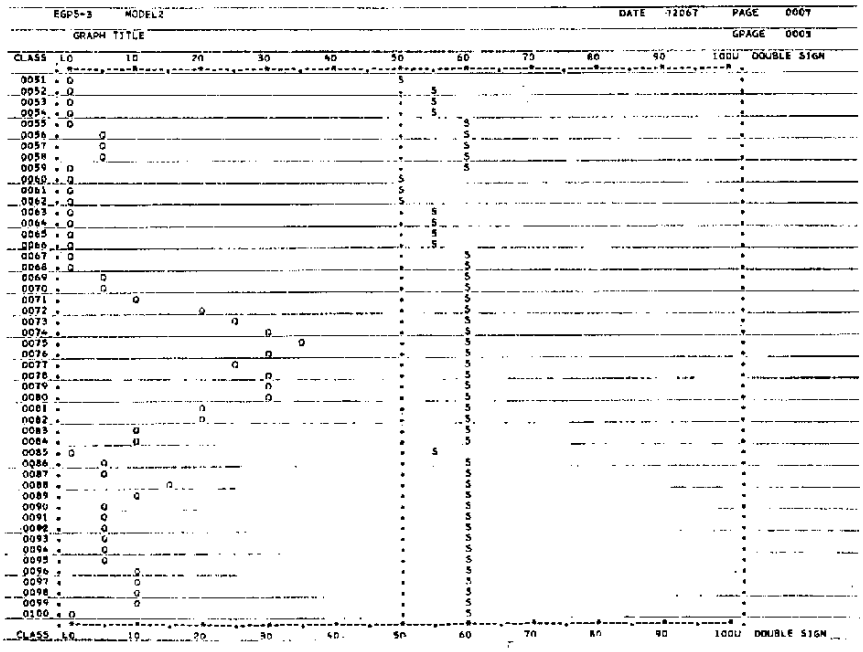
CONTENT 1 SAMPLE S.V Q1 POINT Q MIN .0000000 MAX 20.00000　FIRST 0001 END END

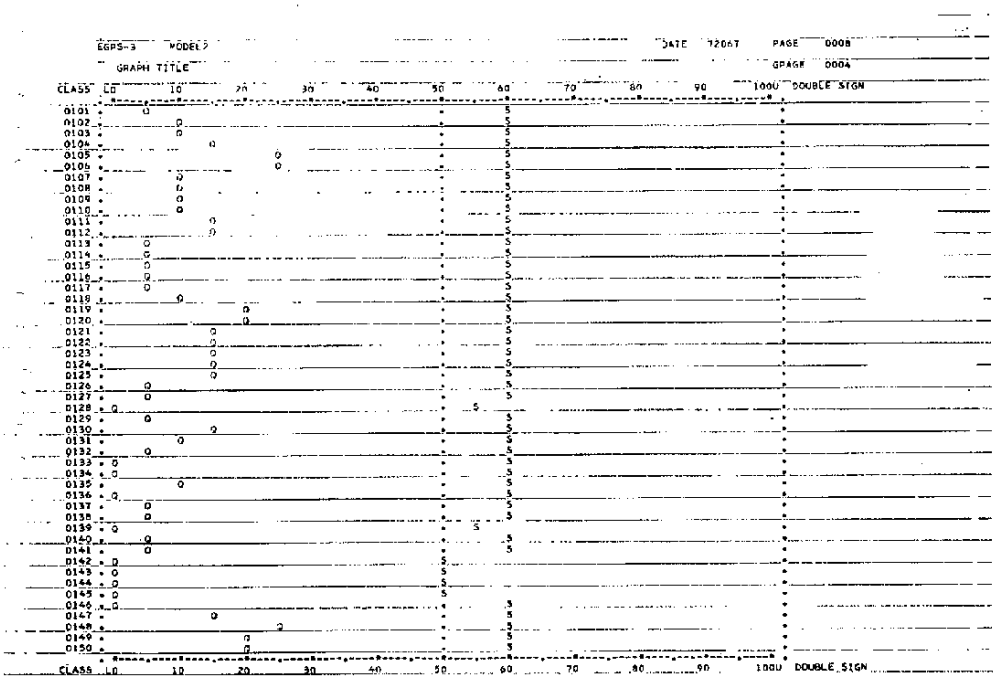
CONTENT 2 SAMPLE S.V S2 POINT S MIN .0000000 MAX 20.00000　FIRST 0001 END END

