

47-S 001

階層構造の情報処理システム

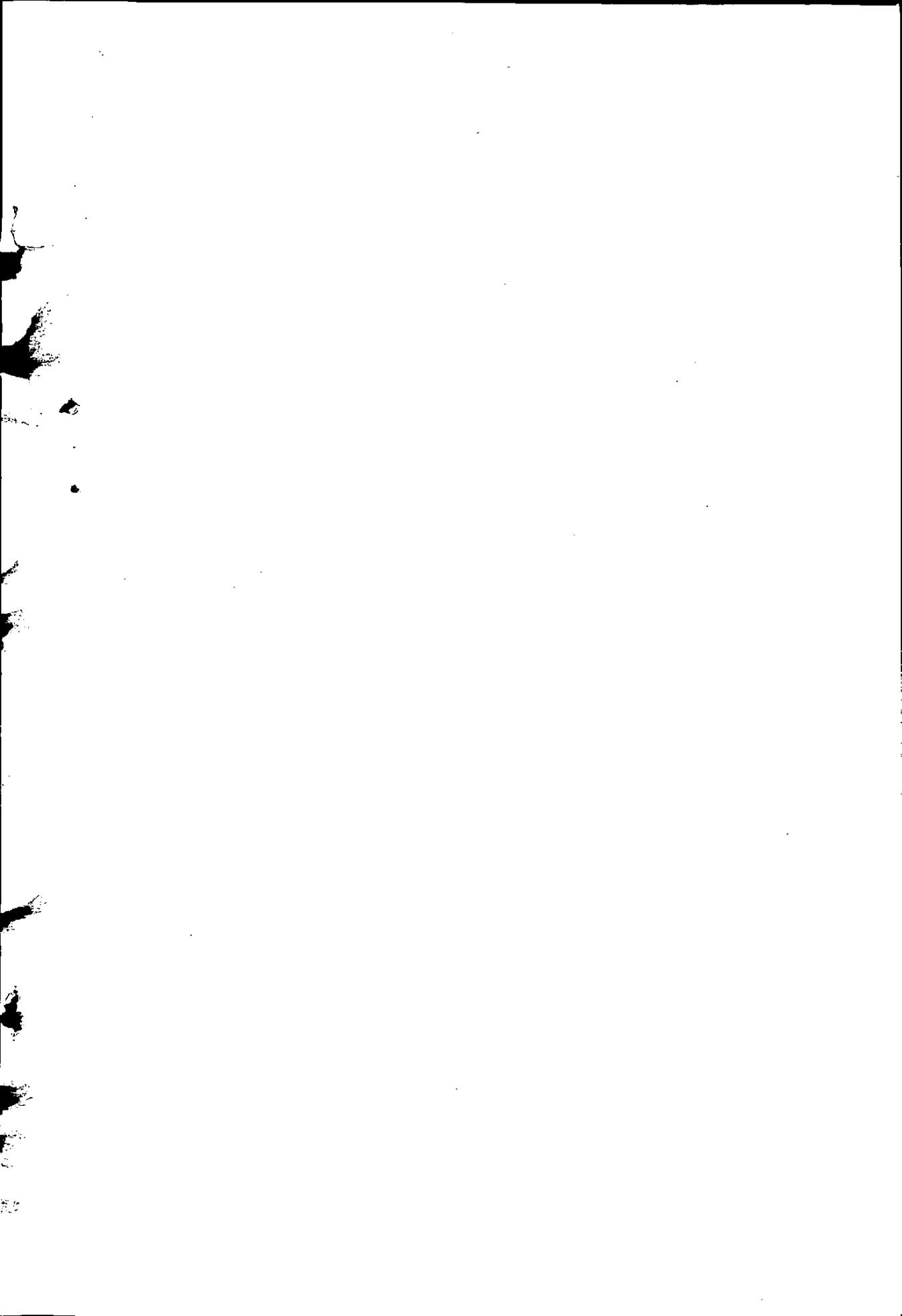
昭和48年3月

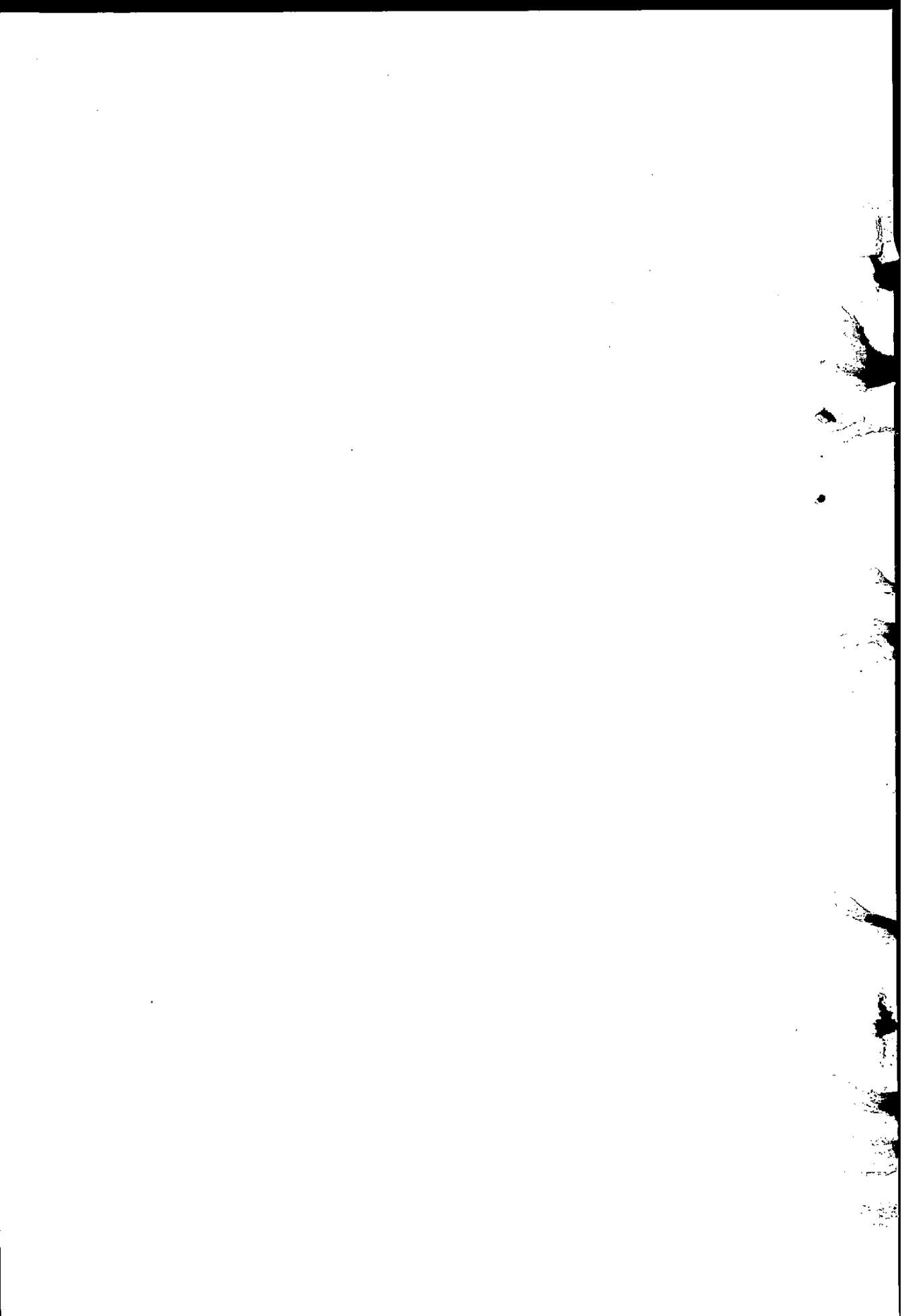
JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発センター



この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて昭和47年度に実施した「コンピュータ階層システムの研究」の成果をとりまとめたものであります。





序

情報化社会の伸展と相俟って経営活動に著しい変貌を遂げつつある産業界において、経営者が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ます。

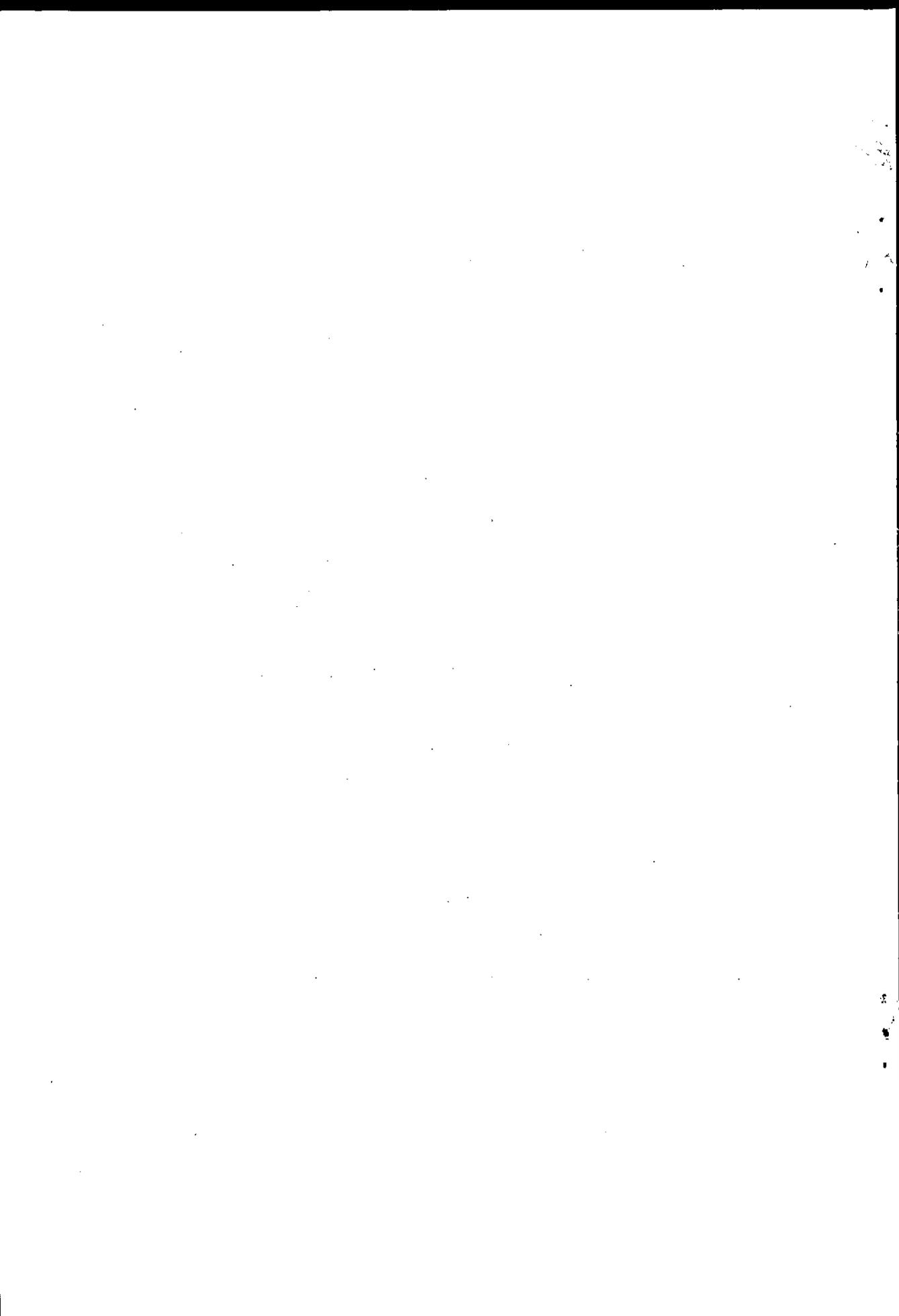
当財団は昭和43年度以来、このような経営のための関連情報を必要に応じて経営者に提供する、いわゆる経営情報システムの研究をとりあげ、コンピュータを有効に利用して合理的な経営情報システムを確立するための研究を実施しておりますが、昭和47年度には、その一環として、生産企業における経営のための「計画機能」と生産のための「実施機能」をループ状につないで構成した情報システムを考察し、とくに「実施機能」の動特性を考慮した場合における情報処理システムの分割、階層化について理論、模擬実験の両面から検討しました。

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、状態変化の激しい生産活動の制御に直結したオペレーショナル・レベルの管理情報と連携させるためには、企業の情報処理システムを、各レベルの管理サイクルに応じて分割し、情報処理の機動性、信頼性の観点から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、成田誠之助、高森寛、白井五郎、小林侔史、水谷芳史、平川保博、島野滋雄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産業の発展の一助として寄与できれば幸いに存じます。

昭和48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



階層構造の情報処理システム

目 次

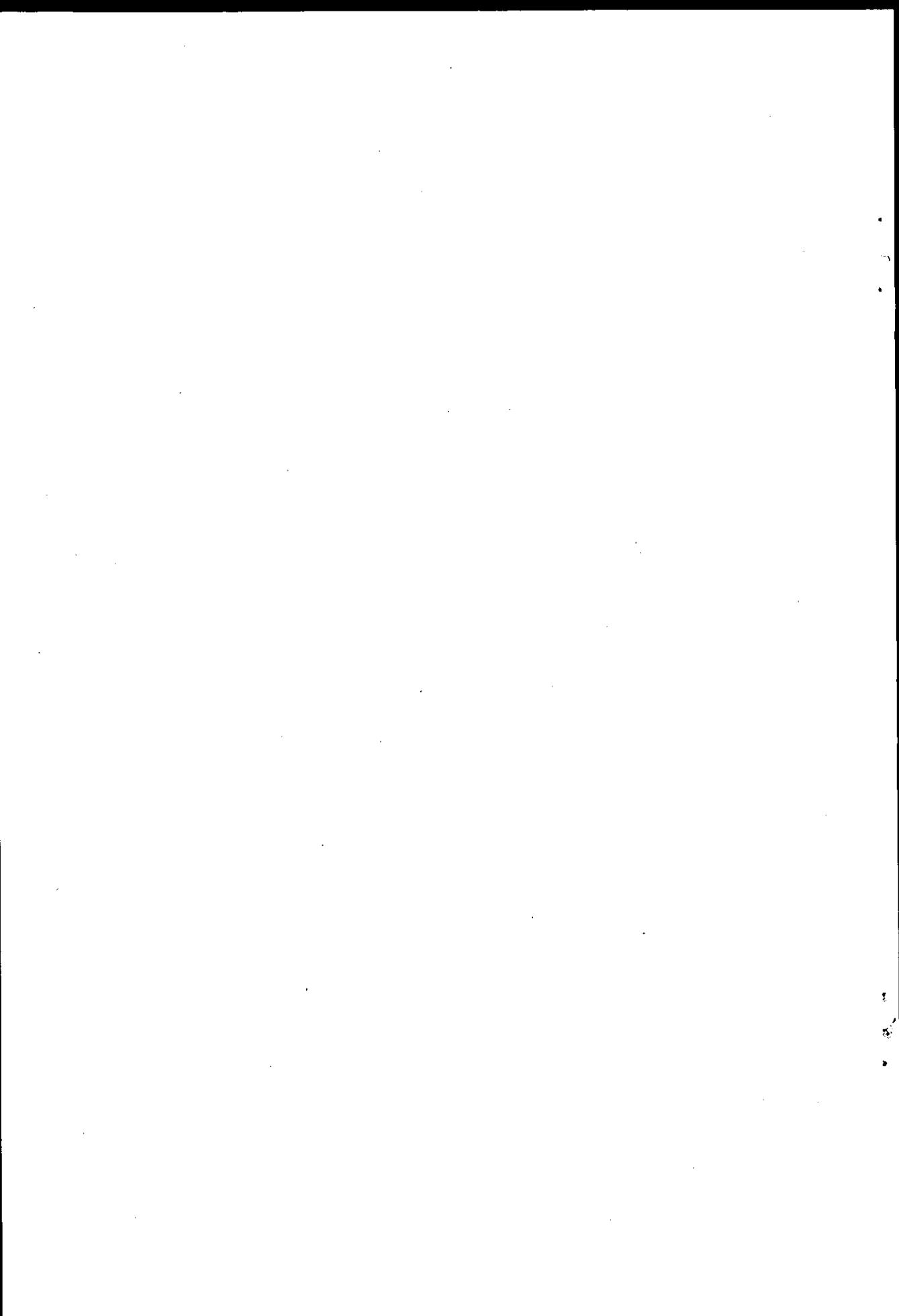
1章 総 論	
1.1 研究の目的	1
1.2 報告書の概要	2
2章 情報処理システムにおける階層構造の分析	
2.1 階層構造へのアプローチ	5
2.2 階層構造の必要性と利点	9
2.3 階層構造をとった情報処理システムの特徴	18
2.4 情報処理システムの分割方法	23
3章 階層構造をとった情報処理システムの事例	
3.1 電力事業における情報処理システム	31
3.2 鉄鋼業における情報処理システム	46
4章 階層構造をとった情報処理システムの評価	
4.1 階層構造をとった情報処理システムの信頼性	51
4.2 情報処理システムの経済性	78
5章 動的な組織における情報の価値	
5.1 入力情報の価値を高める方法	89
5.2 出力情報の価値を高める方法	93

5.3	情報を評価するファクタ	9.4
5.4	意思決定時間を考慮した情報の評価	10.2
5.5	入力データの精度と制御の効果	10.9
6章	階層構造をとった情報処理システムの構築	
6.1	製糸工場における階層構造をとった情報処理システム	11.7
6.2	階層構造をとった問診形式の情報検索	13.2
7章	カタカナ入力漢字かな混り文出力方式による日本語情報処理 システムの実験的考察	
7.1	実験システムの概要	15.3
7.2	変換単語テーブル決定	15.3
7.3	変換単語テーブル記憶構造	15.4
7.4	カタカナ入力方式による漢字変換データの作成	15.6
7.5	コード変換処理	16.5
7.6	出力編集処理	17.3
8章	今後の課題	17.9

1 章 総 論

1.1 研 究 の 目 的

1.2 報 告 書 の 概 要



1 章 総 論

1.1 研 究 の 目 的

昭和46年度の事業報告書「機械工業における制御情報システム」において、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・レベルの管理者が現場のデータに意思決定を行ない、その処理をトップ・マネジメントに報告して、その後続く処理に対して判断を求めるといった情報の流れがあることを指摘し、各レベルごとに異なるサイクル・タイムをもった情報のループをうまくリンクさせて情報処理システムを分割、階層化することの必要性を強調した。

このような昨年度事業の結論に基づいて、昭和47年度の事業では、時々刻々状態が変化する、いわゆる動的な組織を管理、運用するための情報処理システムを考察し、階層構造をとった情報処理システムの合理性を、情報処理の機動性や信頼性の観点から評価する技法について調査研究した。

情報は利用してこそ価値がある。言い換えると、どんなに高級なコンピュータで高度の処理をほどこした情報であっても利用する時点で情報の提供が間に合わなければ、情報の価値は失われることになる。情報処理システムの使命は、単にすべての情報を数字や文字で打ち出すことにあるのではなく、利用できるタイミングで正確な情報を提供することにある。大規模な組織を管理、運用するための情報を正確に作り出すためには、できるだけ多くの箇所から最新のデータを収集して情報処理システムに送りこむ必要がある。このような測定データの多様性と新鮮さの兼ねあいは、とくに、動的な組織の情報処理システムを設計するにあたって十分に考慮しなければならない問題である。多くの箇所からデータを収集するためにあまり時間をとりすぎると情報の提供を間に合わせるには情報処理の手間をはぶかなければならない。

いっぽう、情報処理に時間をかけようとする、測定点の数を減らしてデータの収集時間を短縮してやる必要がある。入力データを多くして情報処理の内容を簡単にすることも、入力データを少くして情報処理の内容を充実することも、ともに度を過ぎれば情報の価値を失わせることに通ずる。とくに、データの収集時間を短縮しても情報処理に時間を十分にかけたのでは、古い入力データを使って情報を作り出すことになるので、変動の激しい組織を管理、運用する情報処理システムの場合には、出力情報の価値が低下することよりも、むしろこのような管理、運用のための情報が組織に乱れを与えてしまう恐れのあることに留意すべきであろう。ここに、経営のための情報処理システムを、トップ・マネジメントから現場の管理者にいたる各レベルの管理サイクルという尺度で分割、階層化する意義がある。

情報処理システムの階層化にあたっては、企業の業種や規模に適合した設計基準を選定しなければならない。とくに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との間の情報のやりとり人間が介入すると、情報処理システムの機動性がどのように向上し、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することが必要である。このような観点からわが国の経営情報システムにおいては、企業のトップ・マネジメントや現場の管理者が情報処理システムの出力情報を適確に理解し、組織の管理、運用を誤りなく遂行するための必要条件として、日本語がもつ漢字かな混り文の特長を十分に活かす情報処理技術の確立が重要な課題である。

階層構造の情報処理システムに関する研究の目的は、情報処理システムの設計基準を、単に経済性だけでなく、情報処理の信頼性、機動性、使いやすさなどに置いて、経営のための情報処理システムを階層化することの合理性を解明することにある。

調査の目的、調査の範囲、調査の方法、調査の結果、調査の結論、調査の今後の展望

第1.2章 報告書の概要

本報告書は、本財団では、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」、46-S007「機械工業における制御情報システム」といった一連の報告書を取りまとめている。

今年度の報告書は8つの章からなっており、各章でそれぞれつぎのような内容を取りまとめている。すなわち、第1章「総論」では、研究の目的を記述して、階層構造をとった情報処理システムに関する研究事業の背景を明らかにしている。第2章「情報処理システムにおける階層構造の分析」では、システム階層化の利得を理論的に考察して、情報処理システムを階層構造にすることの必要性を究明している。第3章「階層構造をとった情報処理システムの事例」では、階層構造をとった情報処理システムの事例として、電力事業における情報処理システムについてハードウェア、ソフトウェアの両面から考察を加えている。また、鉄鋼業における情報処理システムも紹介している。第4章「階層構造をとった情報処理システムの評価」では、情報処理システムの信頼性に関する評価の新しい方式について解説し、この評価方式を模擬実験によって検証するとともに、階層構造をとった情報処理システムの信頼性に関する評価を行なっている。第5章「動的な組織における情報の価値」では、情報処理システム階層化の必要性を定量的に把握することに関連して、制御情報システムにおける情報の価値を数式解析および模擬実験によって検討し、時間の変化にともなって情報の価値が大きく変化することを解明している。第6章「階層構造をとった情報処理システムの構築」では、製糸工場を階層構造の情報処理システムで管理した場合、ならびに、情報検索を階層構造の問診形式で行なった場合についてモデルの構築を記述している。第7章「カタカナ入力漢字かな混り文出力方式による日本語情報処理システムの実験的考察」では、日本語の文章を扱ったコンピュータ出力情報について、その価値を高めるための、漢字かな混り文に関する入出力方式の実験結果を解説している。第8章「今後の課題」では、情報処理技術の合理

性が、単に定常状態における機能ばかりでなく、異常状態における機能をも考慮して強調されるべきであり、そのためにも、経済性と信頼性のかねあいを考慮して、情報処理システムの効率や合理性を定量的に評価するための基準を明確にすることが今後の課題となることを指摘している。

2章 情報処理システムにおける階層構造の分析

2.1 階層構造へのアプローチ

- 2.1.1 階層構造の概念
- 2.1.2 階層構造の展開
- 2.1.3 コンピュータ・システムの進展
- 2.1.4 階層構造の形成過程

2.2 階層構造の必要性和利点

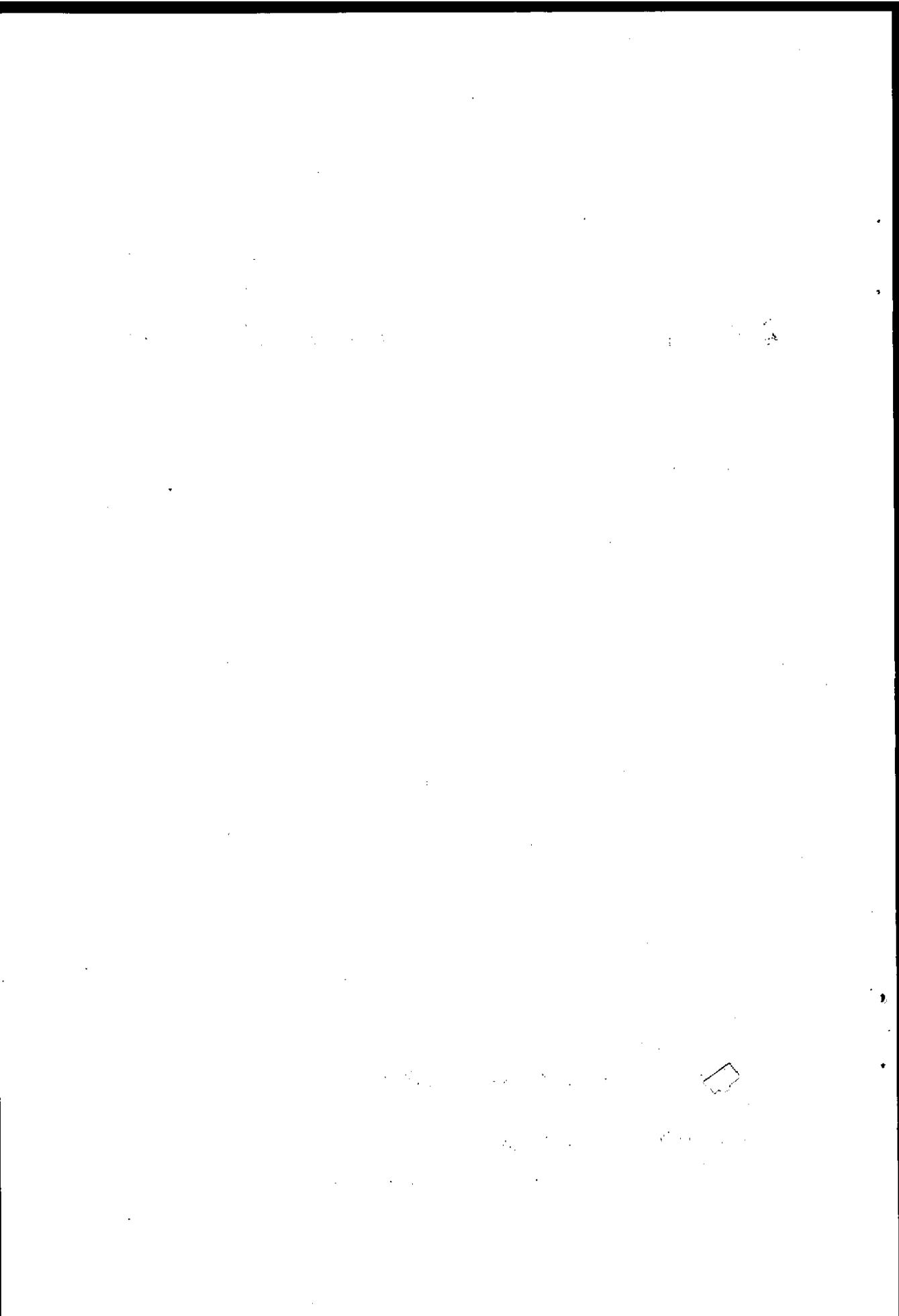
- 2.2.1 分業と統合の必要性
- 2.2.2 情報処理における分業と統合
- 2.2.3 階層構造による信頼性の確保
- 2.2.4 システムの柔軟性
- 2.2.5 コンピュータ階層システムのための技術的背景

2.3 階層構造をとった情報処理システムの特徴

- 2.3.1 一般的な特徴
- 2.3.2 上位レベルと下位レベルとの依存関係
- 2.3.3 階層構造における意思決定の内容
- 2.3.4 連結要素としての情報の重要性
- 2.3.5 ハードウェアの構成による特徴

2.4 情報システムの分割方法

- 2.4.1 電力システムの分割に関する理論的考察



2章 情報処理システムにおける階層構造の分析

2.1 階層構造へのアプローチ

2.1.1 階層構造の概念

「システム」と同様に「階層構造」も、現実の事物や現象のもつ固有の性質であるかどうかというよりはむしろ、人間が現実の事物や現象を理解し、把握するときにおける、人間の認識の仕方の特徴であるとみられる方が便利である。

もっとも認めやすい階層構造は、いくつかの部分や要素が連結され、集まって、ある全体を作り、さらに、それがいくつか集まってより大きな全体を形づくる……といった、いわば、全体と部分の関係ともいえるべき階層構造である。

このようなシステムとそのサブシステムという関係構造は、たとえば、素粒子から宇宙にいたる自然界の階層構造や、細胞から組織、器官、人体を経て人類社会全体にいたる人間界の階層構造など、いたるところに認めることができる。

同様に、人間の手にかわる複雑な人工システムや機械システムにおいても、また、社会組織においても、階層構造で考えたほうが把握しやすい。とくに、人間の組織体や人工システムが目的追求の活動とか問題解決とか意思決定を行なうためのものとして存在する場合には、意識的にせよ、無意識的にせよ、階層化された活動構造をとるのが普遍的なものである。

このようにみえてくると、自然、生物、社会を含めて、システムと考えられる対象はなんらかの階層構造をなしているとみることができる。

2.1.2 階層構造の展開

階層構造の概念とか普遍性の展開は今に始まったことではない。それが今日脚光を浴びかけているのは、複雑なシステムを改良または、構築する

際、階層構造を意識的かつ積極的に活用し、それをシステム形成の基礎にしようという試みが最近の傾向としてみられるからである。そこで、その理由を探ってみよう。

現代を特徴づけるもののひとつとして、複雑な組織をもった巨大なシステムの登場をあげることができる。とくに、1950年代あたりから、産業部門では鉄鋼、電力、石油などの企業において、その設備や操業が複雑化し、巨大化する傾向が加速された。システムの巨大化や、それに伴う複雑化などは、システムを管理、統制する面にも、あらたな問題を提起した。さらに、システムの規模の増大に加えて、産業における操業、運転の変化や経済、技術などの外部環境の変化も激しくなってくる傾向があり、これらの変化に対して、すみやかな対応の必要性が増大した。このような環境のもとにおいて、自然発生的な管理、統制では十分対処できなくなり、新しい理論とか、科学的な道具とか、それらの基盤となる社会的変革などが必要となってきた。

2.1.3 コンピュータ・システムの進展

このような現状のもとで、より効果的な管理、統制を求める動きは、2つの方向に顕著にあらわれている。1つは新しい理論の展開であり、もう1つは科学的道具、すなわち、コンピュータの発展である。まず、新しい理論として制御理論、システム工学、組織論などが導入され、複雑で大規模なシステムや組織の設計と運営についての技術の伸展を促した。階層構造については、まだ理論的に解明しきっていない。制御理論、システム工学、組織論などは、効果的な管理、統制に関する理論や技術にすぎない。つぎに、これらの理論や技術を実施するにあたっての道具として、決定的ともいえる役割を果しつつあるのがコンピュータである。コンピュータは管理者の情報処理や意思決定の能力を飛躍的に拡大し、比較的構造が単純で定常的な情報処理とか意思決定といった仕事については、すでに人間の肩代りをしつつある。

今日では、高性能のプロセス・コンピュータや、ミニ・コンピュータを比較的安価に購入できるため、これらを生産工程の各所に導入し、制御用の専用コンピュータとして盛んに用いるようになった。また、それらが互いに連結されてコンピュータ・システムを形成し、さらに、巨大容量のファイルをもつビジネス・コンピュータとも連結されようとしている。電力事業、鉄鋼業、化学工業などはコンピュータの高度利用が現在急速に進行しつつある代表的な産業部門である。

人間と機械が複雑にからみあった大規模なシステムでは予期しにくい問題が発生してくる。人間の手で作られた物理的な組織といえども、新しいコンポーネントがつけ加えられて、コンポーネント間の関係が複雑化し、巨大な組織に成長すると、組織の中での相互干渉いかんによっては、その組織は当初予想もしなかった複雑な性質や行動特性をもちはじめるといえる。そのような組織を、経済性、即応性、安全性、信頼性などといった多元的な評価基準を考慮して管理、統制する機構の確立が必要となってきた。まして、そのような複雑で巨大な組織の管理、統制を、無数のコンピュータを連結したコンピュータ・システムで行なおうとするときには、信頼しうる技術的、理論的基盤とか、より適切なアプローチの確立が問題となる。そこに、きわめて可能性に富んだ基盤として、階層（ハイアラキ）構造の考え方があらたに注目されるようになり、大規模な組織とそれを管理、統制する情報処理システムの構築にあたって階層構造を積極的に活用されようとしている。

2.1.4 階層構造の形成過程

階層構造は、すでに存在している組織を再編成したり、あるいはまた、それを管理、統制する情報処理システムを再編成したりする過程で、自然に生れてくるものである。複雑で大規模な組織を、一挙に、設計したり構築することは希であり、はじめは、比較的小規模で単純な工程や情報処理システムがいくつか別個につくられ、それらはほとんど干渉なしに活動す

る。そのうち、当初作った局所的な情報処理システムを連結するようになり、それらの小規模な情報処理システムを協調、統合するための総合的な情報処理システムが作られる。この過程が累積して、大規模な情報処理システムに成長していく。たとえば、電力事業の場合でも、ある期間をとおして、すでに存在していた電力系統が段階的に結合され、次第に大きな電力系統を形成していった。そして、電力系統の規模が大きくなっていく過程に歩調をあわせて、コンピュータの利用が盛んになり、複合的なコンピュータ・システムが実現されようとしている。また、鉄鋼業における情報処理システムの形成過程をみてもこの事実は明白である。鉄鋼業では高炉・転炉・各圧延ラインなどの制御を中心に導入されたプロセス・コンピュータと、オフライン業務処理から発展した汎用ビジネス・コンピュータを利用する2つの流れがあり、やがて現在の総合的生産管理システムが形成されてきた。その過程において、生産量の増大とか、計画管理の即時性とか、人手介入に伴うデータ・ミスの解消とか、省力化といった問題を総合的に解決するために、それまで別々の道をたどって発展してきたプロセス・コンピュータとビジネス・コンピュータを結びつけて、一貫したオンライン情報処理を行なう構想が生まれてきた。このように当初、小規模な情報処理システムが順次開発され、それらが結合されて、現在では

- ① プロセス自動化レベル
- ② プロセス単位、ないしはプロセス系列単位の工程管理レベル
- ③ 製鉄所全体の生産管理レベル

のような階層構造の総合的生産管理システムに成長した。電力事業や鉄鋼業における情報処理システムの事例については第3章で詳しく解説する。

以上、電力事業と鉄鋼業の総合的な情報処理システムは、小規模な情報処理システムを開発統合する過程をへて、階層構造の情報処理システムが形成されてきた例である。しかし、今後は逆に、階層構造をあらかじめ考えて、そのもとでサブシステムを設計したり、または現存システムを参加

させるといった形で総合的な情報処理システムの構想をたてなければならぬ傾向にある。この観点に立って、以下階層構造の特徴を考察してみる。

2.2 階層構造の必要性と利点

2.2.1 分業と統合の必要性

複雑で大規模な組織を管理、統制する情報処理システムでは、情報処理システムを組織の構成要素や機能ごとに専門化した小規模な情報処理システムに分割し、それらを管理、統合する形態にしたほうが、情報処理システムの能力とコストの面から考えて有利なことが多い。専門化した小規模な情報処理システムを統合した、いわゆる階層構造の情報処理システムでは、全体の機能に大きな影響を与えずに、局所的に単一機能を変えたり、問題を解決したりすることもでき、情報処理システムに柔軟な適応性をのぞむことも可能となる。もちろん、このようにサブシステム^{*}に分割するなり、各機能を専門分業化するのは、必ずしもすべてよいわけではないが、分業化の利点は大きい。

しかし、野放しの専門分業化には明らかに限界がある。専門分業化とは、他のサブシステムとの相関を考えないで、与えられた目的に専念することであるが、それぞれの分業化されたサブシステムが独走しては全体の目的が達成されない。ときには、サブシステムがそれぞれ追求する目的には排反関係にあることもあり、競争関係になることもあるからである。したがって、仕事の分担や機能の分割が行なわれるところには、かならず、統合の必要性が生じてくる。サブシステム間の協調をはかり、それらを統合する新しいサブシステムには、統合をうけるサブシステム群に対する、アクションの優先性や介入の権限が与えられる。介入の権限をもったサブシステムは上位レベルのサブシステムと呼ばれ、介入を受けるサブシステムは下位レベルのサブシステムと呼ばれる。

* 分割した小規模な情報処理システムをサブシステムと呼ぶ

2.2.2 情報処理における分業と統合

企業のように大規模な組織がその機能を有効に発揮するためには、分業と統合が必要であることは言うまでもないが、コンピュータによる情報処理にも分業と統合とが問題になる。情報処理を少数のコンピュータに集中するか、あるいは多数のコンピュータに分散するかを選択がその例である。従来から知られているもっとも簡単な原則としては、ある与えられた一定の資金でコンピュータ資源を確保したいなら、それを多数のコンピュータに分散して使うよりは少数のコンピュータに集中投資したほうがはるかに高い処理能力を確保できるという事実がある。これは、コンピュータの技術が進み、きわめて高性能のコンピュータが現われ、たとえば価格が2倍なら、性能は10倍というように、価格に対して性能の増加が著しいことからくる原則である。この経済原理を適用すれば、10台の中形コンピュータを使うよりも、1台の高性能の大形コンピュータを使うほうが経済性や処理能力といった面で優っていることになる。

ところが、最近のコンピュータの利用、とりわけオンライン・リアルタイム処理においては、このような原則が有効でない場合がでてきた。管理・統制すべき組織の規模が増大し複雑になるにつれて、組織内のデータをすべて中央のコンピュータに集めて一括処理し、組織内に発生する問題を解決しながら管理するような場合には、中央における情報処理量が途方もなく膨大になってしまい危険性がある。さらに、組織内のあらゆる末端と中央を往来する情報伝送量も著しく増加してしまう。これが中央処理方式の経済性をそこなう大きな要因である。

オンライン・リアルタイムの情報処理システムには、高度の応答性が要求される。情報処理システムが組織に対してとるアクションは、ある許容時間内に完了しなければならない。この場合、アクションの遅れが許されないのはもちろんであるが、あまり早すぎても意味がない。アクションに

* この問題については第5章の情報の価値で定量的に考察している

要求される応答の許容時間は、それぞれ異なっており、各サブシステム特有の管理サイクル、あるいは、意思決定サイクルの値によって決まる。中央処理方式では、組織内の各所に発生する多数の仕事をそれぞれ所定の応答時間で処理する必要がある。このため、中央のコンピュータは、優先順位を定めて、それらの仕事を同時並行処理しなければならない。この場合、仕事の数が増え、しかも、複雑になればなるほど、同時並行処理を行なうための管理プログラムのステップ数が増大し、極端になれば、管理プログラムの働く時間が実効の処理を行なう時間よりも長くなり、そのため、コンピュータの実効演算能力が著しく低下する。

一般に高速応答を要求する仕事ほど、その処理は単純なものが多い。このような単純な仕事を同時並行処理しようとするから、コンピュータ内のジョブのコントロールばかり増えてしまうという無理が生じ、コンピュータのソフトウェアにも極度の負担がかかってしまう。そこで、このような単純な仕事に対しては、大形コンピュータによる中央集中処理よりも、その単純な仕事に適合した規模のコンピュータによって专业化するほうが、実効処理能力の面で有利である。この方法によれば、それぞれ専用のコンピュータが処理を独自に行なうので、中央のコンピュータは単純な仕事を同時並行処理するという負担から解放され、重要な仕事だけを行なうことになる。各専用のコンピュータは、仕事が要求される現場に設置すればよいので、情報処理システム内の情報伝送量も少なくなる。もし、あるサブシステムでの情報処理の結果を別のサブシステムで利用したり、別のサブシステムからの情報を必要とする場合には、複数台のコンピュータを連系する情報処理システムを形成することになり、さらに専用のコンピュータ相互間の協調をはかり統合するための上位レベルのサブシステムも必要となる。ここに、階層構造の情報処理システムができあがる。複雑で大規模な組織を階層構造の情報処理システムで動かすためには、コンピュータの能力や特性をうまく活かしながら、最適の分業と統合とを考える必要があ

る。

計画、管理、統制の各段階における意思決定は、絶えず変化する環境に対処して行なわなければならない。このような変動する環境のもとで、意思決定を行なうということは、つぎの2つの相反する観点から意思決定を迫られるということになる。

- ① 意思決定をくだし、そのアクションを許容時間内に完了しなければならない。もし、そのアクションが許容時間内で完了しなかったなら、結果的には管理対象をそのまま放置するという意思決定が行なわれたのと同じ効果となる。
- ② 意思決定を合理的に行なうためには、組織や環境のデータを十分収集しなければならない。しかし、限られた時間内で、意思決定を行なわなければならないので、不完全なデータで意思決定を行なうこともありうる。

このように、遅れずに意思決定のアクションをとらなければならないということと、いっほう、時間をかけて事態をよりよく把握しなければならないということとは、相反する要求である。複雑で大規模な組織を管理するときに遭遇するこの矛盾を解決するために、階層構造の情報処理システムの考えが生れた。複雑で大規模な組織における意思決定は、いくつかの小規模な部門における意思決定が相互にうまく結びついてこそ効果を発揮する。

時々刻々変動する環境において意思決定を行なう時に遭遇する矛盾を階層構造の情報処理システムによってどのように解消できるかを記述する。状況が時々刻々変化する環境のもとで意思決定を行なうときには、処理しなければならない問題の構造や周辺状況について完全なデータや情報を収集できない。そこで、下位レベルの意思決定サブシステムでは、上位レベルから指定されたパラメータ設定値、操作変数の許容範囲、資源配分の条件、および追求すべき目標などをそのまま容認して問題を解決する。

このような制約条件のもとでとりあえず意思決定を行ない、許容時間以内にアクションをとれるようにする。これが下位レベルの意思決定サブシステムの役割である。いっぽう、その上位レベルの意思決定サブシステムでは、長い時間をかけて、周辺状況、下位サブシステムの行動の効果、システム全体の資源配分の適否などについて情報を収集し、より適確な知識を得て下位レベルの意思決定が適当であるかどうかを判断する。もし、それが適当でないと判断すれば下位レベルの設定値などを修正する。このような階層構造の情報処理システムを構築することにより、許容時間に遅延することなく、しかも入手したデータや情報をうまく活用して意思決定を行なうとともに、有効なアクションをとりつづけることができる。さらに上位レベルにおいても完全なデータと情報を蓄積し、それに基づいて意思決定を修正していくことが考えられる。

プロセス工業における自動化した工程では、最下位レベルにプロセス制御用のコンピュータがあり、主要な状態変数を特定の値に維持する。この最下位レベルにある、プロセス制御用のコンピュータでは、工程の経済性とか、制御アクションが他の工程にどんな作用をおよぼすかなどについて配慮することなく、ただ単に設定値の維持に努めるだけである。経済的に工程を動かすため下位レベルのパラメータの設定値をいくつにしたらよいかという、いわゆる工程の経済性を評価基準とするのは、上位レベルの意思決定サブシステムである。

2.2.3 階層構造による信頼性の確保

情報処理システムを評価するための、いわゆる評価基準としては経済性、収益性、即応性、柔軟性、拡張性などが考えられるが、評価基準を考えその中で最も重要な評価基準は信頼性であるといえよう。

電力事業や鉄鋼業における大規模な情報処理システムが階層構造をとっている大きな理由の1つは信頼性を確保することにある。

また、生産工程などを管理する情報処理システムにおいてもオンライン

・リアルタイムのコンピュータで運用する場合にはコンピュータの信頼性を確保することがもっとも重要な条件となる。

一般に、機器を構成する部品の信頼性が等しければ、部品の数が多くなると、機器の信頼性は急速に低下するといわれている。その面だけを強調すればコンピュータは大形になるほど信頼性は低下する可能性が大きい。生産工程を管理する情報処理システムが1台の大形コンピュータで運用されている時には、複数台のコンピュータに仕事をわけて階層構造の情報処理システムにしたほうが信頼性の面だけを考えるならば望ましい事になる。情報処理システムを構築する場合、システムの構成要素であるコンピュータに機能障害やダウンが起る可能性を無視して設計するよりは、それが必ず起るといふ仮定のもとに、それにはいかに対処するかという観点にたつて情報処理システムを考えたほうが信頼性を確保するという点では有益であり、現実的でもある。もしコンピュータが機能障害やダウンを起こしても情報処理システムが必要最小限の機能を維持できるためには、情報処理システムに対して

- ① 事故の波及範囲を極力局所的に限定する。
- ② 事故による損失 (damage) そのものを極少化する。

といった2つの条件を満足するようにしておかなければならない。①、②の条件を満たすためには、情報処理システムを階層構造にすることが望ましい。

階層構造の情報処理システムをオンライン・リアルタイムで運用するためのコンピュータ・システムでは、通常、下位レベルのコンピュータほど短時間といえども停止は許されない。すなわち、階層構造の情報処理システムでは下位レベルほど応答の許容時間 (管理サイクル) が短く、時間的な制約が厳しい条件で意思決定を行わなければならない。また、下位レベルのコンピュータは、DDC (Direct Digital Control) のような、プラントや制御対象に直接働きかけているため、たとえわずかな時間

でもコンピュータ故障は望ましくない。応答時間に対する制約の厳しさは上位レベルのコンピュータほど減少する。さらに上位レベルはプラント全体の最適運転条件を求め、その結果で下位レベルの管理機構の設定値などを変更するという種類の処理が多いから、コンピュータの信頼性に対する要求は下位レベルのコンピュータに比べて厳しくない。もしDDCを行なっているコンピュータが故障すればプラントの操業が停止してしまうが、最適制御などを行なっている上位レベルのコンピュータが故障しても単にプラントの生産効率が若干落ちるだけの影響にとどまる。このように、情報処理システムを階層構造にして大規模な組織の管理を行なえば、コンピュータの機能障害や故障があっても、その影響を局所で押えることができ、また、高い信頼性を必要とする仕事と、それほど信頼性を必要としない仕事とを分離して、それを専用のコンピュータで処理することも可能であるからコンピュータのバック・アップ体制を整えることも容易となる。

図2-1(a)の構成ではコンピュータDがDDCを分担し、コンピュータAが最適制御を担当するようになっている。もしコンピュータDが故障すると、コンピュータAが、一時的に最適制御を中断してコンピュータDの仕事の肩がわりする。このようなバック・アップ体制をとると、プラント生産効率が若干低下しても、プラントの操業が停止するようなことは

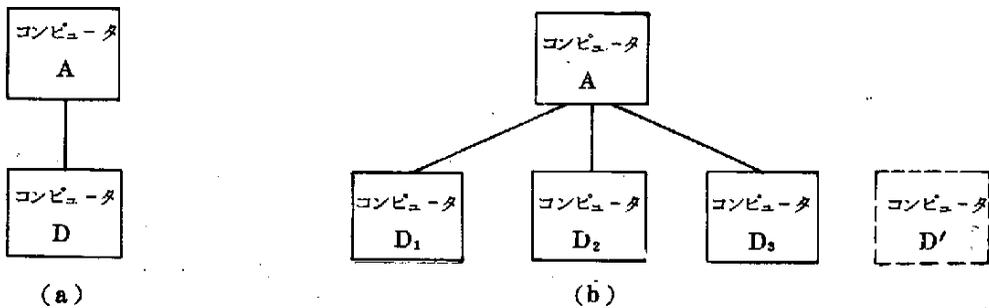


図2-1 コンピュータ・システムの構成

避けられる。また、図2-1(b)のような構成になっている場合には、コンコンピュータ D_1 , D_2 , D_3 のうちどれかが故障したときの対策としてコンピュータAがバック・アップする方式、コンピュータ D_1 , D_2 , D_3 3台が相互にバック・アップしあう方式、あるいは、予備のコンピュータ D' を別個に待機させてバック・アップする方式などが考えられる。これらのバック・アップの方式から、どれを選ぶかは、経済性や、信頼性に対する要求の度合による。

2.2.4 システムの柔軟性

組織の変化や拡張に対処する場合を考えると中央集中処理方式の情報処理システムよりも、階層構造の情報処理システムのほうが、短時間にしかも安い費用で最適の情報処理システムに再編成できる。たとえば、広い地域に電力を供給している電力系統を考察してみよう。階層構造で電力を供給している系統では、ある地域で発電設備の変更があると、その地域の損失方程式のマトリクスを更新するだけで、系統内の他のマトリクスは変える必要がない。これに対して、中央集中方式で電力を供給している電力系統では、系統全体の損失マトリクスを更新しなくてはならない。

プロセス制御を中央のコンピュータで同時並行処理する場合にもプロセスの変更や拡張があるごとに、コンピュータのソフトウェアを大幅に変更しなければならないという欠点がある。しかし、情報処理システムを階層構造にしておけば、プロセスの変更や拡張があっても、そのプロセスに関係のあるハードウェアだけを作りかえればよい。

複雑で大規模な組織を運用する情報処理システムが、一挙に構築されるというようなことは、きわめてまれなことである。通常、小規模な情報処理システムがだんだんに成長するとか、いくつかの小規模な情報処理システムと結びつくなどして大規模な情報処理システムができ上っていく。この事実を考えると、階層構造をとった情報処理システムがもっている柔軟性はきわめて重要な特性である。また企業などで、情報処理システムを作

ることになったとしても、初期に投資できる資金に制約があるため、採算性の高い1部の情報処理システムから順次作っていく。事実、企業の経営者は、最終的な情報処理システムが完成するまで、手をこまねいてその活動を待つということはない。このような場合、限られた初期投資をうまく活用して、段階的に情報処理システムを作っていく。このようにして作られた情報処理システムは無意識のうちに階層構造となっている。

2.2.5 コンピュータ階層システムのための技術的背景

階層構造をとった情報処理システムの利点をいろいろな観点から検討してきたが、いかに優れた考え方やアプローチがあってもそれを実施に移せる技術的条件が整わなければ現実的に無意味である。しかしながら、最近、大規模な階層構造をとった情報処理システムの運用を経済的に可能にする技術的条件が急速に整いつつある。

まず第1に高性能なミニ・コンピュータやプロセス・コンピュータが急速に開発されている。これらのコンピュータは、計算能力、高速性、信頼性などの面で著しい進歩を示し、また、大量生産によって価格も大幅に低減している。したがって、生産工程を管理するコンピュータとして、ミニ・コンピュータやプロセス・コンピュータが十分にその機能を発揮する段階にきている。

第2に、データ・ハイウェイ・システムの開発をあげることができる。中央集中処理方式の情報処理システムでは、多くの場合、末端と中央との間でデータ伝送が行われるが、階層構造をとった情報処理システムでは、サブシステム間の情報交換が主体となる。この階層構造の情報処理システムではサブシステム間の情報結合を柔軟に変更したり、割込み処理などができる伝送システムが必要となる。この伝送システムでは、比較的伝送距離は短い、大量の情報をきわめて短い時間内に伝送しなければならない。しかも、工場の構内にはいたるところに、伝送障害の原因となる雑音源がある。このような制約があるにもかかわらず伝送システムは、リアル

タイム処理のために、より高い信頼性を維持しなければならない。このような要求にこたえるために、データ・ハイウェイ・システムという伝送システムが開発されており実用化されつつある。

データ・ハイウェイ・システムとは、コンピュータ、プロセス入出力機器、周辺装置などを近くのデータ・ステーションに接続し、これらのデータ・ステーションをループ状の伝送ラインで結んだ、時分割多重データ伝送システムである。データ・ハイウェイ・システムの特徴としては、

- ① データ伝送が高速で行なわれる（10,000 (bit/秒) 以上）
- ② 任意に相手を選んで伝送でき、しかも各端末はすべて同じ優先度であるから、柔軟な伝送システムの設計が可能である。
- ③ 工場内で発生するノイズや温度などの悪環境に耐えられるよう特別の配慮が払われている。
- ④ 伝送制御にはコンピュータを必要とせず、簡単な制御装置で行なえる。この制御装置の故障による全伝送システムの停止はほとんど考えられない。

これらの特徴を持つ、データ・ハイウェイ・システムは、階層構造をとった情報処理システムのための伝送システムとして適しているといえよう。

2.3 階層構造をとった情報処理システムの特徴

2.3.1 一般的な特徴

組織は人、物、エネルギー、情報のように性質のちがうものによって、構成され、その各々が機能的に関連づけられたものである。いっぽう情報処理システムは主に情報処理の機能によって関連づけられている。

機能を関連づけるという考え方でみれば、組織も情報処理システムも同じ特徴をもっており、階層構造をとった場合もほぼ同じであろう。

したがって、前節2.2において利点という形で言及している特徴は階層構造をとった情報処理システムでもそのままあてはめることができる。す

なわち、これらの特徴、たとえば、分業と統合、信頼性の確保、柔軟性などは階層構造をとった情報処理システムでもあげてよい特徴である。

また、情報処理システムでは情報のもつ特質から、独特な特徴もでてこよう。

情報の最大の特徴は、目に見えない無形という点と、本源的には人間が取扱いものであるということとにある。

したがって、つぎに述べるのが情報を処理するさいの特徴として指摘できよう。

- ① 驚異的な処理スピードがある
- ② 無限に貯蔵できる
- ③ 爆発的な加工性をもつ
- ④ 人間の意思決定に関連する
- ⑤ 人間組織、機械組織など他の組織への連繋が可能だし、その中で中枢的役割を占める
- ⑥ 地球的スケールで伝達が可能である

ことなどがあげられよう。

とくに、情報処理システムを階層構造にすることにより、一層これらの特徴を情報処理システムの中で配慮していかなければならない。

たとえば、信頼性の確保でのべられていた、事故の波及範囲をローカルに限定する問題、事故による損失を極少化する問題も、上記の驚異的な処理スピード、地球的スケールでの伝達を考えたならば、一般的な組織とは比較にならない影響力をもつことが多いであろう。

また、柔軟性の問題にしても、情報が人間組織、機械組織と連繋しやすく、かつ、中枢的役割を果たすことからわかるように情報処理システムの変化、成長に対する柔軟性はきわめて重要である。

信頼性の確保にせよ、柔軟性にせよ、分業と統合にせよ、情報処理システムは一般組織とば程度のちがった特徴を階層構造のなかでもつといて

もよい。

それは一般組織の階層構造と情報処理システムの階層構造とが必ずしも同一にならないことを意味している。

たとえば、一般組織の階層構造は分権的管理で運用していても、情報処理システムは階層構造をとらない中央集権的管理運用の場合もあるであろう。

ここに階層構造をとった一般の組織の特徴と同じく階層構造をとった情報処理システムの特徴との間の類似点と相異点とが見出せる。以下、とくに、情報処理システムの特徴としてあげるべきものを列挙してみよう。

2.3.2 上位レベルと下位レベルとの依存関係

情報は人間の意思決定に関連するものであり、その決定に順位をつけないと、情報処理システムは混乱する。

動態的な環境のもとで解決しなければならない、大規模な意思決定問題をたて配列に分解した意思決定機構によってその解を求めると、その意思決定機構は、階層構造になるだろう。その際、上位レベルの問題が解決されることにより、下位レベルの設定値が定まったり、下位レベルの問題の定義が規定されるという形で、下位レベルと上位レベルの関係がある。また上位レベルの動作は下位レベルの動作に優先するといった形で、上位レベルは下位レベルに対して介入の権限がある。いっぽう、上位レベルの意思決定の成否は、下位レベルの業績によってきまるので、その意味で、上位レベルは下位レベルに依存している。

2.3.3 階層構造における意思決定の内容

上位レベルほど、組織の環境や組織自体の行動を長い目でみなければならぬので、上位レベルの意思決定時間の制約はゆるく、下位レベルになるにつれて、意思決定のための許容時間は短くなる。

また上位レベルになるにつれて、組織全般をみわたして広い範囲の問題ととりくむ。また、そのアクションが他のサブシステムに与える影響は、

上位レベルの意思決定ほど大きい。

下位レベルで処理する問題ほど、単純な意思決定となり、計算も単純になる。これに対して、上位レベルの意思決定機構で、不確実性や未知の要素の多い情報によって流動的な問題を解かなければならない。したがって、数学的に定式化して意思決定を行なうことが困難となり、明確で定量的な解を求めにくい。

2.3.4 連結要素としての情報の重要性

情報処理システムでは上位、下位レベル間、同一レベル内のサブシステム間を結びつけ、統合するものは形態や媒体に差があっても、いわゆる情報である。連結という要素が加わるだけでも中央集中方式の情報処理システムと比較して、階層構造での情報の重要性は高い。伝送速度、伝送の正確性、情報の真実性、情報処理の正当性などは、階層構造の情報処理システムの機能に大きな影響を与える。最悪の場合はサブシステムだけ動いて、情報処理システム全体は最低の機能さえ保持できればよい。このような概念こそ当研究の重要な特徴であり、後節において情報の価値に関する考察を行なう理由でもある。

2.3.5 ハードウェアの構成による特徴

今日コンピュータを抜きにした情報処理システムは考えられない。コンピュータを土台に構築される情報処理システムにはコンピュータのハードウェアおよびソフトウェアの限界、特性などが反映されるし、制約される。階層構造にすれば、それだけコンピュータの組合せが複雑になり、1台のハードウェアから生ずる特徴とは違った特徴も生ずる。

処理の対象とその対象の性質および規模にあうように組合わされるハードウェアおよびソフトウェアはいく通りも考えられるし、その各々に独特な機能も付与できる。

複数のコンピュータは、たとえば、NO用コンピュータとビジネス・コンピュータとの関係、制御コンピュータとそれに制御されるコンピュータ

群との関係などのように、組合わせ方次第で、情報処理システムの特徴が活きてくる。

しかも、ハードウェアはいちじるしく発展しているので、現在大形コンピュータで処理しているものでも、将来ミニ・コンピュータで行なうことができるかも知れない。このため、現状では予想もつかないハードウェアの構成が生まれる可能性もある。

単体のコンピュータでは余り問題にならないことが階層構造をとったコンピュータ・システムでは問題となる。

たとえば、

① ハードウェア間で生ずる問題

データの発生の不規則性とランダム処理、応答時間、データの互換性、対話方式の実用性、割込み処理能力

② エラー防止の問題

チェック能力、エラー検出能力、ダウン時の処理の反応能力、事故の追跡能力、回復の速さ

③ ハードウェアおよびソフトウェアの問題

システム設計の容易さ、ソフトウェアの完備、伝送の信頼性、データ伝送速度

など、階層構造をとることで特有な問題が生まれる。まして、その情報処理システムに人間が入ってくると、また別の配慮も必要となる。たとえば、人間特有の性質からデータの表示能力、すなわち、図形表示、漢字表示なども情報処理システムの性格を決める要素といえよう。そういう意味で日本独自の漢字の処理は重要であり、日本語文書の漢字カナ混り文書の出力情報処理の研究も価値がある。

情報処理システムにおけるハードウェアは日日進歩発展を遂げ、コンピュータは、機械と人間、さらに場合によっては社会までも1つに連結していく。その中で、今までのべた特徴は、ハードウェアの変化と

もに一層顕著に変えて行くことになる。

2.4 情報処理システムの分割方法

2.4.1 電力系統の分割に関する理論的考察

大規模な情報処理システムは階層構造にすべきであるということを2.1項で述べた。ここでは、電力系統を管理、運用するための情報処理システムを例にとり、大規模なシステムをいくつの小規模なシステムに分割したらよいかという問題を考察する。電力系統を管理、運用するための情報処理システムは、1つの中央給電指令所と複数台の集中制御所に階層化されており、その情報処理システムの総費用を最少にするためには、1つの集中制御所が分担する地域の大きさをどのように決めたらよいか問題となる。

(1) 地域の大きさを決めるための基本的な考え方

電力系統を地域ごとに分割するとき、地域の大きさの決定にはいろいろな要因が影響する。このため、地域の大きさをどれ位にしたらよいかということは、一義的に決まらない。地域の大きさを決定するときに影響する要因としては、つぎのようなものが考えられる。

- ① 電力会社の境界あるいは所有権の境界
- ② 電力系統の地形
- ③ 既存設備の分布

このうち③の要因は、とくに重要である。系統の監視と制御をするために収集するデータの量が決まってから地域の大きさを決める場合、第1の要因は経済性である。この選択は既存設備の利用に非常に影響される。そのため、ここでは設備の配分と、それに関連するコストが近似的で理想的なモデルに基づいて、地域の大きさをどの程度にするかについて考えてみることにする。

(2) 数学モデル

適切な地域の大きさを決定するための電力系統モデルでは、変電所、発電所の位置は均等な密度をもって配置されていると仮定する。変数およびパラメータとして

N_s = 系統内の電気所の総数

ρ = 1マイル平方内の電気所の数

N_r = 系統内の地域の数

R = 系統内の公称半径

r = 系統内の地域の公称半径

を考える。

電気所から集中制御所へ、さらに集中制御所から中央給電指令所へとデータを集めていくためには、系統をいくつの地域に分割するか、すなわち N_r の値を決めなければならない。それには、伝送設備などのコストが最小になるように N_r の値を選ぶことが望ましい。監視しなければならない系統内の電気所は均一に分布していると仮定しているので、すべての地域は同じ大きさであり、それぞれの地域は

$$\pi r^2 \rho = N_s / N_r = \text{系統内の電気所の総数} / \text{系統内の地域の数}$$

の電気所をもつことになる。

このモデルにおいて、コストとしてはつぎのようなものを考える。

- ① 集中制御所にかかるコスト
- ② 各電気所から集中制御所への伝送コスト
- ③ 中央給電指令所にかかるコスト
- ④ 各集中制御所から中央給電指令所への伝送コスト

①、②、③、④は、地域の大きさを決定する場合の主要なコストと考えられる。人員の効果的な配置や、既存設備などによる他の多くのコストに影響する要因は、無視するか、あるいは問題定式化において、①から④の各コストの中に含めて考えることにする。

集中制御所には、コンピュータとディスプレイ装置を設置しているものと仮定する。この設備のコストは地域内の電気所の数に比例すると仮定し、式(1)のように固定費 C_0 （建設コストとその関連コスト）を加えたものとする。

$$C_r = C_0 + C_1 \frac{N_s}{N_r} \dots\dots\dots (1)$$

各々の地域内のデータ伝送にかかるコストは、地域内の電気所の数や1マイルあたりの伝送コストや各々の電気所から集中制御所への平均距離などにより決定される。地域は円形であり、地理的な中心地に集中制御所があると仮定すれば、集中制御所にかかるコストは

$$C_{dr} = \zeta_r \frac{2\pi}{3} \rho r^3 \dots\dots\dots (2)$$

これは、地域内の電気所数（ $\pi r^2 \rho$ ）に集中制御所、電気所間の平均距離（ $2/3 r$ ）と、1マイルあたりの伝送コスト ζ_r をかけたものである。集中制御所と中央給電指令所との間の伝送コストは、地域の数と中央給電指令所、集中制御所間の1マイルあたりの伝送コストにより決定される。このコストはここでは近似的に地域の数と独立であると仮定する。なぜならば、集中制御所は中央給電指令所にデータを送る前に、適当にデータを処理するからである。このように集中制御所と中央給電指令間のデータ伝送にかかるコストは、地域の数、中央給電指令所からの平均距離と1マイルあたりの伝送コストにより決定され、

$$C_{ds} = \zeta_s \int_0^R (2\pi x \rho \frac{N_r}{N_s}) dx = \zeta_s \rho \frac{N_r}{N_s} \frac{2\pi R^3}{3} \dots (3)$$

ただし、 $\rho \frac{N_r}{N_s}$: 系統内の地域の密度

中央給電指令所にかかるコストは、系統の大きさに比例した固定費と、データ処理にかかるコストである。地域の数が増すにつれて、中央給電指令所の計算負荷は軽くなり、データ処理のコストは減少すると仮定する。中央給電指令所にかかるコストはつぎのように求めるものとする。

$$C_s = C_4 N_s + C_5 / \sqrt{N_r} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(1), (2), (3), (4)であげたコストの和、すなわち、系統内でかかるコストは

$$C = N_r \{ C_r + C_{dr} \} + C_{ds} + C_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

総コストCを最小にする適切なサブシステムの数を求めるため、上式(5)を微分し、その結果をゼロとおくと

$$N_r = \left\{ \frac{1}{2} \frac{(C_2 N_s^{3/2} + C_5)}{(C_3 N_s^{1/2} + C_0)} \right\}^{2/3} \quad \dots\dots\dots (6)$$

一般に大規模な電力系統においては、 $C_2 N_s^{3/2} \gg C_5$ なので式(6)は

$$N_r \approx \left\{ \frac{C_2}{2(C_0 + C_3 N_s^{1/2})} \right\}^{2/3} N_s \quad \dots\dots\dots (7)$$

になる。

さらに地理的に大きな電力系統については、 $C_0 \ll C_3 N_s^{1/2}$ であるので

$$N_r \approx \left\{ \frac{C_2}{2C_3} \right\}^{2/3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。

式(8)からわかるようにこのモデルで計算される地域の個数は、パラメ

ータ $C_0 \sim C_4$ に無関係である。パラメータ $C_1 \sim C_4$ は、地域の数とは独立である。

(3) 計算結果

式(8)によりつぎに示すような電力系統の地域の最適数を計算してみる。

$$N_s = 400 \text{ (電気所の数)}$$

$$\rho = 0.025 \text{ 個/平方キロ}$$

$$\bar{c}_r = \text{¥}60,000/\text{km} \text{ (集中制御所と電気所間の伝送コスト)}$$

$$\bar{c}_s = \text{¥}150,000/\text{km} \text{ (集中制御所と中央給電指令所間の伝送コスト)}$$

$$C_0 = \text{¥}30,000/\text{km} \text{ (集中制御所の建設コスト)}$$

$$C_5 = \text{¥}30,000 \text{ (中央給電指令所におけるデータ処理のコスト)}$$

この場合、(8)式より $N_r = 8$ となる。

図2-2～図2-5は、各コストを変化させた時の N_r の値を示したものである。図2-4は、 N_r が C_5 (中央給電指令のデータ処理のコスト) が変化してもあまり変化のないことを示している。しかし、図2-5よりわかるように、 N_r は地域間の通信にかかる単位長さあたりのコストに非常に敏感である。

約50カ所の電気所がある高い密度の都市の系統で、他のパラメータの値が図2-2～図2-5における範囲にあるとすると、このモデルの示す地域の数は $N_r = 1$ となる。これは、本質的には集中制御所のない集中運用となる。

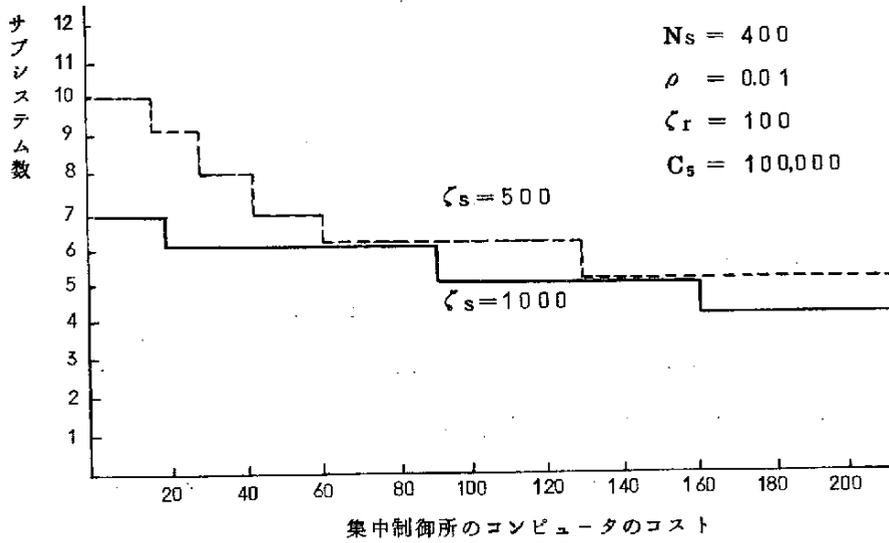


図 2-2 集中制御のコンピュータ・コストとサブシステム数との関係

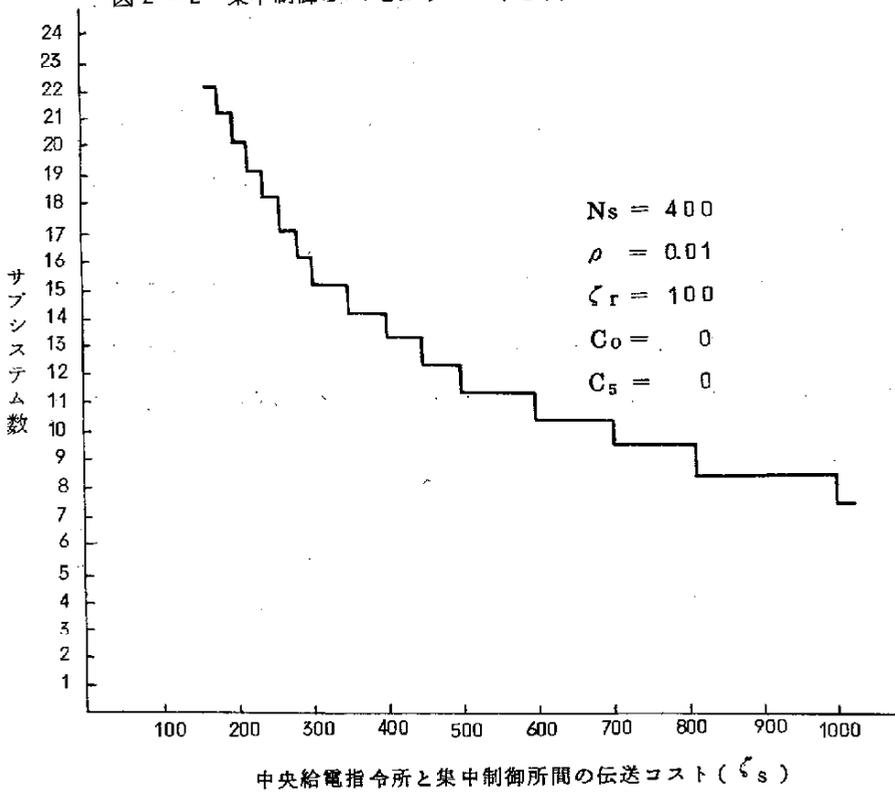


図 2-3 伝送コストとサブシステム数の関係

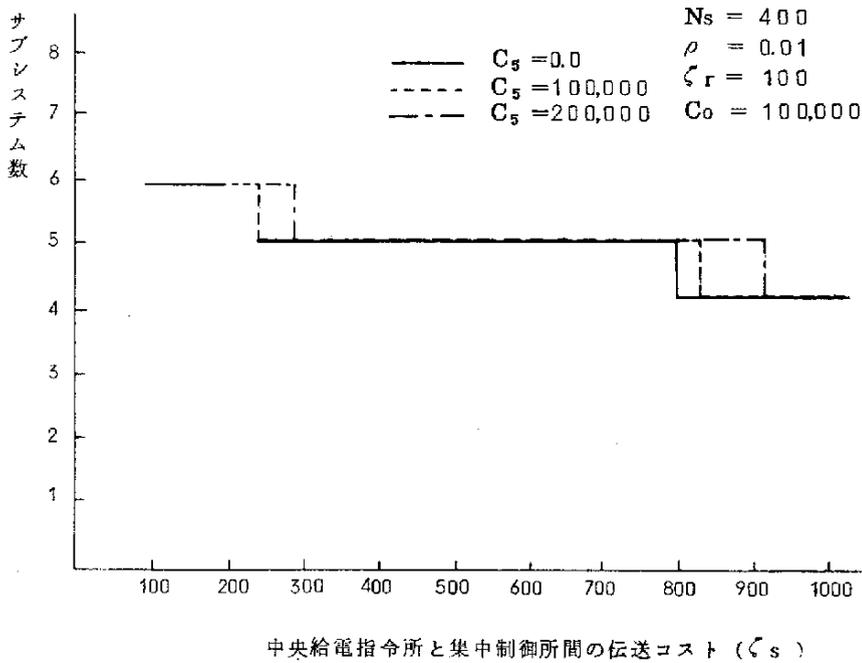


図 2-4 C_s をパラメータとしたときのサブシステム数の変化

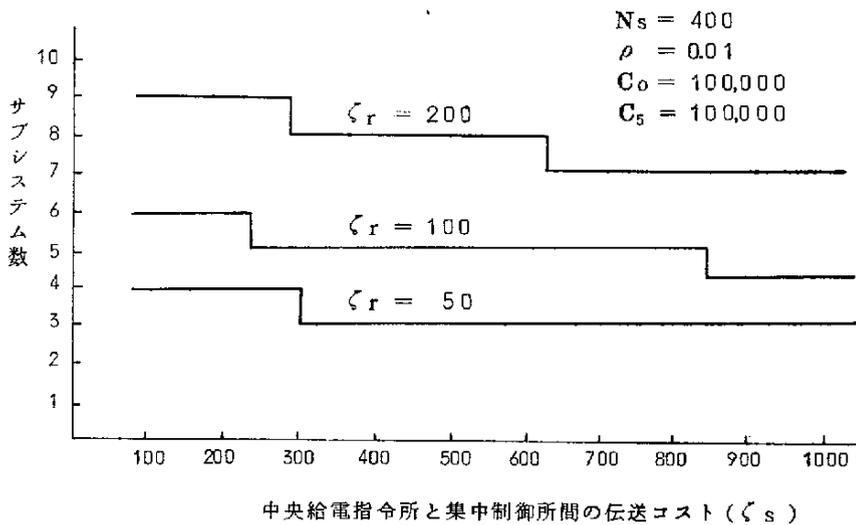
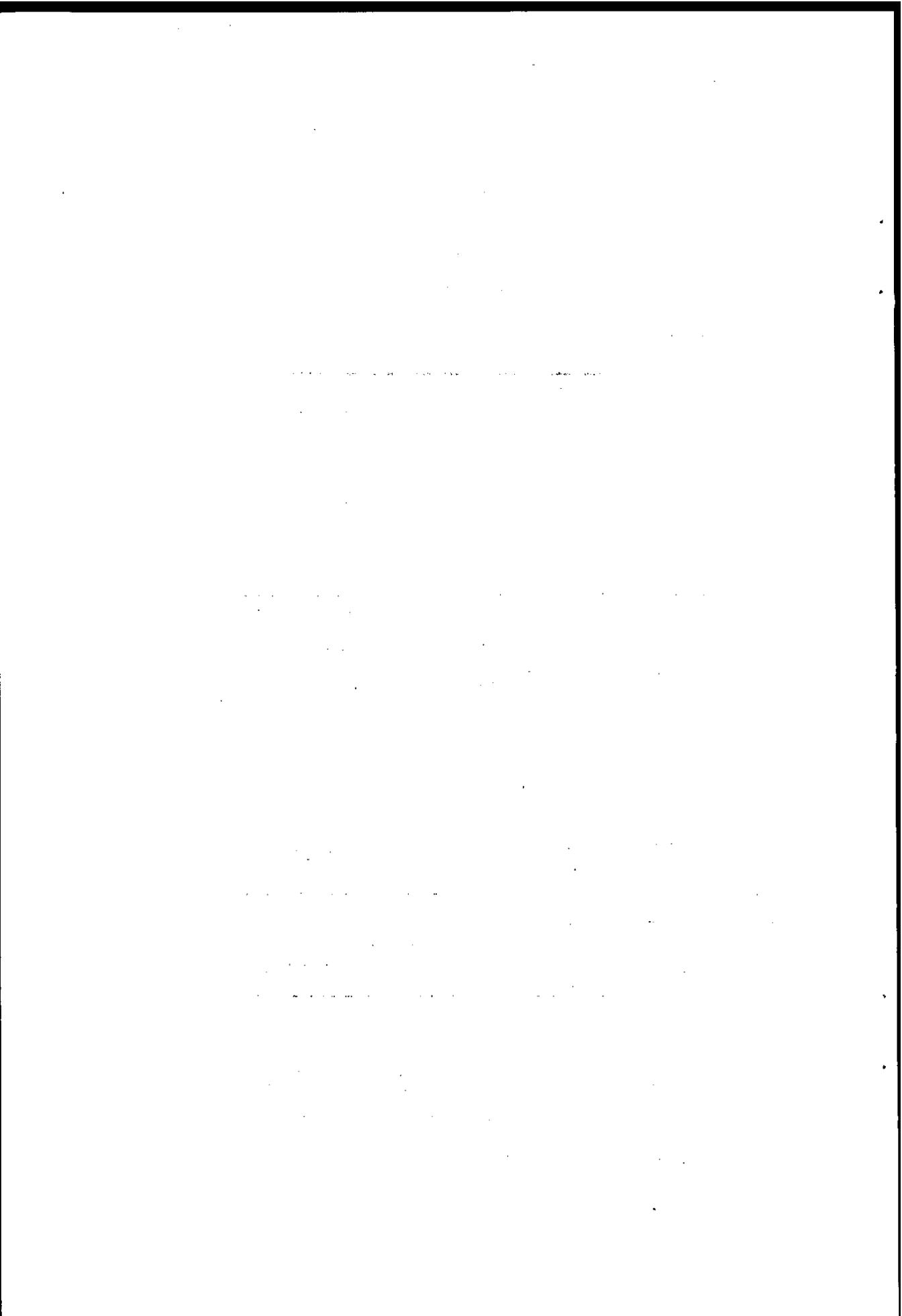


図 2-5 地域間の伝送コストをパラメータにしたとき



3章 階層構造をとった情報処理システムの事例

3.1 電力事業における情報処理システム

- 3.1.1 電力システムを管理，運用するための階層構造をとった情報処理システム
- 3.1.2 アメリカにおける情報処理システム
- 3.1.3 イギリスにおける情報処理システム
- 3.1.4 フランスにおける情報処理システム

3.2 鉄鋼業における情報処理システム

1947

1948

1949

3章 階層構造をとった情報処理システムの事例

3.1 電力事業における情報処理システム

3.1.1 電力系統を管理、運用するための階層構造をとった情報処理システム

電力系統を管理、運用するための情報処理システムは、系統内に発生するデータや情報を全部中央の給電指令所に集めて、監視とか、論理判断とか、指令といった処理を中央の給電指令所にあるコンピュータで行なう、いわゆる集中処理方式の情報処理システムがある。この集中処理方式では、発電所などの各電気所から送られてくる情報や、中央給電指令所から各電気所に送る情報の伝送システムが大規模になるうえ、コンピュータや伝送装置が故障した場合にすべての機能が停止する恐れがある。さらに、集中処理方式では、中央のコンピュータとして高い信頼性のコンピュータが必要となるし、またコンピュータの処理は複雑になる。このため集中処理方式の情報処理システムの構築には経済的や技術的な面で大きな困難が生じてくる。

集中処理方式の問題を解決するため、下位レベルのコンピュータは局地的情報だけで判断、操作の可能な情報処理を行ない、上位レベルのコンピュータは、全体的、総合的な情報処理を行なうようにして、情報処理システムを階層構造にする。このようにするとデータの伝送距離が短くなり、伝送回線も少なくなる。また、一部のコンピュータや伝送装置が故障してもその故障が情報処理システム全体へ影響する可能性が少なくなるばかりでなく、系統規模の拡大にも比較的容易に対処することができるようになる。したがって、電力系統を運用する情報処理システムを系統制御の内容に応じて階層構造にして、下位レベルには、中形もしくは小形コンピュータを設置して中央給電指令所のコンピュータとデータ伝送装置によって有機的に結合することが望まれる。そこで、電力系統を運用する階層構造をとった

報処理システムの基本的概念を以下記述する。

図 3 - 1 は電力システムを運用する階層構造をとった情報処理システムの概念図である。

A サブシステムの機能

(1) 中央給電指令所の機能

- ① 信頼度向上
- ② 電力設備の効率的運用
- ③ 全系統的な影響を有する負荷や周波数の制御
- ④ 電圧や無効電力の制御
- ⑤ 事故波及防止制御
- ⑥ 超高圧主幹系の監視と運用
- ⑦ 大容量火力発電所や原子力発電所や大形揚水発電所の運用
- ⑧ 翌日発電の計画

(2) 給電制御所の機能

- ① 2次送電系の信頼度制御
- ② 中央給電指令所から送られてくる運用目標達成のための集中制御所管理
- ③ 正常時および異常時の系統操作
- ④ 制御用データの監視
- ⑤ 守備範囲内の需給計画
- ⑥ 作業停止計画
- ⑦ 下位の集中制御所への給電指令
- ⑧ 配電・変電所の集中制御

(3) 集中制御所の機能

- ① 水系の発電所遠隔制御
- ② 中小容量の発電所の遠方監視と制御
- ③ 直接的系統操作

④ 運用記録

B 情報処理システム内を流れる情報

(1) リアル・タイム・データ（データ伝送における遅延時間は、0.1～0.5秒程度）

a. 系統内の各地の電気所から給電制御所へ流れる情報

- ① 有効出力量
- ② 電力潮流
- ③ 電圧
- ④ 無効設備投入量
- ⑤ 機器の並列，解列，開閉状態

b. 給電制御所から各地の電気所へ流れる情報

- ① 操作指示
- ② 設定値

(2) バッチ・データ（データが発生しても，ただちに伝送する必要がないデータ）

- ① 需給予測
- ② 保守計画
- ③ 記録データ
- ④ 統計業務のデータ

C 伝送システム

各レベルのサブシステムを結ぶ伝送システムにおける伝送速度や伝送容量は，中央給電指令所につらなる制御所，電気所間に受け渡すデータ量，および要求される制御速度によって決定されてくる。このため，中央給電指令所と給電制御所，集中制御所と大容量発電所間では，数値データだけでなく，文書情報も伝送される。図3-2は，情報処理システムの伝送形式，伝送容量，伝送網の構成を示す。

D コンピューター・システム

(1) 中央給電指令所に設置されるコンピュータの性能

記憶容量; 32~64 K語

サイクル・タイム; 1.6 μ s

外部記憶装置

① データ収集を各レベルにまかす場合; 500 ~
2,000 K語のディスクあるいはドラム

② データ収集を中央給電指令所で行なう場合;
2,000~10,000 K語のディスクあるいはドラム

周辺装置

CRT; 2台, ラインプリンタ; 1台, 紙テープ
読取装置; 1台, 紙テープ穿孔装置; 1台, テレ
タイプライタ; 2台, カード読取装置; 1台, カ
ード穿孔装置; 1台, キーボード; 1台, X-Y
プロッタ; 1台, データ交換器 (16~32 K語);
2台

(2) 給電制御所に設置されるコンピュータの性能

記憶容量; 16~32 K語

外部記憶装置; 500~1,000 K語のディスクあるいはドラム

周辺装置

CRT, テレタイプライタ, キーボード, 紙テープ
読取装置, 紙テープ穿孔装置それぞれ1台~2台
程度, データ交換器 (8~24 K語); 1台

(3) 集中制御所に設置されるコンピュータの性能

記憶容量; 8~24 K語

外部記憶装置; 120~240 K語のディスクあるいはドラム

周辺装置;

CRT; 1台~2台, テレタイプライタ; 2台,

キーボード；2台，紙テープ読取装置；1台，紙テープ穿孔装置；1台

E オフライン計算する情報

コンピュータの空き時間を利用したり，あるいは別に設置したバッチ処理専用のコンピュータを利用して，当日の運用に必要な情報のある程度オフライン計算により求めておく。各レベルに必要な情報内容はずぎの通りである。

(1) 中央給電指令所で必要な情報

- ① 作業停止計画
- ② 信頼度チェックを含む翌日需給計画
- ③ 貯水池運用
- ④ ループ切替
- ⑤ VQC計画
- ⑥ リレー整定

(2) 給電制御所で必要な情報

- ① 作業停止計画
- ② 翌日需給計画
- ③ 潮流予想
- ④ 水系運用
- ⑤ 電圧制御
- ⑥ リレー整定

(3) 集中制御所で必要な情報

- ① 作業停止計画
- ② ロギング
- ③ 潮流分布記録

F 情報処理システムの信頼性を高める処置

中央給電指令所や給電制御所の情報処理システムについては，コンピ

ータおよびデータ交換器のデュアルあるいはデュプレックスによって
 2重化することが必要である。下位レベルにある集中制御所のうち、制
 御範囲の広いもの、あるいは停止により系統運用に重大な障害をひきお
 こすものも、デュアルとかデュプレックスの2重化を行なう必要がある
 が、その他のものについては、もし故障しても上位レベルのコンピュ
 ータが処理を代行することにより実質的に2重化することが考えられる。

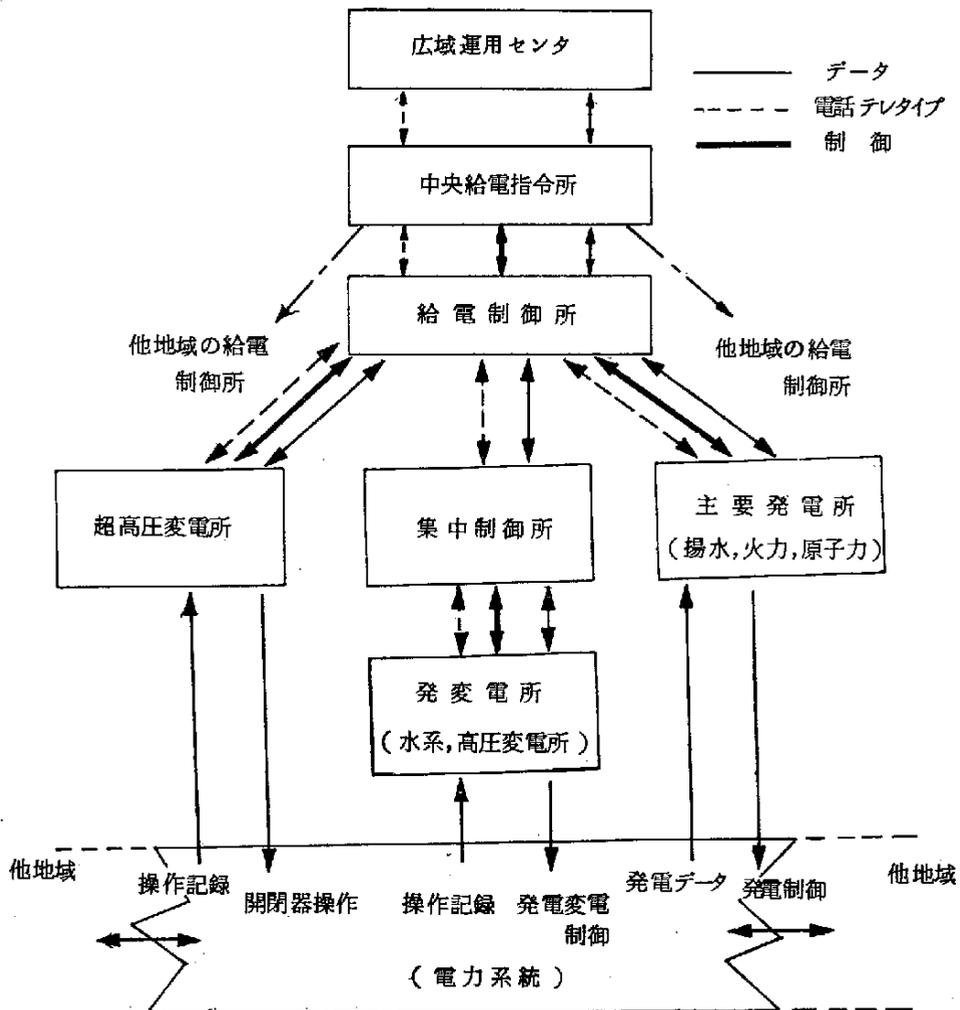
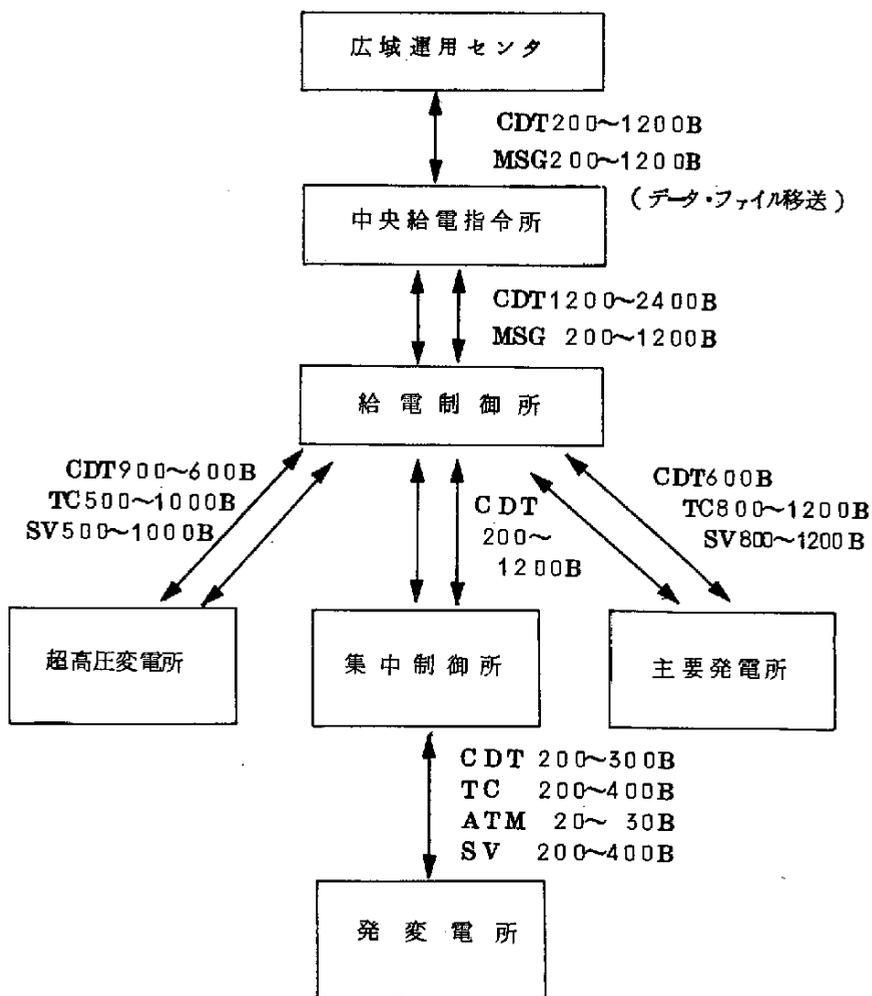


図3-1 電力系統の階層構造



CDT : サイクリック・デジタル伝送方式

ATM : アナログ伝送方式

MSG : メッセージ伝送方式

TC : 遠隔制御信号

SV : スーパービジョン

図 3-2 階層形データ伝送システム

3.1.2 アメリカにおける情報処理システム

New England Power Exchange (NEPEX) の自動給電システムの特徴は、2レベルの階層構造ともいふべきマスタ・サテライト方式を採用していることである。すなわち、通常の自動給電システムのように系統内のすべてのデータを中央給電指令所に収集し制御を行なう形態とは異なり、電力プール制御センタのコンピュータ（マスタ）は4個所の下位レベルのエリア給電指令所に設置された衛星コンピュータ（サテライト）をとおして間接的に系統を制御している。また、系統内の各地点から集められる運用データもサテライト・コンピュータで集約して、マスタ・コンピュータに伝送される。

このような階層構造を採用した理由としてNEPEXはつぎのよゝな点をあげている。

- ① マスタ・コンピュータの故障時には、サテライト・コンピュータにより各エリアの自動給電、とくに信頼度制御が維持される。
- ② 大量のデータを1ヶ所に集め、集中的な制御を行なうことは、情報処理システムの信頼度、技術的制約面から困難である。

表3-1は1971年1月1日現在のNEPEXの電力プールの構成要素であるCONVEX (Connecticut Valley Electric Exchange), Maine, New Hampshire, REMVEC (Rohde Island-Eastern Massachusetts Vermont Energy Control) における給電指令所、制御対象発電量およびユニット数を示す。図3-3は、2レベルの階層構造であるマスタ・サテライト自動給電システムの概要図である。

各サテライトのうち、CONVEXとREMVECはNEPEX計画により階層化される以前にデジタル制御の目的でコンピュータを導入しており、以後NEPEX計画にしたがってそれぞれハードウェアの新增設を行なっている。MaineとNew HampshireではNEPEX計画を機会にコンピュータの導入を行なっている。表3-2は各所のコンピュータの性能およびデー

タ・回線の規模を示すものである。

マスタ・コンピュータとサテライト・コンピュータ間の回線数は伝送されるデータの量に応じて決めており CONVEX と REMVEC 間は 2 組、Maine と New Hampshire 間は 1 組で結ばれており、いずれも 2 ウェイ・チャンネルとなっている。データの流れは、サテライトからマスタ方向へのものが全体の 90% 以上を占めている。

このデータ回線を通じて伝送されるデータはつぎの 3 種類に大別される。

① モニタ・データ

サテライト・コンピュータが電気所からテレメータで収集しているデータおよび NEPEX からサテライト・コンピュータに伝送しているすべてのデータである。伝送間隔は約 2.0 秒である。

② コントロール・データ

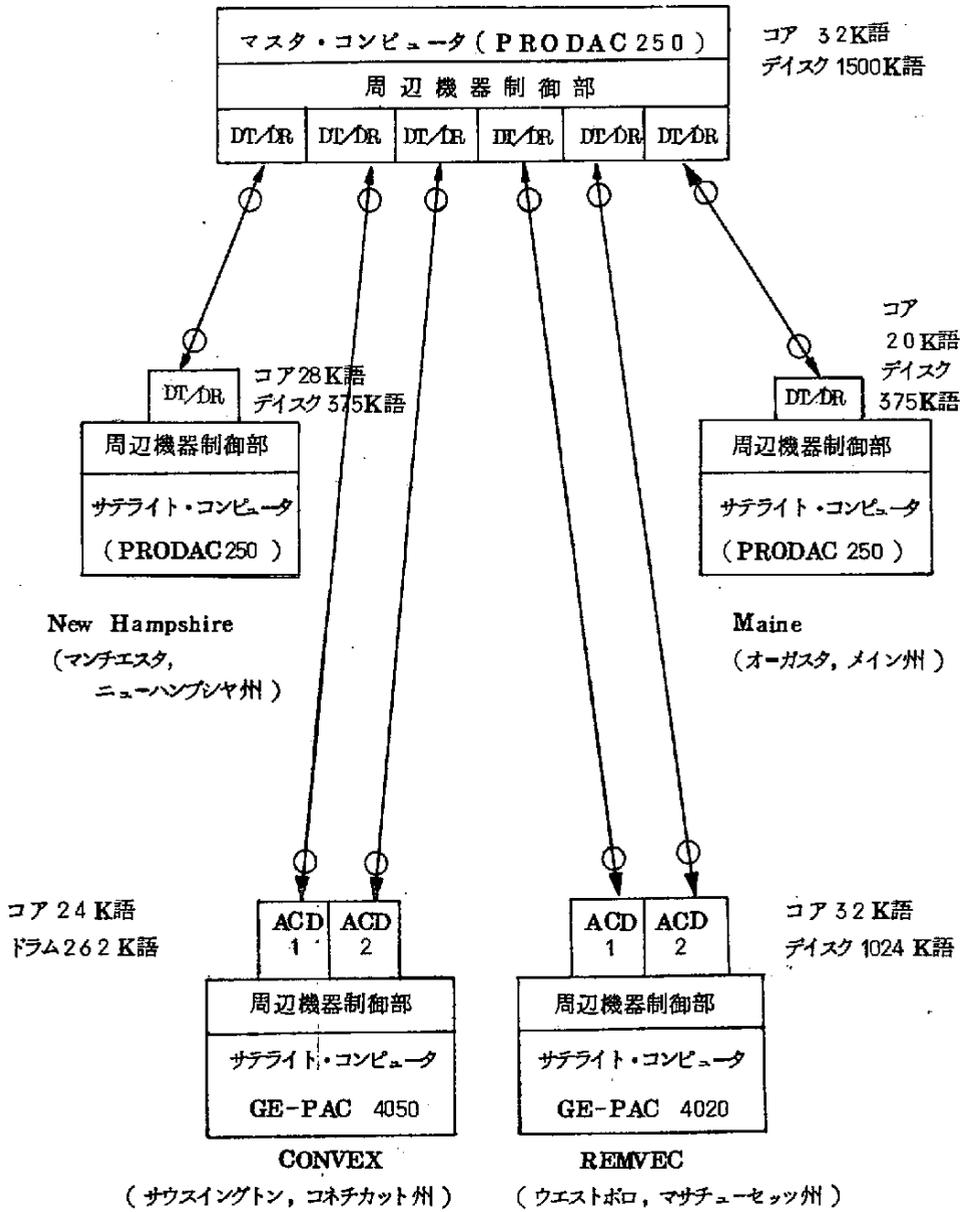
サテライト側の周波数と総発電量の 2 つのデータで電力プールの負荷・周波数制御プログラムに用いられる。伝送間隔は 2 秒である。

給電所(コントロールセンタ)名	所在地	発電設備	制御対象ユニット数
マスタ			
NEPEX	ウエストスプリングフィールド(マサチューセッツ州)		
サテライト			
CONVEX	サウスイングトン(コネチカット州)	5356 MW	30
Maine	オーガスタ(メイン州)	864	12
New Hampshire	マダガス(ニューハンプシャー州)	859	6
REMVEC	ウエストボロ(マサチューセッツ州)	6363	30
		計 13442	計 78

表 3-1 1971年1月1日現在の NEPEX の構成

NEPEX

(ウエストスプリングフィールド, マサチューセッツ州)



○: 信号伝送装置 (マイクロ端局など) ←→: データ・コミュニケーション・チャンネル (1800ビット/秒)

図3-3 マスタ・サテライト自動給電システム

項 目	CONVEX	REMVEC	New Hampshire	Maine	NEPEX
〔コンピュータ〕					
メーカ	GE	GE	Westing house	Westing house	Westing house
型 式	4050	4020	P- 250	P- 250	P- 250
コア (語)	24576	32,768	28,672	20,480	32,768
サイクルタイム(μs)	5	16	09	0.9	09
外部記憶装置	ドラム	ディスク	ディスク	ディスク	ディスク
同上容量 (語)	262000	1,024,000	375000	375000	1,500,000
ワード構成	24	24	16	16	16
割込レベル	32	64	64	64	64
〔データ・リンク〕					
リンク数	2	2	1	1	6
メーカ	GE	GE	Westing house	Westing house	Westing house
ハードウェアバリティチェック	可	可	不可	不可	不可
ハードウェア同時動作チェック	可	可	可	可	可
コントロール・キャラクタをハードウェアで処理するもの	可	可	不可	不可	不可
伝送速度 (ビット/秒)	1800	1,800	1,800	1,800	1,800
非同期方式	可	可	可	可	可
内部クロック (kHz)	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
CPUインターフェース	バスファア使用	バスファア使用	直 結	直 結	直 結
リンク当りのインタラプト数	4	4	3	3	3

(注1) ニュー・ハンプシャー州はバックアップ・コンピュータを有する。

(注2) NEPEX は2台のコンピュータを有するが、データ・リンク機能のバックアップは行なわない。

表3-2. コンピュータ・システムのハードウェア

③ アップデート・データ

サテライト・コンピュータのコンソールからの手動入力され、約20秒でNEPEXへ伝送される。また電気所やサテライト側のデータの毎時積算値は1時間ごとにNEPEXに伝送されている。

New Hampshireを除いてはどこもデュプレックス方式をとっていないが、マスタ・サテライトにおける階層構造のコンピュータ・システムは相互にバックアップ機能を持っているといえよう。すなわち、NEPEXのマスタ・コンピュータが故障した時には各サテライト・コンピュータが自動的にローカル制御を開始する方式をとっている。NEPEXのコンピュータが復旧した後はNEPEXからの電話連絡をうけて再び通常の自動運用モードとなる。各サテライト・コンピュータの故障に対しては、サテライトコンピュータ間のバックアップではなく、各所に設置した周波数制御のアナログ装置を用いてバックアップしている。

3.1.3 イギリスにおける情報処理システム

Central Electricity Generating Board (CEGB) はイギリス国営の発送電会社であり、配電はAEB (Area Electricity Board) が担当している。単一の系統規模としては世界最大であり、総発電容量は55,000 MWでそのほとんどは火力発電所にたよっている。これらの半分は400/275KVの1次系に直接結ばれており、CEGB内の7個所のRCC (Regional Control Center) がこれを運用し、ロンドンにある中央給電指令所NCC (National Control Center) が各RCC間の協調と監視を行なっている。給電業務に対するコンピュータ・システムの導入は1966年に計画され、1970年12月に実運用に入っている。

現在のオンライン用のコンピュータ・システムの利用はNCCで行なわれており、これには英国のコンピュータArgus 500 (Feranti社製) を2台、データ・ハイウェイにより連絡して用いている。この運用システムは主として、AOCから収集した各種の系統情報を12台の21インチCRT

に表示し、系統の信頼度の維持をおこなっている。

下位レベルの7ヶ所のRCCとNCCはMK II System と呼ばれるデジタル情報伝送システムにより2ルートで結ばれている。将来はRCCにもオンライン・コンピュータを導入し、一貫した階層構造の制御システムを完成する予定である。

いっぽう、オフラインの運用計画計算は、図3-4に示すように計算センタに設置してあるIBM360/75, 360/50とNCC, RCCに設置されているリモート・プロセッサIBM1130とを結んだコンピュータ・システムにより階層構造をとって行なっている。計算センタのモデル50はサポート・プロセッサでリモート・プロセッサとの入出力やジョブ・スケジューリングおよびハンドリング指示などを行ない、モデル75が計算だけを行なっているASP (Attached Support Processor) である。

リモート・プロセッサは8台あり、7台はRCCに、1台はNCCに設置されてある。2314形ディスクに記憶されているソフトウェア・アプリケーションは各所の端末を通じて利用できるように設計されている。

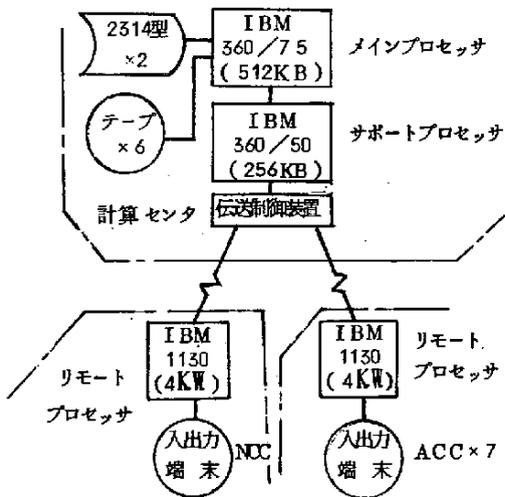


図 3-4 CEGBの運用計画計算システム

	給電所名	コンピュータの機種	
		オンライン用	技術計算用
	中央給電所(バリ)	C-90-40	C-90-80
地方 給電 所	バ リ(バ リ)	C-90-40	C-90-40
	北 部(リール)	C-90-10	C-90-40
	西 部(ナント)	C-90-10	C-90-40
	南西部(ツウール)	C-90-40	C-90-40
	アルプス(リヨン)	C-90-40	C-90-40
	南東部(マルセイユ)	C-90-40	—
	東 部(ナンシイ)	C-90-40	C-90-40
	中央山塊(ブリーフ)	C-90-40	—

表 3-3 給電用コンピュータの設置状況

3.1.4 フランスにおける情報処理システム

Electricite France (EDF)はフランス全国の電力供給を行なう電力会社である。1969年末における系統規模は発電設備容量34,010MWで火力発電と水力発電の比は約6:4である。送電系統は380KV, 225KV主幹系統を構成し、隣接諸国と国際連系を行なっている。

給電指令機構はつぎの2レベルの階層構造をなしている。

① 中央給電指令所

全系統の広域運用と国際間連系運用を行なう。

② 地方給電指令所

系統操作と分担地区の信頼度制御、および需給運用を行なう。

中央給電指令所はパリにあり、地方給電指令所は、パリ、リール、ナント、ツールーズ、リヨン、マルセイユ、ナンシー、ブリーブの8個所である。中央給電指令所ならびに各地方給電指令所にはオンライン・コンピュータが設置されており、さらに通常時には技術計算を行なっているバックアップ用コンピュータも設置されている。使用しているコンピュータの機種はすべてCII (Compagnie Internationale Pour l'Informatique)の国産機である。

図3-5はEDFの中央給電指令所のコンピュータの構成図である。図3-5からわかるように、ここではとくにバックアップを考慮していないが、オンライン用コンピュータのダウン時でも各地方給電指令所のローカル運用により系統制御が維持される。系統情報は各地方から量的な情報450件、オンオフ情報1,000件程度を受けている。

いっぽう、図3-6の地方給電制御所におけるコンピュータ・システムは、前述のようにオンライン用コンピュータのバックアップ用コンピュータを設置することにより、コンピュータ・システムの信頼度を維持している。オンライン用コンピュータから予備のコンピュータへの自動切替は約5秒で行なわれる。このようにEDFでは上位レベルのコンピュータと下

位レベルのコンピュータとは制御上の階層構造をなしており、レベル間のバックアップは行っていない。

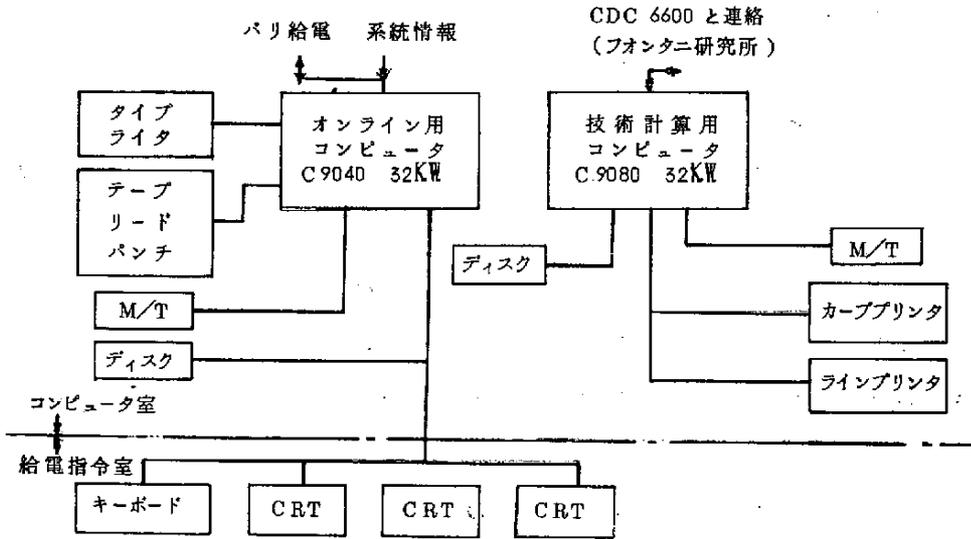


図3-5 EDF中央給電所のコンピュータ・システム構成図

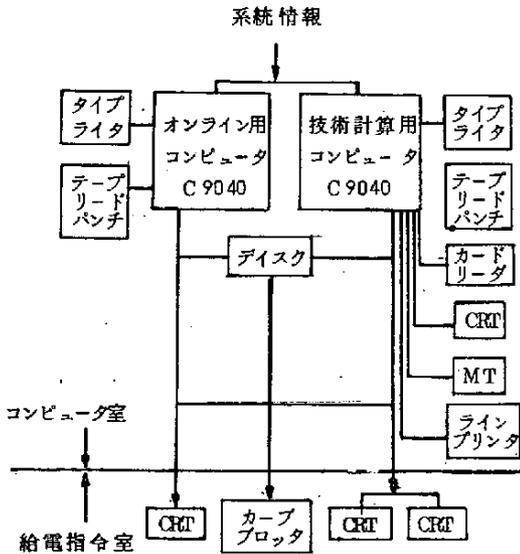


図3-6 EDF地方給電所のコンピュータ・システム構成図

地方給電所	テレメータ量	CB状態など オンオフ情報
パリ	550 (120)	600 (290)
リール	400 (45)	500 (90)
ナント	300 (45)	500 (90)
ツウールズ	350 (40)	600 (85)
リヨン	450 (10)	1,400 (250)
マルセイユ	350 (35)	650 (70)
ナンシイ	250 (35)	450 (65)
ブリーブ	350 (30)	600 (70)