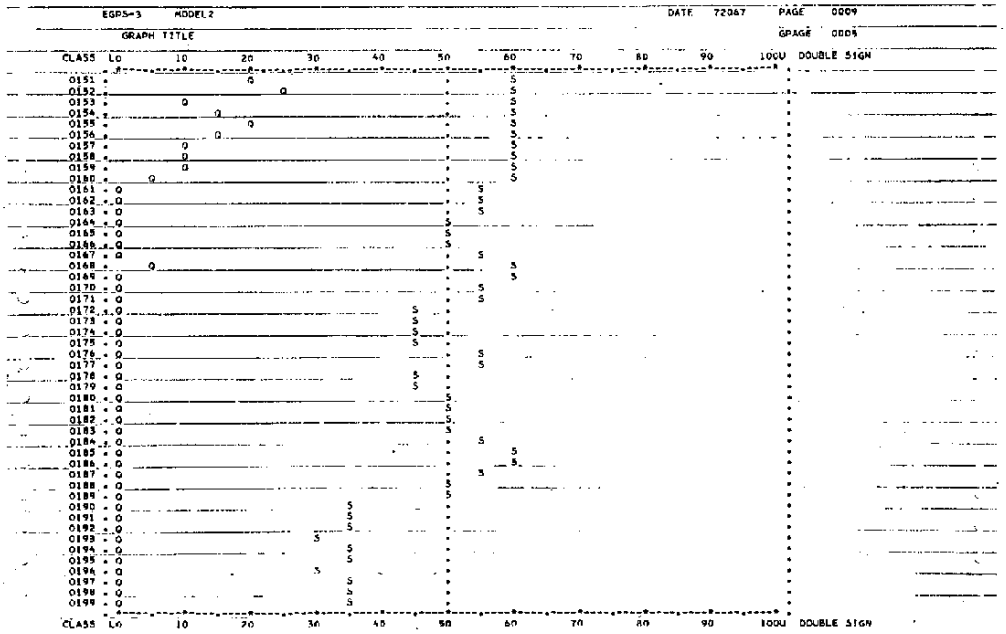
図4．25　シミュレーション実行中の待ちの長さ，サービス・ブロックにおける作業員の実働数の動き

図４・２６


EGPS-3 MODEL2
DATE 72067 PAGE 0006
GRAPH TITLE
GPAGE 0002
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN
0001 0002 0003 0004 0005 0006 0007 0008 0009 0010 0011 0012 0013 0014 0015 0016 0017 0018 0019 0020 0021 0022 0023 0024 0025 0026 0027 0028 0029 0030 0031 0032 0033 0034 0035 0036 0037 0038 0039 0040 0041 0042 0043 0044 0045 0046 0047 0048 0049 0050
O=5
O=5
O=5
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN


EGPS-3 MODEL2
DATE 72067 PAGE 0007
GRAPH TITLE
GPAGE 0003
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN
0051 0052 0053 0054 0055 0056 0057 0058 0059 0060 0061 0062 0063 0064 0065 0066 0067 0068 0069 0070 0071 0072 0073 0074 0075 0076 0077 0078 0079 0080 0081 0082 0083 0084 0085 0086 0087 0088 0089 0090 0091 0092 0093 0094 0095 0096 0097 0098 0099 0100
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN


EGPS-3 MODEL2
DATE 72067
PAGE 0008
GPAGE 0004
GRAPH TITLE
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN


EGPS-3 MODEL2
DATE 72067
PAGE 0009
GPAGE 0005
GRAPH TITLE
CLASS LO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100U DOUBLE SIGN

5. 制御情報システムのための解析・設計用言語

4・3節においてEGPS—Ⅲによるシミュレーション結果について簡単に述べてきたが，ここで一般の制御情報システムの解析・設計にどのような言語が望ましいかという問題を考えてみよう。まず，EGPSのような周期型シミュレーション言語の一般的な特徴を列挙してみるとつぎのようになろう。

ⓐ 各ブロックがマクロな命令機能をもっているので他の言語，例えばFORTRANやアッセンブラ言語に比較してプログラミングが著るしく簡単化される。（シミュレーション問題の種類にもよるが，FORTRANのステートメント数と比較すると大略$1/5 \sim 1/20$になると言われており，特に各種の統計量を必要とするときは，シミュレーション言語を用いたときは自動的にプリントアウトされるので，非常に便利である。）

ⓑ シミュレーションの流れ図にほぼ一対一の対応でブロックが用意されているので，シミュレーションの全体の流れをつかみやすく，プログラムのディバッギングがやりやすい。