カッコ内は地方給電所から中央給電所へ送る情報量

表3-4 地方給電所が系統から収集する情報量

3.2 鉄鋼業における情報処理システム

鉄鋼業の特徴は、膨大な量の鉄を多数の工程をへて生産するいわゆる大形装置工業ということである。1製鉄所あたり、年間の鉄を500万t～1,200万t生産している鉄鋼業の大規模で複雑な生産工程を総合的に管理、統制する情報処理システムが、完成した例は最近いくつか見られる。この例として、46年度報告書「機械工業における制御情報システム」では、住友金属工業鹿島製鉄所におけるコンピュータ・システムと新日本製鉄君津製鉄所におけるコンピュータ・システムについて紹介した。

ここでは、鉄鋼業における情報処理システムのなかで、最新の情報処理システムといわれている新日本製鉄所における情報処理システムについて紹介する。

(1) 鉄鋼業におけるコンピュータ利用の現状

鉄鋼業におけるコンピュータの利用は、事務の合理化のために使われだしたビジネス・コンピュータの利用と生産工程の自動化のために使われだしたプロセス・コンピュータの利用といった2つの面から、それぞれ別々の立場で始まったといわれている。

鉄鋼業における事務の合理化は、昭和27年ごろ導入したPCSによって始まった。PCSの導入によって、給与計算、資材計算などといったバッチ処理の業務が人手にかわって機械で処理されるようになった。昭和33年ごろになると、事務処理のEDPS化が進み、製鉄所における生産のための事務処理が機械で行なわれるようになった。昭和36年ごろになると、鉄鋼業には盛んに大形コンピュータが導入され、製品の受注から出荷にいたるまでの一貫した管理を大形コンピュータがバッチ処理するようになった。昭和43年ごろになると、オンライン・コンピュータによって生産工程を管理したり、オート・エントリ・システムを動かしたりするようになった。

いっぽう生産工程の自動化は、昭和37年ごろ着手したプロセス・コン

ビュータ導入の研究によって始まった。そして昭和40年ごろになると、圧延機の制御をプロセス・コンピュータによって行なうようになった。そして現在では、ほとんどの工程にプロセス・コンピュータが導入されるようになった。

このように、鉄鋼業では、ビジネス・コンピュータとプロセス・コンピュータがそれぞれ別の立場で利用されてきた。ところが、近年、ビジネス・コンピュータとプロセス・コンピュータがオンラインで結びついて直接情報のやりとりを行なう情報処理システムが考えられ、実際にそのような情報処理システムが完成しており、そのもっとも新しい例として新日本製鉄大分製鉄所における情報処理システムをあげることができる。

(2) 大分製鉄所の概要

① 生産設備能力 [昭和48年2月8日現在]

銑鉄：720万t/年 粗鋼：700万t/年 (第1期計画)

高炉：1基

作業員数：2,565名 (このう生産ラインに関係している作業員は
1,100名)

製品：コイル製品のみ生産

② 他の製鉄所との違い

大分製鉄所では安くて、品質の良い製品をつくるため、製品の品か
ずをコイル製品と厚板 (現在、まだ厚板は生産していない。) と少な
くした、少種多量の生産形態である。君津製鉄所では、個別受注生産
方式の多種多量の生産形態である。

(3) 大分製鉄所における情報処理システム

図3-7は大分製鉄所における情報処理システムの概念図である。こ
の情報処理システムは、製鉄原料、転炉、連鑄、スラブ、熱延、コイル
処理といった各工程を管理している小規模な情報処理システム、いわゆ
るサブシステムを中央管理センタの情報処理システムが統合するといっ

た階層構造をとっている。各工程を管理している情報処理システムは、中央管理センタから送られてくる指示に基づいて、管理対象としている工程が効率よく動くような管理活動を行なう。中央管理センタの情報処理システムは、工場全体の生産計画を作成したり、各生産工程に工場全体の協調をはかって決めた作業指示を送ったりする。このようにして、工場内に流れている物の管理と、物を作るための工程の制御を1つの情報システムで行なっている。この情報処理システムが作られたことによって、作業員を増減することなく生産量の調整が可能になったといわれている。

図3-8は大分製鉄所における情報処理システムを運用するためのコンピュータ・システムの構成図である。階層構造の情報処理システムにあわせて、コンピュータ・システムも階層構造となっている。このコンピュータ・システムの信頼性はつぎに述べるような方法によって高められている。

- ① 中央管理センタには、バッチ処理用、オンライン処理用に加えて、さらにもう1台のバックアップ用の計3台の大形コンピュータが設置してある。
- ② 工程を管理しているコンピュータが故障したときには、作業員が工程に設置してある大形コンピュータの端末からデータを入力する。
- ③ 長時間オンライン処理用の大形コンピュータが故障したときには、工程の作業員にバッチ処理の大形コンピュータがハード・コピーした情報を送る。
- ④ 最悪の時に工程は手動操作を続けることができる。
- ⑤ オンライン処理用の大形コンピュータは、工程を管理しているコンピュータに、約1時間分の作業指示を送っているのも、もし大形コンピュータが故障しても、1時間以内に回復すれば、工程は停止することなく生産を続けていることができる。
- ⑥ 工程を管理している1部のコンピュータは、2重化になっている。

⑦ データ伝送時に発生する誤りの常織的なチェックは工程において行なっているが、正しいのか、誤っているのか判断が難しいデータによって工程を動かさなければならない場合は、そのデータを使って工程を動かし、出来上がった製品を見て、データが正しいか、誤っているかを判断する。

(4) 大分製鉄所における情報処理システムと君津製鉄所における情報処理システムの違い

君津製鉄所では、厚板工場の管理のためにだけ1台のオンライン処理コンピュータを設置しているが、大分製鉄所では、全工場の管理を1台のオンライン処理コンピュータで行なっている。また、君津製鉄所では、オンライン処理コンピュータが故障すると、工場の生産が停止してしまうが、大分製鉄所では、オンライン処理コンピュータが故障しても、一定時間内に回復すれば工場の生産は停止しない。作業員1人あたりの生産能力が、大分製鉄所では1,100 t/人であるが君津製鉄所では900 t/人である。なお、八幡製鉄所など旧式の製鉄所における生産能力は300 t～400 t/人程度である。

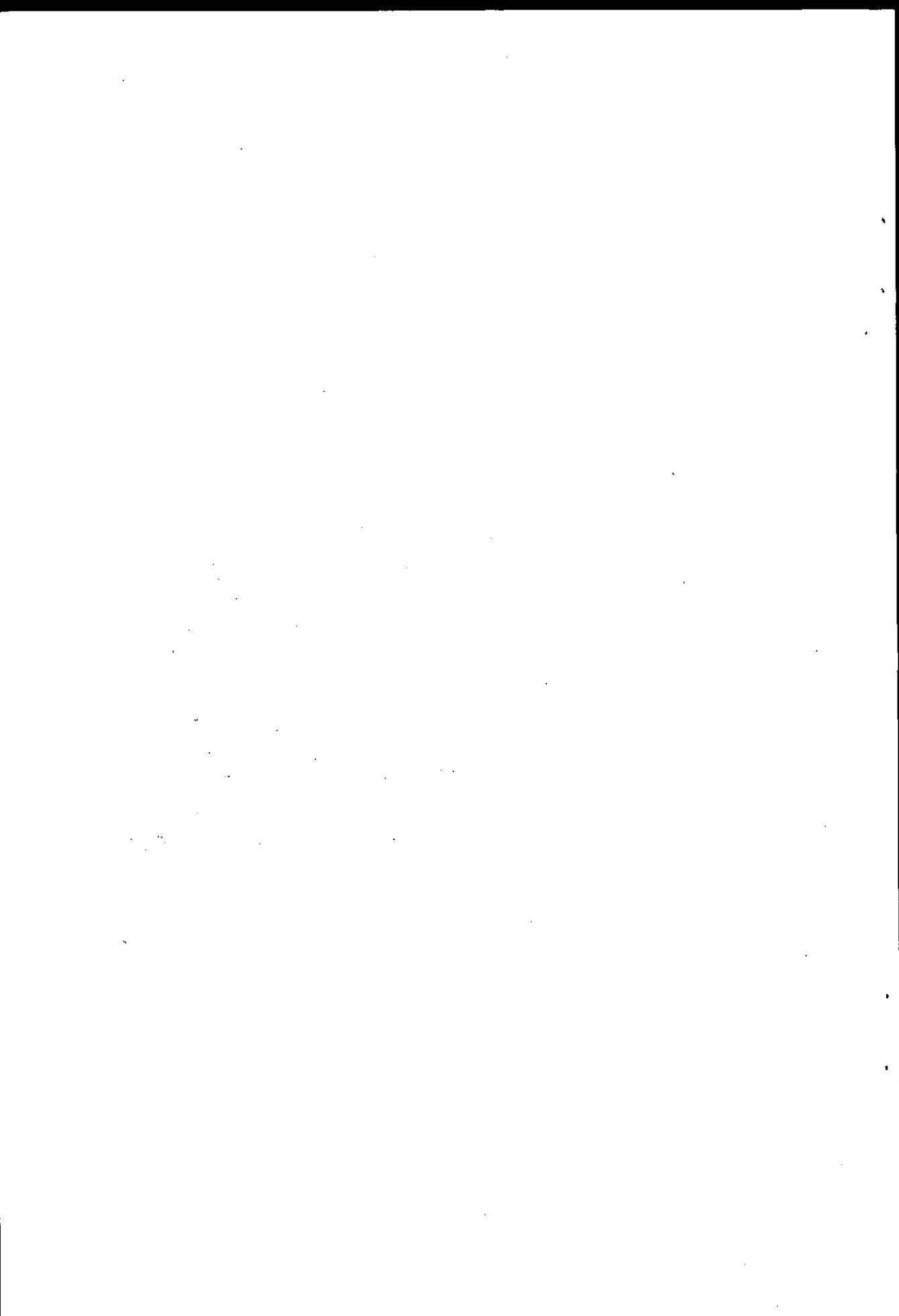
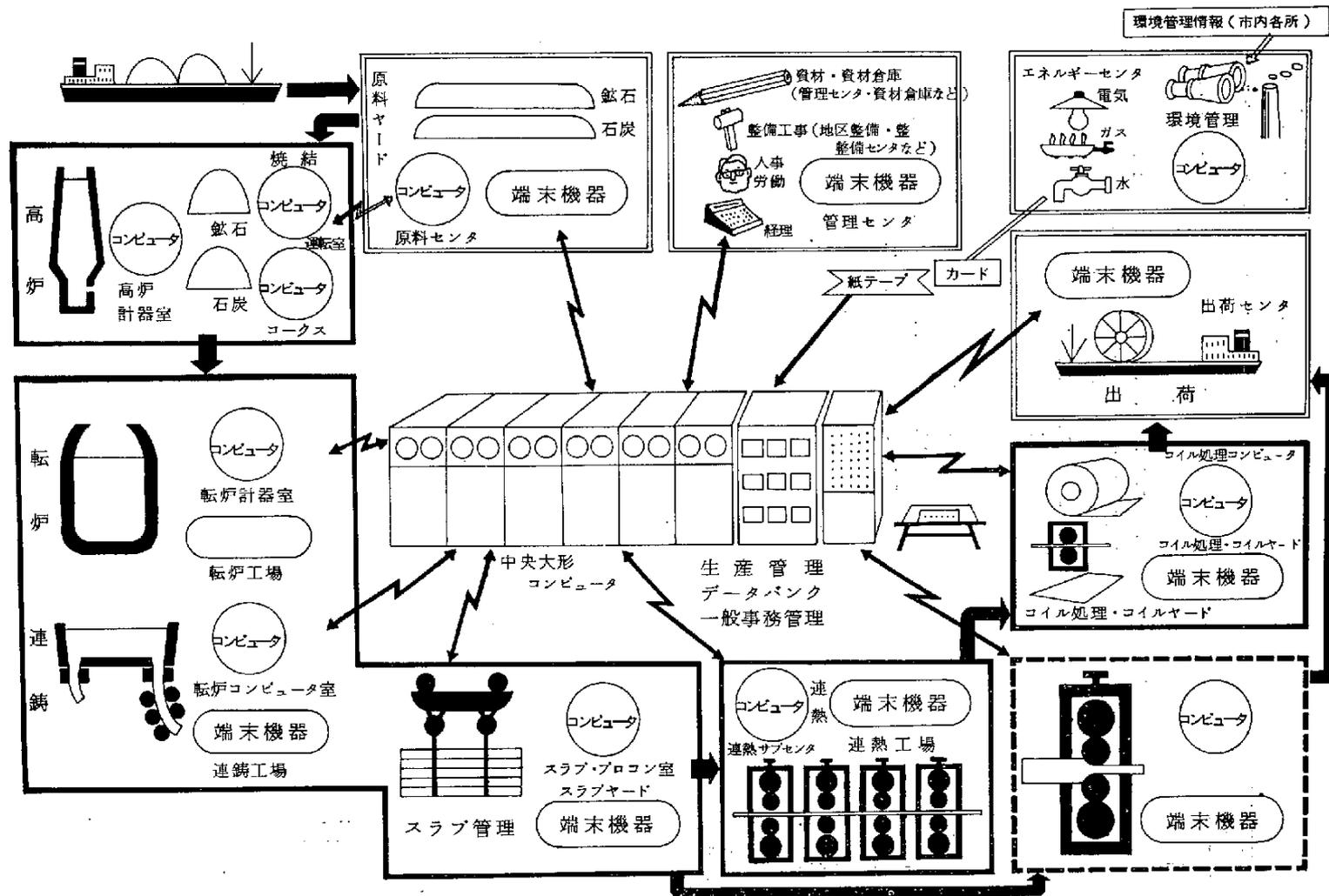


図3-7 大分製鉄所における情報処理システム



(凡例) 既設稼働中 既設未稼働 未設置

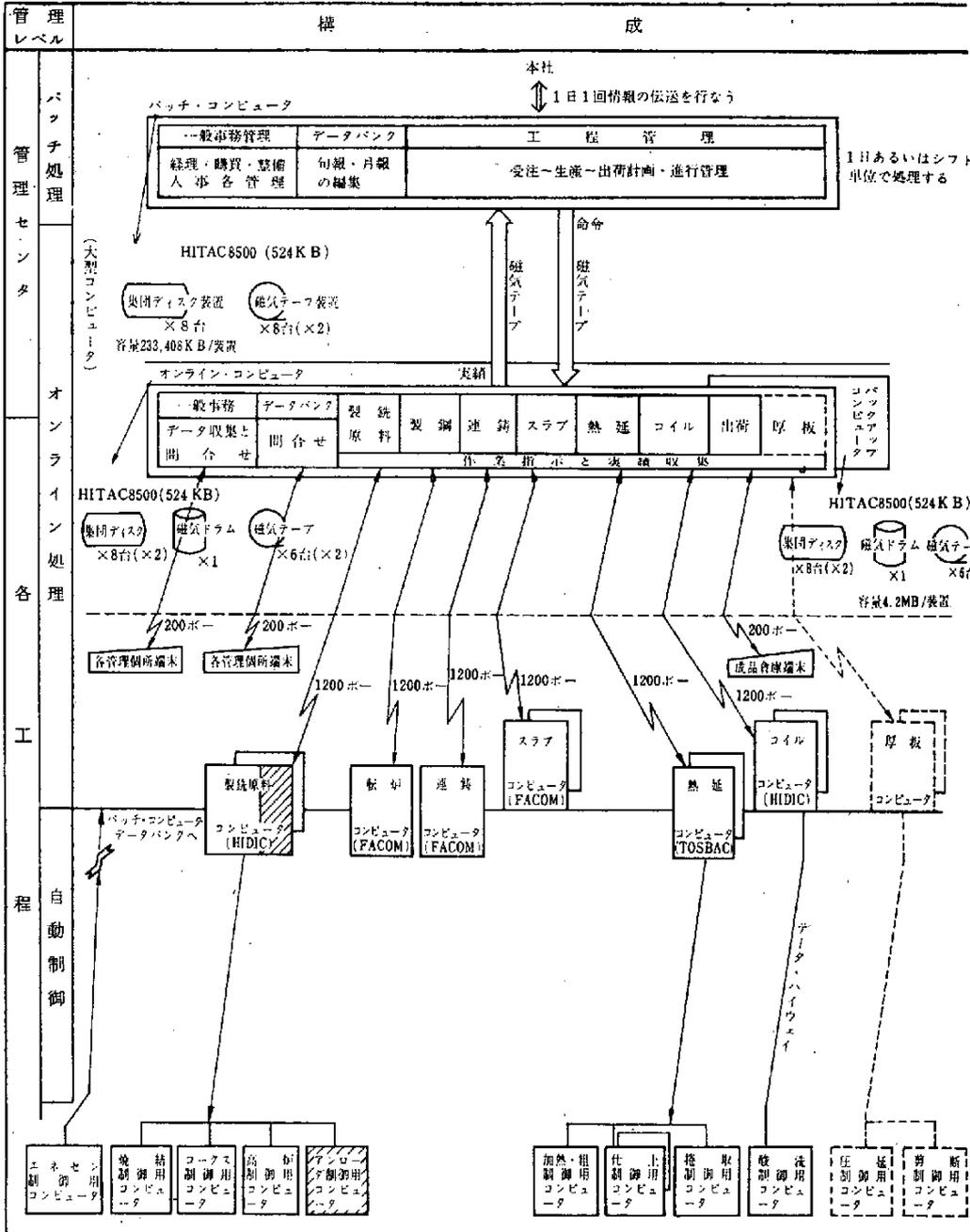


図3-8 大分製鉄所における
コンピュータ・システム

4章 階層構造をとった情報処理システムの評価

4.1 階層構造をとった情報処理システムの信頼性

- 4.1.1 情報処理における信頼性の意義
- 4.1.2 コンピュータ・システムの信頼性を高める方法
- 4.1.3 コンピュータ階層システムにおける信頼性と管理サイクルの関連
- 4.1.4 信頼度計算プログラム RELCOMP
- 4.1.5 RELCOMP を使って計算したコンピュータ階層システムの信頼度

4.2 情報処理システムの経済性

- 4.2.1 自動証券取引システムのコスト・パフォーマンス

THE HISTORY OF THE UNITED STATES OF AMERICA

CHAPTER I
THE DISCOVERY OF AMERICA

THE first discovery of America was made by Christopher Columbus in 1492. He sailed from Spain in search of a westward route to the Indies, and on October 12, 1492, he landed on the island of San Salvador in the West Indies.

THE second discovery of America was made by Amerigo Vesputi in 1498.

THE third discovery of America was made by John Cabot in 1497.

4章 階層構造をとった情報処理システムの評価

4.1 階層構造をとった情報処理システムの信頼性

4.1.1 情報処理における信頼性の意義

情報処理システムの評価基準として、経済性と同じくらい、あるいはそれ以上に重要なのは信頼性の問題である。直観的にみても、1台のコンピュータによって運用している情報処理システムの場合と対比して、複数台のコンピュータを有するいわゆるマルチ・コンピュータ・システムによって運用している情報処理システムは1つのコンピュータが故障したときシステム内にある他のコンピュータがバックアップできるような情報処理システムを構成しておけば、その分だけ情報処理システムの信頼性が向上すると考えられる。事実、多くのユーザが階層構造をとった情報処理システムに期待する効果は、シングル・プロセッサによる集中した情報処理システムに比べて、より優れた信頼性を持っているということである。従来、この問題は、定性的（というよりは直観的）にしか、考えてこなかったが、階層構造をとった情報処理システムを信頼性の面から、集中方式の情報処理システムと比較するためには、できるかぎり定量的に論ずる必要がある。よく知られている事実ではあるが、確率論を背景とする信頼性の評価には、しばしば重大な過誤を招く恐れがある。

とくに、オンライン・リアルタイムで閉ループの制御を行なう情報処理システムには、つぎのような理由から、高い信頼性を備える必要がある。

- ① コンピュータが行なっている情報処理は高速でしかも複雑であるから、情報処理を行なっている最中に、コンピュータが故障した場合には、遅滞なくバックアップすることは難しく、制御系の動作を止めてしまう恐れがあり、情報処理システムの停止によって企業が著しい経済的損失をこうむることが予想される。

- ② 情報処理システムが停止すると、たとえば、航空管制、医学的設備の制御、核反応炉の制御などでは、時によって、人間の健康や生命を脅かす危険がある。

このように、リアルタイムで直接にプロセスを制御している制御システムが故障した場合には、単に経済的な面だけではなく、それに携わる人間に対しても大きな損失をもたらす危険が伴うので、情報処理システムの信頼性は極めて重要な意義がある。

4.1.2 コンピュータ・システムの信頼性を高める方法

情報処理システムの信頼性に大きな影響を及ぼすコンピュータ・システムの信頼性は、図4-1に示すような方法で高めることが可能である。まず、故障を起こさない機器を採用することによってコンピュータ・システムの信頼性を高める方法がある。これは確かにもっとも良い方法といえるが、これだけでは十分な信頼性を確保したことになる。

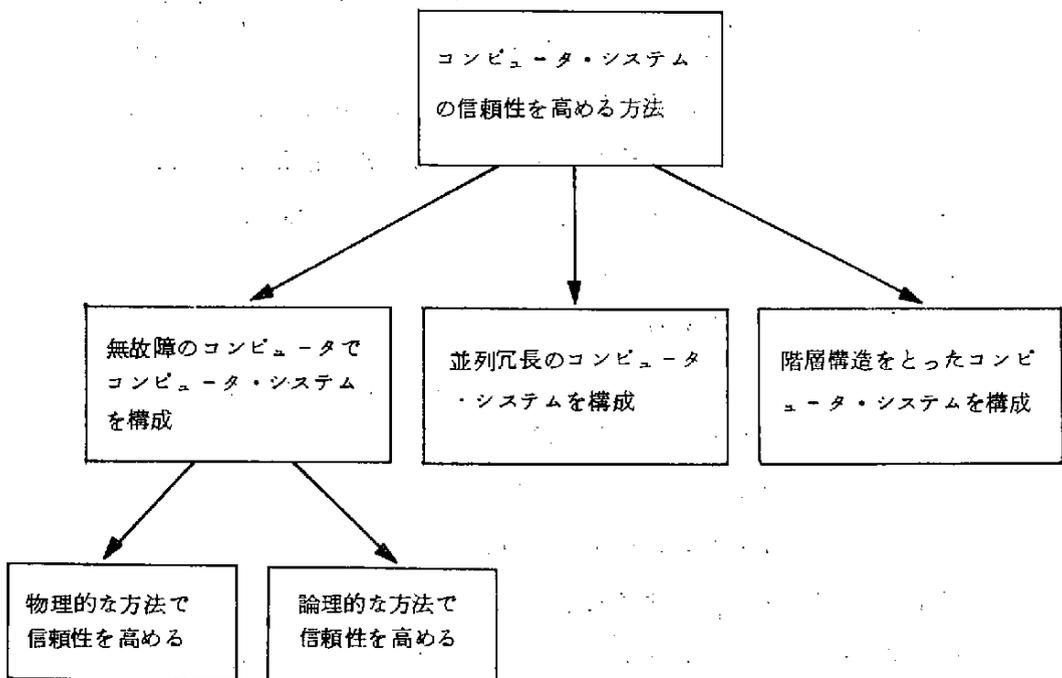


図4-1 コンピュータ・システムの信頼性を高める方法

つまり、信頼性を高める具体的な方法としては、物理的な方法と論理的方法があるが、信頼性の高い部品を使用することは、物理的な方法であって、それによってコンピュータ・システムの信頼性はある程度満足させることができる。しかし、物理的な方法だけでは、情報処理システムの故障がなくなるというわけではない。実際には、コンピュータ・システムに冗長性をもたせて、情報処理システムにおける実効的な故障をなくす工夫もあわせてとり入れる必要がある。また、予備のコンピュータを設置しておき、稼動しているコンピュータが故障したら予備のコンピュータがただちにバックアップするという、いわゆる並列冗長方式のコンピュータ・システムによって情報処理システムの信頼性を高めることも考えられる。

並列冗長方式のコンピュータ・システムは不規則な故障に対する有力な対策である。しかし、コンピュータ・システム全体としての処理能力は1台分の処理能力しか発揮しないにもかかわらず、設置台数に比例して余分の費用がかかることになる。たとえば、デュアル・システムにすると、シングル・コンピュータ・システムに比べて約2.2倍の費用がかかるといわれている。したがって並列冗長方式のコンピュータ・システムによって情報処理システムの信頼性を高める方法は、価格が安い小規模コンピュータで構成した情報処理システムとか、費用を度外視しても、非常に高度の信頼性を要求する情報処理システムには適している。このような並列冗長方式のコンピュータ・システムによって運用している情報処理システムの例としては、宇宙船の制御システムなどがある。この宇宙船の制御システムには、ある期間故障せずに稼動しなければならないという、いわゆる絶対的な信頼性を確保するという厳しい制約が課せられているため、その情報処理システムには5～7台のコンピュータによる多重冗長方式のコンピュータ・システムが採用されているといわれている。しかし、一般のプロセス制御においては、このような並列冗長方式のコンピュータ・システムは経済的にひきあわない。このため、プロセスを制御する情報処理システムは、

システム内のコンピュータが故障していない時には、個々の処理能力が総合されて機能を発揮し、コンピュータが故障したときには、ただちに、故障していない他のコンピュータが最低の機能を確保しながら、故障したコンピュータをバックアップするような構成になっていなければならない。

このような階層構造をとったコンピュータ・システムを、ここではコンピュータ階層システムと呼ぶことにしている。コンピュータ階層システムの信頼性を高める手段としては、つぎのような方法が考えられる。

- ① 下位レベルのコンピュータが故障した時、その故障が長く続くと判断したら、故障したコンピュータと同一レベルにあるコンピュータか、あるいは、故障したコンピュータの上位レベルにあるコンピュータでバックアップする方法。バックアップするコンピュータは、故障したコンピュータの機能をすべて代行し、自分自身の機能をも同時に遂行できることが望ましい。しかし、バックアップするコンピュータが平常時に機能をいっぱい使っている場合には、バックアップ時に制御を行なう時間間隔を延長するとか、さもなければ、制御情報を作り出すアルゴリズムを縮小するなどして制御の精度を低下させるとか、あるいはプロセスの制御に直接用いない情報を除外するとかして、バックアップのコンピュータが遂行していた情報処理の内容を簡略化しなければならない。
- ② 上位レベルのコンピュータが故障したときには、同一レベルのコンピュータ、あるいは、下位レベルのコンピュータが、故障したコンピュータをバックアップする方法。バックアップをする下位レベルのコンピュータは、温度や圧力などといった状態変数を許容範囲内に保持するための、必要最小限の制御を行なうとともに、上位レベルのコンピュータが機能を回復するまでデータ・ロギングなどの処理を代行する。上位レベルのコンピュータが行なっていた最適化などの指令は代行しない。

信頼性の向上の度合については、4.1.5項で定量的に説明するが、故障間平均時間(MTBF)^{*}が2000時間^{**}のコンピュータで構成したコンピュータ階層システムのMTBFは個々のコンピュータMTBFに比べて数倍に延長することができる。

このように、バックアップすることによってコンピュータ・システムの信頼性を高めることは、必要な情報を確実に提供するといった、いわゆる情報処理システムの信頼性を高めることにほかならない。

図4-2は、鉄鋼業に多くみられる階層構造をとった典型的な情報処理システムの概念図である。この情報処理システムを運用するためには、レベル1にビジネス・コンピュータ、レベル2にプロセス・コンピュータ、レベル3にコントローラまたはプロセス・コンピュータを配置したコンピュータ・システムが構成される。このような情報処理システムの信頼性を高める手段には、さらにつきのような方法も考えられる。

- ① プロセスのなかで重要な制御を必要とする部分に2台のコンピュータを設置し、正常時にはコンピュータの出力を絶えず照合して制御情報の精度を高め、そしてまた、どちらかのコンピュータが故障したときにも、プロセスへの制御情報を停止することなく供給できるように、プロセスに発生するデータを2台のコンピュータに同時に入力して、並行処理を行なわせる方法。
- ② 情報処理に長い時間をかけてもよい部分には、1台のコンピュータで同じ処理を繰返し、情報の確認を行なわせる方法。
- ③ 情報処理に長い時間をかけられない、いわゆる管理サイクルの短い部分には、コンピュータに検査および診断プログラムを常駐させて、システムの正常動作を確認するための処理を定期的に行なわせる方法。

* MTBF: Mean Time Between Failures

** モノリック集積回路を使用した第3世代のコンピュータのMTBFの下限値

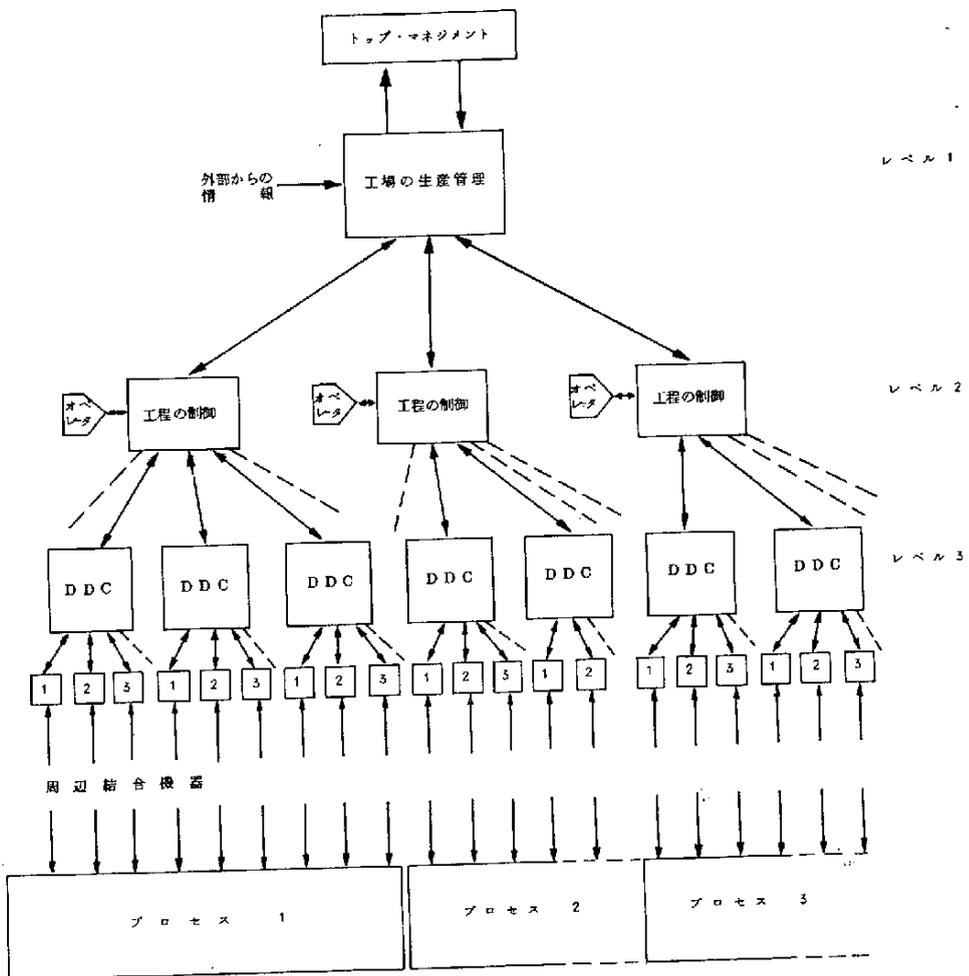


図 4-2 階層構造をとった典型的な情報処理システム

4.1.3 コンピュータ階層システムにおける信頼性と管理サイクルの関連

コンピュータ階層システムの信頼性と管理サイクルの関連を明確にするため、図4-3に示すようなもっとも単純な、2つのレベルからなるコンピュータ階層システムを考察してみる。

このコンピュータ階層システムでは、上位レベルのコンピュータが対象プロセスPの圧力や温度などの最適値を所定の評価関数にしたがって計算し、その最適値を下位レベルのコンピュータに指示する。下位レベルのコンピュータは、上位レベルのコンピュータから受けた指示 r に対象プロセスPの状態変数を合致させるための制御量 m を計算し、その計算結果を制御情報としてプロセスに伝送する。

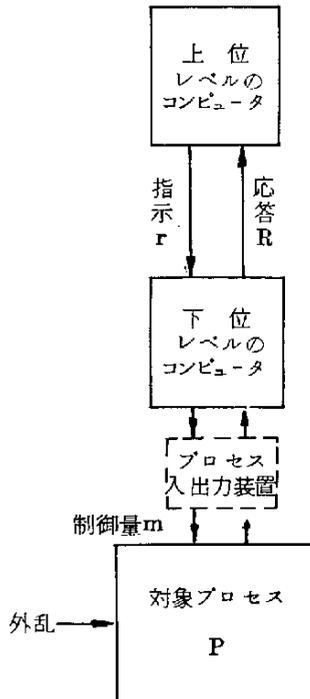


図4-3 2レベルのコンピュータ階層システム

いま、上位レベルの管理サイクル、すなわち上位レベルのコンピュータが下位レベルのコンピュータに指示を送る周期を T と仮定する。下位レベルのコンピュータは時刻 t で上位レベルのコンピュータから指示 r を受けたとすると、下位レベルのコンピュータはこの指示 r を時刻 $(t+T)$ まで変更しないで、対象プロセスの制御を行なわなければならない。このとき、情報処理システムの信頼性という観点からみると、上位レベルのコンピュータが指示 r を与えた直後に故障しても、その故障した上位レベルのコンピュータが時刻 $(t+T)$ になる前に修理を完了して、つぎの指示 r の計算ができ、その指示 r を下位レベルのコンピュータに送ることができるならば、コンピュータ・システムに故障がなかったのと同じ状態で情報処理が続くことになるので、情報処理システムの信頼性は実効的に 100% とみなすことができる。

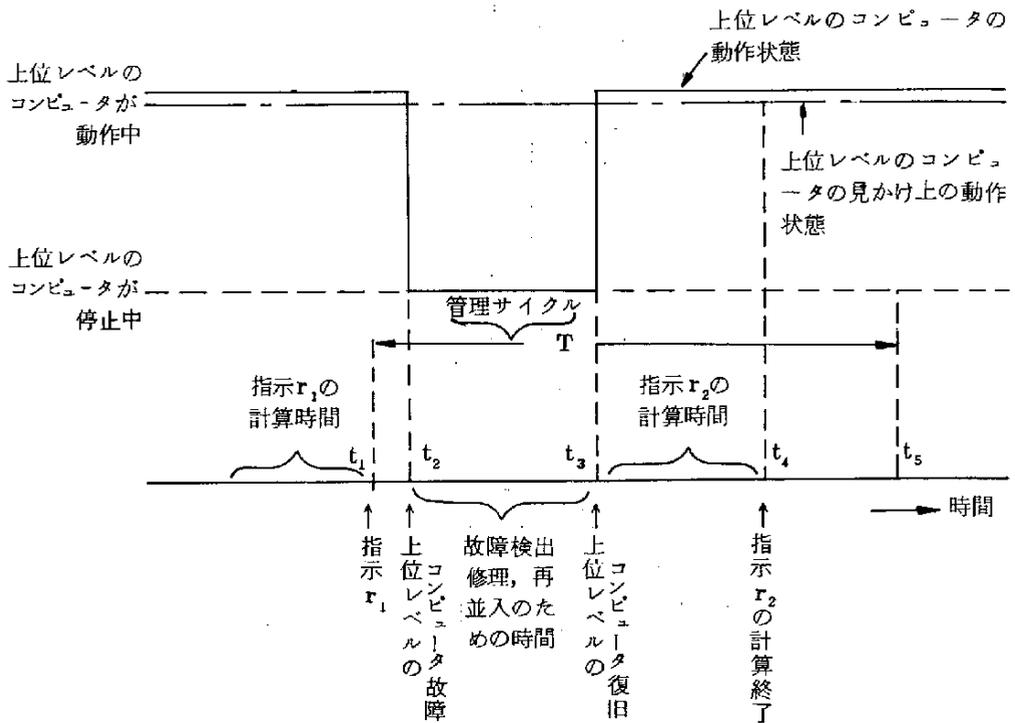


図 4-4 時間とともに変化する上位レベルのコンピュータの動作状態

図4-4は、時間とともに上位レベルのコンピュータの動作がどのように変化するかを示す図である。

上位レベルのコンピュータは、時刻 (t_1) で指示 r_1 の計算を終了し、ただちに下位レベルのコンピュータにこの結果を伝送する。上位レベルのコンピュータに時刻 (t_2) で故障が起きたら、ただちにオペレータが故障の検出、修理、再並入をおこなって時刻 (t_3) になったとき、故障した上位レベルのコンピュータを正常状態に復帰させる。そして、上位レベルのコンピュータは時刻 (t_3) からつぎの指示 r_2 を決定する最適値の計算をおこない、時刻 (t_4) になった時、つぎの指示 (r_2) を下位レベルのコンピュータに伝送する。この上位レベルのコンピュータの動作状態を下位レベルのコンピュータからみた場合、下位レベルのコンピュータは時刻 (t_1) で指示 r_1 を受けとり、時刻 (t_4) でつぎの指示 r_2 を受けている。したがって時刻 (t_1) から (t_4) までの時間 $(t_4 - t_1)$ が、管理サイクル T よりも短いならば、上位レベルのコンピュータは見かけ上故障を起さないで動作を続けていたと考えることができるのでMTBFは見かけ上長くなったといえる。またコンピュータ・システムの故障率をMTBFの逆数とするならば、見かけ上の故障率は小さくなる。このような、コンピュータ・システムの信頼性を定量的に考察するための稼動状況を考えてみる。時間とともに変化する上位レベルのコンピュータの動作状態とコンピュータ階層システムの動作状態を図4-5で表わす。

上位レベルの管理サイクルを、すなわち、上位レベルが下位レベルに指示を送る周期を T と仮定する。上位レベルのコンピュータが故障している時間と指示 (r) を計算するために要する時間の和 R が T に比べて、短かった場合には、見かけ上、上位レベルのコンピュータは故障しなかったとみなすことができる。確率変数と考えられる R が管理サイクル T より短くなる確率を P とすると、見かけ上の故障間時間(Time Between Failure)が延長される確率は P で表わされる。このため、見かけ上のMTBF

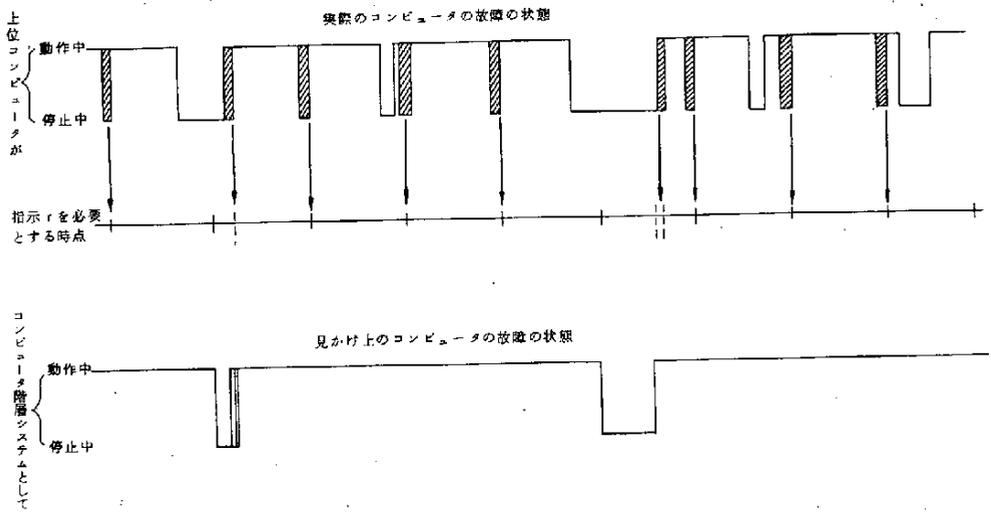


図 4-5

は近似的に式(1)によって計算される。

$$\begin{aligned}
 \text{見かけ上の MTBF} &= \text{本来の MTBF} \times (1 + P + P^2 + \dots) \\
 &= \frac{1}{1 - P} \times (\text{本来の MTBF}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

式(1)の近似式の確率 P はつぎのような手順で求められる。

いま上位レベルのコンピュータの故障間時間および故障している時間は指数分布に従うものとし、その平均時間をそれぞれ MT および MR とする。

$$\text{故障率は } \lambda = \frac{1}{MF}$$

$$\text{復旧率は } \mu = \frac{1}{MR}$$

時間 (t, t + dt) において故障が継続している確率は

$$Pd(t) dt = \mu e^{-\mu t} dt \quad (2)$$

で与えられるから、T が R よりも短い確率 P は

$$P = \int_0^T t Pd(t) dt = \frac{1}{\mu} - T e^{-\mu T} - \frac{1}{\mu} e^{-\mu T} \quad (3)$$

で表わされる。

式(1)の近似式で得た値とモンテカルロ・シミュレーションを行なった結果の見かけ上のMTBFを比較してみると、管理サイクルTが平均修理時間(MTTR)^{*}に比べて短いとき見かけ上のMTBFはかなり良く一致している。表4-1はTを0.1, 0.25, 0.5, および1.0時間とし、MTBF=2000時間、MTTR=0.5時間としたときの見かけ上のMTBFのシミュレーション結果である。T<MTTRの範囲内では近似式で計算した値とシミュレーションの結果はほぼ一致している。コンピュータ階層システムを構成するコンピュータ1つ1つのMTBFあるいは故障率は、コンピュータ階層システムの信頼性を解析する基礎データとしては重要であるが、これをそのままコンピュータ階層システムの信頼性の評価に用いると重大な過誤をまねく恐れがある。たとえば、表4-1においてT=0.5にしたMTBFの値を見ると、本来のMTBFが2441時間に対し、見かけ上のMTBFは3657時間となっており、見かけ上のMTBFが1.478倍延びていることがわかる。

管理サイクル T(時間)	本来の MTBF(時間)	見かけ上のMTBF(時間)		見かけ上のMTBF (シミュレーション) / 本来の MTBF
		シミュレーション	近似式を使った 計算値	
(A) 0.1	2468.2	2695.9	2735.7	1.092
(B) 0.25	2421.25	2940.0	2955.2	1.214
(C) 0.5	2441.1	3608.8	3657.2	1.478
(D) 1.0	2494.4	5162.4	4728.8	2.070

表4-1 見かけ上のMTBFのシミュレーション結果

MTBF = 2000時間

MTTR = 0.5時間

* MTTR: Mean Time To Repair

上位レベルのコンピュータのMTBFを5000時間とし、下位レベルのコンピュータのMTBFを8000時間として、コンピュータ階層システムの信頼性を考えてみる。管理サイクルを考慮しないコンピュータ・システムの信頼性を評価すれば、上位レベルあるいは下位レベルのいずれかいつぼりのコンピュータに故障が起きると、コンピュータ・システムは故障したとみなされてしまう。このコンピュータ・システムのMTBFは簡単な直列システムのMTBFとして計算され、

$$MTBF = \frac{8000 \times 5000}{8000 + 5000} = 3078 \text{ 時間}$$

となる。

しかしながら、管理サイクルを考慮したコンピュータ階層システムを構成することによって、上位レベルのコンピュータの見かけ上のMTBFが1.5倍(7500時間)に延びた場合、コンピュータ階層システムのMTBFは、

$$MTBF = \frac{8000 \times 7500}{8000 + 7500} = 3871 \text{ 時間}$$

となる。

このように、管理サイクルを考慮したコンピュータ階層システムを構成することによって、MTBFが約26%長くなる。なお、この計算では、コンピュータのバックアップを考えていないが、バックアップを考えると、さらにMTBFは長くなるであろう。これは、コンピュータ階層システムの重要な特長の1つである。

4.1.4 信頼度計算プログラム RELCOMP

RELCOMP (RELIability COMPutation) はシステムの、信頼度とMTBFを敏速かつ経済的に計算するために SUPER BASIC 言語

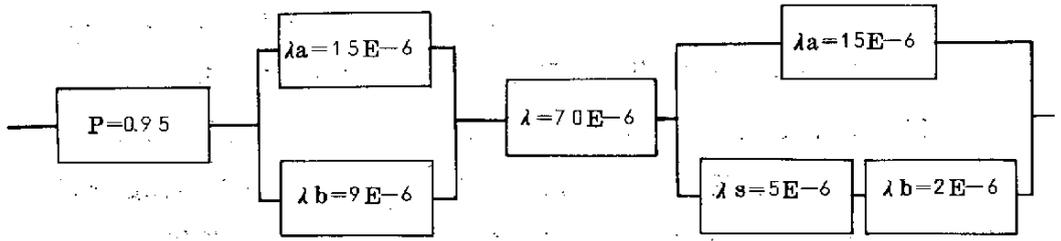
を用いて作られたプログラムである。なお、このプログラムは、オンライン・コンピュータの端末を使って利用されるプログラムである。

RELCOMP を使って信頼度の計算を行なうには計算の対象となるシステムをシステムの信頼度ブロック図 (reliability block diagram) にあらわす。(図 4-6 参照) さらに表 4-2 に示されている機能コード、すなわちブロック構成コードとパラメータ・コードを使って各ブロックの構成形式とブロックの信頼度といったパラメータを指定する。各ブロックの信頼度を機能コードで指定すると、RELCOMP では自動的に任意時間内のサブシステムの信頼度およびシステム全体の信頼度を計算する。さらに、システムの信頼度を積分することによって MTBF が計算される。

表 4-2 に例示していないブロック構成の信頼度の計算式は、サブルーチンとして別に RELCOMP に加えることができる。RELCOMP における信頼度と MTBF を計算する処理手順を図 4-7 に示す。RELCOMP を当財団に設置してある FACOM230-60 コンピュータ・システムの端末でも使えるように TSS-FORTRAN^{*} を用いて書きかえ、それを使ってコンピュータ階層システムの信頼度の計算を行なった。RELCOMP には、つぎのようなデータが入力される。

- ① サブシステムの数 (10 以下)
- ② サブシステムのブロック数 (20 以下)
- ③ サブシステム名 (16 文字以内)
- ④ サブシステムに含まれるブロックの機能コード
- ⑤ ブロック名 (16 文字以内)
- ⑥ 信頼度計算の繰返し回数
- ⑦ 出力コードの指定 (出力コードが 1 のときはシステム全体の信頼度だけを出力し、2 のときはサブシステムとシステム全体の信頼度を出力し、3 のときはブロックとサブシステム全体の信頼度を出力し、4 のときはシ

* TSS-FORTRAN: 当財団が開発した会話形 TSS 用フォートラン言語



(6, 0.95, 0, 0, 0)

(1, 70E-6, 0, 0, 0)

(3, 15E-6, 9E-6, 0, 0)

(5, 15E-6, 2E-6, 5E-6, 0)

λ : 故障率

カッコ内は機能コード

(15E-6とは 15×10^{-6} である)

図4-6 システムの信頼度ブロック図

ブロック構成	機能コード		信頼度の計算式
	ブロック構成コード	パラメータコード	
1台のコンピュータによる構成	1	$\lambda, 0, 0, 0$	$R = e^{-\lambda t}$
故障率が同じ2台のコンピュータによる並列冗長の構成	2	$\lambda, 0, 0, 0$	$R = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}$
故障率が違う2台のコンピュータによる並列冗長の構成	3	$\lambda a, \lambda b, 0, 0$	$R = e^{-\lambda a t} + e^{-\lambda b t} - e^{-(\lambda a + \lambda b)t}$
故障率が同じ2台のコンピュータによる待機冗長の構成	4	$\lambda, \lambda s, 0, 0$	$R = e^{-\lambda t} + e^{-\lambda s t} - \lambda + e^{-\lambda t}$
故障率が違う2台のコンピュータによる待機冗長の構成	5	$\lambda a, \lambda b, \lambda s, 0$	$R = e^{-\lambda a t} + e^{-\lambda s t} \left[\frac{\lambda a}{\lambda b - \lambda a} \right] \times [e^{-\lambda a t} - e^{-\lambda b t}]$
直列につながったコンピュータの構成	6	$P, 0, 0, 0$	$R = P$
二項分布の信頼度をもつブロックの構成	7	$\lambda, n, m, 0$	$R = \sum_{x=0}^m C_x^n (e^{-\lambda t})^{n-x} (1 - e^{-\lambda t})^x$
ワイブル分布の信頼度をもつブロック構成	8	$\beta, \alpha, 0, 0$	$R = e^{-t\beta/\alpha}$

λ : 1つのユニットの故障率

λa : 主ユニットの故障率

λb : 予備ユニットの故障率

λs : 切換え回路の故障率

表4-2 ブロックの構成と機能コード

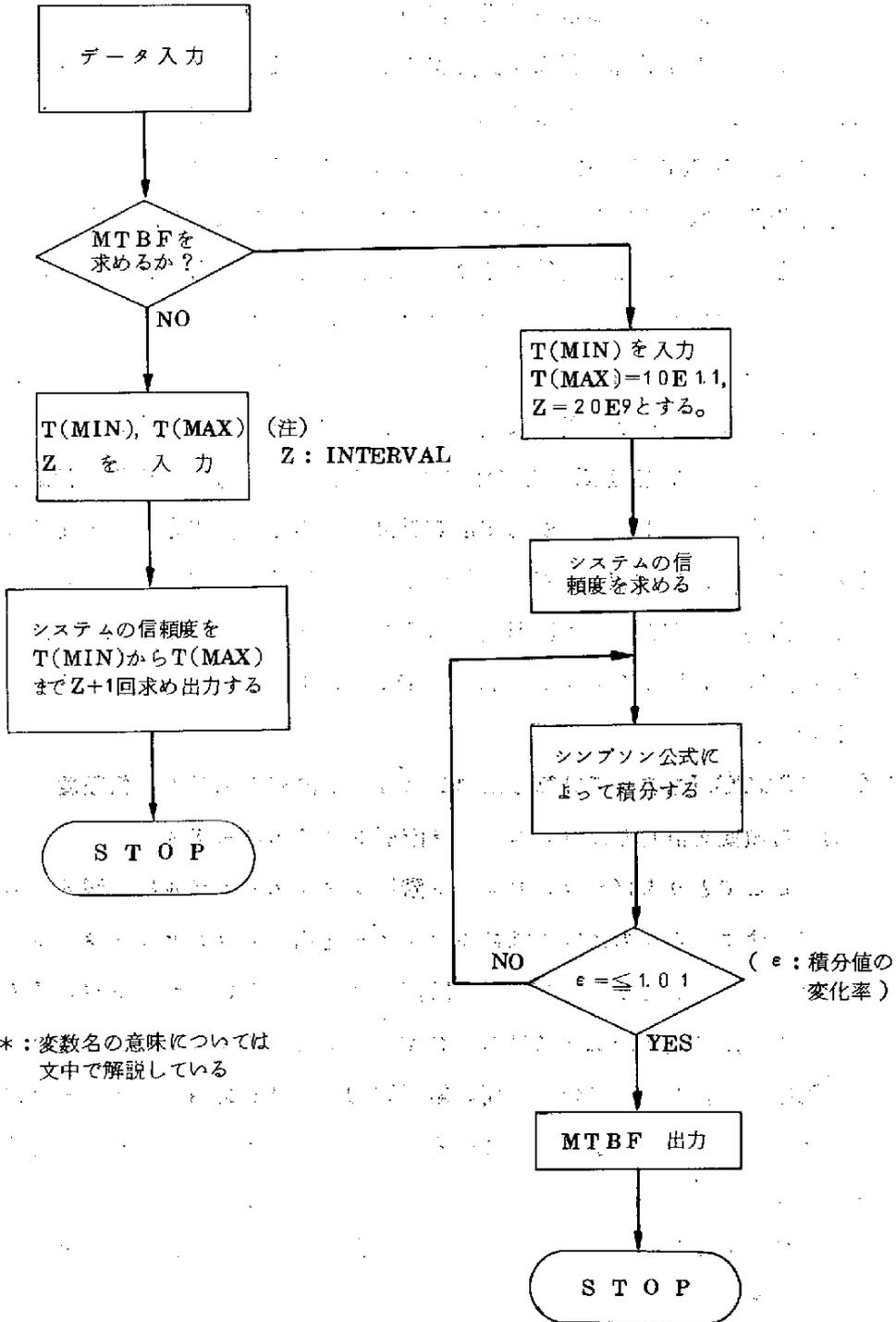


図4-7 RELCOMPの流れ図

システムのMTBFの計算結果を出力する。

MTBFの積分計算を行なうとき、MTBFの変化率が1%以下になると、RELCOMPプログラムから"DO YOU WISH THE ITERATION TO CONTINUE"というメッセージが出力される。もし、そのあとも積分計算を続けたいときには、"T" (あるいは"TRUE")を入力すると、さらに4回の計算がくり返され、MTBFの計算は終了する。メッセージが出力された時点でMTBFの積分計算を終了してもよいとき、いわゆるMTBFが満足な精度になったときは、"F" (あるいは"FALSE")を入力すれば、計算は終了する。出力コードを1, 2あるいは3にしたときにはT(MIN), T(MAX), およびZを入力して時間の指定をすると、出力コードにしたがって計算結果が出力され、出力コードを4にしたときには、T(MIN)だけを指定すると、計算結果が出力される。なお、出力コードとZは整数形($Z \leq 50$)で入力し、T(MIN), T(MAX)は実数形で入力する。RELCOMPのプログラム・リストを付録1に示す。

4.1.5 RELCOMを使って計算したコンピュータ階層システムの信頼度

(1) 信頼度を計算したコンピュータ階層システムのモデル

ここでとりあげたコンピュータ階層システムのモデルは、図4-8に示すような電力システムの制御システムを運用するコンピュータ・システムである。このコンピュータ階層システムにおいては、レベル3の16ヶ所の集中制御所にはDDC用コンピュータがそれぞれ1台ずつ配置され、レベル2の4ヶ所の給電制御所には制御用コンピュータがそれぞれ1台ずつ配置されている。また、レベル1の中央給電指令所には、1台のオンライン・コンピュータと、1台のバッチ・コンピュータ、および予備のコンピュータが1台、あわせて3台のコンピュータが配置されている。

* 電力システムの制御システムについては3.1節に詳細を述べてある。

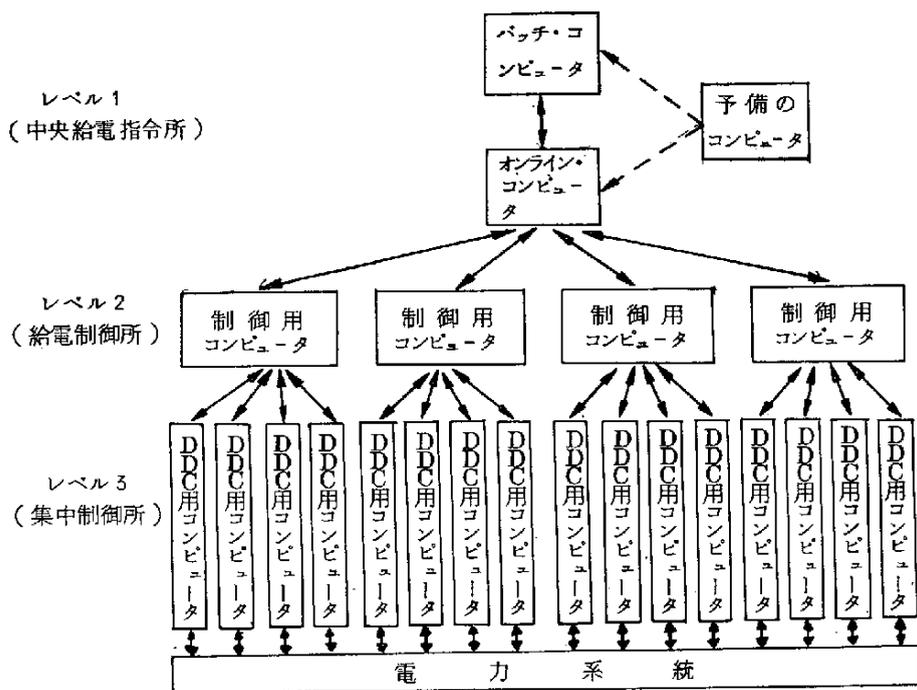


図4-8 制御システムを運用するコンピュータ階層システムの構成図

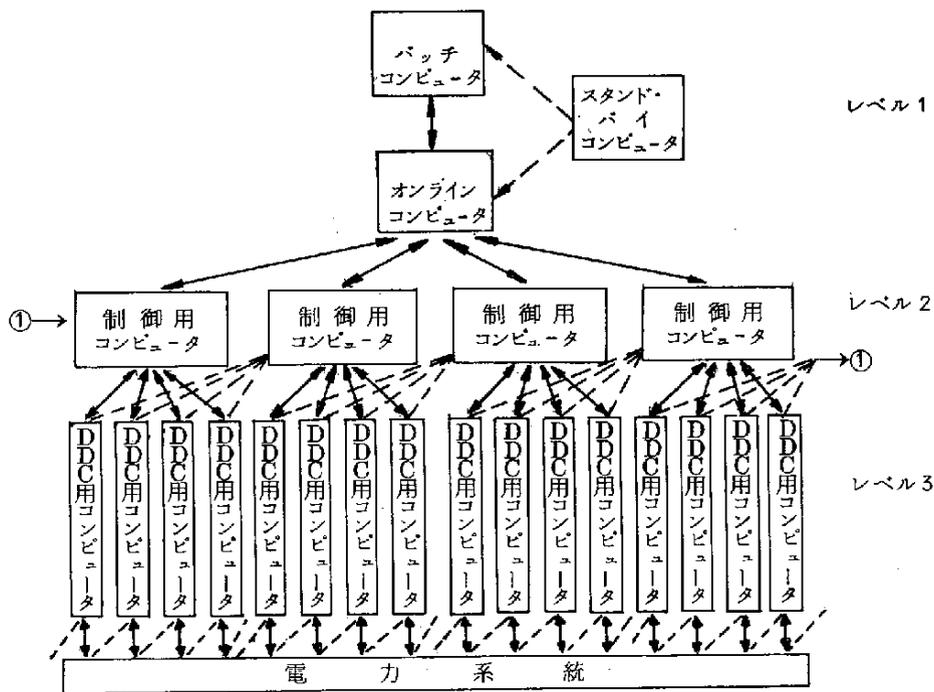


図4-9 コンピュータ間のバックアップの方式 点線：バックアップした時の情報の流れ

(2) コンピュータ階層システムにおけるバックアップの方法

(1)で述べたコンピュータ階層システムにおいて、つぎのようにバックアップ考慮したコンピュータ・システムの構成を4通り考えた。

構成1

コンピュータ・システムにおけるレベル1の構成をトリプレックスとする。すなわち、オンライン・コンピュータが故障したときには、予備のコンピュータか、あるいはバッチコンピュータのどちらかがバックアップし、バッチコンピュータが故障したときには、予備のコンピュータだけがバックアップする。また、レベル2やレベル3に設置してあるコンピュータが故障したときには、それぞれ故障したコンピュータの上位レベルに設置してあるコンピュータがバックアップするコンピュータ・システムの構成

構成2

バックアップするコンピュータ・システムの構成は構成1と同じであるが、レベル2およびレベル3のコンピュータが故障したときには上位のコンピュータのほか、同一レベルの右隣りのコンピュータがバックアップできるようにしてあるコンピュータ・システムの構成。

構成3

レベル2、レベル3のコンピュータ・システムの構成は、構成1と同じであるが、レベル1のコンピュータ・システムを並列冗長のコンピュータ・システムとした構成。

* 4.1.2項で解説している並列冗長のコンピュータ・システムである。

構成 4

レベル 2, レベル 3 のコンピュータ・システムの構成は, 構成 2 と同じであるが, レベル 1 のコンピュータ・システムを並列冗長のコンピュータ・システムとした構成。

このようなコンピュータ階層システムの信頼度および MTBF をつぎのような項目について, それぞれ求める。

R 1 : レベル 3 のコンピュータ・システムの信頼度

R 2 : レベル 2 とレベル 3 のコンピュータ・システムの信頼度

R 3 : レベル 1 とレベル 2 とレベル 3 のコンピュータ・システムの信頼度

R 4 : レベル 1 のコンピュータがダウンしないコンピュータ・システムの信頼度

R 5 : レベル 2 がレベル 1 のコンピュータをバックアップするコンピュータ・システムの信頼度

R 6 : コンピュータ階層システムの信頼度

R 7 : レベル 3 における 1 ブロックのコンピュータ・システムの信頼度

R 8 : バッチ処理をするコンピュータの信頼度

構成 1 の信頼度を計算する式

P 1 ~ P 5 はつぎのような信頼度をいう。

P 1 : サイクリック・デジタル・データ伝送装置の信頼度 (図 4-10)

P 2 : コンピュータの信頼度 (図 4-11)

P 3 : 故障検出切換装置とコンピュータが並列になったブロックの信頼度 (図 4-12)

P 4 : 故障検出切換装置のついたコンピュータと, 待機しているコンピュータで構成されたブロックの信頼度 (図 4-13)

P 5 : 故障した下位レベルのコンピュータをバックアップしている時の上位レベルのコンピュータの信頼度 (図 4-14)

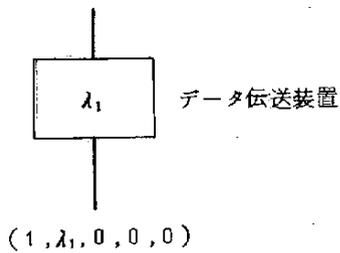


図 4-10

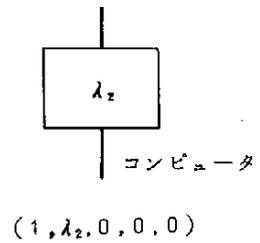


図 4-11

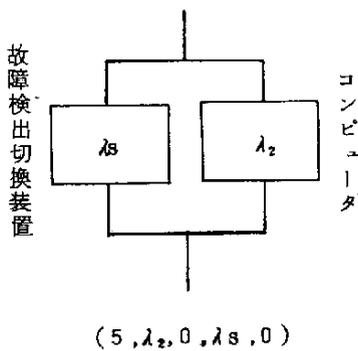


図 4-12

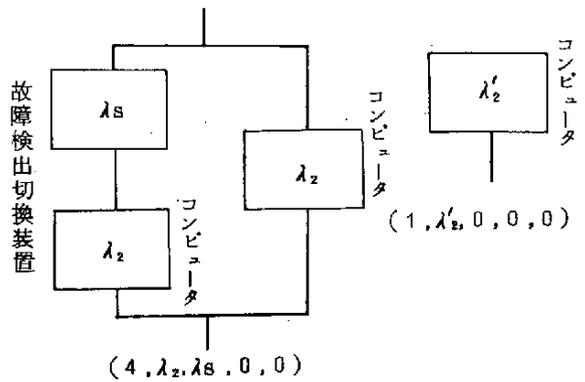


図 4-13

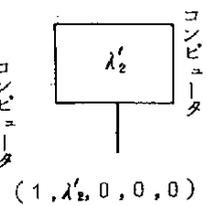


図 4-14

注) 図 4-10 ~ 4-14 のカッコ内は RELCOMP を用いて計算する時の機能コードである。

$$R1 = P1^4 \times \{ P2^3 + 4(P3 - P2) \times P2^2 \}$$

$$R2 = P1^5$$

$$R3 = P4 + (P4 - P2) \times \lambda_2 \times T \times 0.5$$

$$R4 = R3 \times R2$$

$$R5 = (1 - R3) \times (R1 \times P1 \times P5)^4$$

$$R6 = R4 + R6$$

$$R7 = P2 + P1 \times (1 - P2) \times P2^3 \times \{ P5 + P2^2(1 - P2) \times P1 \times R3 \}$$

$$R8 = P2 \times P4 + P2 \times (P4 - P2)$$

RELCOMには、R1~R8を計算するための機能コードがないので、上式を用いて、R1~R8を計算した。

構成2の信頼度を計算する式

構成1で求めたブロックの信頼度の他に、P6、P7というブロックの信頼度を計算する。

P6：同一レベルの右隣のコンピュータが故障しているか、あるいは上位レベルのコンピュータが故障しているかを検出する故障検出切換装置の信頼度（図4-15）

P7：故障している同一レベルのコンピュータをバックアップしている時のコンピュータの信頼度（図4-16）

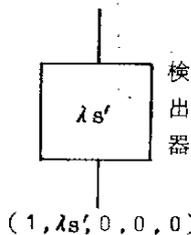


図4-15

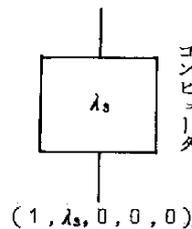


図4-16

そしてR1～R8は、つぎのように計算する。

$$R1 = P1^4 \times \{ P2^2 + 4(P3 - P2) \times P2^2 + 8 \times P7 \times P2 \times (1 - P2) \times (P3 - P2) \times P6 \}$$

$$R2 = R1^5$$

$$R3 = P4 + (P4 - P2) \times \lambda_2 \times T \times 0.5$$

$$R4 = R2 \times R3$$

$$R5 = (1 - R3) \times (R1 \times P1)^4 \times \{ P5^4 + \{ 4 \times P7 \times P5^2 \times (1 - P5) + 2 \times P7^2 \times (1 - P5)^2 \times P6 \} \times P6 \}$$

$$R6 = R4 + R5$$

$$R7 = P2 + P1 \times (1 - P2) \times P2^3 \{ P5 + P2^3 \times (1 - P2) \times P1 \times R3 + P6 \times P7 \times (1 - R3) \times (1 - P2) \}$$

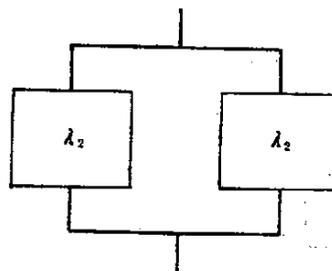
$$R8 = P2 \times P4 + P2 \times (P4 - P2)$$

構成3の信頼度を計算する式

構成1で求めたブロックの信頼度のなかでP4だけをつぎのようにかえる。

P4：並列冗長のコンピュータ・システムとなったブロックの信頼度

(図4-17)



(2, λ_2 , 0, 0, 0)

図4-17

そしてR1~R7はつぎのように計算する。

$$R1 = P1^4 \times \{ P2^2 + 4(P3 - P2) \times P2^2 \}$$

$$R2 = P1^5$$

$$R3 = P4$$

$$R4 = R3 \times R2$$

$$R5 = (1 - R3) \times (R1 \times P1 \times P5)^4$$

$$R6 = R4 + R5$$

$$R7 = P2 + P1 \times (1 - P2) \times P2^2 \times \{ P5 + P2^2(1 - P2) \times P1 \times R3 \}$$

構成4の信頼度を計算する式

構成2で求めたブロックの信頼度のなかでP4をつぎのように変える。

P4: 並列冗長のコンピュータ・システムとなったブロックの信頼度

そしてR1~R7はつぎのように計算する。

$$R1 = P1^4 \times \{ P2^2 + 4(P3 - P2) \times P2^2 + 8 \times P7 \times P2 \times (1 - P2) \times (P3 - P2) \times P6 \}$$

$$R2 = R1^5$$

$$R3 = P4$$

$$R4 = R2 \times R3$$

$$R5 = (1 - R3) \times (R1 \times P1)^4 \times \{ P5^4 + \{ 4 \times P7 \times P5^2 \times (1 - P5) + 2 \times P7^2 \times (1 - P5)^2 \times P6 \} \times P6 \}$$

$$R6 = R4 + R5$$

$$R7 = P2 + P1 \times (1 - P2) \times P2^2 \{ P5 + P2^2 \times (1 - P2) \times P1 \times R3 + P6 \times P7 \times (1 - R3) \times (1 - P2) \}$$

ここでとりあげたコンピュータ階層システムを構成しているコンピュータや故障検出切換装置などの故障率をつぎのように決めた。

$$\lambda_1 = 0.75 \times 10^{-4} \text{ (1/時間)} \quad \lambda_2 = 0.20 \times 10^{-3} \text{ (1/時間)}$$

$$\lambda_3 = 0.25 \times 10^{-3} \text{ (1/時間)} \quad \lambda_4 = 0.3 \times 10^{-3} \text{ (1/時間)}$$

$$\lambda_5 = 0.125 \times 10^{-3} \text{ (1/時間)} \quad \lambda_6 = 0.15 \times 10^{-3}$$

各ブロックの信頼度計算に使用する機能コードを表4-3に示す。

	構成 1	構成 2	構成 3	構成 4
P1	1, 0.75E-4, 0., 0, 0			
P2	1, 0.2E-3, 0., 0, 0			
P3	5, 0.2E-3, 0., 0.125E-3, 0			
P4	4, 0.2E-3, 0.125E-3, 0, 0	4, 0.2E-3, 0.125E-3, 0, 0	2, 0.2E-3, 0., 0, 0	2, 0.2E-3, 0., 0, 0
P5	1, 0.25E-3, 0., 0, 0			
P6		1, 0.15E-3, 0., 0, 0		1, 0.15E-3, 0., 0, 0
P7		1, 0.3E-3, 0., 0, 0		1, 0.3E-3, 0., 0, 0

表4-3 コンピュータ階層システムの各ブロックの信頼度計算に使用する機能コード

(3) コンピュータ階層システムのMTBFの計算結果

RELCOMPでは、(2)で述べた信頼度の計算式を使って、構成1～構成4のバックアップを考慮したコンピュータ階層システムのMTBFが計算され、出力される。その計算結果を表4-4に示す。

	構成 1	構成 2	構成 3	構成 4
R 1	1 5 4 3.4 4	1 8 5 4.9 5	1 5 4 3.4 4	1 8 5 4.9 5
R 2	4 3 0.0 0	5 3 5.8 6	4 3 0.0 0	5 3 5.8 6
R 3	7 8 3 6.0 3	7 8 3 6.0 3	7 1 9 4.3 0	7 1 9 4.3 0
R 4	4 2 7.7 3	5 3 1.2 0	4 2 6.5 5	5 2 9.5 6
R 5	1.1 7	3.2 8	1.7 7	4.8 4
R 6	4 2 8.9 0	5 3 4.8 5	4 2 8.3 2	5 3 4.3 9
R 7	5 0 1 6.3 1	5 0 2 0.2 8	5 0 1 5.6 3	5 0 2 0.8 1
R 8	3 9 1 4.4 9	3 9 1 4.4 9	—————	—————

表4-4 構成別のMTBF (時間)

表4-4のMTBFの計算結果をつかってコンピュータ階層システムの故障率を計算すると、それぞれ表4-5のようになった。

	構成 1	構成 2	構成 3	構成 4
R 1	0.6 4 8	0.5 3 9	0.6 4 8	0.5 3 9
R 2	2.3 2 6	1.8 6 6	2.3 2 6	1.8 6 6
R 3	0.1 2 8	0.1 2 8	0.1 3 9	0.1 3 9
R 4	2.3 3 8	1.8 8 2	2.3 4 4	1.8 8 8
R 5	8 4 9.2 5	3 0 4.9 6	5 6 4.3 5	2 0 6.5 0
R 6	2.3 3 2	1.8 7 0	2.3 3 5	1.8 7 1
R 7	0.1 9 9	0.1 9 9	0.1 9 9	0.1 9 9
R 8	0.2 5 5	0.2 5 5	—————	—————

表4-5 故障率(1/時間) ×10⁻³

(4) バックアップを考慮しないコンピュータ・システムの信頼度

図4-8のコンピュータ・システムにおいて、バックアップを考慮しない場合、そのコンピュータ・システムの信頼度はつぎのように計算される。

まず、RELCOMPを使って、つぎのように各ブロックの信頼度 P_1, P_2, P_3 を計算する。

P_1 : コンピュータの信頼度

機能コード (1, $0.2 E^{-3}$, 0, 0, 0)

P_2 : データ伝送装置の信頼度

機能コード (1, $0.75 E^{-4}$, 0, 0, 0)

P_3 : 並列冗長システムをとったブロックの信頼度

機能コード (2, $0.2 E^{-3}$, 0, 0, 0)

そして、コンピュータ・システムの信頼度 R_1, R_2, R_3, R_6, R_7 をつぎの式によって計算する。

$$R_1 = (P_1 \times P_2)^4$$

$$R_2 = R_1^4$$

$$R_3 = P_3$$

$$R_6 = R_3 \times R_2$$

$$R_7 = P_1$$

バックアップを考慮しない場合のコンピュータ・システムのMTBFおよび故障率を表4-6に示す。

表4-6 バック・アップを考慮しないときのMTBFと故障率

	R1	R2	R3	R6	R7
MTBF (時間)	906.7	181.80	7194.30	181.37	4819.24
故障率 ($\times 10^{-3}$)	1.103	5.501	0.139	5.514	0.208

(5) 計算結果の解析

まず、表4-5と表4-6に記述している故障率R6の計算結果を比較すると、バックアップを考慮したコンピュータ階層システムの故障率は、バックアップを考慮しないコンピュータ・システムの故障率に比べて2.5~3.0倍長くなっており、明らかにバックアップの効果があらわれている。つぎに、コンピュータ階層システムにおけるバックアップの構成別MTBFを示す表4-4をみると、構成2のコンピュータ階層システムは、構成1のコンピュータ階層システムに比べてMTBFが1.25倍長くなっている。このことは、コンピュータ階層システムの信頼性がバックアップの構成方法によって影響を受けることを示している。

またさらに、レベル1におけるコンピュータ・システムの構成のうち、トリプレックス構成のコンピュータ階層システムと、並列冗長のコンピュータ階層システムでは、ほとんどMTBFが一致している。しかし、並列冗長のコンピュータ階層システムを、コンピュータの利用率といった面から評価すると、経済的な面で不利であることは明らかである。

以上の考察結果に管理サイクルの効果をあわせ考えるならば、MTBFがさらに長くなるので、コンピュータ階層システムの信頼性は一層向上することが期待される。

4.2 情報処理システムの経済性

大規模な組織を管理、統制するための情報処理システムを評価するためには、信頼性、経済性、機動性、柔軟性といった評価基準を総合的に考慮する必要があることはいうまでもないが、このような評価基準の度合は、情報処理システムを利用する目的によって、変わってしまうため、情報処理システムの総合的な評価は難しいとされている。そのため、現状では、経済性に重点をおいて情報処理システムを評価しており、その尺度として情報処理システムのコストと性能との比率、いわゆるコスト・パフォーマンスを採用している。そこで、オンライン・リアルタイムの情報処理システムにおけるコスト・パフォーマンスの解析例を簡単に紹介する。

4.2.1 自動証券取引システムのコスト・パフォーマンス

自動証券取引システムは、アメリカの全国的規模で発生する証券取引活動と顧客勘定処理を自動化することである。さらに、経営者に対して、最新の経営情報を提供することができる情報処理システムでもある。

(1) 地理的配置

コンピュータ・センタ :	フィラデルフィア
地 方 セ ン タ :	ニューヨーク …………… 30 支店を管轄
	ボストン …………… 15 支店を管轄
	フィラデルフィア …………… 20 支店を管轄
	シカゴ …………… 30 支店を管轄
	ロサンゼルス …………… 25 支店を管轄
支店と地方センタの平均距離 :	フィラデルフィア …………… 100 (マイル)
	ニューヨーク …………… 50 (マイル)
	ボストン …………… 100 (マイル)
	シカゴ …………… 250 (マイル)
	ロサンゼルス …………… 500 (マイル)
株 式 取 引 所 :	ニューヨーク株式取引所
	アメリカン株式取引所

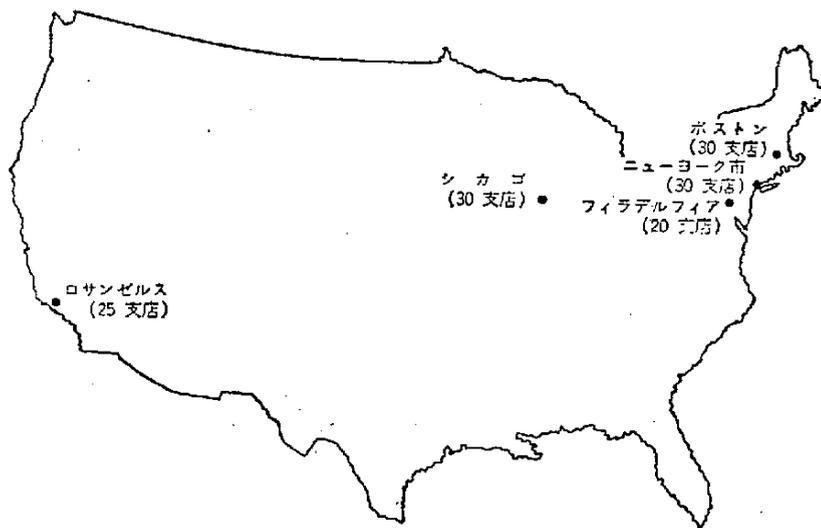


図4-17 自動証券取引システムの地理的構成

(2) 仕 様

(a) 顧客が支店の窓口に来て株の売買を希望したとき

- ① 平均10秒以内に、売買のメッセージを株式取引所に伝送する。
- ② 株の売買が成立したら、その結果を支店の端末に伝送して、客に知らせる。
- ③ 株の売買で発生する会計処理を行なう。

(b) 顧客が支店の窓口に来て株価の状態を知りたいとき

- ① 株価の状態を株式取引所に問合わせて2分以内にその返事を客に知らせる。

(3) 信頼性の条件

午前8時から午後6時まで1日10時間稼働している自動証券取引システムは、全支店のうち少なくとも90%の支店に対して、サービス不能時間が越えてはならないという信頼性が備わっていなければならない。

(4) トラフィック量

表4-6は自動証券取引システムのなかを流れるトラフィックを示す。

メッセージの種類	ピーク15分間のトラフィック (メッセージ)	ピーク1時間のトラフィック (メッセージ)	1日あたりの平均トラフィック (メッセージ)	1メッセージあたり平均キャラクター数
売買	900	1,800	14,000	55
成立	900	1,800	14,000	40
気配	100	300	9,000	40
管理	300	500	10,000	100
照会	50	100	3,000	70
計	2,250	4,500	50,000	

(売買と気配の20%はニューヨーク、アメリカン両株式取引所へ送られる)

表 4-6 トラフィック量

(5) ハードウェアの構成

(a) コンピュータの構成

図 4-18 は、フィラデルフィアに設置してあるコンピュータの構成である。

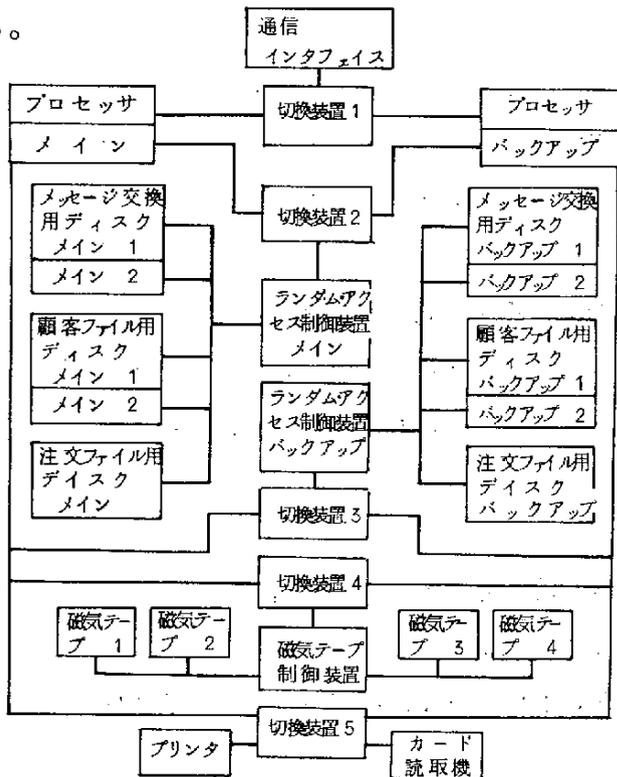


図 4-18 コンピュータの構成図

- プロセッサ 2台
 - 平均命令実行時間 5 μ sec
 - 最大メインメモリ 524,000 キャラクタ
 - I/Oバンド幅 1,000,000 キャラクタ sec
 - メモリ : 1モジュールあたり65,000 キャラクタ 1.5 μ secのメモリ・サイクルあたり1, 2または4キャラクタのアクセス可能
4モジュール
- 通信制御装置 4台
 - 単向または半2重回線48回線まで制御可能
- 通信回線バッファ 192台
 - 300 キャラクタ/secまでの伝送速度に適する
- ランダム・アクセス制御装置 2台
 - 可動ヘッド・ディスク6台と固定ヘッド・ドラム4台まで接続可能
 - ディスク・シークは単独に接続されたどの装置に対してもデータ転送と重ね合わされる。同時には1台の装置しかデータを転送できない。
- ディスク記憶装置 10台
 - 転送速度 200キャラクタ/m sec
 - 回転速度 20 m sec
 - 平均回転待ち時間 10 m sec
 - キャラクタ記憶容量 8×10^6 キャラクタ
- 磁気テープ制御装置 1台
 - テープ8台までの接続可能, テープ8台のうちどの2台も独立して同時に動作可能
- 磁気テープ駆動装置 4台
 - 転送速度 60,000キャラクタ/sec
- ライン・プリンタ 1台

1,200行/分

- カード・リーダー 1台
- 周辺装置切換装置 5台

1台の制御装置を手動で2台のプロセッサのどちらかに接続可能

- コンソール 2台

(b) 通信回線網

図4-19は通信回線網の一部の構成を示している。また表4-7は通信網を構成する回線数を示している。

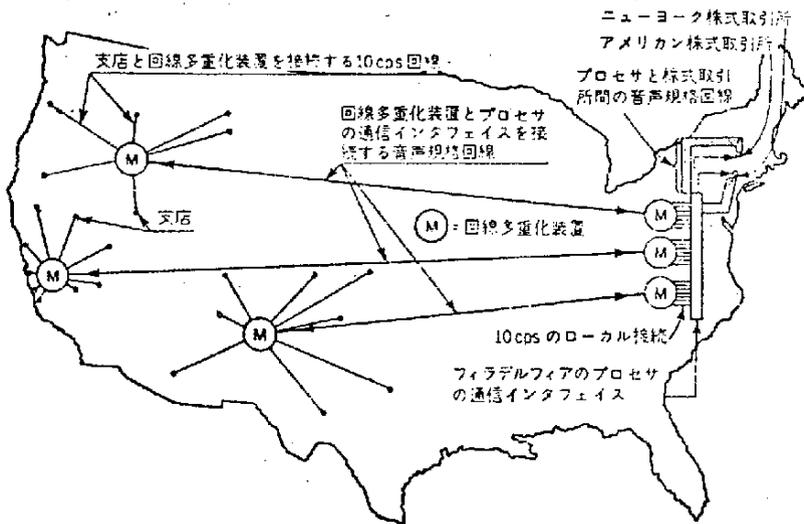


図4-19 通信回線網

A. 回線多重化装置：	
ロサンゼルス	3台
シカゴ	3
ニューヨーク	3
ボストン	2
フィラデルフィアのプロセッサ	11
回線多重化装置 合計	22
B. 音声規格回線 (150キャラクタ/sec)：	
ロサンゼルス, フィラデルフィア間	3回線
シカゴ, フィラデルフィア間	3
ニューヨーク, フィラデルフィア間	3
ボストン, フィラデルフィア間	2
フィラデルフィア, 株式取引所間	2
株式取引所, フィラデルフィア間	12
音声規格回線 合計	25
C. 10 cps 回線：	
ロサンゼルス	25回線, 平均距離 50(マイル)
シカゴ	30回線, 平均距離 25(マイル)
ニューヨーク市	30回線, 平均距離 1(マイル)
ボストン	15回線, 平均距離 20(マイル)
フィラデルフィア	20回線, 平均距離100(マイル)
低速回線 合計	120

表 4-7 通信回線網の構成

(c) 端末装置

各所に設置されている端末装置はつぎのような機器である

支店：1台の低速度タイプ・ライター (10キャラクタ/sec)

ニューヨーク株式取引所：1台のラインプリンタ (300キャラクタ/sec)

バックアップ予備装置 (故障後 15分以内にオンラインになる)

立会場：8台のビデオ端末 (150キャラクタ/sec)

相場ディスク (管理メッセージ, 気配メッセージ用)：

1台のビデオ端末

アメリカン株式取引所：1台のラインプリンタ (300キャラクタ/sec)

立会場：3台のビデオ端末

相場ディスク：1台 "

数量	項目	月間レンタル料
2	プロセッサ	13,800ドル
4	65,000キャラクタのメモリ・モジュール	5,200
4	通信制御装置	4,000
192	通信バッファ	8,648
2	ランダムアクセス制御装置	1,400
10	ディスク記憶装置	7,000
1	磁気テープ制御装置	1,000
4	磁気テープ駆動装置 1	2,000
1	プリンタ	1,000
1	カード読取機	700
5	周辺装置切換装置	500
2	プロセッサ制御卓	700
	プロセッサ・サブシステム小計	45,948ドル

表 4-8 プロセッサ・サブシステムの実稼動5年間の平均反復コスト

数量	回線	距離	地域	月間レンタル料
20	10 cps 回線	100	フィラデルフィア	3,500ドル
25	10 cps 回線	50	シカゴ	2,187
30	10 cps 回線	25	ロサンゼルス	1,311
15	10 cps 回線	20	ボストン	525
30	10 cps 回線	1	ニューヨーク	53
			フィラデルフィアから	
3	音声規格回線	...	ロサンゼルス	6,561
3	音声規格回線	...	シカゴ	2,667
2	音声規格回線	...	ボストン	1,042
3	音声規格回線	...	ニューヨーク (支店)	672
15	音声規格回線	...	ニューヨーク (取引所)	3,360
			回線小計	21,878ドル
数量	デモム回線多重化装置			
242*	10 cps モデム			6,050ドル
51**	音声規格回線モデム			2,040
23**	回線多重化装置			11,500
	モデム回線多重化装置 小計			19,590
	通信回線 小計			41,468ドル

表 4-9 通信回線網のコスト

* コンピュータ・センタに設置してある2台の予備を含む
 ** コンピュータ・センタに設置してある1台の予備を含む

数量	項 目	月間レンタル料
124*	10 cps タイプライタ	12,400ドル
3**	300 cps 遠隔プリンタ	1,650
14**	ビデオ・データ・ターミナル	2,800
	端末サブシステム小計	16,850ドル

表4-10 端末装置のコスト

数量	項 目	月間レンタル料
1	システム・マネジャ	2,800ドル
2	上級技術者	4,000
3	初級技術者	3,900
1	管理オペレータ	1,300
2	オペレータ	2,200
1	教育訓練要員	1,300
	給料小計	15,500ドル
建 物:		
	2,000平方フィート (機器室と事務室)	14,000ドル
	その他	1,000ドル

表4-11 要員コスト その他のコスト

項 目	経費計
システムと手順研究	45,000ドル
(2人年)	
仕様書作成	12,000
($\frac{1}{2}$ 人年)	
提案書評価	24,000
(1人年)	
コンサルタント	45,000
(1人年)	
運用計画	35,000
(プロジェクト・ライフの全期間にわたって2人年)	
用地準備	50,000
地方センターと支店	
要員補充	25,000
(技術者5人, 単価5,000ドル)	
訓練	150,000
(150人, 単価1,000ドル)	
設置調整	35,000
(2人年)	
旅 費	7,000
(200人日, 単価1日あたり35ドル)	
そ の 他	20,000
(家具, 什器, その他)	
支店用ユーザ・マニュアル	5,000
一時コストの合計	453,000ドル

表4-12 開発するときにかかるコスト (一時コスト)

* 120台は支店用, 4台はコンピュータ・センタ用
 ** 株式取引所に予備として1台設置してある

(6) プロジェクト・コスト

ここで計算したプロジェクト・コストには、自動証券取引システムの開発に着手する時点から、5年間、システムが稼動すると仮定した場合の直接費やされるすべての一時コストと反復コストが含まれている。表4-8から表4-11までは、自動証券取引システムが稼動している間必要となる反復コストは1ヶ月あたり135,666ドルとなる。表4-12は自動証券取引システムを開発するときにかかる一時コストを示している。1ヶ月あたりの反復コストは、毎月かかるので、5年間に、かかる総プロジェクト・コストは

$$135,600 \text{ドル} \times 5 \text{年} \times 12 \text{ヶ月} + 453,000 \text{ドル} = 8,593,000 \text{ドル}$$

(反復コスト合計) (一時コスト) (1968年の調べ)

となる。

(7) コスト・パフォーマンスの計算

自動証券取引システムが処理する1日あたりの平均トラフィックは50,000メッセージであることはすでに述べた。1年あたり、自動証券取引システムが運用される日を250日と規定すると、このシステムが5年間に処理するトラフィックは

$$50,000 \text{メッセージ} \times 250 \text{日} \times 5 \text{年} = 62,500,000 \text{メッセージ}$$

(1日あたりの平均トラフィック)となる。1メッセージあたりの平均コストは13.5セントとなる。

また、5年間にわたって、自動証券取引システムが、その能力をたえず最大に発揮させてトラフィックを処理すると、このシステムはトラフィックを112,500,000メッセージ処理することができる。もし自動証券取引システムが、トラフィックを112,500,000メッセージ処理するとしたら、1メッセージあたりの平均コストは7.6セントとなる。

もし仮に、自動証券取引システムにおいて、バック・グラウンド・プロ

プログラムがリアルタイム動作と多重プログラミングされていれば、トラフィック 62,500,000 メッセージを処理するとしたら 1 メッセージあたりのコストは 3.9 セントになる。このように、リアルタイム動作で使用されていないプロセッサ時間を使い果たすために、バック・グラウンドでバッチ処理プログラムを実行させればコスト・パフォーマンス比が 350 % も改善される。バッチ処理をバックグラウンドで行なうことは、このように経済性の面では有利であるが、いっぽうでは、オペレーティング・システムが複雑になったり、ソフトウェアのオーバーヘッドが増加したりする不利な面もでてくる。また、ここで行なったコスト・パフォーマンスの計算では、バッチ処理を行なうために使われる 1 時間のプロセッサ時間とリアルタイム処理を行なう 1 時間のプロセッサ時間を同じ価値としているため、計算されたコスト・パフォーマンスの値によって自動証券取引システムの経済性を客観的でしかも完璧に評価することはできないが、この値は一応の目安になるのではないかと考えられる。

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the success of any business or organization. The text outlines various methods for recording transactions, including the use of journals, ledgers, and account books. It also discusses the importance of regular audits and reconciliations to ensure the accuracy of the records.

The second part of the document focuses on the classification of transactions. It explains how transactions should be categorized based on their nature and the accounts affected. This section provides a detailed list of common transactions and the corresponding journal entries. It also discusses the importance of using consistent and clear descriptions for each transaction to facilitate future reference and analysis.

The third part of the document addresses the issue of balancing the accounts. It explains how to calculate the total debits and credits for each account and how to identify any discrepancies. The text provides step-by-step instructions for identifying the cause of an imbalance and correcting it. It also discusses the importance of maintaining a balanced set of accounts as a sign of good financial management.

The final part of the document discusses the importance of maintaining a clear and organized system for storing and retrieving records. It suggests using a consistent filing system and labeling records clearly. The text also discusses the importance of backing up records and protecting them from loss or damage. It concludes by emphasizing that a well-maintained record-keeping system is a key component of a successful business or organization.

5章 動的な組織における情報の価値

5.1 入力情報の価値を高める方法

- 5.1.1 ノイズの除去(カルマン・フィルタ理論の応用)
- 5.1.2 必要なデータを収集するための解析(感度解析の利用)
- 5.1.3 収集することが困難なデータの処理
- 5.1.4 緊急時に必要な情報の選定

5.2 出力情報の価値を高める方法

5.3 情報を評価するファクタ

- 5.3.1 情報の正確性
- 5.3.2 情報の適時性

5.4 意思決定時間を考慮した情報の評価

- 5.4.1 情報の評価に使ったモデル
(電力系統における電圧制御)
- 5.4.2 情報の評価結果

5.5 入力データの精度と制御の効果

- 5.5.1 繰糸工程におけるデータ量と生産量
- 5.5.2 模擬実験の結果

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

PHYSICAL CHEMISTRY

LECTURE NOTES

BY

PROFESSOR

...

...

5章 動的な組織における情報の価値

大規模で複雑な組織，とくに時々刻々変動する，いわゆる動的な組織を管理，統制するための情報処理システムには階層構造をとることが望ましいと第2章で強調した。そこでは，階層構造にする大きな理由として，情報処理システムが，組織に対してとるアクションは，許容時間内に完了しなければならないということをおげている。すなわち，動的な組織のための情報処理システムでは，アクションをとるタイミングによって，情報の価値，すなわちアクションの効果が変化するということである。

この章では，情報処理システムが組織に対してとるアクションの効果を高めるためには，どのような手段で入力情報を収集し，出力情報を加工しなければならないかを概説するとともに，情報の価値が時間とともに，どのように変化するかを数量的に検討するため，数式解析や模擬実験について記述する。

5.1 入力情報の価値を高める方法

5.1.1. ノイズの除去（カルマン・フィルタ理論の応用）

近年コンピュータの発達にともなって制御システムの自動化が進み，オンラインで生産工程などを制御する傾向が強まっている。しかし，データを測定したり伝達する過程には必然的にノイズが含まれるので，収集したデータをそのままコンピュータに入力し，その出力を意思決定に利用すれば，場合によっては誤った結果を導くことにもなる。とくに，オンラインの工程制御では，入力データが不明確だったり，データが不足していると工程の状態を正確に把握できないので，工程を誤制御することになり，工程を乱してしまい恐れがある。したがって，このようなオンラインの制御では，入力データが工程の状態を正しく表わしているかどうか検討する必要がある。最近，測定データからノイズを除去して正しい状態を推定する

方法の1つとして、カルマン・フィルタ理論の利用が考えられている。

ある時間間隔で順次測定されるデータを用いて現在の状態を推定する場合、カルマン・フィルタ理論ではつぎのようにして式を作る。すなわち、状態ベクトル \mathbf{y} に対し差分方程式

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{P}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{Q}_k \mathbf{u}_k \quad (1)$$

また出力 \mathbf{y} について

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{C}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k \quad (2)$$

が成立する系を考える。式(1)、(2)の \mathbf{u}_k 、 \mathbf{v}_k は正規性ノイズである。ここで \mathbf{P}_k 、 \mathbf{Q}_k 、 \mathbf{C}_k およびノイズの強さは $k = 0, 1, 2, \dots$ について既知とする。カルマン・フィルタ理論は、この系で出力が0番目から k 番目まで既知、すなわち $\mathbf{y}_0, \mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_k$ が測定されたとき、時点 kT (ただし T はサンプリング周期、 k はサンプル番号) における系の内部状態ベクトル \mathbf{x}_k の最適推定値 $\hat{\mathbf{x}}_k$ を算出する計算である。

式(1)は、系の内部状態 (\mathbf{x}) が確率的な外乱 (\mathbf{u}) を受けて変動することを示す。カルマン・フィルタ理論では、過去から現在までの、測定時のノイズ (\mathbf{v}) を含んだ測定値 (\mathbf{y}_0 から \mathbf{y}_k まで) を用いて、状態ベクトルの現在値 \mathbf{x}_k を推定する。ただし、カルマン・フィルタ理論を適用する場合には、情報処理システムが対象とする系の定数 (推移行列、観測行列) は既知としており、その系のノイズの確率的性質 (たとえば、平均値や分散) も既知としていることに注意する必要がある。

このカルマン・フィルタ理論を情報処理システムに適用すれば測定データからノイズを除くことができるので、入力情報の価値を高めることが可能になる。

5.1.2. 必要なデータを収集するための解析 (感度解析の利用)

実際の系では、状態を完全に把握するためのデータをすべて収集できるものとは限らないし、また仮にあらゆるデータを収集できたとしても、それがかならずしも有益であるとは言えない。経済的や工学的な見地からす

れば、当面の目的に対して満足できる運用状態を維持するために必要なデータだけを収集するほうがむしろ望ましい。どのデータを収集したらよいかと判断する有効な手法の1つは、感度解析法である。

一般に実測データをもとにして系を構成する要素の動きをそれぞれ求め系の状態を把握する。ある要素の測定データが、制御する情報処理システムの出力に大きな影響を与えるものならば、その構成要素に対する測定は、重要であるから、精度の高い測定装置を使用する必要がある。逆の場合はデータの精度は低くてもよく、場合によっては測定する必要もなくなる。実際の系では系を表現する微分方程式が複雑すぎるため取扱いが困難になったり、取扱えないときには、その微分方程式を理想化、簡単化してしまうことがよくある。このような方法で系を表現することは必ずしも正確ではないが実用面においては十分要求を満足することが多い。たとえば、大規模な電力系統では系統の任意の地点に発生した事故がかならずしも全体に波及することなく局所的な影響だけですむことが多い。このような場合、事故地点の近辺のデータを多数収集するが、ある程度離れた所ではその事故の影響が強いと推定される地点の代表的なデータだけを収集する。

電力系統では実際の系統が複雑かつ多岐化されており、その系統を詳しく記述する定式化は可能であってもデータの収集や処理のために要する時間を考慮すると、その定式化は無意味である。そこで、対象となる系統だけを比較的詳細に定式化し、その他の部分は等価回路などで表現するのが一般的である。これも一種の感度解析法とみなすことができる。

5. 1. 3. 収集することが困難なデータの処理

5. 1. 1, 5. 1. 2項では入力情報の価値を高める1つの手法としてカルマン・フィルタ理論や感度解析法の利用について述べたが、ここでは、データというものが、いつでも得られるものではないということを前提に考えて、測定が困難であったり、あるいは経済的見地から測定したくない場合に、データ収集に代わる処理をどのようにしたらよいかを解説する。たと

えば、電力系統では、電圧や電流の大きさとか、有効電力や無効電力の値などは比較的容易に測定できるが、位相角やタービン出力などのデータは測定しにくい。そのほか、電力系統は広い地域にまたがるという地理的条件から、遠方のデータ収集は必要最少限にするか、または別のデータから推定して間に合わせることを望ましい。一般に、物理システムは構成要素のつながりを数式によって表現することができる場合が多いので、必要なデータを間接的に別の状態量から推定することが可能である。電力系統においても、測定しにくいデータである位相角については、発電機出力および電圧の大きさを利用して推定することができる。さらに、失われたデータなどもこの方法で推定することができる。系を完全に把握するためには、系を特徴づけるすべての状態量を測定するのが望ましいのであるが、実際には、経済的な理由ですべての状態量を測定したくない場合もある。その場合には、測定したくないデータを推定する。また冗長なデータを利用してデータの推定をより正確にすることや、伝送されてきた他のデータの測定ミスなどを発見することができる。

5.1.4. 緊急時に必要な情報の選定

系が定常状態にあるときには、データが誤っていたり、欠除していてもそれほど情報処理に不都合な問題はない。しかしながら、系が定常状態から逸脱しつつある場合や緊急の場合には、情報の信頼性と、価値が重要になる。ここでは入力情報が本当に系の異常を知らせるものかどうかを判定する問題について述べる。まず、系の特性を表わす状態変数 (x_1, x_2, \dots, x_u) の組合せより

$$J = f(x_1, x_2, \dots, x_u) \quad (1)$$

なる評価関数を考える。定常状態における J は一定の値またはそのまわりにはばらついた確率的変動値をとっている。もし x_2 が変わったために J の値が大きく変動すれば異常状態が発生したことになり、状態量 x_2 の周辺に大きな変動があったことがわかる。したがって x_2 に注目した対策をとる

ことになる。さらに式(1)をつぎのように表わせば

$$\min J = (x_1, x_2, \dots, x_n) \begin{pmatrix} Q_{11} & & \\ & \dots & \\ & & Q_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

それぞれのデータにウェイトをつけることもできる。すなわち Q_{nn} が大きければ大きいほど、そのデータが重要であることを示す。これらは、価値ある情報に注目して系を構成するとか異常データを自動的に検出するための1つの手法となる。

5.2 出力情報の価値を高める方法

経営情報システムでは、各レベルの管理者がコンピュータから出力される情報によって意思決定を行なうので、コンピュータの出力情報が管理者に理解しやすい形で提供されることが必要である。人間と人間の間で情報をやりとりする場合には、言葉という意思伝達の方法があり、さらには、文字表現あるいはゼスチャといった意思表示の方法もあって、その使い方さえ理解できる人間同士の間ならば情報伝達は容易に行なえる。

しかしながら、人間と機械(コンピュータ)との情報伝達となると機械が人間の理解しやすい形で情報を出力しなければ情報の伝達が効果的に行なわれない。人間の理解しやすい形で情報を出力することこそ、出力情報の価値を高めることになる。わが国では、経営活動のための情報処理をコンピュータで処理する場合、一般に日本語の文書をカナ文字(カタカナ)やローマ字(アルファベット)に交換して入出力するケースが多く、そのようなカナ文字やローマ字でトップレベルの経営者や各レベルの管理者に情報を伝達したり、意思決定を指示したのでは、出力情報のあいまいさや不正確さを完全に避けることは難しいといわれている。そこで経営情報システムにおける出力情報の価値を高めるためには、漢字のもつ有意性(表意)の効果を十分に利用して、漢字かを混り文で情報を出力することが重要である。

このような観点から、情報の価値を高める研究の一環として、日本語文書

の漢字かな混り文出力情報に関する実験を行ない、その概要を第7章に紹介している。

5.3 情報を評価するファクタ

情報の価値は、その情報に基づく意思決定が成果にどの程度寄与したかによって評価されなければならない。ここでは、正確性と適時性の観点から情報の価値を評価する。

5.3.1. 情報の正確性

情報は、人間の誤判断、計算の間違い、機械の故障などによって真の値からズレてしまうことがある。統計的な意味において、情報が正確であるということは、測定データのバラツキが小さいということによって決まる。このため情報処理システムから出力する情報の正確性を高めるためには、情報処理システムにおいて、より多くのデータを収集し、処理を繰返す必要がある。しかし、このような手法で情報の正確性を高めると、情報処理の費用が著しく増大することになる。技術的には情報の正確性をいくらかでも高めることは可能であっても、費用が急激に増大したのでは実用的でない。不正確な情報は一般に誤った意思決定を導くが、どこまで情報の正確性が必要であるかの限界は、情報を利用する者の判断力と組織の応答性によって異なる。すなわち、ある程度誤った情報を使ってアクションをおこなっても、組織に対してなんら影響をおよぼさない場合がある。必要以上に情報の正確性を高めても意味がないので、情報処理の費用とのかねあいで情報の正確性を検討する必要がある。

ここで情報の正確性と費用の関係をはっきりさせるために、つぎのような問題を考察する。

たとえば、生産工場においては、工場の外部から供給される原料、資材、部品などがすべて満足できる品質を備えているかどうかを検査することが非常に重要な問題となる。原料の不良や組立部品の不良は、工程の稼働率

に影響を及ぼすばかりか、完成品自体の不良にもつながる。そこで、納入される品物が満足すべき品質を備えているか否かを判定するため、一般には受入検査が行なわれる。

ロット単位で納入されている組立部品が満足すべき品質を備えているか否かを判定するためには、部品全部を検査できればよいのであるが、部品を破壊しなければならぬとか検査費用が高いといった場合には全数を検査することは困難である。このような場合には、1ロットN個の部品から抜き取ったn個の部品に対して検査を行ない、試料中に含まれる不良品の数xが何個あるかによって、ロットの合格、不合格の判定を行なう。

N個の部品のなかにM個の不良品が含まれているとすると、n個の試料のなかにx個の不良品が含まれる確率は式(1)に示すよう超幾何分布になる。

$$P(x, n / M, N) = \binom{M}{x} \binom{N-M}{n-x} / \binom{N}{n} \quad (1)$$

この分布は平均値 $n \cdot M / N$ 、分散 $\frac{n \cdot M / N (1 - M / N) (N - n)}{N - 1}$

をもつ。 $\binom{M}{x}$ はロットに含まれているM個の不良品のなかからx個が抽出される組合せ $\binom{N-M}{n-x}$ はロット中の良品(N-M)個から(n-x)個が取り出される組合せ $\binom{N}{n}$ はN個よりn個の試料を取り出す組合せをそれぞれ示す。

ここで、試料の大きさnがどのような意味をもっているか考えてみる。ロットの大きさをN=1,000とし、試料の大きさがn=20の場合は、試料のなかに含まれている不良品の数xが0, 1, 2のときロットを合格とし、n=30の場合はxが0, 1, 2, 3のときロットを合格とする。この基準によって不良品の数がM=50とM=150のロットを検査したとき、そのロットが合格となる確率は、表5・1のような結果となる。

表5-1 試料の大きさ (m) とロットが合格する確率との関係

M: ロットのなかに含まれて
いる不良品の数
 m : 試料の大きさ

m	M	50 (5%)	150 (15%)
20		0.927	0.402
30		0.943	0.319

表5-1から明らかなように、試料数が $m = 20$ のとき不良率が5%のロットを検査すると、この合格すべきロットを0.927の確率で合格とする。言いかえると、この合格すべきロットを不合格と判断してしまう確率は0.073である。

この確率は第1種の過誤と呼ばれている。また不良率が15%のロットを検査すると、この不合格とすべきロットが0.402の確率で合格となってしまう。この確率は第2種の過誤と呼ばれている。試料の大きさが $n = 30$ と大きくなれば、第1種の過誤は0.057となり、第2種の過誤は0.319となる。これは試料の数が大きくなれば、不合格としないロットを合格としてしまうような誤りを犯す危険が少なくなることを意味している。一般に不良品が企業にもたらす損失と検査費用とが等しくなるような試料の大きさをその最適値と決定する。

また、工程の最適運用を行なうためには、制御機構に工程の状態に関する正確な情報を送る必要がある。しかし、データの観測や処理に多くの時間とか経費がかかる場合には、不完全な情報で制御をしなければならないこともある。たとえば、工程が正常に稼動しているときには、工程の状態を表わす変数 x が正規分布 $N(\mu, \sigma_1^2)$ にしたがってランダム変動すると仮定する。なんらかの原因で x が $\mu \pm d$ 以上変化したとき、その変化を放置しておく、製品の品質が低下し、多大な損失をひきおこしてしまう。そこで、すみやかに工程の変化を除去するための適切な処置をとらねばならない。これに対して、もし工程が正常に稼動している時に、工程に変化があったと判断して誤った処置をとると、正常な工程を乱してしまう

ことになる。そこで、工程の状態を示す情報の正確性は非常に重要である。工程の状態を把握するための推定精度を高めるには、データの測定回数を増せばよいことは明らかであるが、むやみに測定回数を増すことは得策でない。