ⓒ シミュレーションに常に必要となる乱数発生や関数発生が容易である。

ⓓ オペレータ・コンソールを用いてインタラクティブなディバッギングやシステム設計がやりやすい。

しかしながら，シミュレーション言語にも欠点がない訳ではない。すなわち，

ⓔ 当然のことながら，シミュレーション言語そのものを新たに理解する必要がある。

ⓕ 特殊な機能をもつブロックがすべて用意されている訳ではないので，場合によっては部分的にかえってプログラムが複雑化することもある。

ⓖ シミュレーション言語では整数型の代数演算が中心となっているので，実数型の演算が中心になるときは不便なことがある。

ⓗ 模擬実験のための計算時間が著しく長くかかる。とくに実用にたえる程度の詳細なモデルについてシミュレーションすると，実現象時間の数倍の時間がかかることがまれではない。（制御情報システムではないが，例えば空港ターミナルでの自動車のTraffic Flowをシミュレートするとき，３０分の実現象に対して大形コンピュータで２時間程度要した例も報告されている。）

ⓘ 他の言語で書いたプログラムとのリンクが可成りむずかしい。このためには，HELPというブロックが用意されており，これをもとにたとえばアセンブラ言語で書いたサブプログラムとのリンクが可能ではあるが，この機能を完全に用いるためには，EGPSシステムそのものを可成り理解しておく必要がある。

ⓙ サブプログラムをいくつかつくり，それをメイン・プログラムで制御するような一般にFORTRANなどで用いられる手法が使いにくい。これにはEXCUTEというブロックが用意されているが，必ずしも便利なものではない。この大きな理由は，EGPSはTransactionの到着によってプログラムの実行のシーケンスを制御しているためである。

以上述べたようにEGPSのようなシミュレーション言語はいくつかの利害得失をもっているが，とくに制御情報システムのような階層構造をもつシステムのシミュレーションでは，サブプログラムをいくつかつくって，これらをモジュール化し，それを上位レベルのサブプログラムが制御するという機能が必要とされる。この点のみから考えると，EGPSのような同期型シミュレーション言語は制御情報システムのすべての階層レベルについての全体的なモデルのシミュレーションのためにはいくつかの問題点がある。また，すでに第Ⅰ章で指摘したように，制御情報システムには，いくつかの管理サイクルが含まれ，その周期も秒，分，時間，日，週，旬，といったように大きく違っている。また，異常事態の発生にもいろいろな周期がある。このような周期の大巾に異なる現象をclock・timeを単位とした同期型のシミュレーション言語で解析することは基本的に無理があり，とくにシミュレーションの実行時間がかかりすぎるという点からみると，問題点が残る。したがって，EGPSのようなシミュレーション言語はむしろ⑧から⑪までに列挙した特徴をうまく利用して，たとえば制御情報システムのいくつかの階層レベルのうち，互いに隣接した2つのレベルでの動きを検討するためのサブモデルをつくり，それに対して適用するのが最善であると考えられる。

5章　今後の課題

今後の課題

一般に考えられている経営情報システムでは，経営活動のための関連情報を必要に応じてトップ・マネジメントに提供するという観点からデータベースやコンピュータ・システムが構成されており，トップ・マネジメントは，このような経営情報システムを十分に活用して，常に安定した企業経営を維持するための意思決定を行なっているといわれている。すなわち，トップ・マネジメントの計画機能を支援する経営情報システムは，かなり効果的に設計され利用されていると思われる。

しかし，経営情報システムを，単にトップ・マネジメント・レベルの情報システムとしてでなく，オペレーショナル・レベルでも利活用できるようにするためには，経営情報システムのあり方，すなわち，データベースやコンピュータ・システムの構成を再検討する必要がある。

この報告書では，生産企業における経営活動のための計画機能と，生産活動のための実施機能をループ状に連系した情報システムを，各レベルの管理サイクルという尺度で，分割，階層化することが合理的であることを指摘している。

このような結論は，いわば，定性的な考察に基づいて導かれた観念的なものであるから，今後は，システム階層化の合理性を定量的に裏付けるために，たとえば，企業の規模とか複雑さの度合などの関連を具体的に考察する必要がある。

そこでは，情報システムの設計基準を単に経済性だけでなしに，システムの信頼性，機動性，使い易さなどに置いて，階層化した情報システムの機能を定量的に把握することが重要な課題となる。このように考えると，情報システムの階層化には，企業の業種や規模によって，異なった基準が必要となるが，とくに，計画機能と実施機能のループに人間が介在すると，情報システムの機動性がどのように増し，コンピュータの負担がどのくらい軽減するかなどを定量的に把握できる基準が企業の職種別，規模別に確立することになろう。