データの測定回数を n したとき、工程の状態を示す推定値 \bar{x} (平均値 $\sum_{i=1}^n x_i/n$) は $N(\mu, \sigma^2/n)$ の正規分布にしたがうものと仮定する。工程が正常であるのにもかかわらず異常と判断する確率を α とすれば、異常を検出する確率 K は

$$K = P(u \leq a') + P(u \geq b')$$

で表わされる。ここで、 $P(u)$ は $N(\mu, \sigma^2)$ の確率密度関数を表わし

$$a' = -d\sqrt{n} + a, \quad b' = -d\sqrt{n} + b, \quad P(u \leq a) = \alpha/2$$

$$P(u \geq b) = \alpha/2$$

である。

表 5-2 および図 5-1 は $\alpha = 10\%$ 、 $d = 1.0$ としたときの測定回数と、工程の異常を判断する確率、すなわち検出力との関係を示す。

測定回数 n	検出力 k	測定回数を1回増すことによって増す 検出力の増分
1	17.0	17.0
2	29.2	12.2
3	40.9	11.5
4	51.6	10.7
5	61.0	9.4
6	68.8	7.8
7	75.5	6.7
8	80.8	5.3
9	85.1	4.3
10	88.5	3.4
11	91.3	2.8
12	93.3	2.0
13	95.1	1.8
14	96.3	1.2
15	97.2	0.9
16	97.9	0.7
17	98.5	0.6
18	98.9	0.4
19	99.2	0.3
20	99.4	0.2

表 5-2. 測定回数と検出力

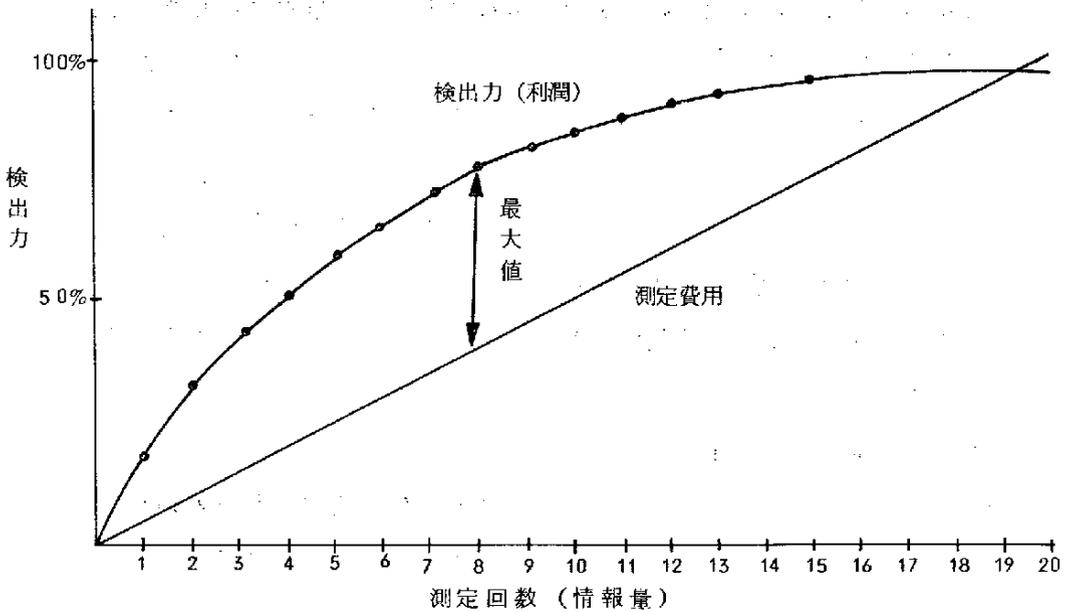


図 5-1 情報量と価値との関係

5.3.2 情報の適時性

情報は必要とする時点で利用できなければ役に立たない。どんなに精度の高い情報が得られたとしても、その情報を得るためにあまり時間がかかって、アクションが手遅れとなってしまったのでは、入手した情報はなんの価値もなくなってしまふ。情報処理の間隔と遅れという2つの要素から情報の寿命というものが考えられる。情報処理の間隔とは、情報を周期的に処理する時の時間間隔で、一般には第2章で述べた管理サイクルを指す。いっぽう、情報処理の遅れとは、データの収集時点から情報を利用できるようになるまでの時間、すなわちデータの収集時間、処理時間、伝達時間などを合計した時間である。常に最新の情報で意思決定を行なうためには、できるだけ短い間隔と少ない遅れで情報処理することが望まれる。

一般に、管理サイクルを短縮すると、情報を処理する回数が増加するため、情報処理に要する費用は増大する。管理サイクルは、情報処理システムが

管理の対象とする系の動特性によって決まる。たとえば、工程の温度を調節する時には秒単位の管理サイクルとなるが、在庫量を管理する時には、週単位とか月単位の管理サイクルになる。

情報処理の遅れとは、データの収集から情報が利用されるまでの時間であるから、遅れが長くなればなるだけ情報を利用する時点の系の状態がデータを入手した時点の系の状態とは大きく変化してしまうので情報の価値は減少すると考えられる。しかし、いくら情報処理を迅速にしたとしても、情報の遅れをゼロにすることはできない。

ここで、図5-2のような制御機構のモデルを用いて、情報処理に要する時間と情報が系に及ぼす影響との関係を考察する。

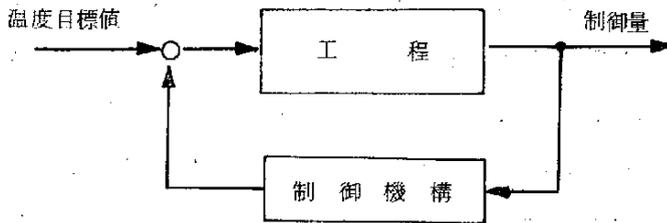


図5-2 温度制御機構モデル概念図

データの収集、処理、伝達のためにかかる時間を t_1 時間とすると、 t_0 時点の系の状態を表わすデータによって作成された情報は $t_0 + t_1$ の時点ではじめて利用できるようになる。モデルの工程に入ってくる原料は A_1 か A_2 のどちらかの品質特性をもっているものとする。原料品質特性は、その原料を用いて工程を稼動してみなければわからないものとする。また、原料品質特性は、工程内の温度によってのみ認知することができ、品質特性 A_1 , A_2 に対してそれぞれ制御方式 B_1 , B_2 をとることが最適な制御であると考えられる。もし、誤った制御を行なえば、製品の不良が生じて損失が増大することになる。モデルでは、生産を開始してから T 時間後に製品が完成する

というバッチ生産を考える。T時間以後に情報が得られたとしても、その情報は生産のための制御にはまったく役に立たないということである。

1回の測定に要する時間と制御をそれぞれ t および C_d とする。制御を誤った場合の損失は単位時間あたり C_d とする。原料の品質特性は A_1, A_2 のどちらかであるが、過去の実績から、その出現確率を $P(A_1), P(A_2)$ とする。ここでは、 $P(A_1) \geq P(A_2)$ の関係とする。測定回数 n と、原料が A_1 であるか A_2 であるかを検出する確率 K との関係 K^n で表わし(表5-2参照)、このときの第1種の過誤(温度に変化がないのに変化しと誤った判断を行なう確率)を α とする。原料の品質特性が A_1 であるという確率のほうが大きいので、まず制御方式を B_1 にして生産を開始する。工程に投入された原料が A_1 の品質特性であれば、正しい制御方式がとられていることになる。この時間帯では、測定結果から品質特性が A_2 であると誤った判断を下す確率は α であり、このときの損失は単位時間あたり C_d である。測定回数を n とすると、誤った操作を行なってしまう時間は $(T - n \cdot t)$ である。したがってこのときの期待損失は、

$$P(A_1) \times \alpha \times (T - n \cdot t) \times C_d \quad (1)$$

となる。

原料特性が A_2 である場合には最初から誤った制御が行なわれていることになり、この誤りが検出される確率は K^n である。 n 回の測定が行なわれるので $n \cdot t$ 時間は誤った制御のまま生産を行ない、期待損失は、

$$P(A_2) \times n \cdot t \times C_d \quad (2)$$

となる。また、 $n \cdot t$ 時点以後においても制御方式の誤りが検出されない確率は $(1 - K^n)$ であるから、期待損失は、

$$P(A_2) \times (1 - K^n) \times (T - n \cdot t) \times C_d \quad (3)$$

となる。

(1)(2)(3)式から制御方式 B_1 で操業を開始し、測定回数を n とした時の総期待損失 T_c は

$$Tc = P(A_1) \alpha \cdot (T - n \cdot t) Cd + P(A_2) \{ n \cdot t + (1 - Kn) (T - n \cdot t) \} Cd \quad (4)$$

となる。

測定1回に要する費用を C_s としたので、 $n \cdot C_s$ だけの費用がさらに(4)式に加算される。最適な測定回数 n は次式で与えられる Q を最小とする値となる。

$$Q = \{ P(A_1) \alpha (T - n \cdot t) + P(A_2) \{ n \cdot t + (1 - Kn) (T - n \cdot t) \} \} Cd + n \cdot C_s \quad (5)$$

表5-3および図5-3は、 $P(A_1) = P(A_2) = 0.5$ 、 $t = 1$ 、 $T = 60$ とし、検出力として表5-2の値を採用したとき、測定回数と総期待損失 Q との関係を示す。測定費用 C_s は製品不良による損失 Cd に比べて非常に小さい値としたので、ここでは $C_s / Cd = 0$ とした。

① $n \cdot t$	② $1 - kn$	③ $T - n \cdot t$	④ $(1 - kn)(T - n \cdot t)$ = ② × ③	① + ④	$\alpha \times 3$	Q
0	100.0	60	60.0	60.0	6.0	66.0
1	83.0	59	49.0	50.0	5.9	55.9
2	71.8	58	42.0	44.0	5.8	49.8
3	59.1	57	33.5	36.5	5.7	42.2
4	48.4	56	27.0	31.0	5.6	36.6
5	39.0	55	21.5	26.5	5.5	32.0
6	31.2	54	16.5	22.5	5.4	28.0
7	24.5	53	13.0	20.0	5.3	25.0
8	19.2	52	10.0	18.0	5.2	23.2
9	14.9	51	7.5	16.5	5.1	21.6
10	11.5	50	5.8	15.8	5.0	20.8
11	8.7	49	4.3	15.3	4.9	20.2
12	6.7	48	3.2	15.2	4.8	20.0
13	4.9	47	2.3	15.3	4.7	20.0
14	3.7	46	1.7	15.7	4.6	20.3
15	2.8	45	1.3	16.3	4.5	20.8
16	2.1	44	0.9	16.9	4.4	21.3
17	1.5	43	0.7	17.7	4.3	22.0
18	1.0	42	0.4	18.4	4.2	22.6
19	0.8	41	0.3	19.3	4.1	23.4
20	0.6	40	0.2	20.2	4.0	24.2

表5-3 測定回数と期待損失

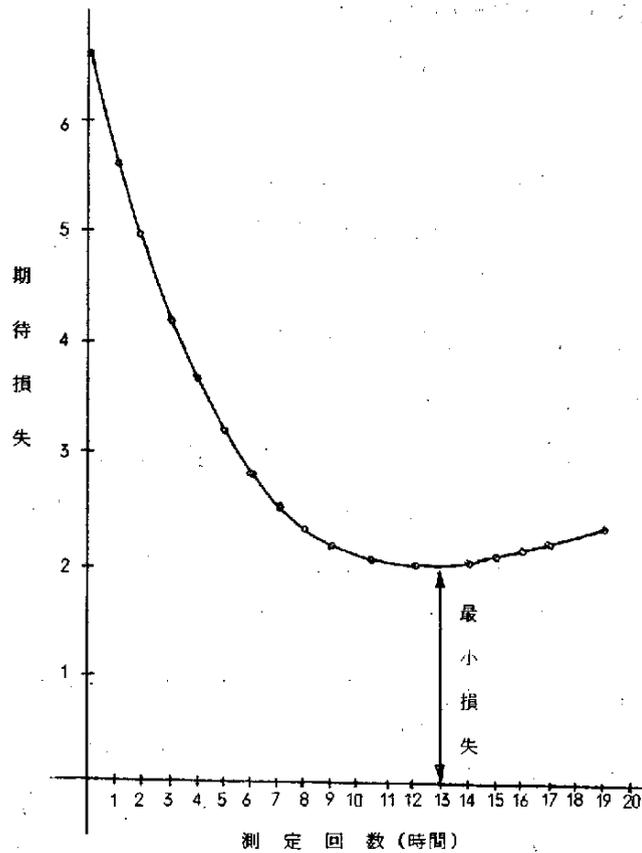


図5-3 測定回数と期待損失

図5-3の結果からわかるように、測定回数の増加にもなって検出力も急激に増加するが、逆に期待損失は急激に減少し、 $n=12, 13$ 附近で最少となる。測定回数を $n=14$ 以上に増やすと時間遅れの影響で再び期待損失が増加する。このように動的な組織を管理統制する情報処理システムにおいては、情報処理の遅れが重要なファクタとなる。

5.4 意思決定時間を考慮した情報の評価

経営情報システムにおいては、意思決定を行なうためにデータを収集するのであるから、収集したデータを適切に処理して、その出力情報をうまく意

思決定に利用したときに、はじめてデータは役に立ったといえる。ここで注意しなければならないことは、データを収集したのだから、必ず利用しなければならないということではなく、場合によってはむしろ、そのまま棄てたほうがよい事態もあることである。意思決定を行なっても、制御アクションをとると系を乱してしまう場合がある。事故のような非常事態に対する緊急の制御アクションは別として、最適運用のような定常状態に対する制御アクションについては、制御アクションが系を乱す恐れがあると判断したらそのアクションをやめて、系の自己制御性をうまく利用したほうがよい。このような観点から、制御アクションをとるまでに要する時間がどのように情報の価値に影響するかを検討することが必要である。とくに、動的な系では、ある瞬間の状態がいつまで続くのではなく、時時刻刻と変化していくので、制御アクションをおこすまでの時間があまりにも長いと、収集したデータが役に立たない場合が多い。動的な系を代表する例として、電力系統をとりあげ、電圧制御の問題を解析した。

5.4.1 情報の評価に使ったモデル（電力系統における電圧制御）

電力系統では、ある地点の電圧が基準値を中心とした許容偏差がらはずれると、制御装置を作動させて電圧を許容偏差内に戻すアクションがとられる。電力系統の電圧は時系列的に変動しており、ある時点で電圧が許容偏差をこえたら、ただちに制御アクションを実行できなければ、制御の効果が失われる。ときには、制御が逆効果となることもありうる。電力系統の電圧変動のように、長期の成分、いわゆるトレンド分と、短期の成分、いわゆるフリンジ分に分けられる場合には、制御装置の分担という意味から変動を別々に取り扱って制御を行なったほうが制御しやすい。トレンド分の変動を制御することが、無効電力の問題という観点にたてば、最適化計算の対象となる。さらに電圧の質を高めようとする場合には、フリンジ分の変動までも制御の対象とする必要がある。ここでは、制御を行なうための意思決定時間を考慮した情報の評価について検討する。

電圧の変動特性はつぎのように考える。ある測定値における電圧の変動特性は、比較的短い時間区間を考えれば定常不規則と仮定することができ、またさらにトレンド分の変動を除いて考えると、電圧変動の確率分布および自己相関関数は式(1)および式(2)で与えられる。

確率密度関数

$$f(V) = N(V; a, m) \equiv \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(V-m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

自己相関関数

$$\rho(\tau) = \frac{R_V(\tau)}{R_V(0)} = e^{-\alpha\tau} \cos\left(\frac{2\pi}{T}\tau\right) \quad (2)$$

ただし、 V ：電圧偏差を表わす確率変数

σ ：標準偏差 m ：平均値（0とする）

α ：相関の減衰定数 T ：相関の周期

電力系統の電圧変動では、 $\alpha=0.01\sim 0.02$ 、 $T=60\sim 120$ 秒の場合とか、あるいは周期性の無い場合（ $T\rightarrow\infty$ ）などが実測されている。

電圧変動の相関性と制御結果の関連はつぎのようになっている。

実際の電力系統における電圧制御では、電圧無効電力監視点や調整設備の操作点は多くの地点に多数散在しているが、ここでは制御系の統計的特性を基礎的に把握するため1つの監視点に着目した制御モデルを考える。

時刻 $t=0$ において監視点の電圧 V が許容偏差 $\pm\epsilon$ をこえた時、この電圧偏差をコンピュータに伝送し、コンピュータは他地点の電圧偏差や調整設備の能力などを考慮して、 τ_0 秒後に系統の電力損失を最小にする制御量を決定するものとする。電圧の変動は式(2)の自己相関を持つと仮定したので $t=0$ の電圧偏差が V であったとすれば、これから τ 秒後の電圧偏差 V' の分布は、

$$f(V') = N(V'; \sigma\sqrt{1-g^2(\tau)}, m+g(\tau)V) \quad (3)$$

で与えられる。すなわち、 τ 秒後の確率密度関数は平均値が $\rho(\tau)V$ に

* 付録2参照

なり、分散が $1-\rho^2(\tau)$ となる。(図5-4 参照)

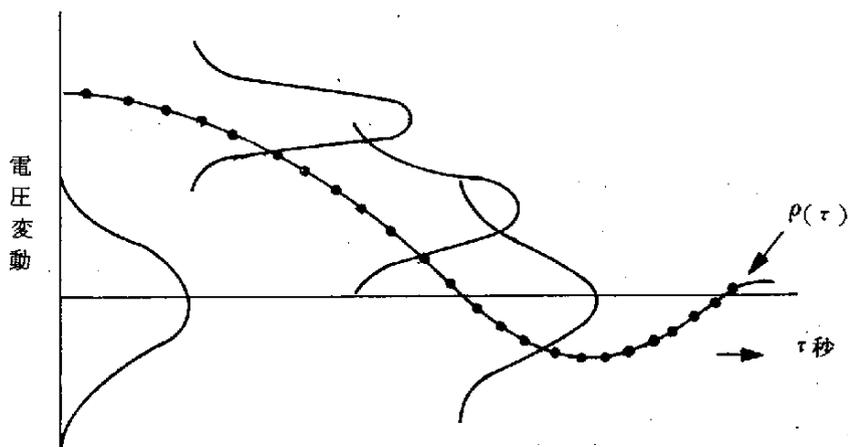


図5-4 電圧変動

$t=0$ における電圧偏差 V を測定して τ_c 秒後に U だけ電圧を下げるための制御を行なった場合には、制御アクションをとった後に電圧が許容偏差内におさまる確率は式(3)より

$$P(V'; |V'| \leq \epsilon | V) = \int_{-\epsilon}^{+\epsilon} N(V'; \sigma \sqrt{1-\rho^2(\tau)}, m + \rho(\tau)V - U) dV' \quad (4)$$

となる。

また $t=0$ から $t=\tau_c$ までなにも制御アクションをとらないで電圧偏差 V'' が許容偏差内におさまる確率は、

$$P(V''; |V''| \leq \epsilon, 0 \leq t \leq \tau | V) = \frac{1}{\tau_c} \int_0^{\tau_c} \int_{-\epsilon}^{\epsilon} N(V''; \sigma \sqrt{1-\rho^2(\tau)}, m + \rho(\tau)V) dV'' \quad (5)$$

となる。

ここで制御すべき電圧 U の大きさについてつぎの3つの制御方式を考える。

- ① $U=V$: 制御量の計算を開始する時点の情報(電圧偏差)をそのまま利用して制御アクションをとる方式。
- ② $U=\rho(\tau)V$: 制御量を計算している間の電圧の変動を考慮して制

御アクションをとる方式。 τ 秒後の自己相関関数の値がわかっているればもっともよい制御アクションがとれる。

③ $U=0$: 制御アクションをとらない方式。

図5-5, 図5-6はそれぞれ上記の制御方式で電圧制御を行なったときの電圧が時間とともに許容偏差内におさまる確率を示す。

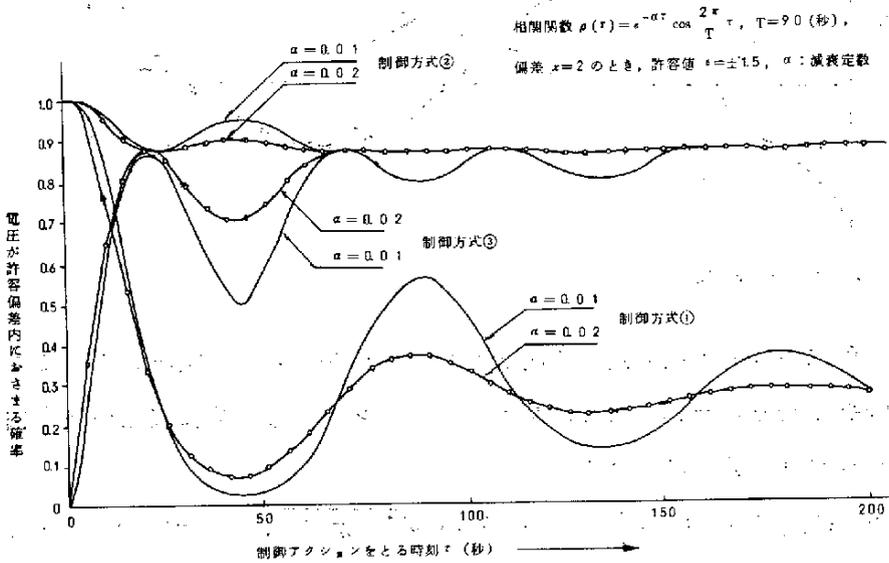


図5-5: 各種制御方式における制御効果の比較

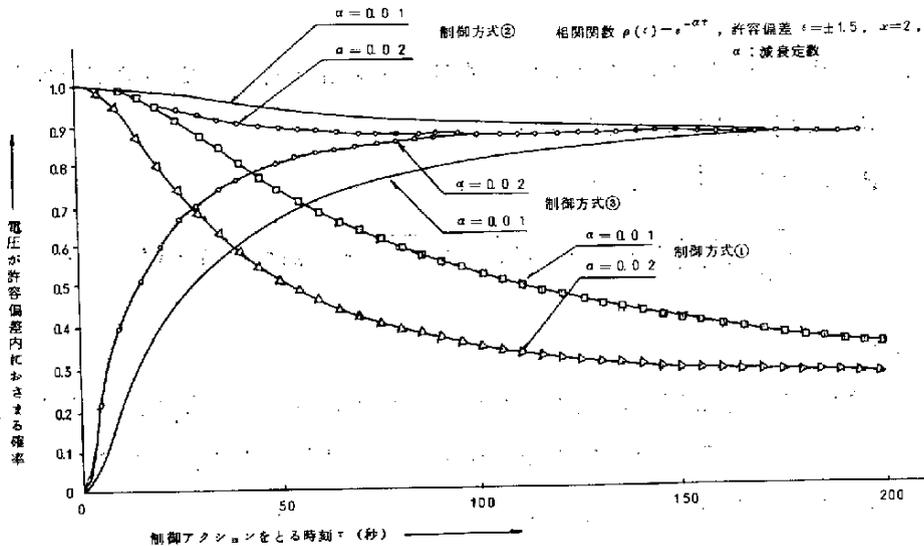


図5-6: 各種制御方式における制御効果の比較

5.4.2 情報の評価結果

(a) 図5-5は電圧変動の相関関数を $\rho(\tau) = e^{-\alpha\tau} \cos \frac{2\pi}{T}\tau$, 変動の大きさを2, 許容偏差を $\epsilon = \pm 1.5$ とした場合における各制御方式の効果を示す。この図からつぎのことがわかる。

相関関数 $\rho(\tau)$ を3.0秒以内で計算できるときには, 制御方式②が最適である。 $\rho(\tau)$ の値は相関関数の周期 T から決まるが, ここでは $T = 9.0$ 秒としている。制御方式①を採用すれば, 制御の効果は相関関数の周期にかなり影響を受け, 電圧が許容偏差内におさまる確率は低くなる。逆位相のときには, その確率は一層低下する。制御方式③のように, 偏差が生じても制御アクションをとらずに, そのままの状態にしておくと, 1.0秒後には, 電圧が許容偏差内におさまる確率が制御方式①よりも大きくなる。この場合には, むしろ制御を行わないほうがよい。

つぎに, 減衰定数 α の影響をみると, ②の制御方式では, α が小さいほど電圧が許容偏差内におさまる確率は大きいことがわかる。すなわち, α が小さければ時間の経過に対して相関関係が大きくなるので制御が容易になることを意味している。いっぽう, ①の制御方式では, 時間の経過とともに α の影響が変わってくるので, むしろ周期に注目して制御の効果を考えるべきである。③の制御方式では, α が大きいほど, 電圧が許容偏差内におさまる確率が大きくなる。

(b) 図5-6に, 電圧変動の相関関数を $g(\tau) = e^{-\alpha t}$ とした場合における各制御方式の効果を示す。図5-5の場合と同様に, ②の制御方式がもっとも制御の効果がよく, また α が小さくなるほど制御が容易になることがわかる。

(c) 図5-7は, ②の制御方式を採用した場合に, 相関関数の周期を誤って, 本来の周期 $T = 9.0$ 秒を $T = 7.0$ 秒と測定してしまったときの, 時間経過とともに変化した制御の効果を示す。図5-7をみると, 制

御の効果は、周期によってかなりの影響を受けていることがわかる。

- (d) 図5-8は、相関関数のなかに含まれている減衰定数 α の値が電圧偏差の大きさに及ぼす影響を示す。減衰定数の値が大きいと、相関関係が時間の経過とともに急激に小さくなる。つまり、任意の時点の状態が、ある時間経過後に再現される可能性は小さいということである。

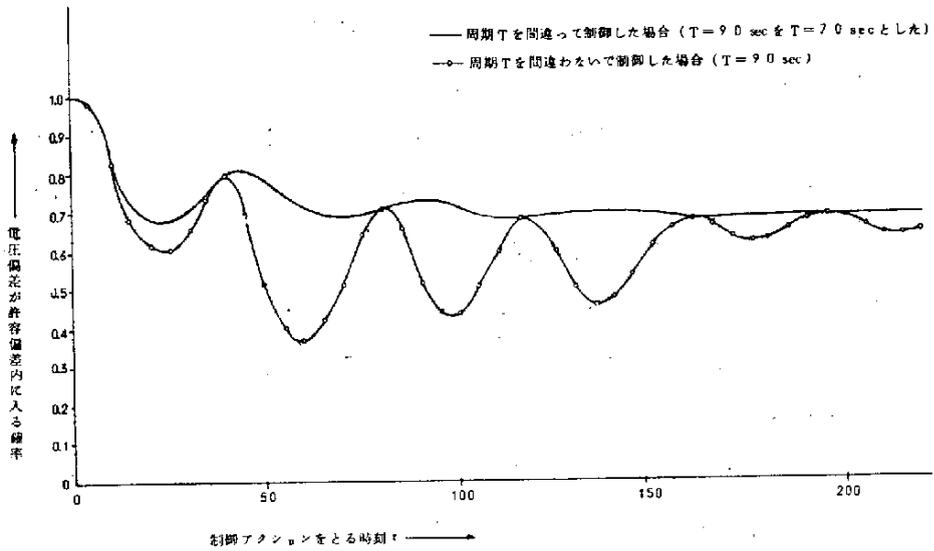


図5-7 自己相関を考慮した制御方式における周期の影響

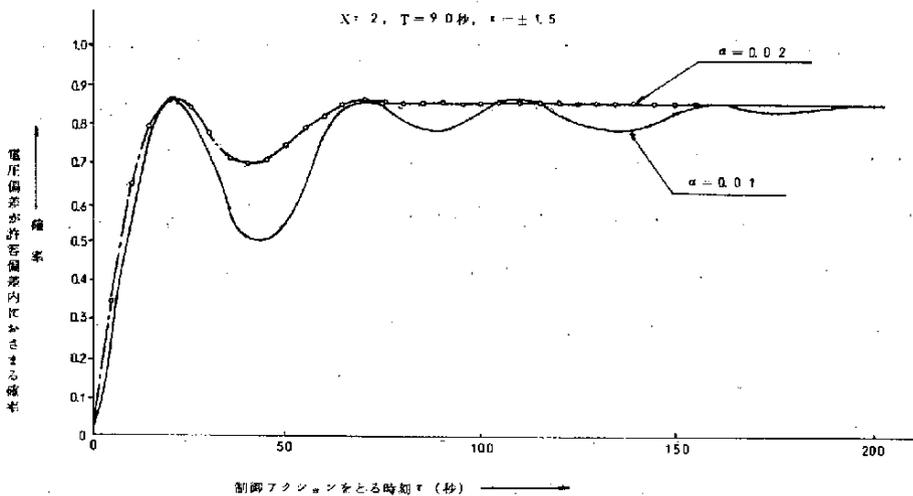


図5-8 無制御方式における減衰定数の影響

以上の数式解析から、電力系統において電圧を制御するにあたって留意しなければならない要点はつぎのとおりである。

- (a) 短い周期の電圧変動をコンピュータでオンライン制御しようとするれば、少なくとも10秒以内に制御をするための意思決定を行わなければならない。
- (b) 10秒以内に制御をするための意思決定ができなければ制御の効果はない。意思決定時間を数10秒程度(図5-5では40秒)まで伸ばすとむしろ制御の効果が最悪になる恐れがある。この場合には、監視点数や調整設備数などを増して、精密計算をトレンド分に対して行なったほうが得策である。
- (c) 自己相関関数の周期をオンラインで測定できる手法が開発されれば②の制御方式による予測制御が可能になり、よりよい制御が期待できる。

5.5 入力データの精度と制御の効果

生産工程を制御するための情報処理システムでは、生産工程の各点から収集したデータにもとづいて、生産工程の状態が正常であるかどうかを正確に把握する。もし異常であれば、その情報処理システムは生産工程に対して適切な制御アクションをとる。

制御情報の正確性と適時性といった観点から、入力情報が制御効果に及ぼす影響を定量的に評価するための模擬実験を行なった。

生産工程の状態を正確に把握するためには、多くの測定点からデータを収集するか、またはデータの測定回数を増すことが必要である。しかし、測定点を増せばデータ収集の費用が増大し、データの測定回数を増せばデータ収集の時間が長くなる。とくに後者には、生産工程が異常になったとき、データの収集時間だけ、生産工程の異常検出が遅れることになるので、生産工程に対する適切な制御アクションがとれないという欠点がある。

そこで、6.1項に記述してある製糸工場の繰糸工程をとりあげ、データの測定点や測定回数をいくつにすれば安い測定費用で生糸の生産量を最大にできるかを模擬実験によって検討してみる。

5.5.1 繰糸工程におけるデータ量と生産量

繰糸工程では、原料繭の品質特性が変化すると、糸切れの発生個数も変わって、生糸を繰糸している小枠が停止する、いわゆる糸故障の小枠数が増減する。そこで、繰糸工程に送られてくる原料繭の品質特性が変化したときには、糸故障の小枠数を検出して、繰糸工程に生糸の生産量と品質を維持するための適切な制御アクションをとる必要がある。モデルの繰糸工程には400個の小枠があるものとする。

繰糸工程を制御する情報処理システムは、繰糸工程の生産量を最大にするために、工程の状態すなわち糸故障小枠の数を測定し、繰糸工程の状態を把握して、もし必要ならば迅速にかつ適切な制御アクションをとる。

400個の小枠に糸故障検出器を取り付ければ繰糸工程の状態を完全に把握することができるが、400個の小枠にすべて検出器(測定点)を取り付ければ、莫大な費用がかかる。また、測定データの数が多くなれば、データの処理時間も長くなる。そこで、400個の小枠のうち n 個の小枠に検出器を設置し、その測定データ(x)から全体の修理待ち糸故障の小枠数 M を $M = x \cdot \frac{400}{n}$ という式で推定する方法を考察してみる。

図5-9は、この方法で繰糸工程の状態を推定したときにおける、検出器の数と推定精度の関係を示す。図5-9をみればわかるように、検出器の数を300個から200個に減らしても、推定精度を下げずに20個だけ発生した糸故障の小枠を推定することができる。検出器の数が100個以下になると、推定精度は急激に悪くなる。

つぎに、測定回数の影響を考察してみる。いうまでもなく、糸故障の小枠数をある瞬間だけ測定して、繰糸工程の状態を把握することは判断を誤る危険が大きい。そこで、糸故障の小枠数を間欠的に繰返し測定して、繰

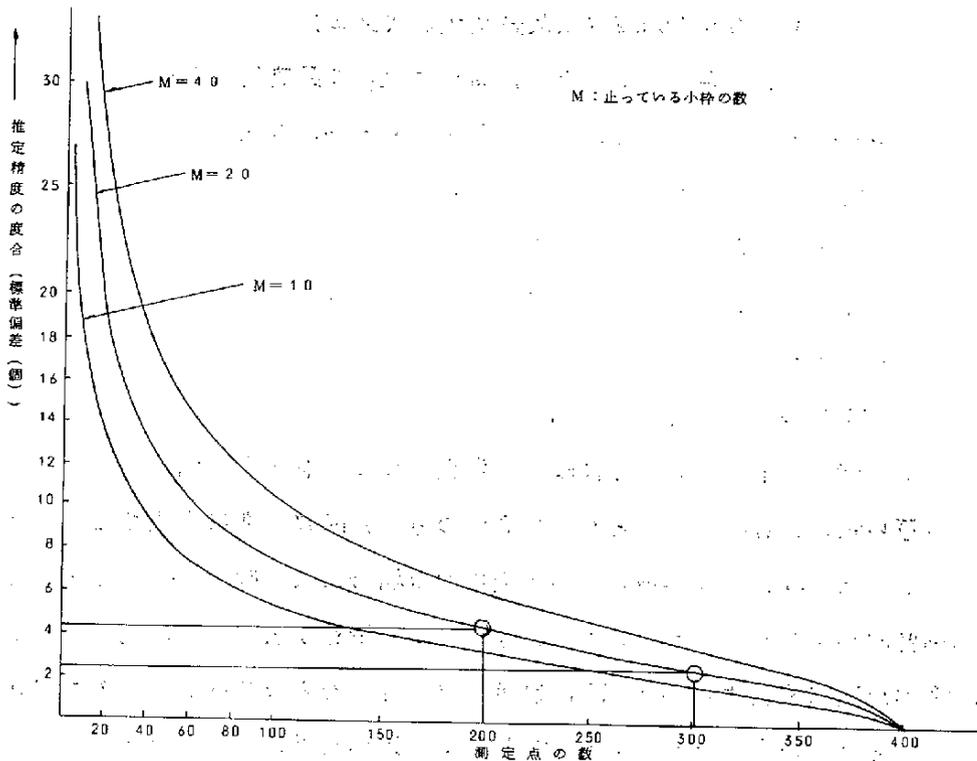


図5-9 推定精度と測定点の関係

糸工程の状態を把握することにする。この場合、何回繰返して測定すればよいか、あるいは測定する時間間隔はどれだけにすればよいか問題になる。糸故障の小枠数を測定する時間間隔は、糸故障の修理作業時間を考慮して決めなければならないし、また、糸故障の小枠数を測定する回数は、繰糸工程の状態が変化する速さを考慮して決めなければならない。

ここで、模擬実験により、糸故障の小枠数に関する測定点と測定回数の最適値を求めてみる。この模擬実験では、6.1節で構築した繰糸工程モデルを使用し、つぎの5項目を前提とした。

- ① 繰糸工程に送られてくる原料繭の品質特性は

$$A_1 = 0.00046 \text{ (糸故障発生個数} / m \text{)}$$

$$A_2 = 0.00049 \text{ (糸故障発生個数} / m \text{)}$$

$$A_3 = 0.00052 \text{ (糸故障発生個数/m)}$$

といった3種類とする。なお、通常は A_1 の品質特性を持った原料繭が繰糸工程に送りこまれ、ときどき、 A_2 や A_3 の品質特性を持った原料繭が繰糸工程に入ってくるものとする。

- ② データを測定する間隔は30秒。
- ③ 繰糸工程が正常のときは管理サイクルを5分、異常のときは管理サイクルを1分とする。
- ④ 1日の稼動時間は8時間。
- ⑤ 回転が止っている小枠数の許容範囲は10個～30個。

原料繭の品質特性を、ときどき2つの違った品質特性に変化させることによって、繰糸工程がゆるやかに変化する場合には、制御アクションをとる時間が少し遅れてもよいから、精度の高い情報が要求され、逆に繰糸工程が急激に変化する場合には、制御アクションをとる時間が少しでも遅れることは、制御アクションの効果に重大な影響を及ぼすと考えられるので、精度を増すよりも迅速な情報が要求されるということを明確にする。

5.5.2 模擬実験の結果

(1) 測定点の数と制御アクションの効果

ここでは、糸故障の小枠数に関する測定点と制御アクションの効果との関係を明らかにするため、測定点の数と生糸の生産量との関係を求めた。

表5-4および図5-10は、測定回数を1回ときめ、測定点の数をいろいろ変化させて行なった模擬実験の結果を示す。この模擬実験では、測定点の変化が生糸の生産量に影響する度合をはっきりさせるために、測定点の数を400ヶ所とした場合、すなわち糸故障の小枠数に関する完全なデータに基づいて制御アクションをとった場合と、400ヶ所より少なくした場合について考察した。

表5-4をみれば、糸故障の小枠数に関する測定点の数が100ヶ

測定点の数	生産量	測定点の数が400ヶ所で模擬実験を行なった時の生産量を100%とした生産比率
400	243.7	100 %
350	243.2	100
300	243.4	100
250	241.1	99
200	245.1	100.5
180	243.0	100
160	243.2	100
150	243.6	100
140	244.1	100
130	243.7	100
120	241.6	99
110	241.2	99
100	244.0	100
90	237.4	97.5
80	241.9	99
70	242.8	99.5
60	237.7	98.0
50	237.4	97.5
40	227.1	93.0
30	231.2	94.5
25	238.4	98.0
20	221.7	90.5
15	230.6	94.5
10	214.0	88.0
5	206.9	85.0

表5-4 測定点の数と生産量

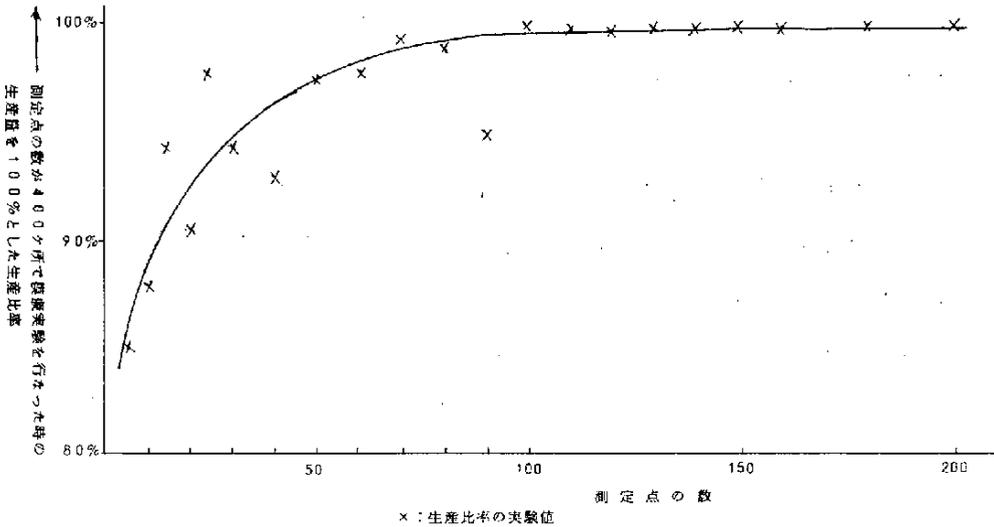


図5-10 推定点と生産比率の関係

所以上の場合、生糸の生産量はほとんど一定であるが、測定点の数が100ヶ所以下の場合、生糸の生産量は急激に減少していることがわかる。また、図5-10をみると、測定点の数が100ヶ所以上の場合の生産量と、測定点の数を400ヶ所として糸故障の小粋数に関する完全な情報に基づいて制御アクションをとった場合の生産量とはズレが生じていないが、測定点の数が100ヶ所以下になると、生産量は減少していることがわかる。このように、図5-10では、糸故障の小粋数を推定する精度は測定点の数が100ヶ所をさかいとして低下している。

しかし、糸故障の小粋数を測定する点が5ヶ所といった少ない測定点からのデータに基づいて制御アクションをとった場合の生産量は、400ヶ所からの完全なデータに基づいて制御アクションをとった場合の生産量に比べて15%しか低下していない。測定点の数が少ない場合にも生糸の生産量がそれほど大きく低下しなかったのは、糸故障が発生しても制御アクションをとらなくともよいとする、いわゆる糸故障小粋数の許容範囲を広くとったため、糸故障小粋数に関するデータの推定誤差を加算しても、なおかつこの模擬実験では糸故障小粋数の変動が許容範囲を超えることが少なかったことに起因しているものと思われる。

この模擬実験の結論としては、繰糸工程の状態を把握するために糸故障の小粋数を100ヶ所以上で測定したとしても測定点の数を多くした効果は現われなないということである。

(2) 測定回数と制御アクションの効果

ここでは、糸故障の小粋数に関する測定回数と制御アクションの効果との関係を明らかにするため、測定回数と生糸の生産量との関係を考察した。

測定回数	原料菌の変化	
	No. 1	No. 2
1	246.3	242.7
2	247.1	241.7
3	245.8	242.7
4	246.4	243.5
5	246.5	244.0
6	247.5	244.2
7	247.6	245.3
8	245.9	246.0
9	246.8	242.6
10	245.7	242.1

表5-5 測定回数と生産量

表5-5は、測定点の数を400ヶ所、線系工程に送られてくる原料菌の変化をNo.1、No.2の2とおりとして、測定回数を1回から10回まで変化させて行なった模擬実験の結果を示す。

表5-5をみれば、原料菌の変化がNo.1、No.2のどちらの場合でも、測定回数が増えたとき、生糸の生産量はほとんど変化していないことがわかる。これは、この模擬実験では、1分間あたりの糸故障発生個数を20個と定め、もし線系工程に送られてきた原料菌の品質特性が変化したとしても、その糸故障発生個数の変化数は2あるいは3個程度とした。いっぽう、測定回数を多くすることによって期待できる推定精度は、標準偏差で5~8個程度よくなるだけである。このような前提で模擬実験を行なったために、測定回数が増えなくても制御アクションの効果は変わらなかったものと考えられる。

(3) 測定点の数と測定回数の関係

ここでは、糸故障の小粋数に関する測定点の数と測定回数の関係を明らかにするため、測定点の数と測定回数の組合せをいろいろ変えた

		測定点の数	
		5	10
測定回数	1	206.9	214.0
	2	218.1	224.3
	3	216.2	233.1
	4	214.2	222.2
	5	222.3	236.2
	6	223.2	231.9
	7	228.0	236.4
	8	221.4	235.1
	9	226.1	241.1
	10	224.2	232.6

表5-6 測定点の数と測定回数と生産量

ときの生糸の生産量を考察した。

表5-6は、測定点の数を5ヶ所と10ヶ所の2とおり測定回数を1回～10回まで変化させて行なった模擬実験の結果を示す。

表5-6をみると、測定点が5ヶ所あるいは10ヶ所いづれの場合でも、測定回数が1回から2回に変わると生糸の生産量は増えているが、測定回数が3回以上変わっても生産量は変化しないということがわかる。

模擬実験の結果を整理すると、

- ① 測定点の数を多くすれば推定精度は高くなるが、ある数を越えると測定点の数を増やしても意味がなくなる。
- ② 繰糸工程の状態がゆるやかに変化する場合には、測定点の数を多くするより測定回数を増やすことによって推定精度を高めたほうが合理的である。
- ③ 繰糸工程の状態が急激に変化する場合には、測定回数を増やすより、測定点を多くすることによって推定精度を高めたほうが合理的である。

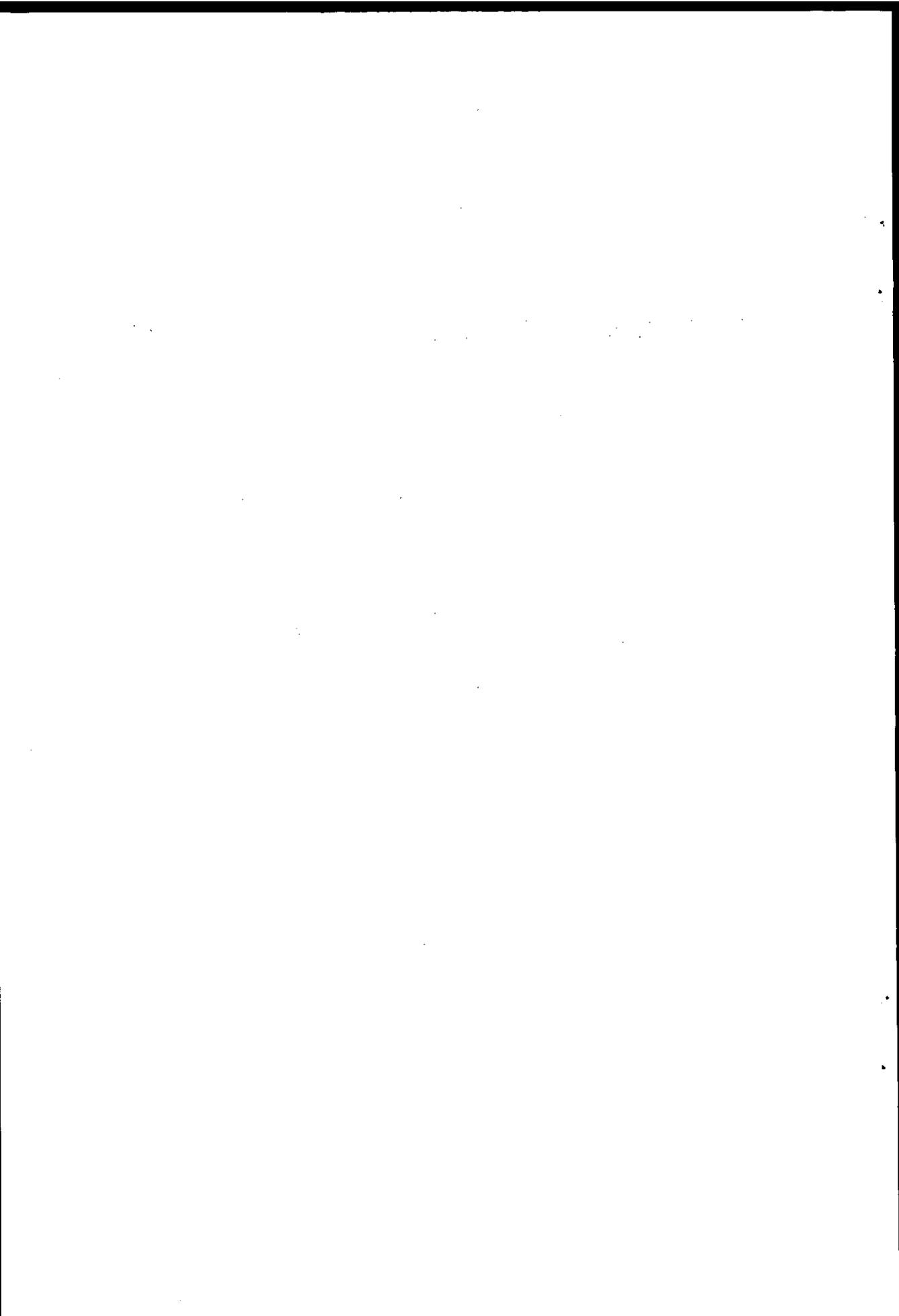
6章 階層構造をとった情報処理システムの構築

6.1 製糸工場における階層構造をとった情報処理システム

- 6.1.1 製糸工場の概説
- 6.1.2 製糸工場における情報処理システム
- 6.1.3 生糸の生産工程モデル
- 6.1.4 製糸工場における階層構造をとった情報処理システム

6.2 階層構造をとった問診形式の情報検索

- 6.2.1 目的と概要
- 6.2.2 一般の情報検索技法
- 6.2.3 問診形式による情報検索
- 6.2.4 医療情報処理システムにおける問診形式
- 6.2.5 推測検索システムの模擬実験



6章 階層構造をとった情報処理システムの構築

6.1 製糸工場における階層構造をとった情報処理システム

階層構造をとった情報処理システムの有用性については第2章で詳しく論じた。この6.1節では、階層構造をとった情報処理システムの構成を明確にするため製糸工場の生産工程をモデルにとりあげて考察を加える。階層構造をとった情報処理システムを、この節においても階層システムと呼ぶことにしている。

昭和46年度事業*でとりあげた、製糸工場における生産工程のモデルでは、生産工程の1つである繰糸工程だけを対象にしてモデル・システムを構築し、考察を行なったが、今年度の研究では、さらに、繭の入庫から、煮繭工程、繰糸工程までの連続した生産工程を対象に階層システムを構築することにした。

モデルの階層システムを構築するにあたっては、第1に、生糸の生産工程の効率化、第2に利益の向上、第3に一定品質の保持、を管理目標に定めた。

この階層システムは、図6-1(a)に示すように、上位から、レベル1、レベル2、レベル3、といった3つのレベルで構成されている。各レベルには、レベル固有の管理サイクルで生産工程を管理する機構が存在し、それぞれのレベル間で、管理サイクルにあわせた情報のやりとりが行なわれるものとしている。

6.1.1 製糸工場の概説

生繭から生糸を作るためには、図6-1(b)に示されるような全工程を通して、加工のための処理が連続的に行なわなければならない。

生繭は、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回それぞれの産期に集中して製糸工場に入荷する。

工場に入荷した生繭は、長期保存ができるように、ただちに乾燥機で乾燥処理が行なわれる。乾燥処理の良否が、以後に行なわれる煮繭工程や繰

* 昭和46年度報告書「機械工業における制御情報システム」を参照

糸工程の処理方法に大きな影響を及ぼす。

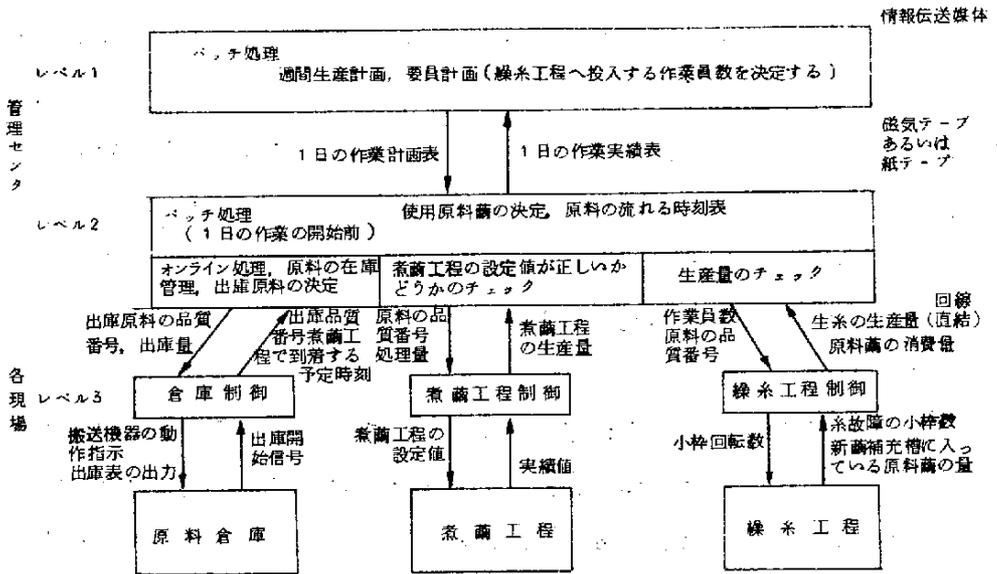


図6-1(a) 製糸工場における生産管理のため階層構造をとった情報処理システム

乾燥処理は産期ごとに集中して行なわれ、乾燥処理したすなわち原料乾繭は、長期間原料倉庫に貯蔵される。原料乾繭は原料倉庫に、1年間貯蔵しておいても、糸故障の発生率や歩留りといった品質特性が変化しないといわれている。また、原料乾繭は産期、産地、品質特性などを区別して貯蔵されており、出庫時刻や出庫量を決めた生産計画にしたがって原料倉庫から出庫され、選繭工程に送られる。

選繭工程では、原料乾繭のなかから、加工処理不能な不良原料乾繭を取り除く作業が行なわれる。この作業は、現在のところどの製糸工場でも人間が行っており、そのため自動選別機などの開発が望まれている。不良の乾繭が取り除かれた原料乾繭は、バスケット・コンベアで煮繭工程に送

られる。

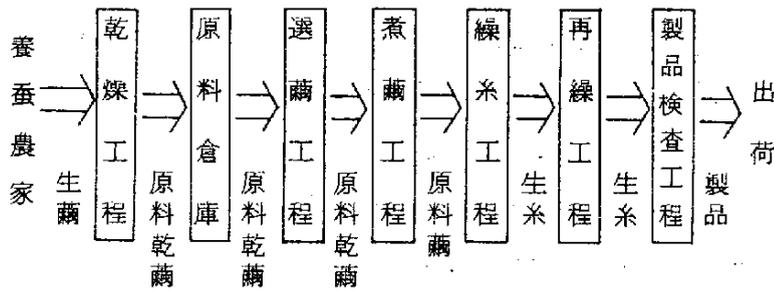


図6-1(b) 生糸の生産工程

煮繭工程では、原料乾繭を湯に浸したり、蒸気を通したりすることによって、生繭に近い状態に戻す処理が行なわれる。なお、この煮繭工程における温度や蒸気圧の調節、あるいは原料乾繭が煮繭工程を通過する速度の調整などは、あらかじめ最適値を煮繭工程に設定することで自動的に行なわれる。煮繭工程で生繭に近い状態に戻った原料乾繭は、原料繭と呼ばれ、配繭器のコンベアに乗せられて繰糸工程の新繭補充槽に送り込まれる。

繰糸工程では、新繭補充槽の原料繭を各小枠に配分する作業や、生糸を巻き取る作業が自動的に行なわれる。生糸を巻き取る作業中には、いろいろの原因によって、小枠の回転が止まってしまうことがある。これを糸故障と呼んでいる。

糸故障の修理を行なって小枠を再び回転させる作業は機械化が難しいといわれており、現在では人間が行なっている。このため、生糸の各生産工程のなかでも、この繰糸工程にもっとも多く作業員が投入されており、しかもかなり熟練度の高い技術が要求されている。小枠に巻きとられた生糸は、このあと再繰工程に送られる。

再繰工程では、数本の生糸がたばねられて再繰糸の処理が行なわれ、ここで製品となる。製品となった生糸は、出荷される前に検査工程に送られる。

検査工程では、生糸の織度、節 (node)、ムラなどといった生糸の品質を決める項目についてサンプリング検査が行なわれ、製品の等級を決定する。この検査は、現在のところ人間の定性的な判断で行なわれている。定量的な判断基準を決めることや、繰糸工程の段階で製品の等級を把握することができる機構を開発することなどが今後の課題といわれている。

以上述べてきたように、生繭が製糸工場に入荷されてから、生糸の製品が出荷されるまでには、7つの工程でそれぞれの処理が行なわれるが、そのうち定常的な生産管理の対象となる工程は、原料倉庫から再繰工程にいたる5つの工程である。この5つの工程では、一貫した処理が行なわれなければならない。各工程でそれぞれ独自の処理が行われては、生糸の生産効率が低下してしまうといわれている。

模擬実験を実施するにあたって参考とした製糸工場の概要はつぎのとおりである。

生糸の生産量：800～900Kg/(日)

作業時間：5時～22時(2交替)

作業員数：135名(このうち繰糸工程に70名投入されている)

原料倉庫の原料乾繭貯蔵能力：500t

煮繭機：1台

自動繰糸機：6セット(400小枠/1セット)

6.1.2 製糸工場における情報処理システム

(1) 情報処理システムの機能

製糸工場では、単に生産工程の合理化などによって生産コストを低減するばかりでなく、生糸の市場価格や需要などといった、企業外部の情報迅速に生産工程に反映させることのできる情報処理システムが必要である。たとえば、生糸の市場価格が高いときには、できるだけ多くの生糸を生産したほうが、大きな利益が得られる。そのため生糸の市場価格の変動にうまく合せて生産計画をたてる必要があるといわれている。

企業外部の情報を迅速に生産工程に反映させるためには、経営のための情報処理システムと、生産工程を管理するための情報処理システムとを、ループ状に結びつけて情報のやりとりをする、いわゆるトータル経営情報システムの構築が必要である。

(2) 階層構造の必要性

製糸工場における管理機構には、1週間とか1日といった管理サイクルの長い管理機構から、1時間とか1分といった管理サイクルの短い管理機構までいろいろある。また、製糸工場の経営を円滑に行なうためには、各管理機構を有機的に統合しなければならない。そのため、工場の内外で発生するじょう乱や外乱に対して、それぞれ異なった方法で処置する必要がある。たとえば、生糸の市場価格が変動したというような外乱に対しては、管理機構は市場価格の変動に合わせて生糸の生産量や品質あるいは生産コストを決定する生産計画をたてなければならない。

複数個の管理機構を、1つの情報処理システムに有機的に統合するには、管理サイクルを基準とした階層構造の情報処理システムを構築する必要がある。

現在のところ、製糸工場における情報処理システムはまだ確立されていないが、生産工程の各管理機構を作りあげながら、段階的に製糸工場全体を管理する情報処理システムを構築する場合にも、階層構造の考え方を採用することが合理的である。

6.1.3 生糸の生産工程モデル

製糸工場における生糸の生産工程には、6.1.1項で述べたように、乾燥工程から製品検査工程まで、7つの工程がある。この模擬実験では生糸の生産工程を、原料倉庫、煮繭工程、繰糸工程の3つの工程に集約して生産工程モデルを構築した。このため、生繭が原料乾繭となって原料倉庫に貯蔵されるままでの作業、および再繰工程と製品検査工程における処理は、この生産工程モデルからはずした。また、原料倉庫に貯蔵されている原料

乾繭には、不良原料乾繭は含まれていないと仮定し、選繭工程も模擬実験の生産工程モデルからはずした。

以下に、生産工程モデルにおける繭の流れを記述する。

原料倉庫では、生糸の生産計画に基づく品質特性、出庫量、出庫時刻の3つの情報を受けとると、その情報にしたがって原料乾繭を出庫し、煮繭工程に送る。

煮繭工程では、送られてきた原料乾繭の品質特性に適合した条件で煮繭の処理を行なう。このとき、原料乾繭の品質特性と、煮繭工程で処理する量がわかれば、煮繭工程の温度、蒸気圧、通過速度などを一義的に決めることができる。煮繭工程で処理された原料乾繭は、原料繭となってバスケット・コンベアで繰糸工程の新繭補充槽に送られる。

繰糸工程では、新繭補充槽に入っている原料繭を、繰糸を行なう各小枠に配分し、繰糸の処理を行なう。

模擬実験のために、生産工程モデルの原料倉庫、煮繭工程、繰糸工程の3つの工程においてそれぞれ仮定した条件や前提はつぎのとおりである。

a. 原料倉庫

〔入荷時期〕 春(6/1~7/20)、初秋(8/10~9/20)、晩秋(9/21~10/20)の3つの産期

〔産地〕 岩瀬、東白河、西白河、石川、郡山、県外の6つの地方

〔品質特性〕 各地方ごとに同じ品質特性

〔購入原価〕 各地方ごとに同じ価格

〔貯蔵区分〕 産期別、産地別の18区分(3(産期)×6(産地))

〔在庫費用〕 すべての原料乾繭についても一定

* 原料乾繭の品質特性は、単位長さあたりの糸故障発生率という項目だけについて考えている。

- 〔入出庫作業費〕 貯蔵区分にかかわらず一定
〔入出庫時間〕 いかなる原料乾繭についても一定

b. 煮繭工程

- 〔煮繭工程の制御項目〕 蒸気圧，温度，通過時間の3つを採用
〔煮繭量調節〕 煮繭量を多くする場合は，原料乾繭が煮繭工程を通過する時間を短かくするのでなく，1つのカゴに入れる原料乾繭の量を多くすることによって調節する
〔煮繭工程の温度調節〕 原料乾繭の品質特性によって決められた温度の設定値は，自動的に保持されるものとする
〔原料繭の品質特性〕 煮繭工程の制御項目を正しく設定すれば，原料繭の品質特性は原料乾繭の品質特性と同じ

c. 繰糸工程

- 〔繰糸工程の制御項目〕 小枠の回転数を採用
〔糸故障発生調節〕 小枠の回転数を変化させることによって調節
〔糸故障の発生個数〕 ポアソン分布にしたがう，発生率は原料乾繭の品質特性によって決まる
〔糸故障の修理時間〕 指数分布にしたがう，作業者が糸故障を修理するために移動する時間も含める
〔作業員数〕 10名
〔作業員の動き〕 糸故障の修理が終了したら，ただちにまだ作業員が修理を行っていないつぎの糸故障の小枠に移動する

10人の作業員はすべて同じ方向に移動し、一番近くの糸故障小枠の修理を開始する

6.1.4 製糸工場における階層構造をとった情報処理システム

6.1.3項で設計した生糸の生産工程モデルを管理するために構築した階層構造の情報処理システム（階層システム）について説明する。

(1) 階層システムの概要

図6-1(a)は、生糸の生産工程モデルを管理するための階層システムの構成図である。この階層システムは、それぞれ閉ループの管理機構をもった、レベル1、レベル2、レベル3という3つのレベルで構成されており、各レベルの管理機構間では上位レベルの管理サイクルを基準にして情報のやりとりが行なわれるものとする。

レベル1の管理機構では、生糸の市場価格といった製糸工場の外部情報や生産の実績に基づいて、1週間単位の生産計画と要員計画を作成する。

レベル1とレベル2の管理機構間では、1日単位の生産計画の指示や、1日単位の生産実績の報告といった情報のやりとりが行なわれる。

レベル2の管理機構では、レベル1から受けた1日単位の生産計画を実行にうつすため、原料倉庫と煮繭工程と繰糸工程との協調をはかったうえで、各工程を管理しているレベル3の管理機構に対して作業の指示を行なう。各工程で発生する問題のうち、レベル3の管理機構で処理することができない、工場全体に影響を及ぼすような問題に対しては、レベル2の管理機構が各工程間の協調をはかって処理する。

レベル3の管理機構では、レベル2から受けた作業指示に基づいて、各管理機構の下にある工程が最高効率で働くように制御する。レベル3の各管理機構は、通常、所定の工程制御だけを担当しているが、もし、他の工程に影響を及ぼすような問題が制御対象の工程に発生したときには、レベル2の管理機構に報告して、レベル2の管理機構にその問題を

処理するための指示を求める。このため、レベル2とレベル3との管理機構間では、10分間隔で情報のやりとりを行なうものとする。

(2) 管理機構の機能

① レベル1の管理機構

レベル1の管理機構では、トップ・レベルの決定方針にしたがって、工場外の情報を適確に把握し、企業利益が最大になるような生産計画を立案する。その生産計画の内容は、1日分、1週間分の生糸の生産量と生産コストなどである。また、各生産工程への作業員の配置も決定する。作業員数は1週間ごとに決められる。さらに、1日ごとの生糸生産実績量の報告を下位レベルの管理機構から受けて、実績量と計画量の差異を評定し、必要ならば1週間の残りの日の生産計画を修正する。なお、レベル1の管理機構が行なう各種の情報処理は、生産工程の操業前か後に、1日1回のバッチ処理で行なう。

② レベル2の管理機構

レベル2の管理機構では、レベル1からの生産計画を、できるだけ安いコストで達成するため、どのような生産活動を行なったらよいかという生産の指示情報を作成する。なお、この生産工程モデルでは、生産コストの決定要因として、原料乾繭の購入単価だけを選んでい。どの原料乾繭を使うかという決定は、生糸の生産量と生産コストに直接影響を及ぼすことであり、重要な機能である。

生糸の生産に使う原料乾繭が決まると、各生産工程を制御しているレベル3の管理機構に、それぞれその生産工程を動かすための指示情報を伝送する。

また、各生産工程で発生する問題のうち、生産工程の制御を担当しているレベル3の管理機構では対処することができないような問題については、レベル2の管理機構が処理する。このため、レベル2の管理機構は、工場全体の協調をはかるとい管理機能のほか、レベル

3の管理機構に指示情報を送るという補助的な機能も備えている。たとえば、繰糸工程の生産効率を向上させるために小枠の回転数を制御しているのは、レベル3の管理機構であるが、レベル2の管理機構で指示した基準回転数よりも小枠の回転数が大きくはずれると、繰糸工程で使用する原料繭の量が大きく増減してしまうため、繰糸工程の前にある煮繭工程において、時間あたりの処理量を修正する必要がある、また、原料乾繭の出庫時刻も変更する必要もある。このような場合、レベル2の管理機構が、工場全体の協調をはかって各生産活動を修正しなければならない。

1日単位の生産実績をレベル1の管理機構に対して報告することも、レベル2の管理機構における機能の1つである。

③ レベル3の管理機構

レベル3には、各生産工程ごとに、それぞれの生産工程を制御するための管理機構が存在している。これらの管理機構は、担当している生産工程を動かすために必要な機械的な信号を送り出すとか、生産効率を高めるために生産工程を制御するとかいった、もっとも生産工程に近い管理機構である。各生産工程を制御するための管理機能を以下に説明する。

a. 原料倉庫を制御するための管理機能

原料倉庫を制御する管理機構は、レベル2の管理機構から受けとった出庫指示表にしたがって、原料倉庫に貯蔵してある原料乾繭を煮繭工程に送る作業指示を行なう。原料乾繭が倉庫のどこに積んであるといった貯蔵場所に関する情報は、このレベル3の管理機構が把握しているので、出庫指示表にしたがって、原料乾繭を倉庫のどこから、どれだけとり出すかという指示情報をただちに作り出す。

現存の製糸工場では、原料乾繭の入出庫作業は作業員が作なうこととしているが、自動倉庫を導入すれば、こうした入出庫指示は、

レベル3の管理機構で実施できる。

b. 煮繭工程を制御するための管理機能

煮繭工程を制御する管理機構では、レベル2の管理機構から受けとった情報に基づいて、煮繭工程の蒸気圧、温度、通過時間などといった設定値を決める。これらの設定値は、原料乾繭の品質特性から一義的に決まる。また、レベル2の管理機構から、時間あたりの煮繭処理量の指示を受けると、原料乾繭の通過時間を考慮して、1つのカゴに入れる原料乾繭の量を算出する。このようにして設定値が決まると、煮繭工程では自動的に蒸気圧、温度、通過時間の値が設定されて煮繭処理が行なわれる。

原料乾繭の品質特性の判断をまちがえて、適当でない煮繭処理を行なうと、その効果は繰糸工程でしか検知できないので、煮繭処理のまちがいに気づくまで最低10分はかかることになる。このようなまちがいは原料乾繭の各ロットに対して1回しか起らないので、現在の工場では管理活動を人間にまかせている。

さらに、煮繭工程を制御しているレベル3の管理機構は、レベル2の管理機構から煮繭工程の時間あたりの処理量の変更が指示されたら、ただちにカゴに入れる原料乾繭の量を算出し、煮繭工程に煮繭処理量の変更を指示する。

c. 繰糸工程を制御するための管理機能

繰糸工程を制御する管理機構は、レベル2から指示された小枠の基準回転数の許容範囲内で高い生産効率をあげるように小枠の回転数を調節する。すなわち、小枠の回転数を調節することによって、糸故障で回転が停止している小枠の個数を所定の範囲に押える。

(3) 管理機構間を流れる情報

- ① レベル1の管理機構からレベル2の管理機構へ流れる情報（管理サイクル：1日）

- 1日に生産する生糸の目標生産量
- 生産コスト
- 生産工程に投入することができる作業員数
- ② レベル2の管理機構からレベル3の原料倉庫を制御する管理機構へ
流れる情報（管理サイクル：1時間）
 - 原料乾繭の出庫指示
(出庫する原料乾繭の産期，産地，出庫量，出庫時刻)
- ③ レベル2の管理機構から，レベル3の煮繭工程を制御する管理機構
へ流れる情報（管理サイクル：10分）
 - 原料乾繭の品質特性
 - 時間あたりの煮繭処理量
 - 原料乾繭が煮繭工程に到着する時刻
- ④ レベル2の管理機構から，レベル3の繰糸工程を制御する管理機構
へ流れる情報（管理サイクル：10分）
 - 小枠の基準回転数
 - 繰糸の工程を制御するための制御項目の指定
- ⑤ レベル3の原料倉庫を制御する管理機構からレベル2の管理機構へ
流れる情報
 - 原料乾繭の出庫実績量
 - 原料乾繭の入庫量
- ⑥ レベル3の煮繭工程を制御する管理機構からレベル2の管理機構へ
流れる情報
 - 煮繭工程が時間あたり煮繭処理をして繰糸工程に送った原料繭の
量
- ⑦ レベル3の繰糸工程を制御する管理機構からレベル2の管理機構へ
流れる情報
 - 小枠の回転数が基準回転数の許容範囲を越えたかどうかの情報

- 原料繭の消費量
- 生糸の生産実績量
- ⑧ レベル3の原料倉庫を制御する管理機構から原料倉庫へ流れる情報(管理サイクル：1時間)
 - 出庫する原料乾繭についての情報
 - (出庫する原料乾繭の貯蔵してある場所，出庫する原料乾繭の量，出庫する時刻)
- ⑨ レベル3の煮繭工程を制御する管理機構から煮繭工程へ流れる情報(管理サイクル：正常時10分，異常時1分)
 - 煮繭機を動かすために必要な，蒸気圧や温度や通過時間の設定値
 - 1つのカゴに入れる原料乾繭の量
- ⑩ レベル3の繰糸工程を制御する管理機構から繰糸工程へ流れる情報(管理サイクル：正常時10分，異常時1分)
 - 小枠の回転数
- ⑪ 原料倉庫からレベル3の原料倉庫を制御する管理機構へ流れる情報
 - 原料乾繭の出庫量
- ⑫ 煮繭工程からレベル3の煮繭工程を制御する管理機構へ流れる情報
 - 時間あたりの煮繭処理量
- ⑬ 繰糸工程からレベル3の繰糸工程を制御する管理機構へ流れる情報
 - 糸故障の小枠数
 - 新繭補充槽に入っている原料繭の量

(4) 情報処理システムを運用するためのコンピュータ・システム

生産工程モデルの説明でもわかるように，製糸工場を管理，統制する情報処理システムを1台の大形コンピュータで運用するのは，信頼性や経済性の面から不適當であることが容易に理解されよう。情報処理システムを運用するためのコンピュータ・システムについても，管理機構と同様に階層化することが望ましいということである。そこでまず，生糸

の生産工程を管理するための情報処理システムでは、各レベルごとに管理の業務に適合した規模のコンピュータを設置する。これらのコンピュータは独立して稼働することができる。しかも必要ならば、上位レベルのコンピュータと下位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く。こうしておけば、あるレベルのコンピュータが故障で停止した場合でも、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、停止したコンピュータの業務を他のコンピュータが代行して、システム全体の最低機能を保持することも可能になる。図6-2は、このような考え方にもとづいて製糸工場の情報処理システムを運用するためのコンピュータ・システムを構成した例を示す。

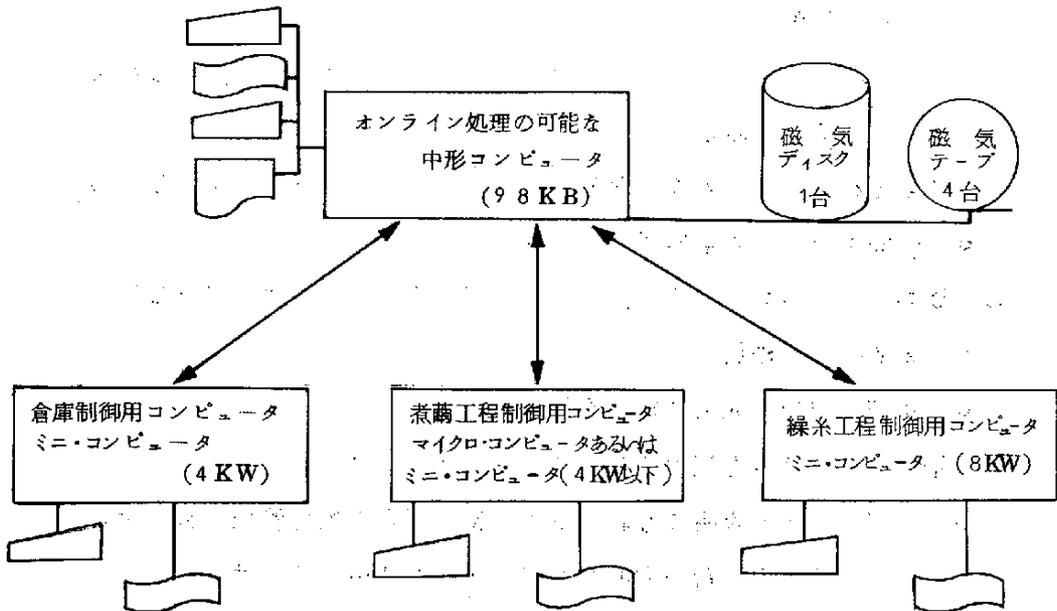


図6-2 製糸工場におけるコンピュータ・システム

レベル2の管理活動は、オンライン処理の可能な中形コンピュータによって行なわれる。この例では、レベル2のコンピュータがオンライン処理の合い間に、レベル1における管理活動をバッチ処理で行なうようになっている。さらに、この中形コンピュータが生産工程を管理する必要がない、いわゆる空き時間には、各種伝票処理とか給与計算などといった事務部門の情報処理を行なうことも考えられる。

レベル3の管理機構を運用するためのコンピュータは、プロセス・コンピュータである。レベル3における管理活動のための情報処理は、非常に単純なので、レベル3のコンピュータは、割込み機能を持ったミニ・コンピュータで十分と思われる。

(5) コンピュータ・システムが故障したときの対策

モデルでは、上位レベルの中形コンピュータが故障すると、その機能を製糸工場管理者がバックアップするようにしている。このため、レベル2の管理機構では、レベル3の各管理機構に対して1日の生産指示情報をオンラインで伝送すると同時に、その情報が紙テープで出力されるようにしておく。さらに、その情報を管理者に理解しやすい形で提供できるようにしておく必要がある。また、このようにしてレベル2の管理機構が把握している生産情報は、管理者がコンピュータの管理活動を代行するときに重要な参考資料として利用できるようになっている。

管理者は、この参考資料を理解することによって上位レベルのコンピュータが故障しても、ただちに手動に切りかえ、生産を停止しないようにすることができる。

レベル3の各管理機構を運用しているコンピュータが故障したときには、生産効率を高めるための制御は行なうことができなくとも、生産だけは続けることができることになる。

生産工程モデルで実施した模擬実験の結果については、付録3に示す。

6.2 階層構造をとった問診形式の情報検索

6.2.1 目的と概要

コンピュータ・システムの規模や構成は、情報処理システムを運用管理するユーザによって異なる性質のものであり、最近の情報量の増大にともなってコンピュータ・システムも情報処理システムもますます複雑化し、拡大してきている。

大量で、かつ多種多様のデータを処理する情報処理システムの運用にあたってはデータ管理、いわゆるデータ・ベースを効果的に管理することが重要な課題となっている。

こうしたことから、コンピュータ階層システムの構成の一部として、データ・ベース・マネジメント・システムの技法の1つである情報検索をとりあげて考察した。

情報検索システムの設計には、単に情報の蓄積技法ばかりでなく、データ・ベースの構成やメンテナンスなどを十分に考慮しなければならない。情報の蓄積と検索は、いずれも情報を利用する者へのサービスに関連しており、いかに多くの情報を蓄積していても効率の悪い検索をして利用者へ情報を提供したのではせっかくの情報も価値が劣ってしまいます。そこでデータ・ベースに貯えられている情報を、スピード、正確性、利用者の満足度といった観点から、いかに効率的に検索し、利用者の要求にあわせて提供できるか、また、システムに人間的思考の合理性をどのように持たせるか、あるいは持たせられるかといったことなどについて考察する必要性がある。

この節では、階層構造をとった情報処理システムの1例として情報検索システムをとりあげるが、当研究で考案した情報検索は、問診形式を採用した情報検索という新しい技法に大きな特長がある。以下に、その概念と模擬実験などに考察を加える。

まず最初に6.2.2項では、従来から行なわれてきた情報検索の技法を、確定検索と確率検索という2つに分類して、その考え方を述べ、つぎの6.

2.3項では、問診形式をとり入れた新しい検索技法の概念を述べる。ここでいう“問診”形式は、病院での問診と同一ではないが共通点が多いので、参考までに病院で行なわれる問診の役割りとその処理方法についても6.2.4項で述べる。

最後の6.2.5項では、問診形式の情報検索システムを解説するため、コード変換処理を例にとり、入力データに対する変換テーブルの選択処理や決定処理に新しい概念を導入した場合の模擬実験について考察する。

6.2.2 一般の情報検索技法

この節では、一般の情報検索技法を概説し、当研究で考察した情報検索技法と比較する。

情報検索は、いわゆるデータ・ベースに貯えられている情報を必要に応じて使用するための技術であり、情報の収集・整理から探索・加工・提供までの一環した作業をすべて対象としている。情報検索は、事実検索 (Fact retrieval) あるいは確定検索 (Deterministic retrieval) といわれる技法と、文献検索 (Document retrieval) あるいは確率検索 (Stochastic retrieval) といわれる技法との、2つの種類に大別できる。

前者は、情報検索システムに対して与えられた問合せに、直接回答する方式であり、後者は、問合せに対して関係すると思われる情報を回答するという具合に、探索に統計的手法を用いた方式である。

まず、文献検索のような不定形情報を扱う情報検索システムでは、あらかじめ、質問項目と文献内容との関連度をなんらかの手段で把握しておき、検索要求者の質問に対して適合した文献を、できるだけ完全にとり出せるように工夫されている。検索効率の評価尺度としては、再現度 (Recall) と精度 (Precision) による方法がある。

$$\text{再現度} = \frac{\text{検索された適合文献数}}{\text{全適合文献数}}$$

$$\text{精度} = \frac{\text{検索された適合文献数}}{\text{全検索文献数}}$$

これは、1回の検索ごとに検索文献が適合文献かどうかを検索要求者が判定すると、その結果に基づいてコンピュータが再現度と精度の値を計算し、これを繰返して多数の質問に対するそれぞれの関係をグラフ化し評価する方法である。しかしながら、この方法では、検索要求者が文献の適否を判定するので、そこにあいまいさがあり、また適否の程度も不確定であるから、再現度と精度の計算結果が完璧な判定尺度であるとはいえない。

また、文献検索の一般的な方法としては、文献の中からキー・ワード (key word) を抽出し文献に対応する検索キーを選んでデータ・ベースを作るとともに、検索の際に確率を計算するための論理関数を用意しておく方法がある。この方法では、あらかじめシソーラス (Thesaurus : 同義語辞典) を作るなどによって、文献の語間に関連性を持たせておく必要がある。しかしながら、この文献の語間に関連性を持たせる作業には莫大な労力が必要となるために問題が残されている。

このように問題はあるけれども、現状の情報提供サービスには、この文献検索がもっとも多く実用に供されている。コンピュータの機能向上にともない、TSSやオンライン・システムなどによる、端末装置を利用した検索システムが開発されている。

いっぽう、文献検索が確率検索であるのに対して、最近、確定検索を行なう検索システムの1つとしてQAシステム (Question and Answering System) の研究開発が、多くの研究機関やメーカーで行なわれている。

端末装置を利用した検索システムの1つであるQAシステムは、自然語でキー・インされる質問に対して、直接回答する方式であるが、適合する情報への収束までに多くの段階 (ステップ) を踏まなければならない、人間の

操作作業（問答）が多くなって人間工学的な面に問題があるといわれている。また、検索システムの不得手とする判断処理にも多くの負担がかかるという難点もあって、効率の良いシステムとはいえない。このため、QAシステムは、まだ実験的システムの域から脱しておらず、十分な効果をあげていない。

QAシステムの処理ルーチンで問題となるのは、質問事項に対する構文解析（Syntactic analysis）や文意解析（Semantic analysis）が煩雑であることとか、回答情報を蓄積するデータ・ベース（Data Base）が複雑となること、などである。QAシステムのデータ・ベース構造は、ほとんどがリスト構造（list structure）であるが、これは基礎となる原データ間の関連が、階層構造（Hierarchy structure）、あるいは樹構造（tree structure）になっているからである。文章構造には、常にあいまいさがともなうので、構文解析だけでは原データ間の関連を把握するのが難かしい。このため、構文解析のあとで文意解析を行ない、最終的にデータ・ベース検索（情報検索）に適した形式に文章構造を変換することが必要となる。

QAシステムは、本来、検索要求者がコンピュータと対話する形で質問を行なうように設計され、コンピュータをあたかも“思考する機械”のように見なすことができるというチューリング（Turing）の考えを実証するシステムであった。このQA方式は、情報検索という面だけでなく、機械翻訳、学習機械、図形認識（パターン認識）など、人工知能に関連する分野にも適用されようとしており、CAI（Computer Assisted Instruction）への応用も考えられている。

このように、従来の情報検索技法を考察してみると、いずれも定形的な閉ループ・システムであるといえる。文献検索方式においても、QA方式においても、情報検索はいつも同じ手順で繰返され、検索要求者をいつも同一人物とみなして、検索要求者に対する応答を行なう方法しか見当らず、

とくに、不特定な検索要求者の質問にもコンピュータがそれぞれの要求水準に合わせて応答する、いわゆる融通性のあるシステムはこれまでのところ構築されていない。

当研究で提案する技法は、問診形式を採用して、情報検索システムに融通性を持たせるとともに、コンピュータに人間的思考を導入して、情報検索システムにいわゆる“推測”機能を付加することである。次項にその概要を述べる。

6.2.3 問診形式による情報検索

— 推測検索システム の概念 —

ここでは、問診形式を採用した情報検索を、推測検索と呼ぶことにする。〔“推測”：今までに知っている知識（資料）を基にして物事の全体・将来などについて、多分こうであろうと考えること。（三省堂；「新明解国語辞典」）〕

以下に、処理のフローを例示して、その概要を説明する。

“問診”という言葉からは、病院における予診のための対話（会話）が、すぐさま連想される。この予診のための対話では、医師と患者が1対1になって病状の判断資料を得るための問答を行なうが、そこには1つの検索技法が使われている。

病院における問診については、6.2.4項で述べるので、ここでは問診形式を情報検索の技法として採用すると、情報検索システムがどのような形態になるかを検討してみる。

問診による対話形式は、QAシステムの情報検索技法とは分類を異にする。QAシステムでは、求める情報にたどりつくまでデータ・リンケージを追いつめて、最終段階で回答する確定検索であるが、問診形式は適当な段階で問答する、いわば対話方式による段階的な確率検索方式である。

推測検索が他の情報検索技法と異なる点は、まず第1に6.2.2項で述べた確定検索ではない、第2に直接1対1の回答は行なわない、第3に100

%の検索率（求める情報に適合する確率）を目指す検索技法ではないこと、などである。また、従来の情報検索のように、人間（検索要求者）の一方的な要望をそのまま受け入れて、機械（コンピュータ・システム）が検索における判断やサーチをすべて分担するという方法でもなく、さらにシステムからの頻ばんな指示にしたがって人間が判断するという、いわゆる人間に大きな負担がかかるような、これまでの方法とも異なっている。対話や会話の形式には変りないが、推測検索システムは、人間—機械のコミュニケーションを合理的、かつ効果的に行なうて、人間への負担も機械への負担も、ともに軽減したシステムである。ここでは、検索効率という指標についても、人間（検索要求者）が誤認や誤解しない程度にとどめるとか、あるいは、理解さえできればよいという、個人個人の満足度に合わせるようにしている。

また、この推測検索では、検索要求者が過去に使った検索キー情報を記憶するようになっていたので、たとえば、検索要求者が登録コードをインプットするだけで、2度目からはシステムが自動的にその人の専門分野などを判断して検索の準備をするといった具合に、できるだけ質問応答の回数を減らし、検索する情報の誤りを少なくするという工夫がもり込まれている。

このような推測検索の概念は、単に文献検索のための情報処理システムだけでなく、いろいろの管理サイクルに対処して意思決定や制御を行なうための情報処理システムにも応用できる。

以下に、コード変換処理のフロー（図6-3）にしたがって、推測検索の概念を説明する。

なお、このコード変換処理の例では、複数個用意した分野別の変換テーブルの中から、コード変換要求者の入力データに対して、適当な変換テーブルを選定し、それに続く後処理と処理状況（変換率）の判定を推測検索の概念に基づいて行なうことにしている。コード変換テーブル・ファイル

としては、分野別の変換テーブル H_1 , H_2 , H_3 の3つが用意されているものと仮定する。変換テーブルのファイル構造には、直列的階層（一般的な縦の階層）と、並列的階層（完全な縦の階層でなく横にも関連性をもたせた擬似階層）の2とおりが考えられるが、コード変換処理の説明にはどちらの階層形式でもよいので、ここでは並列的階層構造だけを取りあげる。

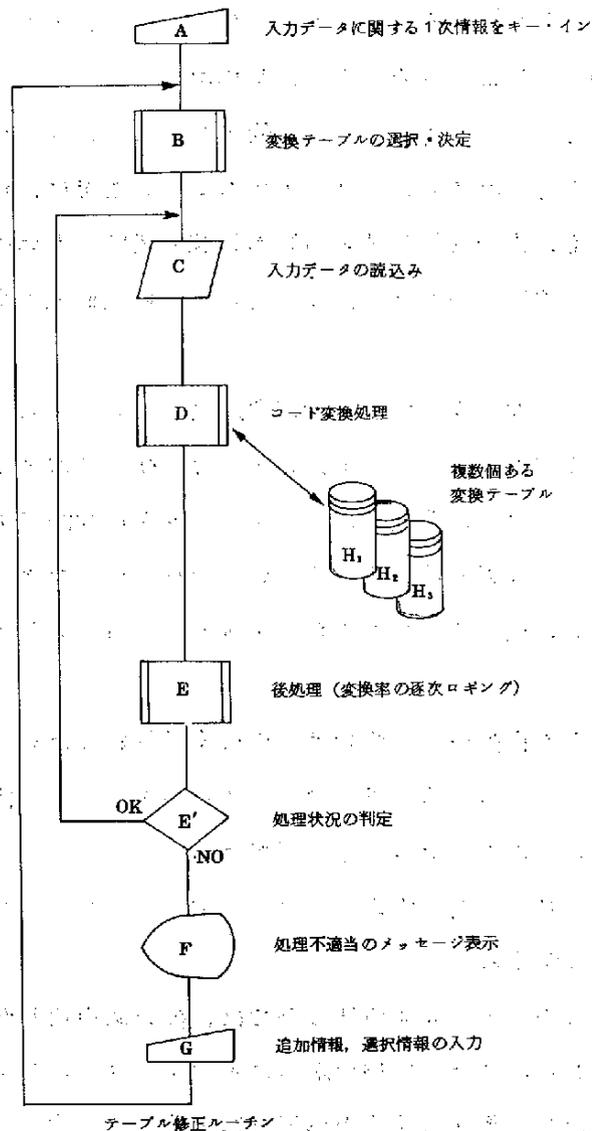


図 6-3 · コード変換処理を例にした推測検索のシステム・フロー

(1) 処理 A

この処理では、つぎに述べることを前提としている。すなわち、コード変換要求者（以下、ユーザと呼ぶ）は、変換する入力データに関する内容、たとえば、要求する情報がどの分野に属するかといった程度の概要はあらかじめわかっているため、システムに用意されている変換テーブルのどれを使ったらよいかの1次情報をキー・インして、システムに回答を求めることができる。もし、入力データに関する内容が不明の場合には、ユーザが想定した仮の検索キーを1次情報としてキー・インする。

(2) 処理 B

処理 A でキー・インされた1次情報（1つ、または複数の検索キー）を、変換テーブルの内容情報（同義語辞書やインデックス辞書）に問合せ分野を決定し、コード変換にもっとも適した分野の変換テーブルをシステムに用意させる。分野の決定には、一般に判別（識別）関数や統計手法を使った高度の処理が要求されるが、この推測検索では、ユーザとシステムとの相互作用を効果的に行なうことで、分野を決定するための処理を簡単にすることができ、単純なインデックス統計の判断処理だけでも十分である。磁気ディスクには、あらかじめスピードや容量によって記憶領域を階層化した、いわゆる記憶階層の変換テーブルが格納されており、上記のように分野が決定されると、自動的に変換テーブルがバッファにセットされて、コード変換の準備が完了する。

なお、処理 A においてユーザが適した分野を指定できる場合には、処理 B の判別処理をとばして、直接処理 C に進む。

(3) 処理 C

コード変換を行なう入力データを、ブロック化したレコード単位で読込む。なお、レコード単位のサイズを決めるにあたっては、誤変換

に対する修正処理とか、変換率の精度などに関連する後処理の効率化を考慮する必要がある。

(4) 処理 D

処理 B で決定された分野の変換テーブルをサーチし、入力データをそれぞれに対応するコードに変換処理する。記憶階層は、サーチ・タイムとか記憶容量の相関に基づいて構成されているのであるから、テーブル・サーチの処理については、所定時間内の変換効率が、どのレベルで、あるいはどのレベルまでサーチしたらよくなるのかを考えて設計しなければならない。

(5) 処理 E

処理 D のコード変換において、変換できたセグメントと変換できなかったセグメントの数をロギングし、レコードの集合単位として変換率を求める。ここにセグメントとは、1レコードのなかに現われるコード変換すべき文字とか数字の分割単位をいう。この処理 E では、処理スピードと精度のかねあいによって、あらかじめ定めた個数（それまでに処理したレコードの数）の蓄積ロギング・データを逐次照合して、変換率がよい方向に動いているかどうかを判断する。

レコード単位にコード変換された蓄積ロギング・データは、システムが逐次記憶し、照合が終るまで保存する。ロギング・データを保存しておく時間は、システムの許容記憶量と処理スピードによって決まるが、その決定には判別チェックに必要な変換率や精度とのかねあいも考慮しなければならない。

その回のコード変換処理が完了すると、次回への準備のために、ユーザの利用分野や、その回の変換率（検索率）を記録あるいはメンテナンスしてシステムの実行を停止する。

(6) 処理 F

処理 F では、変換率がよい方向に進んでいるかどうかなど、そのと

きの処理状況に応じてシステムからユーザにメッセージを表示する。

メッセージの種類にはつぎのようなものがある。

- Yes, No 方式 (二者択一)
- Select 方式 (選択)
- Attention - Go 方式 (注意指示)
- Accept 方式 (情報追加)

(7) 処理 G

表示されたメッセージにしたがって、ユーザはそれぞれのメンテナンス情報をキー・インする。たとえば、その後の処理で変換テーブルを変えて実行してみるような指示とか、再度、判別の精度を上げて変換テーブルの決定をする指示をキー・インする。

ユーザは、状況変化のメッセージや、インデックス統計を参照するなどして、常にシステムの精度を上げるように協力しなければならない。また、システムにも学習、思考、知能などの機能を持たせることによって、合理的な人間—機械システムを設計する必要があるが、そのためにはシステムの簡素化とか、経済性を十分に考慮しなければならない。

処理 G の手順が終ると、つぎの実行は処理 B に戻る。

以上述べてきたように、推測検索の技法には、ターンアラウンド・タイムを短縮できるとか、何度もローディングする必要性がなくなってコアの専有時間の効率がよくなるといった利点がある。とくに、100%検索(変換)を目標としない確率検索とか、連続的な検索を行なうシステムには有効な技法と思われる。同一企業あるいは同一人物が要求する情報は、一般に特定の分野に固定しているという特徴があり、推測検索の技法を採用することによって、検索を行なうごとに、そのときの検索キー情報をシステムに記憶あるいは更新しておけば、たとえ他のユーザが割込んでシステムを使用したあとでも、次の検索には、あたかもそのユーザが連続し

てシステムを使用するのと同じ効果で利用できる。

前にも述べたが、大量のデータを扱う情報処理にはジョブごとに長時間にわたってコアを専有するとか、あるいはユーザが連続してシステムを使用しなければならないといった、いろいろな問題も付随するので、推測検索の技法を導入した合理的な人間-機械システムの実現が望まれるのは当然である。

この“推測”の概念は、文献検索のためのシステムにだけでなく、いろいろの管理サイクルに対応して意思決定や制御を行なうための情報処理システムに導入すべきであろう。

6.2.4 医療情報処理システムにおける問診形式

医療情報処理システムにおいて中心的な役割りを果している自動診断は、自動問診機と自動診察機によって行なわれる。自動問診機の役割りは、予診医の代行を務め、患者の主訴が入力されたときに、それに対応する臨床検査を指定して、つぎの診察の情報を作ることである。

医師と患者が1対1となって患者の受診の目的をカルテに記入するといふ、この予診の仕事は、診断の基礎となる重要な仕事であるが、病院においてもっとも医師の負担となる業務の1つともいわれている。

自動問診機に、予診医の代行を務めさせることによって、画一化した予診結果を得ることができるので、その予診結果をコード化しておく、あとのデータ処理に効果をもたらすことになる。また、医師の疲労による予診聴取の粗雑化も防止できる。問診機は、そのなかに内蔵しているプログラムにしたがって患者の主訴を処理し、その患者が受けるべき検査を指定する。このように、診察に先だつ検査が無駄なく行なわれるので、患者の待ち時間も節約される。

参考までに、問診機の具備する条件を列挙すると次のとおりである。

- (1) 問診質問は簡潔であって、しかも必要事項が十分にもりこまれていること

- (2) 問診質問が、患者に不必要な精神的負担をかけないこと
- (3) プログラム変更が容易にできる構造であること
- (4) 安価で、多くの台数を容易に設備できること

問診プログラムは、予診の迅速性をはかるために多少の診断論理を加味して組まれており、相反質問はジャンプするようになっている。また、質問に誤答したことを発見した場合にはやはり直しがきくようになっている。質問内容の作成にあたっては、その病院に通う患者の疾病頻度、地方性、風習などを考慮する必要がある。図6-4に、問診プログラムの1例を示す（大阪大学の資料を引用）。

自動診察機が、問診機で得られた情報と、中央検査科からの検査レポートを処理するのであるが、ここでは説明を省略する。

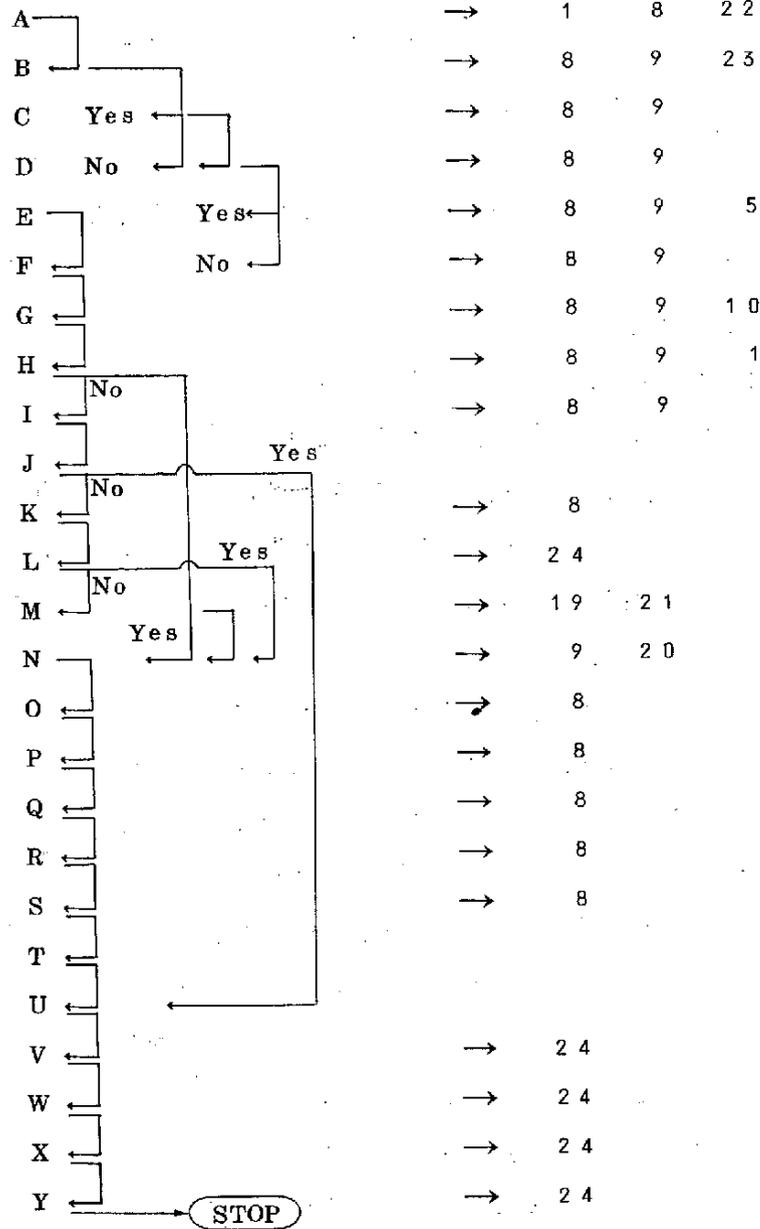
一般の問診では、病院において医師（人間）と患者（人間）が対話で行なうが、人間の表情や感情といった生きた情報を得ながら病状の判断を行ない、さらに医師の頭脳にある過去の記憶をもとにして病歴をサーチするという大きな特長がある。

この医師による問診を情報処理システムが代行する場合には、いろいろの問題が指摘される。すなわち、情報処理システムでは、入力情報がいまいだ大きな障害となる。1つの入力情報に対して1つの回答を出力する判断ならば、有無のチェック・ルーチン（Yes, No）のみで処理できるが、1つの入力情報に対して複数の回答をする場合とか、多くの情報のなかから1つの回答を選んで出力する場合には判別を行なうための複雑な処理が必要となり、入力情報がシステムに与える影響もきわめて大きい。病院における問診では、医師が患者から得る入力情報の比重が大きく、医療情報処理システムの精度を左右することになる。

入力情報の価値とか信頼性の不完全さを考慮すれば、人間の知能的な判断や意思決定をすべて代行するような情報処理システムの実現を望むことは不合理といえよう。合理的な情報処理システムとは、なにも無人化を目

問診

指定検査番号



6-4 自動問診機の間接プログラム例

指したのではない。病院に利用されようとしている自動問診システムのように、情報処理システムが人間の役目を代行するのは、予備情報を得るための処理であって、その意味では人間の省力化に役立つシステムであるといえよう。

病院で行なわれる問診は、人間と人間の間でとりかわされる生の情報を扱っていることとともに、人間（医師）による“推測”（診察）が実際に行なわれているという点で、推測検索の研究にも大いに参考となる。

6.2.5 推測検索システムの模擬実験

推測検索の概念については6.2.3項に記述したが、図6-5はそのモデル・システムとしてとりあげたコード変換処理の手順を示すシステム・フローである。

この模擬実験では、コード変換の後処理を重点的に考察するため、入力データに対する変換処理のうち、とくに処理状況の判断などを部分的にとりあげて検討することになっている。なお推測検索を導入した部分についての考察では、図6-3に示すような連続処理を仮定している。以下に、入力データのEBCDICカナ・コード（英数字、記号を含む）からJEM3850漢字プリンタ・コードへの変換処理を、図6-5のシステム・フローにしたがって説明する。

(1) 入力データと変換テーブルの準備

電気関連雑誌と情報処理関連雑誌から引用した記事の抜粋を入力データとして選んで作成し、電気工学と情報処理のハンドブックや辞書類から慣用語を抽出して、模擬実験用変換テーブルを作成した。

(2) 推測検索のためのコード変換処理

電気工学と情報処理の、2つの分野に関する入力データと、変換テーブルをそれぞれ4とおりの組合せをつくって後処理の模擬実験を行なった場合の結果について考察した。以下に、実験の手順と結果について説明する。

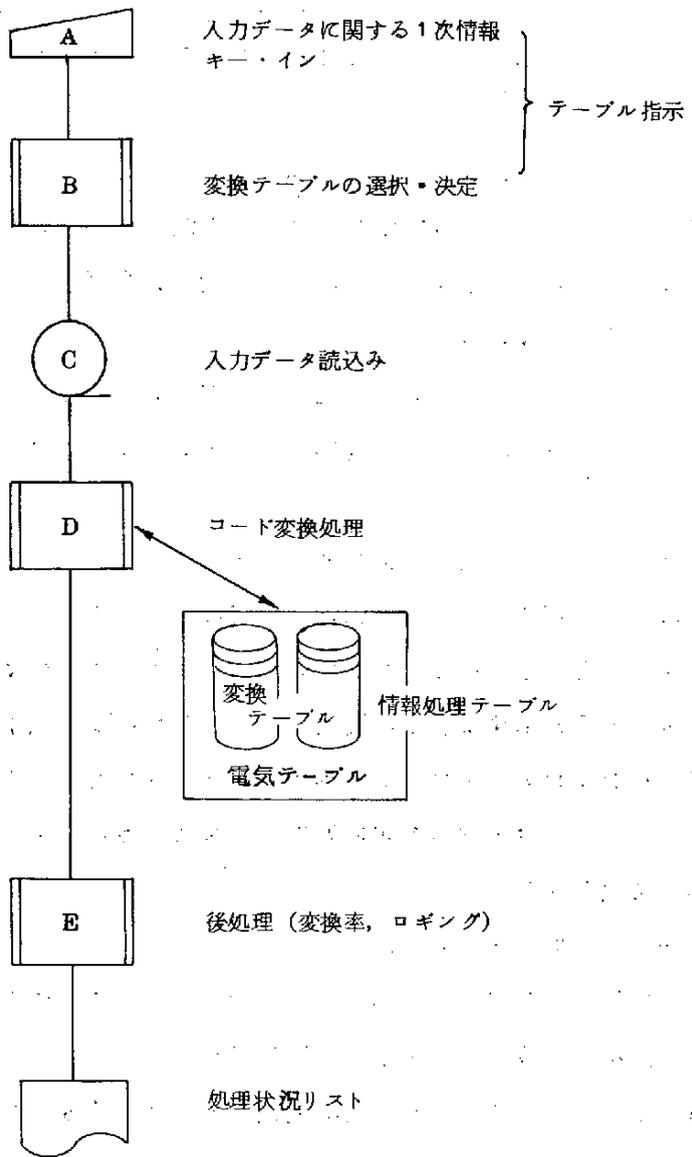


図6-5 システム・フロー

変換テーブルの選定にあたっては、本来、入力データに関する1次情報のキー・インによる情報に対して判別を行なうという手順が必要である。この実験では、コード変換処理に推測検索の概念を導入した場合の効率化について考察することを主眼にしているので、実験手順の第1ステップであらかじめ、入力データと変換テーブルの組合せを選定して、コード変換の処理を始めることにする。

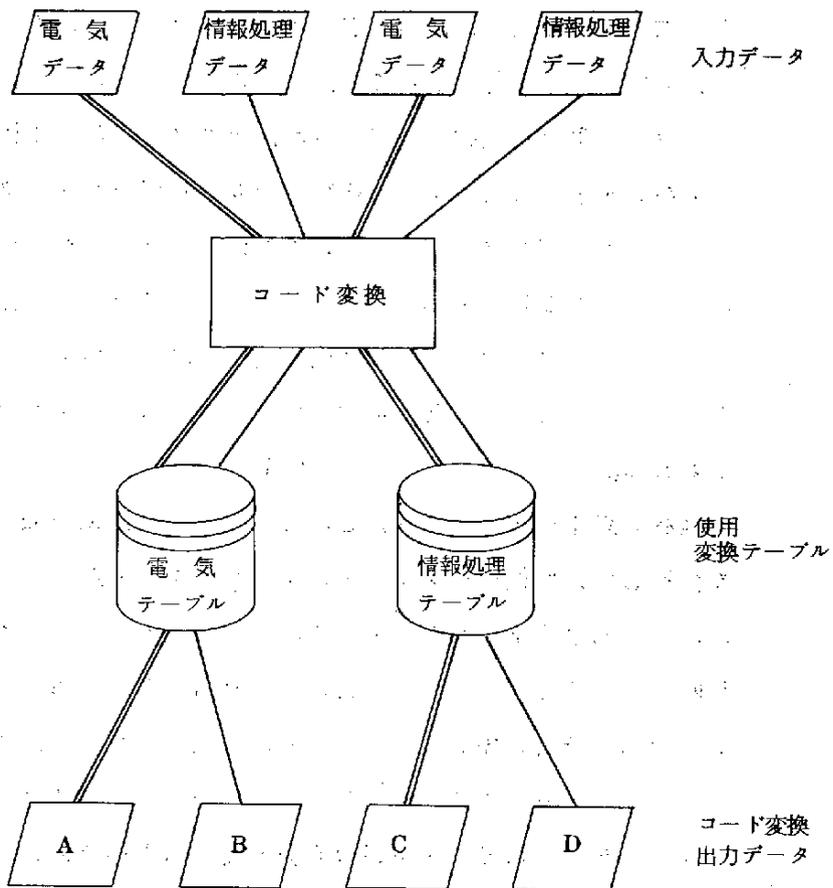


図 6-6

図6-5に示すシステム・フローの処理Cでは、入力データの読み込みを行ない、処理Dでは1レコードのコード変換セグメント単位に、指示された変換テーブルを検索して、対応するコードに変換する。実験用の入力データでは、1レコード=376バイトで設計されており、コード変換要求のセグメント数は一様ではないが、おおよそ1レコードあたり20件である。

処理Eで行なわれるコード変換の後処理は、テーブルの検索とコード変換処理の結果を、変換要求のあったセグメントに対して、それぞれ、対応コードが見つかって変換されたかどうかのチェックを行ない、1レコード単位の変換率（変換されたセグメント数/変換要求セグメント数）を求めるとともに、逐次その変換状況をロギングすることである。このロギング・データは、変換処理がうまく行なわれる方向にあるかどうかの状況を判定する処理で不必要になるまで記憶しておく。なお、ロギング・データの数は処理速度と許容記憶量を考慮して決めなければならない。また、処理Eでは逐次その移項メンテナンスも行なわれる。

推測判断をシステムに持たせるにあたっては、未登録語や誤変換語を検討して、変換テーブルのメンテナンスを繰り返し行なって、精度の高い、効率的なシステムを作る心がけが必要である。また、人間の判断を100%コンピュータに代行させることは不可能であるから、システムの設計に先立ってあらかじめ、人間でなければできない処理と、コンピュータの得意とする処理とを分離しておくことが、このようなシステムの信頼性や情報の価値を高めるといふ面からも合理的といえよう。

図6-6に示す入力データと変換テーブルの、4つの組合せでコード変換を行ない、この実験における処理状況の統計をとってみた。なお、実験に使った変換テーブルは、その段階では整備が不完全で、

たとえば、変換テーブルを異にした場合の比較を行なっても有効な考察はできないので、ここでは入力データの違いによる変換率の変化を調べた。

(3) 電気工学の変換テーブルを使った実験

電気工学に関する漢字あるいは単語を2,964語選んで登録した変換テーブルを用いて2種類の入力データに対するコード変換を行なった。

電気工学の変換テーブルで、電気工学の記事という正規の入力データを変換した結果は、コード変換要求数1,457件に対し、正変換数1,019件であり、その変換率は約70%であった。

また、変換テーブルの違いによる変換率の変化を調べるため、情報処理の入力データを電気工学の変換テーブルを使って変換した場合を考察してみると、コード変換要求数1,829件に対し、正変換数886件となり、変換率は約48%であった。

このような、2種類の入力データに対する試行結果は、推測検索システムにおける判定のための統計ロギング・データとして利用される。このコード変換の推移をレコード単位(セグメントの場合)にロギングしたものが、変換テーブルの選定に推測検索を適用した場合のデータとなる。