生産企業における経営活動のための情報システムには，トップ・マネジメントが，オペレーショナル・レベルの管理者に情報の提供を求めて意思決定を行ない，その結果を指示するという情報の流れと，オペレーショナル・レベルの管理者が，下位レベルのデータに基づいて意思決定を行ない，その処理をトップ・マネジメントに報告して，その後に続く処置に対して判断をあおぐという情報の流れがあり，この報告書では，前者を経営情報システムというのに対して，後者を制御情報システムと呼ぶことにした。

制御情報システムでは，下位のオペレーショナル・レベルになるほど管理サイクルが短かくなるので，サイクル時間内で適確なるデータ処理を行なえるコンピュータ・システムが必要であり，また，管理サイクルに合わせて情報を提供できるソフトウェアの確立が必要である。

合理的な経営情報システムの確立には，ただ単に，コンピュータ・システムの階層化だけでなく，データベースのあり方も考察する必要がある。

これまでのデータマネジメントは，各職能別に管理していた個別ファイルを，大量のデータファイルとして１箇所に集中管理していた，いわゆる中央集中処理方式によるセントラル・データベースに基礎を置いて行なわれているが，この方法では，個別ファイルを集中管理することによって各データ間のリンケージが最大限に活用でき，同時に原始データの重複をさけることによって記憶エリアの効率化には便利なものとされている。

しかしながら，現存する汎用データマネジメント・システムは，このような大規模ファイルの管理を一括処理するために，超高速処理の可能な大形，もしくは超大形のコンピュータが必要となっているのであるが，はたして，集中化されたデータベースによって，あらゆる管理レベルからの要求に適確，かつタイムリに情報が提供され，経済性とか信頼性とか機動性といったコンピュータ・システム構成の問題がどれほど考慮・解消されているであろうかという点を考えると，これまでのデータマネジメント・システムには問題がある。そこで，経営情報システムにおける階層の新しい概念を，データマネジメントに導入し，そのあり方を考察してみると，各管理レベルで保有しなければならない最少限で，しかも随時使用するようなデータに対しては，中央に集中化することなくその管理レベルで，管理サイクルに合わせてデータを管理することにし，上位レベルのデータ管理機能が下位レベルのデータ管理機能に対して，マスタ・インデックスの管理を行なうといった形で，各レベル間のリンケージをはかり，上位・下位を積み重ねて，いわゆる階層化方式によるデータマネジメント・システムの構成が考えられる。

このようにして，階層構造をとったコンピュータ・システムで，データマネジメントを行なう場合についても，経済性とか信頼性とか機動性といった面から階層データマネジメントのあり方を定量的に考察することが今後の課題として必要であろう。

禁 無 断 転 載

昭和４７年３月発行

発行所　財団法人　日本情報処理開発センター

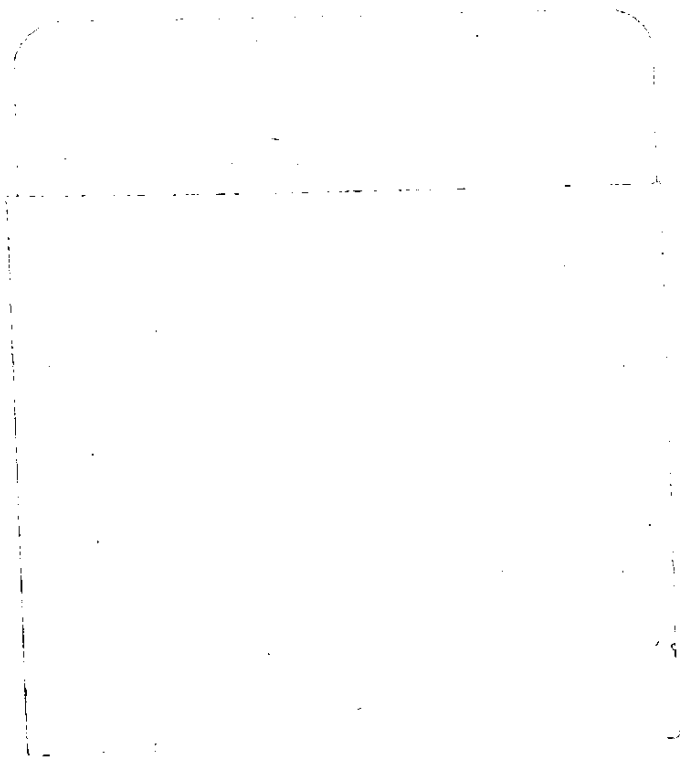
東京都港区芝公園３丁目５番８号

機 械 振 興 会 館 内

TEL（434）８２１１（代表）

印刷所　有限会社　タカミプリント

東京都港区芝１丁目９番８号

TEL（455）５３４１（代表）

46－S 007