図6-7はコード変換の推移を示した例である。

図に示す変換率の推移からは、実験に使用した入力データの不規則性が明らかであり、コード変換のテーブルの検索が変換要求者の望む範囲内で行なわれているかどうかについては判断しにくい。

また、1レコードごとに行なう検索の場合には、変換要求者が望む範囲から1セグメントでも外れたら、異常検索と見なしてメッセージを送ることができるが、数個のレコードを連続的に行なう検索の場合には、コンピュータと人間との応答が頻繁に生じて処理スピードが激

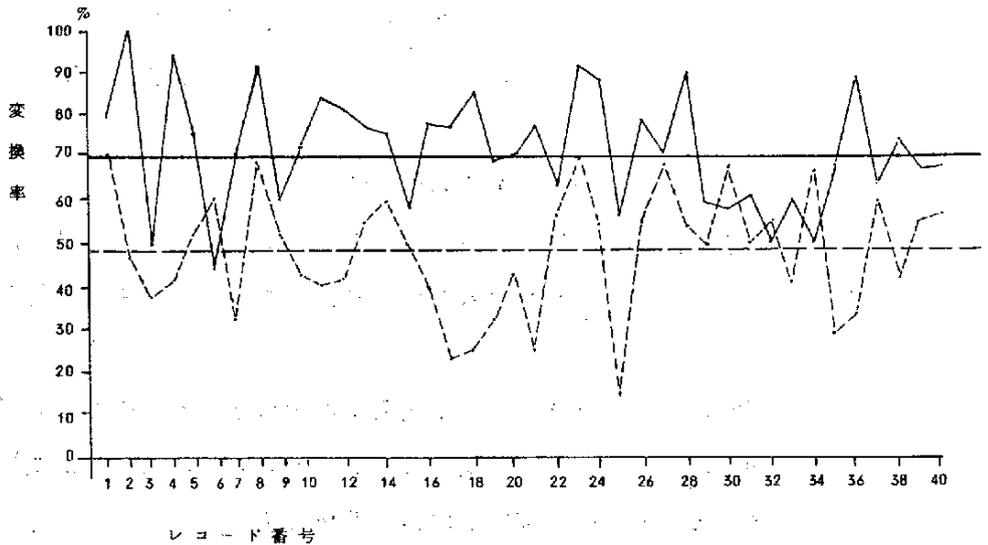


図6-7. 変換率の推移

- 電気データの変換率推移
- - - - 情報処理データの変換率推移
- 電気データの変換率平均 (約70%)
- - - - 情報処理データの変換率平均 (約48%)

減るとか、人間の負担が大きくなる、といった不合理もでてくる。

このような不合理を少しでも改善しようとして導入したのが推測検索の概念である。

上記の例では、選定した変換テーブルと入力データの対応が適するかどうかで変換率に20%以上の差が生じたが、この判断に推測検索の概念を導入した場合には、つぎのような処理になる。

まず、電気工学の入力データに対する処理を正規に実行していくには、変換要求者が望む変換の条件、すなわち、変換率と処理時間の指定範囲内で処理されることが多いので問題はない。これに対して、変換の条件に外れてしまったレコードが出現したときには、そのレコー

ドを処理するまでに蓄積したロギング・データから、システムの動きを見きわめ、コード変換の処理が好ましくない方向に向いているとシステム自身が判定したら、注意、選択指示などといったメッセージを送って、変換要求者の判断を求める。変換要求者は、メッセージの内容に応じた2次情報をシステムにキー・インして、つぎのコード変換の処理を指示する。はじめから、ロギング・データによってシステムの動きが正常であると認められたときはもちろんのこと、上述の補正によってシステムの動きが所定の範囲におさまったときにも正規の手順に戻ってコード変換の処理が続けられる。このようにして、変換要求者とコード変換システムの間、すなわち人間と機械の間に、合理的なコミュニケーションが行なわれるわけである。

(4) 階層構造の変換テーブルによる処理

ファイル構造を階層化し、変換テーブルを分野別複数化した場合のコード変換処理について述べる。

① ファイル構造

分野別に作った1つの変換テーブルを、頻度、重要度、あるいは情報のもつ価値などを基準としてつぎのようにレベル分けした。

(i) 専門語

(ii) 専門的一般語（一般語の中でとくに頻度の高いもの）

(iii) その他の一般語

② 変換テーブルの構成

企業などで、コード変換処理システムを広範囲に利用する場合には、当然複数の変換テーブルが必要となるが、そのコード変換システムを利用する個人にとっては、一般に分野が固定している。

このような見地から、管理しやすい分野の変換テーブルを複数個作成して、記憶階層にしたコード変換システムの設計も試みた。分野別に変換テーブルを持つことは、ある意味では、モジュール交換による

汎用性を持たせることになる。

模擬実験にとりあげたモデル・システムには、推測検索の概念を部分的な処理に導入したにすぎないが、その模擬実験は“推測”という概念の確立のために大きな役割りを果しており、今後の研究方向を示すものとしてきわめて意義がある。

7章 カタカナ入力漢字かな混り文出力方式による日本語情報処理システムの実験的考察

7.1 実験システムの概要

7.2 変換単語テーブルの決定

7.3 変換単語テーブルの記憶構造

7.3.1 階層構造をとらない場合

7.3.2 階層構造をとった場合

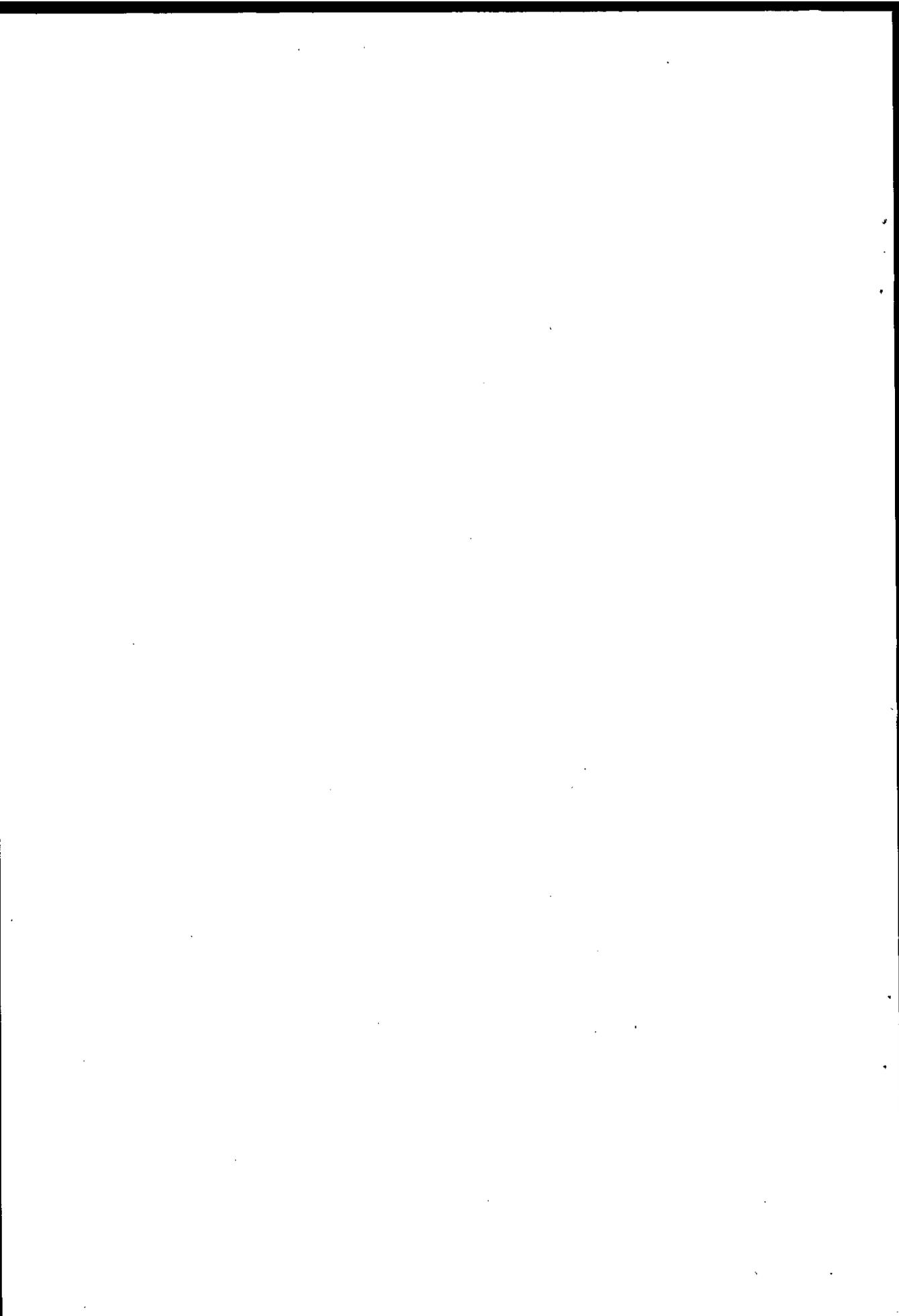
7.4 カタカナ入力方式による漢字変換データの作成

7.5 コード変換処理

7.5.1 階層構造でない変換単語テーブルを使用した処理

7.5.2 階層構造の変換単語テーブルを使用した処理

7.6 出力編集処理



7章 カタカナ入力漢字かな混り文出力方式による 日本語情報処理システムの実験的考察

7.1 実験システムの概要

日本語文書をコンピュータに入力し、処理結果を出力する情報は、一般にカナ文字やローマ字に直されているため、コンピュータを利用した経営情報の伝達には、あいまいさの多いことが指摘されている。カタカナ出力文書のこうしたあいまいさを解消するため、漢字かな混り文の経営情報を出力する必要性が高まり、当財団においても46年度からこの問題に関する研究を進めている。

日本語文書の入力方式については、漢字テレタイプによるパンチが人間工学的にも問題があるため、当財団の実験ではパンチの容易なカタカナ入力方式を採用し、コンピュータによるコード変換によって、出力情報を漢字かな混り文にする、いわゆるカタカナ入力漢字かな混り文出力方式によって日本語文書を処理することに重点を置いて考察を行なっている。

カタカナから漢字に変換する際に問題となる同音異義語の処理方法については、汎用的な変換テーブル構成をとらずに、専門分野別の漢字単語をベースにした変換単語テーブルを作成して実験を行なった。

46年度は、情報処理分野の記事情報について実験を行ない、かなりの成果をあげたが、今年度は、電気工学分野の記事情報を例に変換単語テーブルを作成して実験的考察を進めた。この実験システムでは、とくに同音異義語の判別に工夫を施して入力データを作成した。以下にその詳細を述べる。

7.2 変換単語テーブルの決定

実験システムでは、データとして電気工学という専門分野を選定した。このために用意した変換テーブルは、まず「電気工学ハンドブック」の索引か

ら漢字単語のまとめと分割にとりかかり、電気分野の漢字単語表を作成した。

漢字単語のまとめと分割の基準はつぎのとおりである。

a) 基本単語は漢字2字の熟語をベースとし、最大3字までとする。

b) 漢字2字構成において同音異義語の生じる単語は、接頭語あるいは接尾語を加えて3字構成とする。

(例) 計 数) — 計数器
 係 数

c) 漢字3字で構成される熟語を2字と1字に分割することによって同音異義語が生じてしまう場合は、使用されると思われる頻度を考慮して3字構成とする。

(例) 安全性 — 安全/性 (性・制・製……)

d) 接頭語および接尾語は、使用頻度とc)の3字構成を考慮して決定する。この場合同音異義語の生じる可能性が大きいのが、電気専門分野での理解度を考慮し、同音異義語の最大数を決定する。

理解度とは、カタカナから漢字に変換されなくとも、出力情報を利用する者にとって理解できる範囲を示す。

以上 a)～d) の原則をもとに漢字単語の整理を行ない、さらに同音異義語をまとめて、カナ漢字対応を複数対応とした。

こうした作業の結果、電気専門分野用の変換単語テーブルには、とりあえず2964語を決定した。このうち単数対応(同音異義語のないもの)は、2671語、複数対応(同音異義語があるもの、ただし対応語数の最大は7個とする)は、293語である。

7.3 変換単語テーブルの記憶構造

決定された変換単語テーブルを外部記憶装置磁気ディスクに格納する。

その方法として2とおり考えて実験を行なったが、その記憶構造を以下に述べる。

7.3.1 階層構造をとらない場合 (Index Sequential Structure)

単数・複数対応とも同一に扱い、Ascending Sort (読み仮名最大20字)を行なって、ブロック別のインデックスおよび、ダイレクト・アクセスのためのブロック・ナンバ(トラック/レコード・アドレスからなるポインタ)を別に記憶しながらシーケンシャルに格納する。アドレス情報とインデックス情報は0ブロックに格納しておき、サーチの際に、イン・コアにロードして使用する。

7.3.2 階層構造をとった場合 (Partition-Index Sequential Structure)

決定単語 2964語を、さらに

(i) 電気専門語および同音異義語 (872語 ; このうち同音異義語293語)

(ii) 専門的一般語 (1011語)

(iii) その他一般語 (1081語)

(iv)として固有名詞も追加予定)

の3レベルに分割した。

この分類は、「電気工学ハンドブック」から選出した漢字単語リストを電気分野の専門家(電気関係の研究者や技術者)に依頼して整理したものである。なお、電気という分野には、さらに細分化される部門があり、専門家にレベルの分割を依頼したところ、同一単語であっても分類の異なる単語が半数以上を占めるという結果がえられた。これは他の分野にしても考えられることであるが、1個人の判断ばかりでなく、何人かの専門家によってレベルの分割をはかる必要があることを暗示しており、より多く行なえば、かたよりもなくなり、分類の精度が、さらに向上することを示唆している。このように専門家によって分類の違いをもたらした単語については、さらに2次チェックを行なって、実験用の変換単語テーブルを作成した。

記憶構造としては、レベル(分類)別に分割(Partition)したイン

デックス・シーケンシャル構造 (Index Sequential Structure) を採用しており、①のインデックス・シーケンシャル構造が3レベル分あるということになる。

7.4 カタカナ入力方式による漢字変換データの作成

実験に使用するデータは、電気雑誌「OHM」から引用した。入力データの作成手順には、つぎのような2とりの方法があるが、ここでは(1)の方法による実験だけを考察した。

- (1) 日本語文書をデータ・シートにカナ文字で書くか、あるいは直接に、カナパンチ、入力、データ・ファイル作成の手順で行なう方法。

データ作成者は、日本語文書を、カナ文字はもちろんのこと（ひらがな、カタカナ）漢字の読みをカタカナで書かなければならぬため（パンチも同様）、漢字の読みと、ひらがな、カタカナの区別をする区分キー（ファンクション・キー）が必要である。このシステムでは、漢字区分キー「#」、カタカナ・キー「*」を決め、無キーはひらがなを意味する。英数字および特殊記号はそのままのコードでよい。（コンピュータで扱えるEBCDICコードにあるものとする。）

(例) 日本語の情報をコンピュータH-10で……

[データ] # = ホシゴ ノ # ジョウホウ オ * コンピュータ H
- 10 デ……

漢字単語の分割は、前節の7.2「変換単語テーブルの決定」において説明した仕様手順と同様に、漢字2字の単語をベースにして行なうが、1字の漢字や3字の熟語についても必要に応じて1つの単語にまとめるか、あるいは2つの単語に分割してデータを作成する。漢字の読みに、同音異義語が生じたときには、入力データの作成者が同音異義語表のそれぞれの対応に付してある数字をつぎに付加（パンチ）することで、コード変換システムへの同音異義語の判別処理を助けている。

(例) 情報処理システムのハードウェア構成は……………

〔同音異義語〕

コウセイ	1	2	3	構成・校正・更生……………
ジョウホウ	1	2	3	乗法・情報・定法……………

〔データ〕 # ジョウホウ 2 # シヨリ * システム ノ * ハードウ
エア # コウセイ 1 ハ……………

そのほか、コンピュータで一般に処理される EBCDIC コードの関係上、
つぎのことに処理を加えてデータを作成する。

- (イ) 「を」を出力したい時「オ、」とする。
- (ロ) 小文字「っ、ゃ、ゅ、ょ」, 「ッ、ャ、ュ、ョ、ァ、ィ、ゥ、ヱ、
ォ」を出力したい時、それぞれの前に「/」を付し、「/ッ」,
「/ャ」のようにする。
- (ハ) 漢字の読みに対する長音は許さない。
- (ニ) 区切りのためのスペースでなく、出力情報の字間にスペースをとり
たい時には、データ作成時にスペースを余分につけておく。つまり、
n 個の字間スペースをとりたい時、データには n+1 個のスペースが
必要となる。

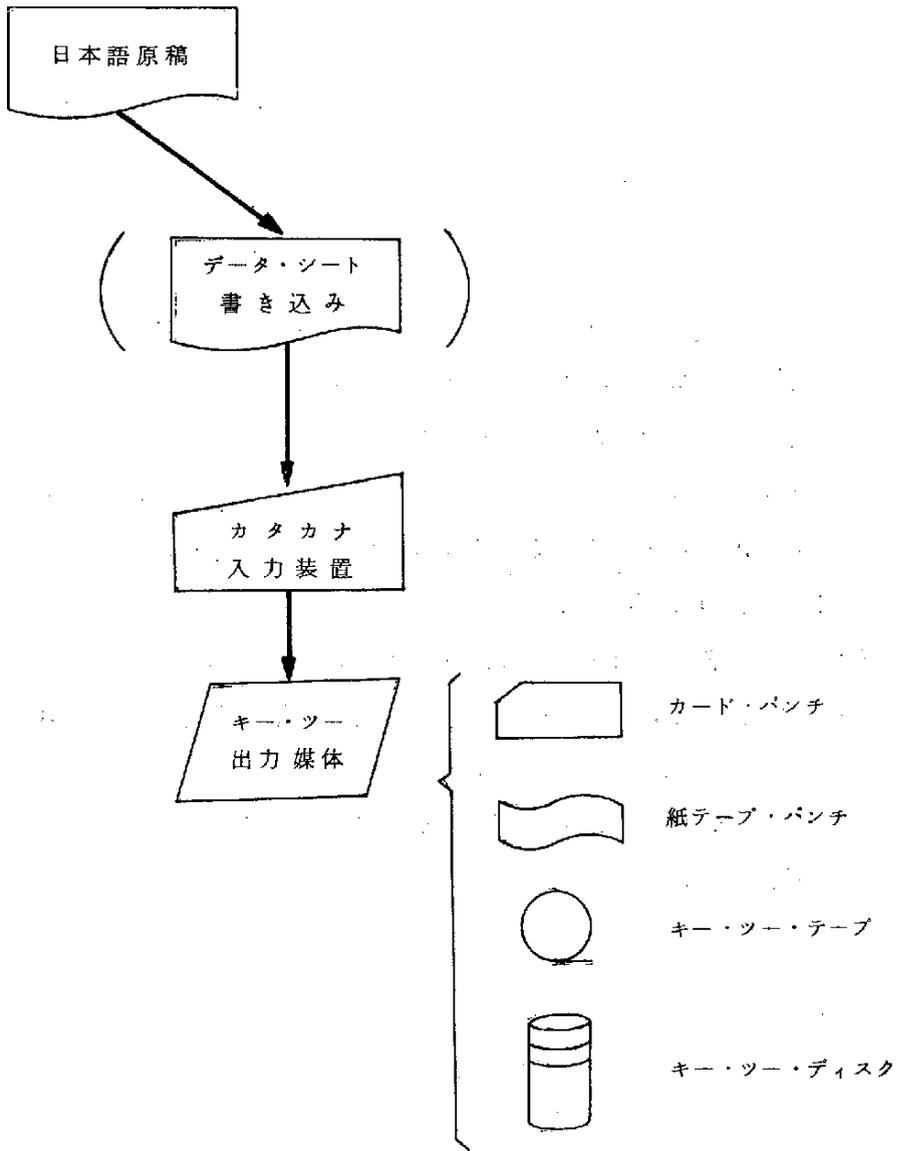


図7-1 データ作成フロー①

(2) 日本語文書を読みながら入力パンチを行なう方法。

カナ入力システムの構成を図7-2に示す。

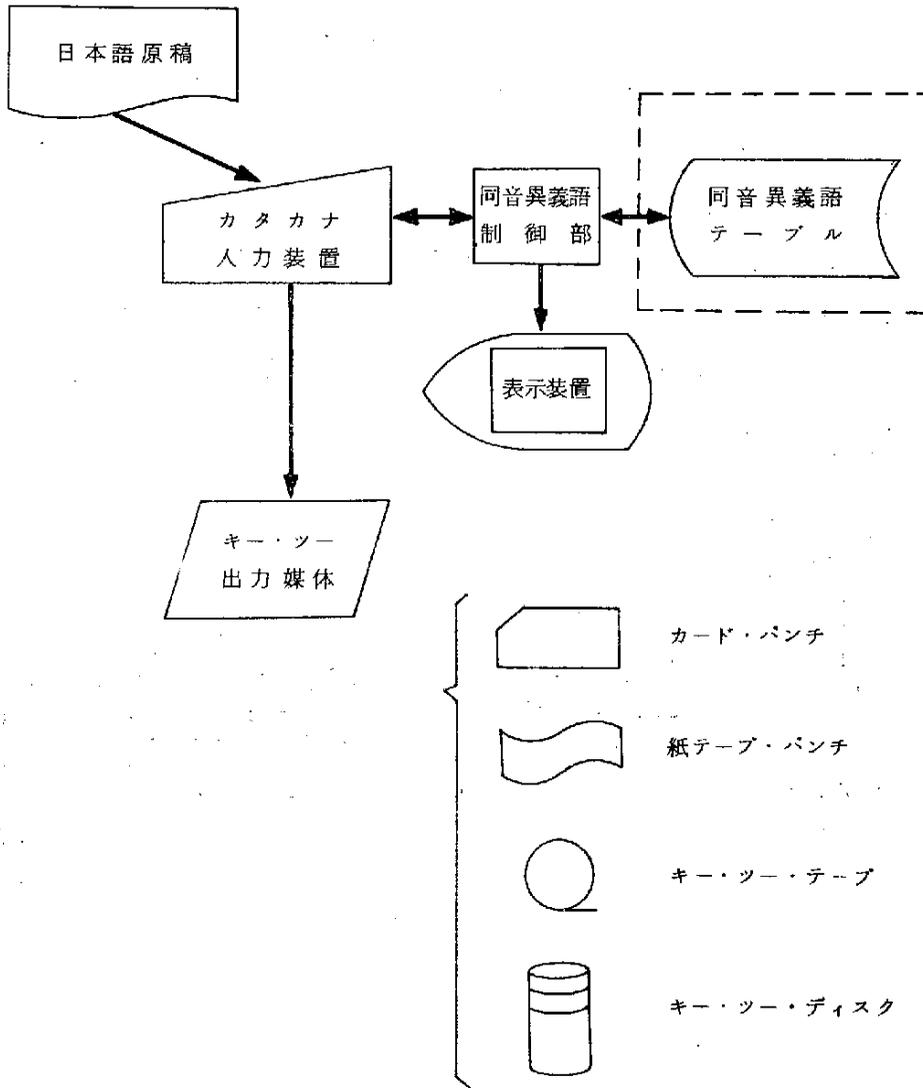


図7-2 データ作成フロー②

この入力システムの大きな特長は、同音異義語の表示機構にある。

操作方法は①の方式と同様にカタカナ・キーボードのタッチ（あるいはパンチ）で操作者が出力媒体にデータを入力し、漢字キー「#」、カタカナ・キー「*」によって文書中の漢字・仮名を区分する。

このカタカナ入力システムにおける同音異義語制御部、および表示装置、テーブルの関連を図7-3の操作フローに示し、その概要を述べる。

まず、カタカナ入力装置の操作者（データ作成者）は、日本語の原稿を読みながら、同時にカタカナ・キーボードをタッチ（パンチ）する操作を行なうが、この時、原文（原稿）中に漢字が現われたならば、漢字区分のために漢字ファンクション・キー（この例では「#」）をタッチし、つづいて、その漢字の読みをカタカナ入力する。漢字は、前にも述べたように、単語（1～3字の熟語）単位に分割あるいはまとめて1区分と

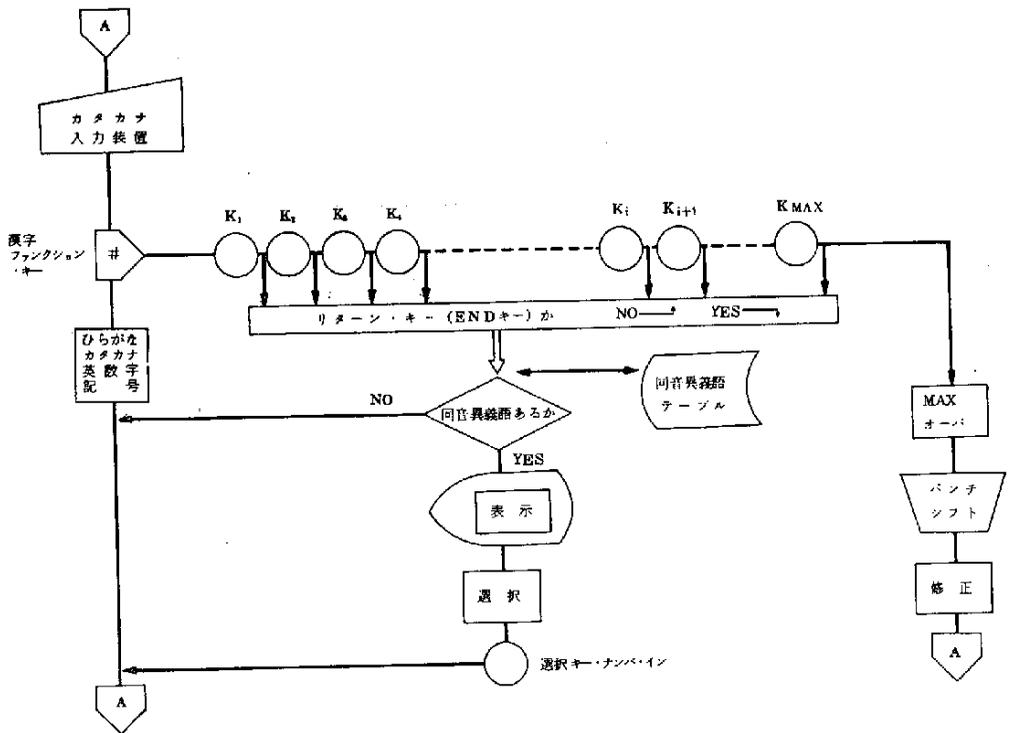
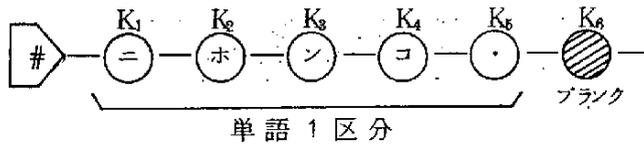


図7-3 カタカナ入力システム操作フロー

する。1区分のためのリターン・キー（漢字単語の END キー）は、カタカナ以外ならばいずれのキーをタッチしてもシステムが自動的に判断する（END キーを別に付しても良い）。

（例）〔日本語についての……………〕



リターン・キーの信号が同音異義語制御部に入力されると、「#」からリターン・キーまで（上例では「ニホンゴ」）の読みに対して同音異義語があるかないかのチェックがその制御部で行なわれる。（ファンクション・キーの信号が入力されると、あとに続く漢字の読み仮名の入力からはチェック・レジスタに記憶がはじまり、リターン・キーまで続く。）

制御部では、チェック・レジスタに記憶された読みを、同音異義語テーブルと照合し、同音異義語がある時は、制御部をとおして表示装置に信号が送られる。表示装置への信号とは、つまり同音異義語テーブルに対応する表示アドレスのことで、このアドレス指示は制御部にてコントロールされる。

キーボード操作

(例) [情報処理システム…………]

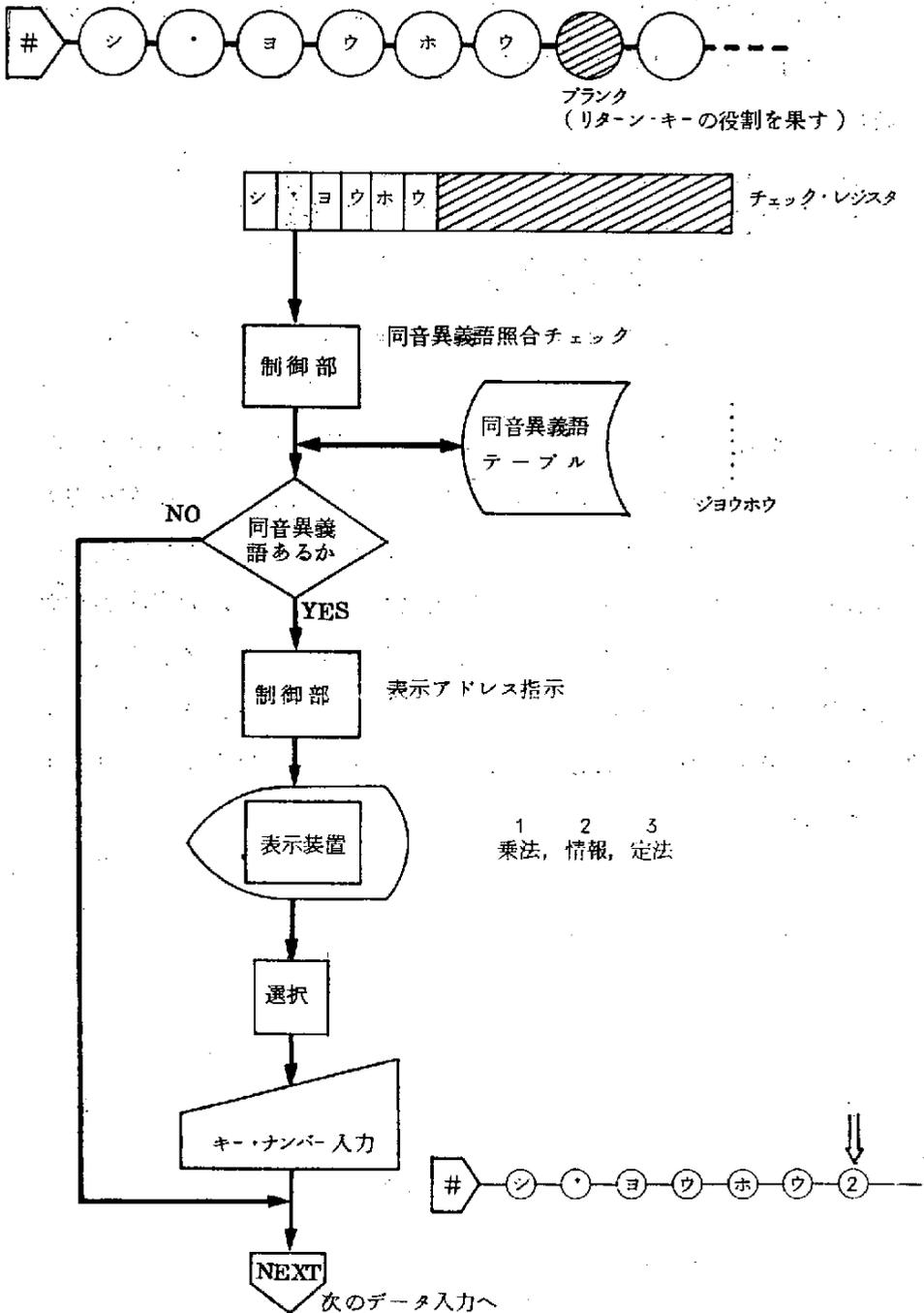
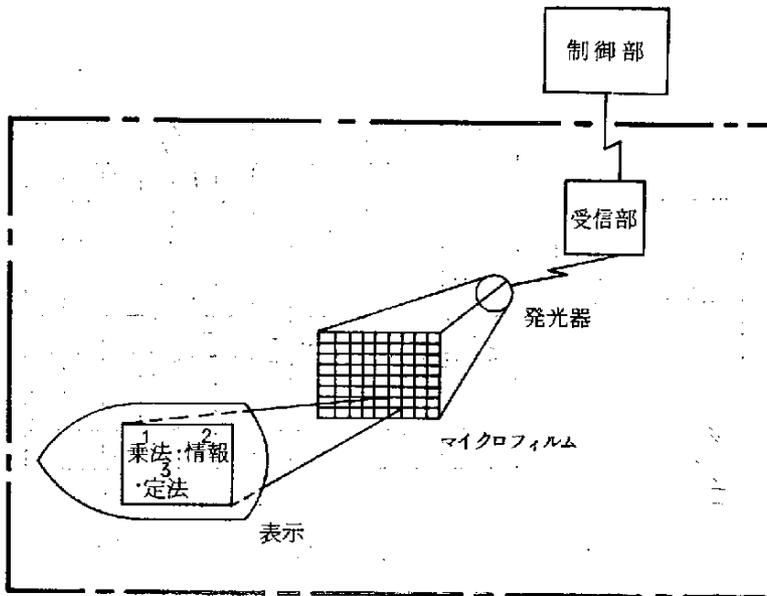
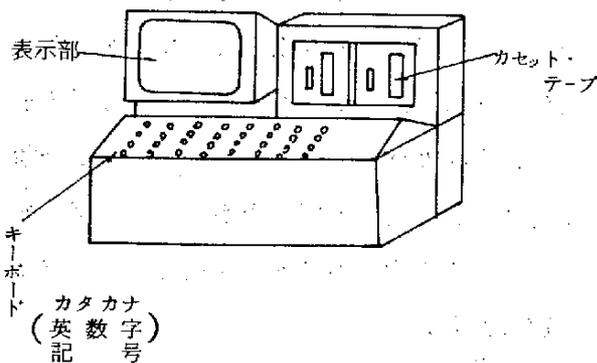


図7-4 同音異義語フロー

表示装置の概要としては、制御部からの受信部、マトリックス・テーブル・マイクロフィルム (MTM; Matrix Table Microfilm), マトリックス発光器, 表示部などで構成される。



キー・ツープ・テープ・カタカナ入力システム



表示例

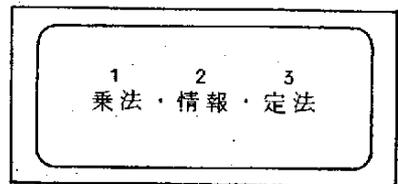


図7-5 表示装置の概要

マトリックス・テーブル・マイクロフィルムは、アドレス制御に対応したマトリックス構成になっており、発光器が受信号によって、マトリックスの1コマを表示する。

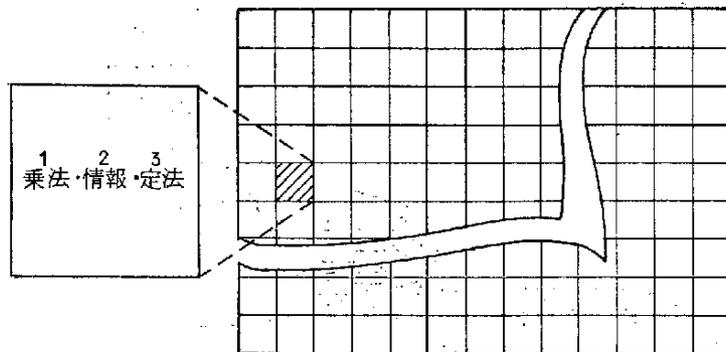


図7-6 マトリックス・テーブル・マイクロフィルム

現在開発されているマイクロフィルムには1枚に約200ページ以上(1ページ:約A4版の縮小サイズ)の記録が可能であり、同音異義語表示サイズならば、1,000ページ(コマ)に相当するものと思われる。

この実験では、約300の同音異義語しかとり扱っていないが、このカタカナ入力システムを実用化するにあたって、さらに同音異義語を追加する必要性があったとしても、現在のマイクロ・フィルミングの技術で十分実現されるものと考えられる。専門分野別の変換単語テーブルを採用することによって、専門カタカナ入力システムの規模をコンパクトにできるので、実現化の可能性は大きい。

また、分野別にモジュール化した変換テーブルと、マトリックス・テーブル・マイクロフィルムを用意しておき、必要に応じてモジュールごとと交換すれば、システムの利用価値はさらに高まる。

7.5 コード変換処理

変換単語テーブルの記憶構造によって変換処理の方法は異なるが、コード変換自体は、EBCDICコード（カタカナ，英数字，特殊記号）から漢字プリンタ・コードへの変換を行なうことである。

EBCDICコードは，一般に8ビットで文字を表現しており，組み合わせとしては 2^8 個可能であるが，一般に使われる文字数は128種ほどである。

いっぽう，現用の漢字プリンタでは，当用漢字や教育漢字を含めて約5000字に相当するコードがあり，ひらがな，カタカナ，特殊記号についてもそれぞれ漢字プリンタ・コードに変換せねばならない。そのため，日本語文書に書かれている漢字を1字ごとにコード変換していたのでは，処理回数も，同音異義語の表示回数も多くなって時間的，経済的かつ人間工学的にも問題がある。

これに対して，この実験システムでは，繰り返し述べているように，単語単位で変換を行なうので，変換処理のための漢字コードのサーチ回数は減少し，同音異義語の処理回数も大巾に減るので効果的である。

以下に記憶構造別の変換処理を述べる。

変換入力データは，キー・ツー・出力媒体として磁気テープをベースに処理しているが，将来の実用システムでは，任意の媒体でも可能である。

また，変換単語テーブルの記憶装置は，磁気ディスクである。

7.5.1 階層構造でない変換単語テーブルを使用した処理

階層構造をとらない場合の記憶構造については，すでに7.3節で述べてあるので，ここではその変換単語テーブルの検索と，インコアでのサーチについて，図7-7，図7-8のフローを解説する。

まずコード変換要求データを1レコードだけ読み込み，たとえば漢字単語の場合には1セグメント（1区切り）づつ，あるいは英数字やひらがなの場合には1文字（1バイト単位）づつサーチを行なう。すなわち，

- (1) 読み込みデータの記憶領域で，漢字キーの「#」コードをサーチする

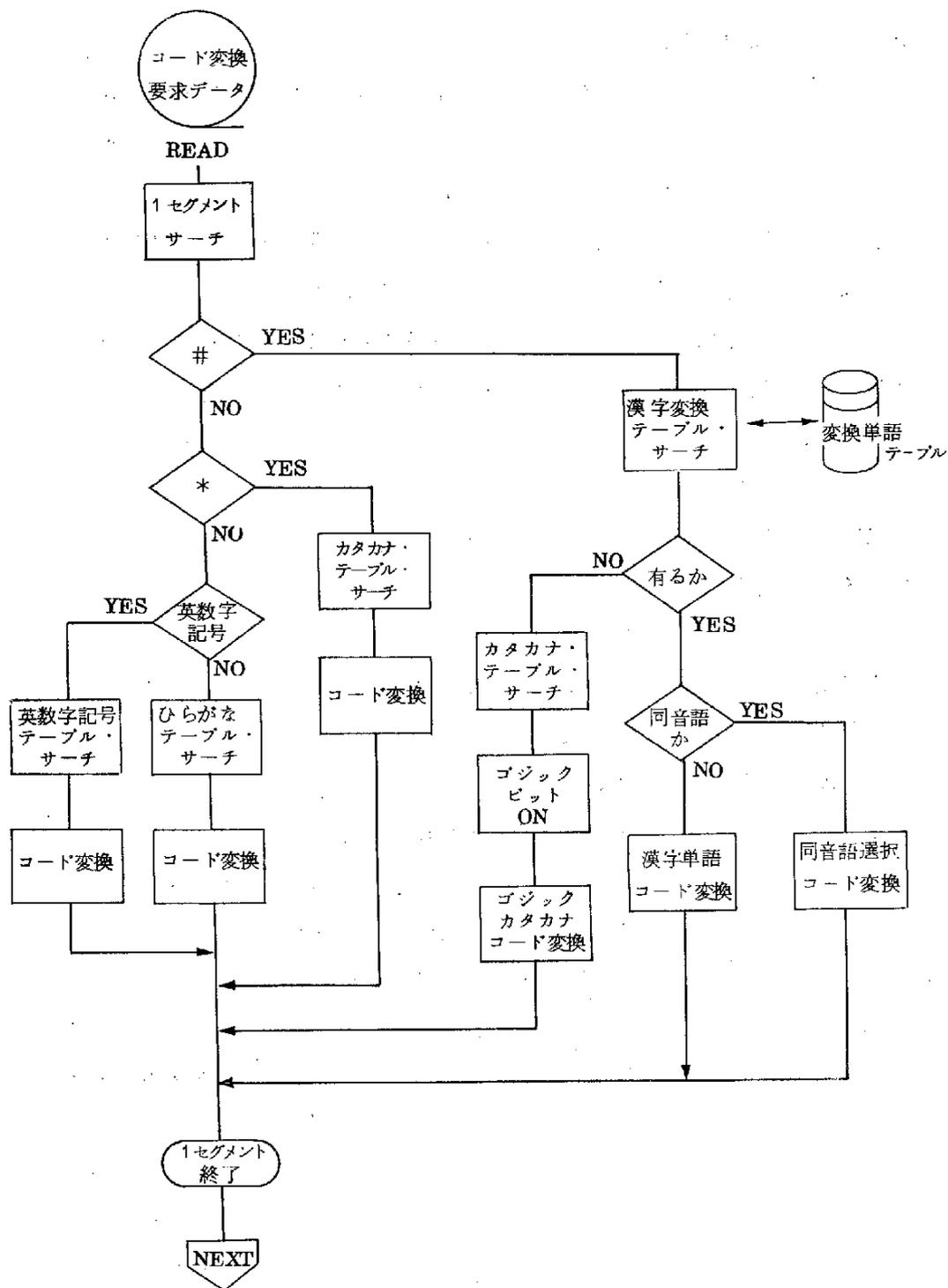


図7-7 コード変換フローA(1)

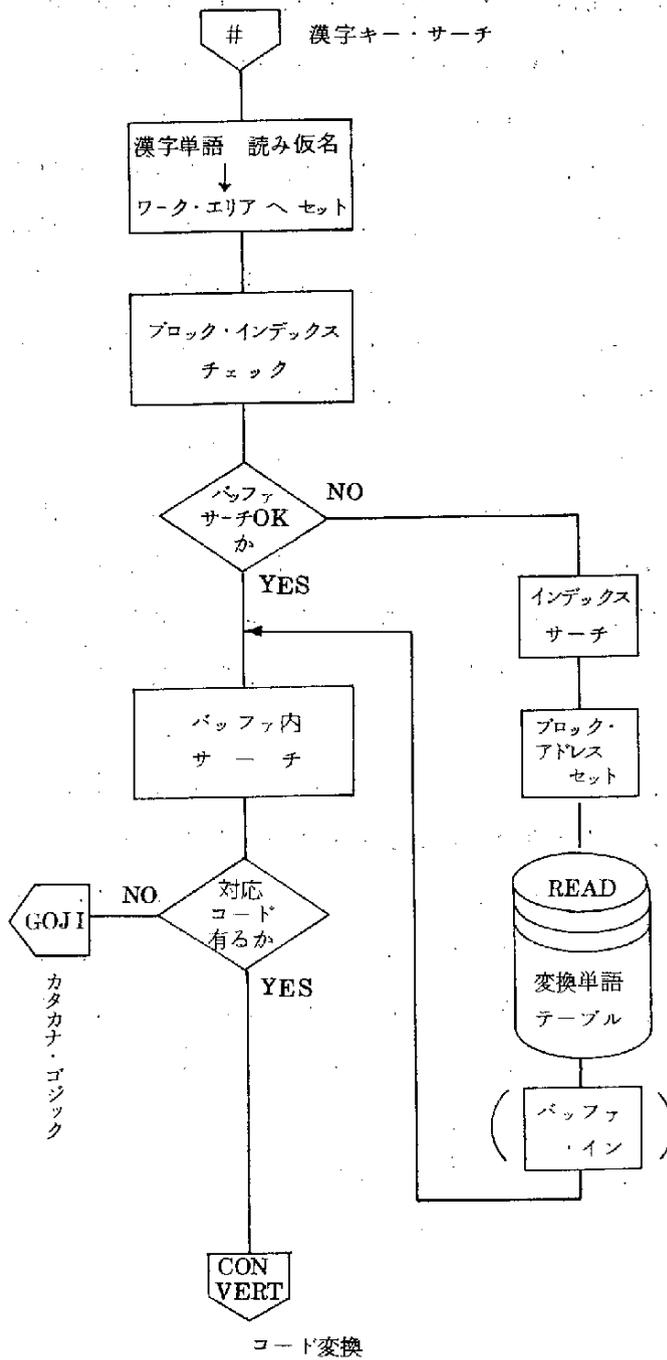


図7-8 コード変換フローA(2)

と、漢字変換テーブルをサーチする処理ルーチンへ進む。(図7-8フローA(2)) 「#」のつぎの文字から単語の区切りまで、つまり END キーを表わすコードをサーチするまでの、一連のカナ文字をワーク・エリアに移す。ここで、必ず END キーのコードにはカナ文字以外のコードを用いなければならない。このようにして、漢字単語の1セグメント分がワーク・エリアにセットされる。

つぎに、ワーク・エリアにセットされた1単語分のカナ文字が、テーブル・バッファに入っている変換単語テーブルの中にあるかどうかを、そのテーブル・バッファに常駐しているインデックスを使って調べる。もし、変換単語テーブルの中にある場合は、インデックスのサーチを行なって適合するブロックのアドレスを求め、そのアドレスを使って磁気ディスクに格納してある変換単語テーブルのブロックをテーブル・バッファにダイレクトに読み込む。変換するカナ文字と同じコードをテーブル・バッファの中からサーチし、そこで、対応したコードが見つかったら漢字コードに変換される。もし対応したコードが無い場合にはカタカナ・ゴシック・コード変換処理ルーチンへ進む。

- (2) カタカナ・キーの「*」をサーチするとカタカナ・テーブルをサーチする処理へ進み、カタカナ・コードのアドレス計算を行なって、対応するコードをダイレクトにとり出し、変換を行なう。
- (3) カタカナをゴシック・コードに変換する処理は、カタカナ・テーブルのサーチと同様の手順で、対応するコードをカタカナ・テーブルからとり出し、さらに漢字プリンタ・コードの16ビット目をオンにすることで、ゴシック文字のコードに変換する。

なお、このゴシック処理の目的は、漢字コード変換の要求にもかかわらず登録単語がないためにカタカナ出力される場合と、原文がもともカタカナで、カナ出力を要求する場合とを区別して、その出力情報に対する読者の理解度を高めるためである。

- (4) ひらがなについては、カタカナ・キー「*」のないカナ・セグメントに対してコード変換する。
- (5) 英数字・特殊記号については、それぞれのテーブルをダイレクト・サーチしてコード変換する。

7.5.2 階層構造の変換単語テーブルを使用した処理

これは、変換単語テーブルを3つのレベルに分割し、各レベルの変換単語テーブルで変換を行なった場合の効果と損失とを考察するための処理である。

- (i) 専門語および同音異義語
- (ii) 専門的一般語（使用頻度の多い一般語）
- (iii) その他一般語

上記の3つに分割した変換単語テーブルの構造と、コード変換処理の手順を図7-9、図7-10に示す。

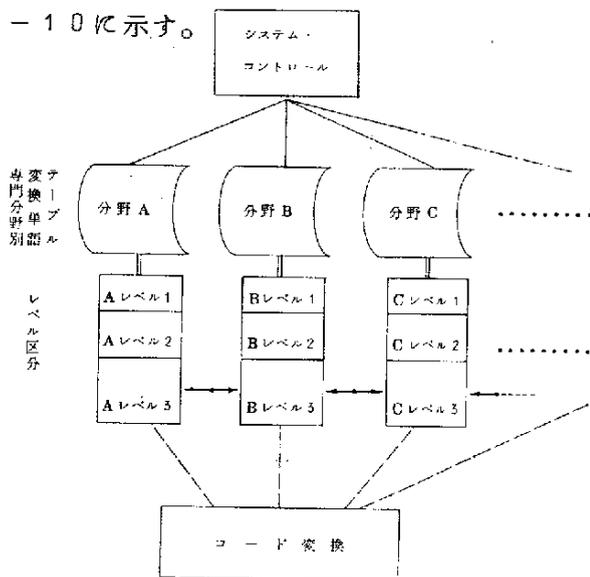


図7-9 システム・コントロールとファイル構造

〔注〕 実験システムでは、電気工学の分野をとりあげ、前述のようにレベルを3つに分割した。

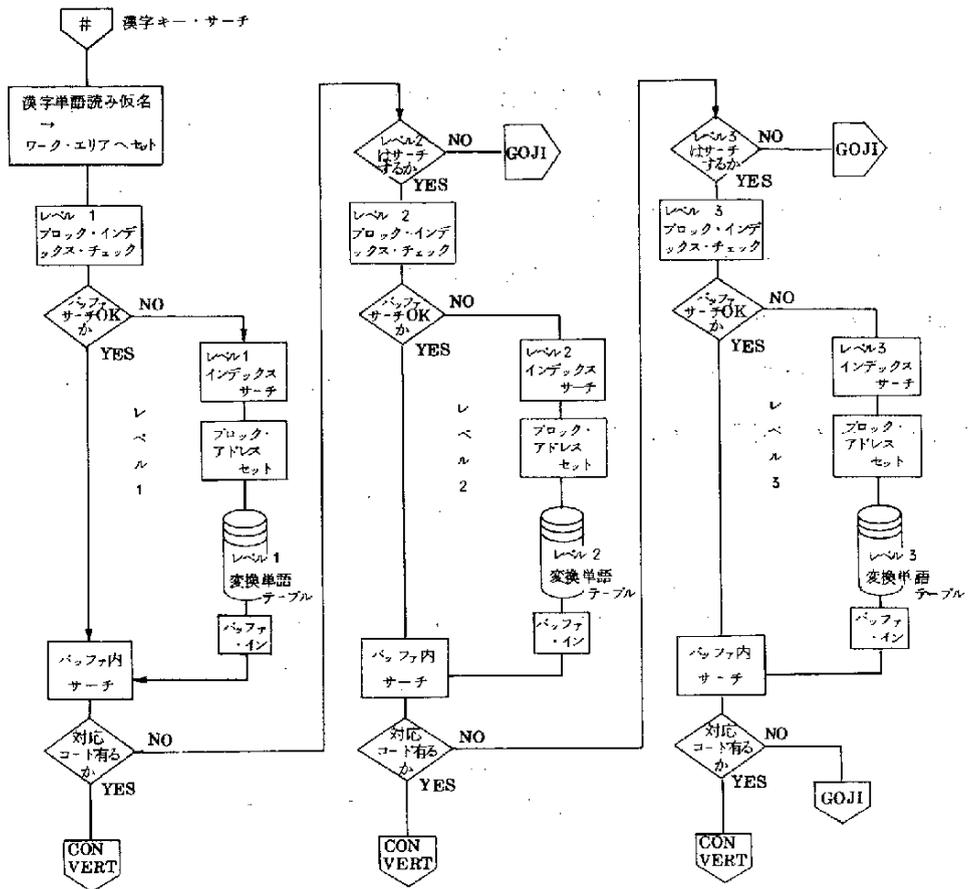


図7-10 コード変換フローB

はじめに、コード変換フローBの手順を解説する。まず、漢字キー「#」をサーチしてからワーク・エリアにセットするまでは、フローAの解説と同様である。つぎに、レベル別変換単語テーブルのサーチ方法を述べる。なお、この実験では、利用者の要望、つまり変換率と変換処理時間という、利用者からの制約条件を考慮してカナ漢字変換の処理を行ない、変換単語テーブル別のそれぞれを出力した情報について理解度を比較している。

(1) レベル1のみの変換

利用者の要望が変換率をアップすることよりも、出力のあいまいさが幾分でも減少すれば、短い処理時間のほうが望ましいという場合には、同音異義語を中心にした、レベル1の変換処理を行なう。

レベル1には、出力情報で、漢字になっていないと誤解されやすい漢字単語、つまり、もっともあいまいな漢字単語を格納しておかなければならない。したがって、この分野での専門用語と同音異義語の理解度を十分に考慮してレベル1の変換単語テーブルを作る必要がある。

(2) レベル1, 2の変換

レベル1で変換されなかった漢字単語部分(1セグメント単位)に対して、さらにレベル2をサーチする。

レベル2には、専門語ではないが、この分野に多く使われると思われる漢字単語が格納されている。このため、レベル1と2の変換処理を行なって出力した漢字かな混り文の理解度はレベル1だけのときよりも向上する。

(3) レベル1, 2, 3の変換

レベル3までの変換処理を行なうと、変換処理に要する時間は長くなり時間的損失が生じるけれども、変換率をもっとも高くなる。

なお、レベル1, 2, 3までの処理を行なえば、すべて階層構造をとらない変換単語テーブルによるサーチ方法の場合と同様な変換率が得

られるわけであるが、階層構造の変換単語テーブルを使用した処理では、当然各レベルの変換単語テーブルを分離して格納しているのに、磁気ディスクのサーチ・タイムが長くなり、時間的損失が多くなってしまふ欠点がある。しかしながら、大量なデータ（テーブル・ファイル）を格納し、サーチしなければならない変換処理システムでは、階層構造の変換単語テーブルによるファイル・メンテナンスなどの利点を考慮しなければならない。実験システムで行なったレベル指定別の交換率は、表7-1のとおりである。

レベル指定	テーブル格納単語数	交換率
1	レベル1： 872語	31.35%
2	レベル1： 872語 レベル2： 1011語	64.23%
3	レベル1： 872語 レベル2： 1011語 レベル3： 1081語	71.25%

表7-1 レベル指定別交換数

70件（1データ376バイト）の実験データを取りあげたところ、漢字変換要求のあったセグメント数は合計1,496件であった。これは、1データにそれぞれ約20件の要求があったわけである。階層構造をとらない変換単語テーブル（階層構造をとる場合は、レベル3指定と同様）の格納単語総数は2,964語である。この変換単語テーブルを使用してゴード変換した結果、変換単語テーブルに格納した2,964語のうち、使用単語は約400語だけという実験データの偏りがみられた。

この結果は、実験データが少なかったことと、データに引用した雑誌も1種類であったことにもよる。また、実験システムの変換単語テ

ーブルには、電気専門語ではあるが、すでに陳腐化した単語を、未整備なものもいくつか格納されていたので、実用システムの作成にあたっては、実験システムでひん度統計を十分に繰返して変換単語テーブルの最適化をはかる必要がある。この実験において、カタカナ・ゴジックで出力された、いわゆる不足単語は約200語であった。この不足単語は、ほとんどが一般語であり、このような結果は、「電気工学ハンドブック」のみからリスト・アップして変換単語テーブルを作成したために生じたものと考えられる。

7.6 出力編集処理

漢字プリンタ・コードに変換処理されたデータ（磁気テープに出力されたもの）を、学習研究社に設置のJEM-3850およびHITAC-10をベースにした自動編集処理システムにかけて出力した例を図7-11に示す。そこには、比較のためカタカナ出力、レベル1のみの変換出力、レベル1・2の変換出力、レベル1・2・3（全テーブル・サーチ）の変換出力の4つの出力形態と原文書とが併記されている。

図7-11の出力情報は、編集・訂正などの2次処理をほどこさないままのモータ出力であり、実験結果としては、この時点での変換率が求められている（表7-1）。図7-11の出力情報を見ればわかるように、出力情報の見やすさと、あいまいさの解消によって読者の理解度は変換処理のレベルごとに向し、最終的にはレベル1、2、3の段階で得られた出力情報の変換率は約70%程度であったが、この出力情報に対する読者の理解度は100%に近いものと思われる。これは、漢字に変換されなくとも、その漢字単語をゴジックで出力するという処理によっても、読者の理解度が満足されることを意味している。

図7-11 漢字かな混り文出力

(i) カタカナ出力

(0-A) ゲンシリョク プラント ノ アンゼンセイ ニ
 カンスル サイダイ ノ ギジユツテキ モンダイ
 イ ハ ホウシユツ ホウシヤノウ カラ ホウ
 シヤセイ ゲンソ オノゾクコトデアル。ココデ
 テイアン サレテイル テイオン シヨリホウ
 ハ、ウンテンヒ ハ コウカ デアルガ、40ネ
 ン イジヨウ ノ シヨウキヤク オカンガエテ、
 シホンヒ、セツビヒ ガヤスタナルトイウ メリ
 ツト ガアル。

(0-B) ガスタービン オ ハツデンヨウ ニ リヨウ
 スル バアイ ハ、コンニチ マデハ ピーク
 ヨウ ニ カギラレテイタガ、サイキン ノヨウ
 ニ ネンカン 900マンKW ニモオヨブ ハ
 ツチュウガアルト ハイネツ、カイジユウ ツウ
 チ トクミアワセル ジュウヨウ ナ イミ ガ
 デキタ。タトエバ、アメリカ ノ DUKE P
 OWER シヤデハ、ロウキユウ カリョク ハ
 ッデンシヨ オ ハイネツ、カイシユウ ボイラ
 ツキ ガスタービン デ フツキユウ サセル
 ホウホウ オ モチイテ コウカ オアゲテイル。

(0-C) ケイサンキ ノ セイノウ ニ ゲンカイ ガア
 ルトスレバ、ソレハドノクライノ アタイ ナノ
 カ、マタナニニヨツテウケル セイヤク デアル
 カ、ソノゲンカイ ニ ケイサンキ ノ セイノ
 ウ オチカズケルタメニハ、ドノヨウナコトオン
 タラヨイカハ、ヒジヨウ ニ ジュウヨウ ナ
 モンダイ デアル。

(0-D) ジュウライ、デンデン コウシヤ デハ、ヒジヨ
 ウヨウ ハツデン ソウチ ニハ テイチシキ、
 イドウシキ、オトハズ ディゼル キカン オ
 シヨウ シテキタガ、デンキ ツウシン セツビ
 ノ ダイキボカ ニトモナツテ、ヘリコプタ ヨ
 ウ ノ ジェットガスタービン オ シヨウ シ、
 ジュウライ ノ 4パイ ニ、ダイヨウ リヨウ
 カ シタ イドウシキ ハツデン ソウチ オ
 カイハツ シ、シユヨウ トシ ニ ハイピス
 ル ケイカク オススメテイル。

(0-E) スリウム ハ シントウセイ ガタカイノデ、プ
 ラウン カン ヤ デンキユウ ハ タイアツ、
 タイ ヘリウム ヨウ ニ カイゾウ サレテイル。
 イジヨウ オ ツウジ デンキ セツビ ニ
 ハナンラ トラブル ガシヨウジナカッタ。

(i) レベル 1

(1-A) 原子力プラントのアンゼン性にかんするサイダイのギジュツテキモンダイはホウシユツホウシヤノウからホウシヤセイゲンソをのぞくことである。ここでテイアンされているテイオンシヨリホウは、ウンテン費はコウカであるが、40ネン以上のシヨウキヤクをかんがえて、シホン費、セツビ費がやすくなるというメリットがある。

(1-B) ガスタービンを発電用にリヨウするバイイは、コンニチまではピーク用にかぎられていたが、サイキンのようにネンカン900マンKWにもおよぶハツチュウがあるとハイネツカイシユウソウチとくみあわせるジユウヨウなイミがでてきた。たとえば、アメリカのDUKEPOWER社では、ロウキユウ火力発電所をハイネツカイシユウボイラつきガスタービンでフツキユウさせるホウホウをもちいて効果をあげている。

(1-C) 計算機のセイノウにゲンカイがあるとすれば、それはどのくらいのアタイなのか、またなにによってうけるセイヤクであるか。そのゲンカイに計算機のセイノウをちかずけるためにはどのようなことをしたらよいかは、ヒジヨウにジユウヨウなもんだいである。

(1-D) ジユウライ、デンデンコウシヤでは、ヒジヨウ用発電ソウチにはテイチ式、イドウ式、をとわずディーゼル機関を使用してきたが、電気通信セツビの大キボ化にともなって、ヘリコプタ用のジェットガスタービンを使用し、ジユウライの4倍に大容量化したイドウ式発電ソウチをカイハツし、シユウウトシにハイビするケイカクをすすめている。

(1-E) ヘリウムはシントウ性がたかいのでブラウン管や電球はタイアツ、対ヘリウム用にカイソウされている。以上をつうじ電気セツビにはなんらトラブルがしやうじなかった。

(iii) レベル 2

- (2-A) 原子力プラントの安全性にかんする最大の技術的問題は放射能から放射性ゲンをのぞくことである。ここでテイアンされているテイオン処理法は、運転費はコウカであるが、40ネン以上の償却をかんがえて、シホン費、設備費がやすくなるというメリットがある。
- (2-B) ガスタービンを発電用にリヨウするパイは、コンニチまではピーク用にかぎられていたが、サイキンのようにネンカン900マンKWにもおよぶハツチユウがあると廃熱回収装置とくみあわせるジユウヨウをイミがでてきた。たとえば、アメリカのDUKEPOWER社では、ロウキユウ火力発電所を廃熱回収ボイラつきガスタービンで復旧させる方法をもちいて効果をあげている。
- (2-C) 計算機の性能に限界があるとすれば、それはどのくらいのアタイなのか、またなにによってうけるセイヤクであるか、その限界に計算機の性能をちかづけるためにはどのようなことをしたらよいかは、非常にジユウヨウなもんだいである。
- (2-D) ジユウライ、デンデン公社では、非常用発電装置にはテイチ式、移動式、をとわずディーゼル機関を使用してきたが、電気通信設備の大規模化にともなって、ヘリコプタ用のジェットガスタービンを使用し、ジユウライの4倍に大容量化した移動式発電装置を開発し、主要都市にハイビする計画をすすめている。
- (2-E) ヘリウムはシントウ性がたかいのでブラウン管や電球は耐圧、対ヘリウム用にカイソウされている。以上をつうじ電気設備にはなんらトラブルがしょうじなかつた。

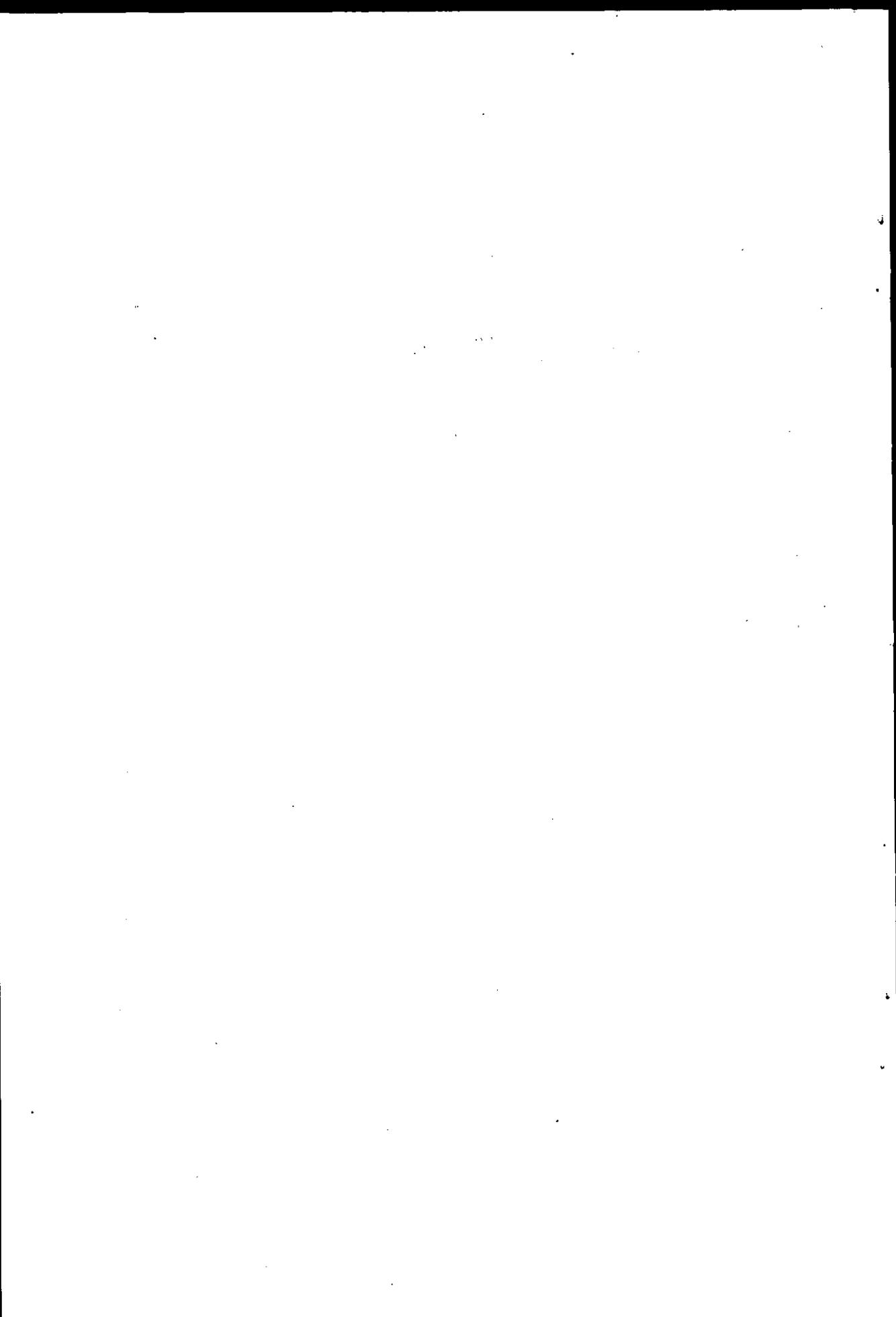
(iv) レベル 3

- (3-A) 原子カプラントの安全性にかんする最大の技術的問題は放出放射能から放射性元素をのぞくことである。ここでテイアンされているテイオン処理法は、運転費はコウカであるが、40ネン以上の償却をかんがえて、シホン費、設備費がやすくなるというメリットがある。
- (3-B) ガスタービンを発電用にリヨウするパイは、コンニチまではピーク用にかぎられていたが、サイキンのようにネンカン900マンKWにもおよぶハツチユウがあると廃熱回収装置とくみあわせる重要なイミがでてきた。たとえば、アメリカのDUKEPOWER社では、ロウキユウ火力発電所を廃熱回収ボイラつきガスタービンで復旧させる方法をもちいて効果をあげている。
- (3-C) 計算機の性能に限界があるとすれば、それはどのくらいの値なのか、またなにによってうけるセイヤクであるか。その限界に計算機の性能をちかずけるためにはどのようなことをしたらよいかは、非常に重要なもんだいである。
- (3-D) ジユウライ、デンデン公社では、非常用発電装置には定値式、移動式、をとわずディーゼル機関を使用してきたが、電気通信設備の大規模化にともなって、ヘリコプタ用のジェットガスタービンを使用し、ジユウライの4倍に大容量化した移動式発電装置を開発し、主要都市にハイビする計画をすすめている。
- (3-E) ヘリウムは浸透性がたかいのでブラウン管や電球は耐圧、対ヘリウム用にカイゾウされている。以上をつうじ電気設備にはなんらトラブルがしょうじなかつた。

(V) 原文

- (A) 原子力プラントの安全性に関する最大の技術的問題は放射能から放射性元素を除くことである。ここで提案されている低温処理法は、運転費は高価であるが40年以上の償却を考慮して、資本費、設備費が安くなるというメリットがある。
- (B) ガスタービンを発電用に利用する場合は、今日まではピーク用に限られていたが、最近のように年間900 KWにもおよぶ発注があると廃熱回収装置と組合せる重要な意味がでてきた。たとえば、アメリカのDUKE POWER社では、老朽火力発電所を廃熱回収ボイラ付ガスタービンで復旧させる方法ももちいて効果をあげている。
- (C) 計算機の性能に限界があるとすれば、それはどれくらいの値なのか、また何によって受ける制約であるか。その限界に計算機の性能を近づけるためにはどのようなことをしたらよいかは、非常に重要な問題である。
- (D) 従来、電々公社では、非常用発電装置には定値式、移動式、を問わずディーゼル機関を使用してきたが、電気通信設備の大規模化にもなって、ヘリコプタ用のジェットガスタービンを使用し、従来の4倍に大容量化した移動式発電装置を開発し、主要都市に配備する計画を進めている。
- (E) ヘリウムは浸透性が高いのでブラウン管や電球は耐圧、対ヘリウム用に改造されている。以上を通じて電気設備にはなんらトラブルが生じなかった。

8章 今後の課題



8章 今後の課題

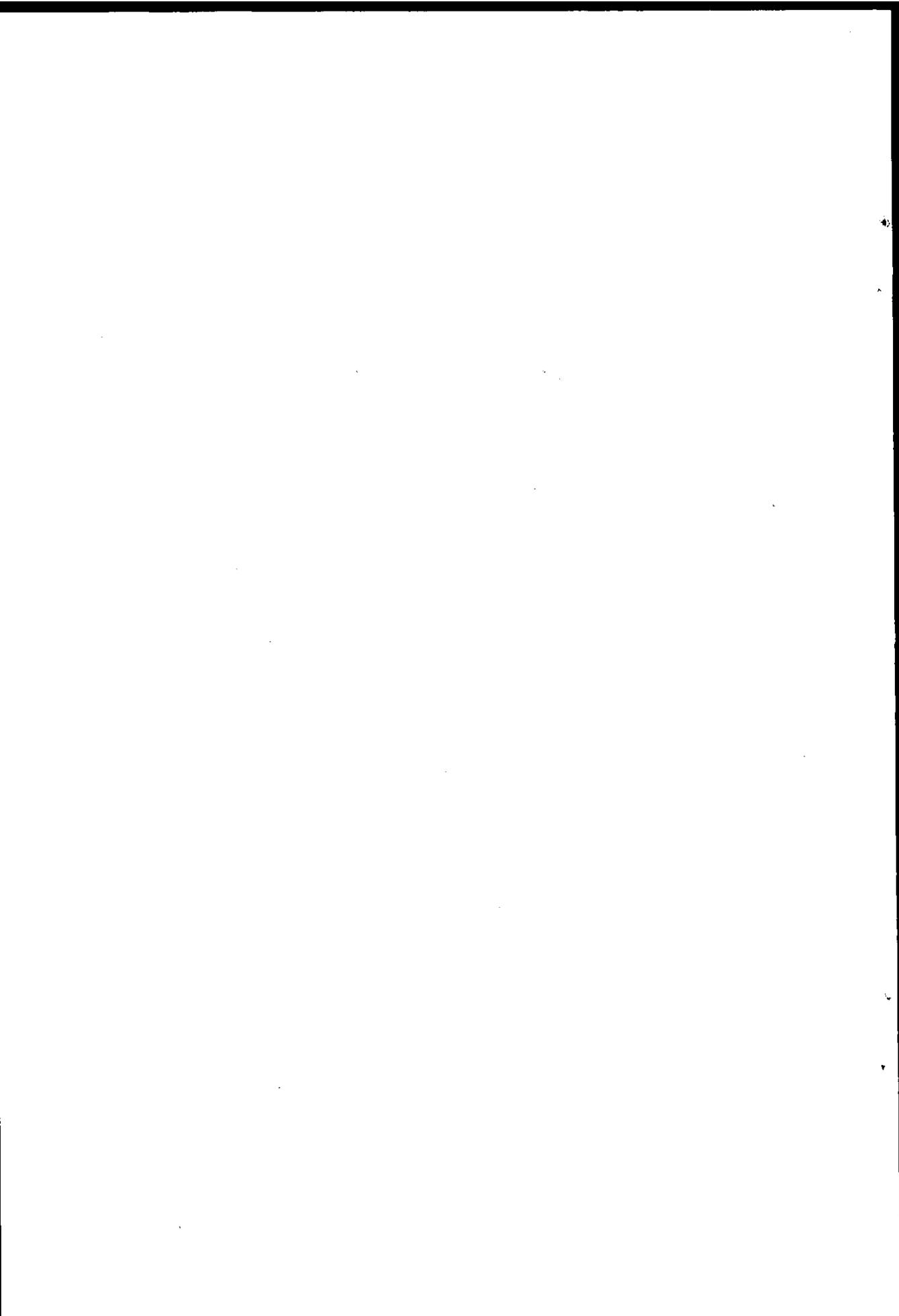
大規模な組織を管理、運用するための情報処理システムが果さなければならぬ使命は、トップマネジメントから現場の管理者にいたる、すべての意思決定者に適確な情報を都合よく提供することであり、情報の価値は、その情報を利用した意思決定者の行動が組織の管理、運用に効果を発揮することによって評価される。とくに時々刻々変動する組織を管理、運用するための情報処理システムにあたっては、情報提供の適時性と正確性のかねあいに重点を置いて情報の評価を行なうべきであり、そこに、情報処理システムを階層構造にしなければならない必然性がある。しかしながら、情報処理システムの機動性、信頼性、使いやすさなどを考慮して階層化することの合理性は、いまのところ、定性的な考察に基づいて導かれた概念にすぎない。この報告書においても、情報処理システムを階層構造にすることの合理性を強調するために、動態的な組織を管理、運用するための情報処理システムをモデル化して情報の価値が時間の経過とともに変化する模様を数量的に考察したにとどまる。電力事業や鉄鋼業における例でもわかるように、これまでのところ、情報処理システムの階層構造は派生的・増殖的に形成されてきたものといえる。今年度事業を実施した過程において、もっとも痛切に感じたのは、設計基準となる信頼性や機動性の概念を明確にすることの必要性である。たとえば情報処理システムの信頼性を、単なる機械の故障率という数学的な尺度のかわりに、機械の故障時間が情報処理システムの機能に及ぼす影響の度合で評価することなどは、その1つの考えである。じっさい、機械が故障したとき、情報処理システムの機能がたとえ0.1%下がっても問題となるような対象では、機械の故障が情報処理システムの信頼性に直接つながることになるが、情報処理システムの機能が60%に下がっても出力情報を利用する対象への障害がなければよいとする場合には、階層構造をとることによって情報処理システムの信頼性を実効的に100%とすることも可

能である。稀にしか発生しないが修理のための時間が長い故障と、比較的多発するが管理サイクルの時間内に修理可能な故障に対する評価の違いは重要である。高信頼性の機器で情報処理システムを構成することよりも、機器の故障を前提として実効的な高信頼性を維持するように情報処理システムを構成するところに、階層システムに関する研究の意義があるといえよう。この意味において、今後はさらに、階層構造をとった情報処理システムの機能を数量的に把握するための理論的考察を進めるとともに定常時には単独に働いている、階層構造をとった複数の情報処理システム間で、新しい事態に遭遇したときに、どのレベルを連系できるようにネットワーク化しておけばトータル情報処理システムとして実効的な信頼性が高められるかなども究明する必要がある。

この報告書では、情報の価値を高めるための工夫の1つとして、日本語情報処理システムにおける新しい処理方式を紹介している。すなわち情報の蓄積と伝送にはカナ文字を使用し、出力情報を漢字かな混り文にするためのカナ鍵盤入力方式である。そこでは、効率の尺度として単にカナ文字から漢字への変換率を採用せず、いわゆる出力情報を利用する者の理解度を高めることに着目したカナ漢字変換システムの有用性が強調されている。情報の価値は、必ずしも変換率の高低によって決まるのではなく、変換率がたとえ低くとも、専門分野の知識が深ければ、漢字に変換できなかった用語を太字のカナ文字で出力するという工夫だけで、十分な理解度をもった日本語情報を意思決定者に提供できることが例示されている。専門知識の浅い人達への日本語情報についても時間をかけさえすれば変換率を改善して理解度の高い出力情報を提供できることはいうまでもない。このように、人間の理解力に応じた出力情報を提供できるようにするためには、カナ漢字変換テーブルを階層化する必要があることも当然といえよう。今後は、トップから現場までの各レベルごとに漢字で出力しないと重大な誤解を招く恐れのある用語を十分に吟味して、変換テーブルの充実をはかる必要がある。今年度の研究では、同音異義語の判別回数を少なくするための手段として、漢字述語の区切りを原則として2つにした変換単語テーブル

を作成したが、変換テーブルのなかにどのような漢字を最小限いくつ単独に用意しておけば、あらゆるレベルの管理者に理解度の高い出力情報を提供できるかを解明することは有効な日本語情報処理システムを実現するための、今後の課題といえよう。また、人間工学的な感覚を導入した情報処理システムの研究として、問診形式の情報検索システムを模擬実験的に考察したが、このように、過去に利用した検索者の専門分野を情報検索システムが自動的に記憶しておいて、つぎの機会に検索者の手間を省いてやるとか、できるだけ検索者の要求を類推してすばやく情報を提供し、逐次、これをくり返して適当に検索者が満足したところで情報の提供をとめることができるといった、いわゆる学習機能をもたせた情報検索システムを研究することも、今後の課題として重要であろう。

付 録



付録 1 RELCOMP のプログラム・リスト

***** PROGRAM LIST *****

```

MAIN PROGRAME
00010 LOGICAL W
00020 INTEGER C,Z,Z1,V,0
00030 COMMON IS,IIS,M,IM,T1,T2,C,AP,Z,Z1,W,KAI
00040 DIMENSION S(40),B(10,60),R(51),P(10,20,51),RS(10,51),N(10),D(10,20
00040 1,5)
00050 0=6
00060 V=8
00070 WRITE(0,100)
00080 WRITE(0,101)
00090 READ(V) IS
00100 WRITE(0,102) IS
00110 M=0
00120 DO 1 I=1,IS
00130 READ(V)N(I)
00140 WRITE(0,103) N(I)
00150 M=MAX0(M,N(I))
00160 1 CONTINUE
00190 IM=4*M
00200 IIS=IS*4
00210 Z1=51
00220 CALL MAIN(S,B,R,P,RS,N,D)
00260 100 FORMAT(1H1,52H PROGRAME FOR CALCULATING SYSTEM RELIABILITY AND MTBF
00260 1 )
00270 101 FORMAT(1H0,22H NUMBER OF SUBSYSTEMS )
00280 102 FORMAT(1H ,5X,(2//1X,10H NUMBER OF BLOCKS )
00290 103 FORMAT(1H0,5X,13)
00310 STOP
00320 END

```

SUBROUTINE PROGRAME

```

00010 SUBROUTINE MAIN (S,B,R,P,RS,N,D)
00020 LOGICAL W
00030 INTEGER C,Z,Z1,V,0
00040 COMMON IS,IIS,M,IM,T1,T2,C,AP,Z,Z1,W,KAI
00050 DIMENSION S(IIS),B(IS,IM),R(Z1),P(IS,M,Z1),RS(IS,Z1),N(IS),D(IS,M,
00050 15)
00060 0=6
00070 V=8
00080 WRITE(0,402)
00090 DO 2 I=1,IS
00100 II2=4*I
00110 II1=II2-3
00120 READ(V,97) (S(II),II=II1,II2)
00130 WRITE(0,400) (S(II),II=II1,II2)
00140 DO 3 J=1,N(I)
00150 JJ2=4*J
00160 JJ1=JJ2-3
00170 READ(V)(0(I,J,K),K=1,5)
00175 READ(V,97) (B(I,JJ),JJ=JJ1,JJ2)
00180 WRITE(0,401) (0(I,J,K),K=1,5),(B(I,JJ),JJ=JJ1,JJ2)
00190 3 CONTINUE
00200 2 CONTINUE
00205 KAI1=0
00210 C OUTPUT CARDS 1=SYSTEM REL,2=SUBSYSTEM REL,3=BLOCK REL, 4=MTBF
00211 WRITE(0,424)
00212 READ(V) KAI
00213 10 KAI1=KAI1+1
00214 IF(KAI.GE.KAI1) GO TO 11
00215 STOP
00220 11 WRITE(0,403)
00230 READ(V) C
00240 WRITE(0,404) C
00250 IF(C.EQ.4) GO TO 2000
00252 WRITE(0,421)
00254 READ(V)T1,T2,Z
00255 Z1=Z+1
00256 WRITE(0,422)T1,T2,Z
00260 DO 5 L=1,Z+1
00270 R(L)=1.0
00280 DO 6 I=1,IS
00290 RS(I,L)=1.0
00300 DO 7 J=1,N(I)
00310 CALL COM(I,J,L,B,S,D)
00320 P(I,J,L)=AP
00330 RS(I,L)=RS(I,L)*P(I,J,L)
00340 7 CONTINUE

```

```

00350      R(L)=R(L)*RS(I,L)
00360      6  CONTINUE
00370      5  CONTINUE
00380      IF(C.NE.1) GO TO 20
00390      DO 8 L=1,Z+1
00400      T=T1+(T2-T1)*FLOAT(L-1)/FLOAT(Z)
00410      WRITE(0,101) T
00420      WRITE(6,102) R(L)
00430      8  CONTINUE
00440      GO TO 10
00450      20  IF(C.NE.3) GO TO 30
00460      WRITE(0,120) T1
00470      WRITE(0,102) R(1)
00480      DO 21 L=1,Z+1
00490      T=T1+(T2-T1)*FLOAT(L-1)/FLOAT(Z)
00500      WRITE(0,122) T
00510      DO 22 I=1,IS
00520      DO 23 J=1,N(I)
00530      JJ2=4*J
00540      JJ1=JJ2-3
00550      WRITE(0,123) (B(I,JJ),JJ=JJ1,JJ2),P(I,J,L)
00560      23  CONTINUE
00570      II2=4*I
00580      II1=II2-3
00590      WRITE(0,124) (S(II),II=II1,II2),RS(I,L)
00600      22  CONTINUE
00610      WRITE(0,125) R(L)
00620      21  CONTINUE
00630      GO TO 10
00640      30  WRITE(0,120) T1
00650      WRITE(0,102) R(1)
00660      DO 31 L=2,Z+1
00670      T=T1+(T2-T1)*FLOAT(L-1)/FLOAT(Z)
00680      WRITE(0,122) T
00690      DO 32 I=1,IS
00700      II2=4*I
00710      II1=II2-3
00720      WRITE(0,124) (S(II),II=II1,II2),RS(I,L)
00730      32  CONTINUE
00740      WRITE(0,125) R(L)
00750      31  CONTINUE
00760      GO TO 10
00770      C  MTBF VIA SIMPSON RULE
00780      2000 WRITE(0,410)
00790      READ(V)T1
00800      WRITE(0,411) T1
00810      T2=1.0E12
00820      Z=20E9
00830      H=1.0/FLOAT(Z)*(T2-T1)
00840      AS=0.0
00850      DO 2001 L=1,Z+1
00860      QS=1.0
00870      DO 2002 I=1,IS
00880      DO 2002 J=1,N(I)
00890      CALL COM(I,J,L,B,S,D)
00900      QS=QS*AP
00910      2002 CONTINUE

```

```

00920      LL=L-1
00930      AS=AS+4.0*H*QS/3.0
00940      IF(MOD(LL,2).EQ.0) AS=AS-2.0*H*QS/3.0
00950      IF(MOD(LL,4).NE.0) GO TO 2100
00960      AS=AS-H*QS/3.0
00970      WRITE(0,200) AS,LL
00980 2100   IF(LL.LT.5) E2=0.0
00990      E1=E2
01000      IF(MOD(LL,4).NE.0) GO TO 2001
01010      E2=AS
01020      IF(E1.EQ.0.0) GO TO 2010
01030      E3=E2/E1
01040      IF(E3.GE.1.01) GO TO 2010
01050      WRITE(3,420)
01060      READ(V)W
01070      IF(W.OR..FALSE.) GO TO 2010
01080      WRITE(0,201) AS
01082      RAMDA=1./AS
01084      WRITE(0,423)RAMDA
01090      GO TO 10
01100 2010   AS=AS+H*QS/3.0
01110      IF(LL.EQ.0) AS=AS-H*QS/3.0
01120 2001   CONTINUE
01179 97     FORMAT(4A4)
01180 101    FORMAT(1H0.10H FOR TIME ,F10.5,7H HOURS )
01190 102    FORMAT(1H0.20H SYSTEM RELIABILITY ,22X,F12.6///)
01200 120    FORMAT(1H0.5H FOR ,F10.5,7H HOURS )
01210 122    FORMAT(1H ,26X,5H FOR ,F10.5,7H HOURS )
01220 123    FORMAT(1H ,5X,4A4,45X,F12.6)
01230 124    FORMAT(1H0.4A4.11H SUBSYSTEM ,31X,F12.6)
01240 125    FORMAT(///5X,20H SYSTEM RELIABILITY ,42X,F12.6)
01250 200    FORMAT(1H0.F15.8.5X,I14)
01260 201    FORMAT(1H0.27H SYSTEM MTBF APPROXIMATION ,F15.8,7H HOURS )
01270 400    FORMAT(1H ,4A4)
01280 401    FORMAT(1H0.5E15.7,4A4/)
01290 402    FORMAT(1H0.10H **DATA** )
01300 403    FORMAT(1H0.5X,24H NUMBER OF OUTPUT CORDS )
01310 404    FORMAT(1H ,10X,I2)
01320 410    FORMAT(1H0.5X,10H TIME MIN )
01330 411    FORMAT(1H ,5X,F10.5,6H HOUR //10X,6H MTBF ,5X,11H ITERATION )
01340 420    FORMAT(1H0.5X,39H DO YOU WISH THE ITERATION TO CONTINUE )
01341 421    FORMAT(1H0.6X,10H TIME MIN ,11X,10H TIME MAX ,8X,10H INTERVAL )
01342 422    FORMAT(1H0.E15.7,6H HOUR ,E15.7,6H HOUR ,5X,I3)
01343 423    FORMAT(1H0.18H RATE OF FAILUR = ,F15.6)
01344 424    FORMAT(1H0.23H NUMBER OF CALCULATION )
01350      END

```

```

00010      SUBROUTINE COM (I,J,L,S,B,D)
00020      INTEGER Z,C,G
00030      COMMON IS,IIS,M,IM,T1,T2,C,AP,Z
00040      DIMENSION D(IS,M,5),B(IS,IM),S(IIS)
00050      G=6
00060      V=5
00070      T3=T1+(T2-T1)*FLOAT(L-1)/FLOAT(Z)
00080      I12=4*I
00090      I11=I12-3
00100      JJ2=4*J
00110      JJ1=JJ2-3
00120      K=D(I,J,1)
00130      IF(K.EQ.1) GO TO 1100
00140      IF(K.EQ.2) GO TO 1200
00150      IF(K.EQ.3) GO TO 1300
00160      IF(K.EQ.4) GO TO 1400
00170      IF(K.EQ.5) GO TO 1500
00180      IF(K.EQ.6) GO TO 1600
00190      IF(K.EQ.7) GO TO 1700
00200      IF(K.EQ.8) GO TO 1800
00210      WRITE(0,100)
00220      STOP

```

```

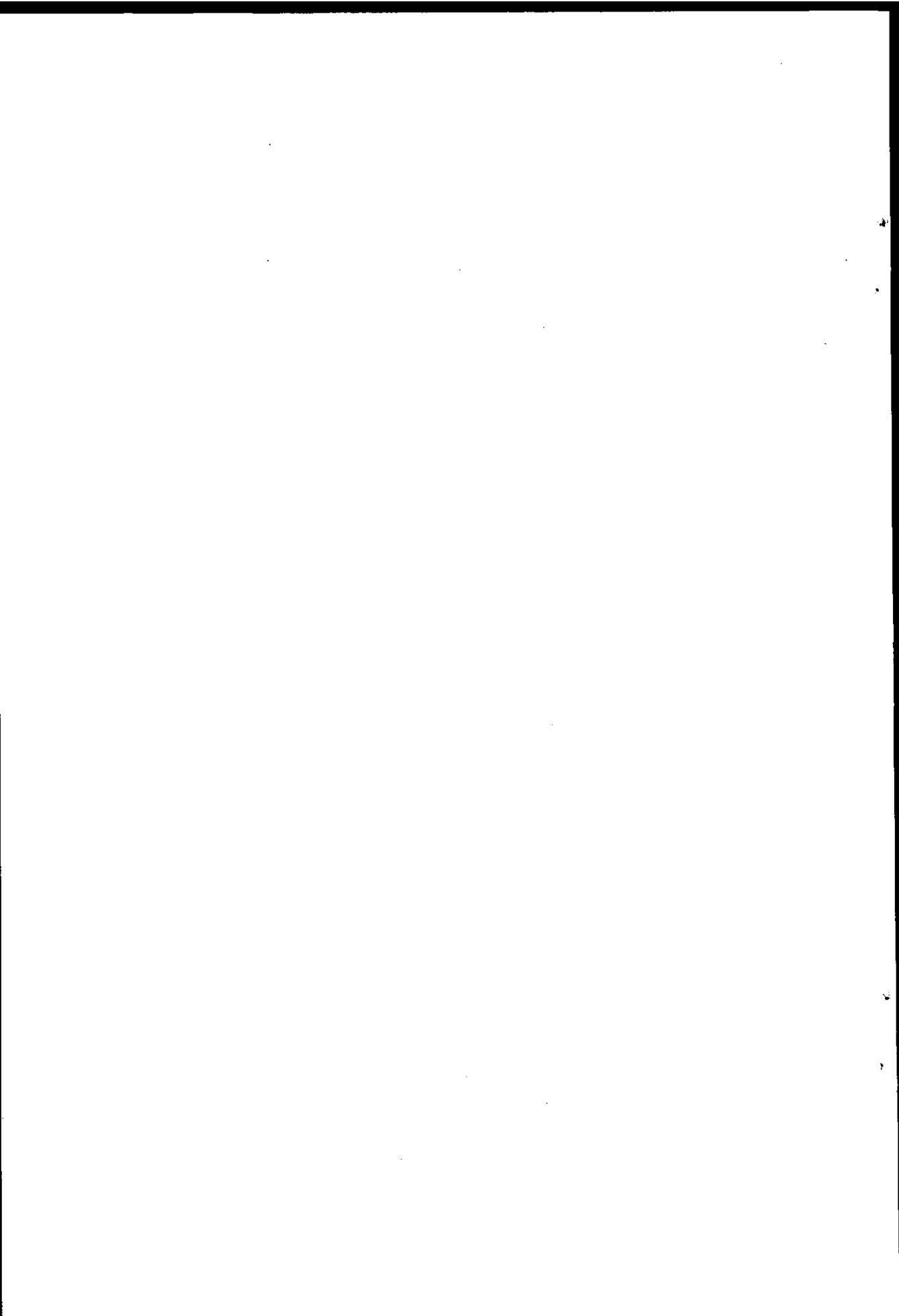
00230 1 WRITE(6,101) K.(S(II),II=I11,I12).(B(I,JJ),JJ=JJ1,JJ2)
00240 STOP
00250 1100 IF(D(I,J,3).NE.0.0.OR.D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00260 IF(D(I,J,2).NE.0.0) GO TO 1110
00270 GO TO 1
00280 1110 F=EXP(-D(I,J,2)*T3)
00290 G=EXP(-D(I,J,2)*T1)
00300 AP=F/G
00310 RETURN
00320 1200 IF(D(I,J,3).NE.0.0.OR.D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00330 IF(D(I,J,2).NE.0.0) GO TO 1210
00340 GO TO 1
00350 1210 F=2.0*EXP(-D(I,J,2)*T3)-EXP(-2.0*D(I,J,2)*T3)
00360 G=2.0*EXP(-D(I,J,2)*T1)-EXP(-2.0*D(I,J,2)*T1)
00370 AP=F/G
00380 RETURN
00390 1300 IF(D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00400 IF(D(I,J,2).NE.0.0.AND.D(I,J,3).NE.0.0) GO TO 1310
00410 GO TO 1
00420 1310 F=EXP(-T3*D(I,J,2))+EXP(-T3*D(I,J,3))-EXP(-T3*(D(I,J,2)+D(I,J,3)))
00420 1)
00430 G=EXP(-T1*D(I,J,2))+EXP(-T1*D(I,J,3))-EXP(-T1*(D(I,J,2)+D(I,J,3)))
00440 AP=F/G
00450 RETURN
00460 1400 IF(D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00470 IF(D(I,J,2).NE.0.0) GO TO 1410
00480 GO TO 1
00490 1410 F=EXP(-D(I,J,2)*T3)+EXP(-D(I,J,3)*T3)*D(I,J,2)*T3*EXP(-T3*D(I,J,2))
00490 1)
00500 G=EXP(-D(I,J,2)*T1)+EXP(-D(I,J,3)*T1)*D(I,J,2)*T1*EXP(-T1*D(I,J,2))
00500 1)
00510 AP=F/G
00520 RETURN
00530 1500 IF(D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00540 IF(D(I,J,3).NE.0.0.AND.D(I,J,2).NE.0.0) GO TO 1510
00550 GO TO 1
00560 1510 F=EXP(-D(I,J,2)*T3)+EXP(-D(I,J,4)*T3)*(D(I,J,2)/(D(I,J,3)-D(I,J,2)))
00560 1)
00560 1)
00570 G=EXP(-D(I,J,2)*T1)+EXP(-D(I,J,4)*T1)*(D(I,J,2)/(D(I,J,3)-D(I,J,2)))
00570 1)
00570 1)
00580 AP=F/G
00590 RETURN
00600 1600 IF(D(I,J,3).NE.0.0.OR.D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00610 IF(D(I,J,2).NE.0.0) GO TO 1610
00620 GO TO 1
00630 1610 AP=D(I,J,2)
00640 IF(C.EQ.4) AP=1.0
00650 RETURN
00660 1700 IF(D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00670 IF(D(I,J,2).NE.0.0.AND.D(I,J,3).NE.0.0.AND.D(I,J,4).NE.0.0) GO TO 11710
00670 11710
00680 GO TO 1
00690 1710 IF(D(I,J,3).NE.D(I,J,4)) GO TO 1720
00700 WRITE(6,117) K.(S(II),II=I11,I12).(B(I,JJ),JJ=JJ1,JJ2)
00710 STOP
00720 1720 IF(T3.EQ.0.0) GO TO 1730
00730 FS=0.0
00740 GS=0.0
00750 K1=D(I,J,3)
00760 K2=D(I,J,4)
00770 D0 1721 II=K1-K2,K1
00780 XS=1.0
00790 YS=1.0
00800 D0 1722 JJ=1,II
00810 XS=XS*FLOAT(JJ)
00820 YS=YS*(D(I,J,3)-FLOAT(JJ-1))
00830 1722 CONTINUE
00840 FS=FS+(YS/XS)*(EXP(-D(I,J,2)*T3)**II)*(1.-EXP(-D(I,J,2)*T3))**(K1-111)
00840 111)

```

```

00850      IF(T1.EQ.0.0) GO TO 1721
00860      GS=GS+(YS/XS)*(EXP(-D(I,J,2)*T1)**I1)*(1.-EXP(-D(I,J,2)*T1))**(K1-
00860      111)
00870      1721  CONTINUE
00880      1730  IF(T1.NE.0.0) GO TO 1740
00890      GS=1.0
00900      IF(T3.NE.0.0) GO TO 1740
00910      FS=1.0
00920      1740  AP=FS/GS
00930      RETURN
00940      1800  IF(D(I,J,4).NE.0.0.OR.D(I,J,5).NE.0.0) GO TO 1
00950      IF(D(I,J,2).NE.0.0.AND.D(I,J,3).NE.0.0) GO TO 1810
00960      GO TO 1
00970      1810  F=EXP(-(T3**D(I,J,2))/D(I,J,3))
00980      G=EXP(-(T1**D(I,J,2))/D(I,J,3))
00990      AP=F/G
01000      RETURN
01010      100  FORMAT(1H1.25H INCORRECT FUNCTION CODE )
01020      101  FORMAT(1H1.34H INCORRECT DATA USED IN FUNCTION F.12.15H FOR SUBSYS
01020      ITEM,
01020      14A4.7H BLOCK .4A4)
01030      117.  FORMAT(1H1.51H IMPOSSIBLE TO LET THE ALLOWABLE NUMBER OF PARALLEL,
01030      117HCHANNEL FAILURES /1X.42H= TOTAL NUMBER CHANNELS AS IN FUNCTION
01030      1F7 /1X,
01030      113HFOR SUBSYSTEM.4A4.7H BLOCK .4A4)
01040      END

```



$f(V') = N(V' : \sigma\sqrt{1-\rho^2}(\tau), m + \rho(\tau)V)$ の計算法

$y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)$ の平均値をそれぞれ $m_{y_1}, m_{y_2}, \dots, m_{y_n}$ とする。

$P(y_1, y_2, \dots, y_n)$ を n 個の確率変数 $y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)$ に対する n 次元同時確率密度関数とすると, $P_n(y_1, y_2, \dots, y_n)$ が

$$P_n(y_1, y_2, \dots, y_n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sqrt{|M|}} \times \exp\left(-\frac{1}{2} R' M^{-1} R\right) \quad (1)$$

となるならば n 個の確率変数 y_1, y_2, \dots, y_n は n 次元正規形同時確率密度関数となる。ただし式(1)において M は

$$M = [\mu_{ij}] \quad (2)$$

$$\mu_{ij} = \langle y_i y_j \rangle \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

となる 2 次の統計的モーメントの積率行列である。さらに M^{-1} はその逆行列で $|M|$ はその行列式, R は成分 $y_1 - m_{y_1}, y_2 - m_{y_2}, \dots, y_n - m_{y_n}$ をもつ行列, R' はその転置行列とする。式(1)を

$$[R' M^{-1} R] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{|M|} (y_i - m_{y_i})(y_j - m_{y_j}) \quad (3)$$

という関係式を用いて表現すると

$$P_n(y_1, y_2, \dots, y_n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sqrt{|M|}} \times \exp\left\{-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{|M|} \cdot (y_i - m_{y_i})(y_j - m_{y_j})\right\} \quad (4)$$

となる。式(4)に表わされる n 次元正規形同時確率密度関数に対して n 次元正規形同時確率分布 $P_n(y_1, y_2, \dots, y_n)$ は

$$P_n(y_1, y_2, \dots, y_n) = \int_{-\infty}^{y_1} \dots \int_{-\infty}^{y_n} P_n(y_1, y_2, \dots, y_n) dy_1 \dots dy_n \quad (5)$$

のように定義される。

ここで、2次元正規形同時確率密度関数 $P_2(y_1, y_2)$ を求めてみる。

この場合、積率行列は

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} \\ \mu_{21} & \mu_{22} \end{pmatrix} \quad (6)$$

であり逆行列は

$$\mathbf{M}^{-1} = |\mathbf{M}|^{-1} \begin{pmatrix} \mu_{22} & -\mu_{12} \\ -\mu_{21} & \mu_{11} \end{pmatrix} \quad (7)$$

となる。

また

$$\begin{aligned} y_1 - m_{y_1} &= Y_1 \\ y_2 - m_{y_2} &= Y_2 \end{aligned} \quad (8)$$

とすれば

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{R}' = [Y_1 \quad Y_2] \quad (9)$$

であるから式(6), (7), (9)より

$$\begin{aligned} [\mathbf{R}' \mathbf{M} \mathbf{R}] &= [Y_1 \quad Y_2] \begin{pmatrix} \mu_{22} & -\mu_{12} \\ -\mu_{21} & \mu_{11} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} \frac{1}{|\mathbf{M}|} \\ &= \frac{1}{|\mathbf{M}|} (\mu_{22} Y_1^2 - \mu_{12} Y_1 Y_2 - \mu_{21} Y_1 Y_2 + \mu_{11} Y_2^2) \quad (10) \end{aligned}$$

が得られる。したがって、2次元正規形同時確率密度関数 $P_2(Y_1, Y_2)$ は

$$P_2(Y_1, Y_2) = \frac{1}{2\pi|\mathbf{M}|^{1/2}} \exp \left\{ \frac{1}{-2|\mathbf{M}|} (\mu_{22}Y_1^2 - \mu_{12}Y_1Y_2 - \mu_{21}Y_1Y_2 + \mu_{11}Y_2^2) \right\} \quad (11)$$

となる。また式(6)より $|\mathbf{M}|$ は

$$|\mathbf{M}| = \mu_{11}\mu_{22} - \mu_{12}\mu_{21} \quad (12)$$

と表わされるので、 $P_2(Y_1, Y_2)$ は

$$P_2(Y_1, Y_2) = \frac{1}{2\pi(\mu_{11}\mu_{22} - \mu_{12}\mu_{21})} \times \exp \left\{ -\frac{\mu_{22}Y_1^2 - \mu_{12}Y_1Y_2 - \mu_{21}Y_1Y_2 + \mu_{11}Y_2^2}{2(\mu_{11}\mu_{22} - \mu_{12}\mu_{21})} \right\} \quad (13)$$

となる。

いま正規性定常不規則信号 $y(t)$ に対して $y(t) - m_y = Y_1$ および $y(t+\tau) - m_y = Y_2$ としたとき、2次元正規形同時確率密度関数を式(13)から導いてみる。

式(2)より

$$\begin{aligned} \mu_{11} &= \langle Y_1^2 \rangle_{s.a.v.} = \phi_y = \phi_y(0) = \phi_y(\tau) \big|_{\text{at } \tau=0} \\ \mu_{22} &= \langle Y_2^2 \rangle_{s.a.v.} = \phi_y = \phi_y(0) = \phi_y(\tau) \big|_{\text{at } \tau=0} \\ \mu_{12} &= \mu_{21} = \langle Y_1 Y_2 \rangle_{s.a.v.} = \phi_y(\tau) \end{aligned} \quad (14)$$

という関係式が得られる。

式(13)に式(14)を代入すると

$$\begin{aligned}
 P_2(Y_1, Y_2) &= \frac{1}{2\pi \{ \phi_y^2 - \phi_y^2(\tau) \}^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{\phi_y Y_1^2 - 2\phi_y(\tau) Y_1 Y_2 + \phi_y Y_2^2}{2 \{ \phi_y^2 - \phi_y^2(\tau) \}} \right\} \\
 &= \frac{1}{2\pi \phi_y (1-\rho^2)^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{Y_1^2 - 2\rho Y_1 Y_2 + Y_2^2}{2\phi_y^2 (1-\rho^2)} \right\} \quad (15)
 \end{aligned}$$

となる。ただし $\rho = \phi_y(\tau) / \sqrt{\phi_y^2}$ 式(15)は正規性定常不規則信号 $y(t)$ の2次元正規形同時確率密度関数である。

つぎに時点 t における確率分布 Y_1 がわかっているときその時点 t より τ だけ離れた時点 $(t + \tau)$ での確率分布は

$$P(Y_2 | \tau, Y_1) = \frac{P(Y_2, Y_1 | \tau)}{P(Y_1)} \quad (16)$$

ただし、 $P(Y_1)$ の分布は平均値をゼロと考えているので

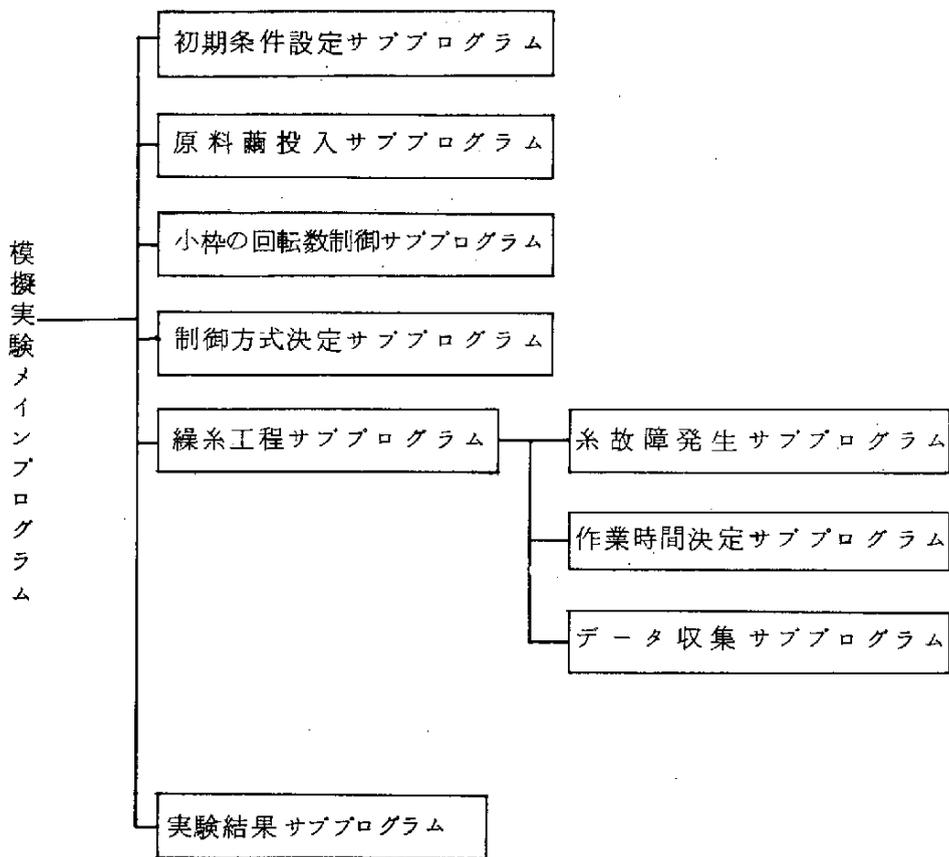
$$\begin{aligned}
 P(Y_2 | \tau, Y_1) &= \frac{\frac{1}{2\pi \phi_y^2 \sqrt{1-\rho^2}} \exp \left\{ -\frac{Y_1^2 - 2\rho Y_1 Y_2 + Y_2^2}{2\phi_y^2 (1-\rho^2)} \right\}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi \phi_y}} \exp \left\{ -\frac{Y_1^2}{2\phi_y^2} \right\}} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi \phi_y} (1-\rho^2)^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{(Y_2 - \rho Y_1)^2}{2(1-\rho^2)\phi_y^2} \right\} \quad (17)
 \end{aligned}$$

が得られる。すなわち Y_2 の確率分布は平均値 ρY_1 で、分散が $(1-\rho^2)\phi_y^2$ の正規分布となる。

付 録 3

入力データの精度と制御の効果における模擬実験プログラムの構成と実験結果

模擬実験プログラムの構成



②(付) 3-1
メイン・プログラム・リ

* SOURCE STATEMENT *

```

1 DIMENSION MACHIP(100),PROP(100),ICASEP(100),SPROP(100),ISIGOP(100)
2 DIMENSION ZR(10),MANP(100),RMP(100)
3 DIMENSION MACHSP(100),ISAMP(100)
4 COMMON /C1/ IMAN,MMI,MMINE,MMAXE,MMAX,ISAGYO,GAMMA1,GAMMA2,XMP
5 COMMON /C2/ XNN
6 COMMON /TEST/ ICCE
7 ITIMES=30
8 ITIME=10
9 NCCAT=5
10 NCCAT=60
11 NCCAT=NCCA
12 NCCAT=6
13 IZ=1
14 MMIN=10
15 MMAX=20
16 NSAMP=20
17 NSAMP=30
18 GAMMA2=0.8
19 GAMMA2=0.8
20 ISAGYO=10
21 ISAGYO=10.0
22 YP=FLOAT(NCCAT)/ISAGYO
23 IZ=1
24 IZ=1
25 DO 1000 NSAMP=INTRA,INNN
26 IZ=1
27 DO 3000 IZ=1,IMNN
28 NSAMP=10
29 D=10.0/GCC
30 CALL INITAL(MAN,IA,IB,MACH),MACH(IT,ICASE,IBRUN,IBRUN,HANDT,RPN)
31 IZ=1
32 IZ=1
33 SPROP=0.0
34 ICCE=0
35 DO 10 IZ=1,NSAMP
36 IZ=1
37 10 CONTINUE
38 IZ=1
39 1000 CONTINUE
40 IZ=1
41 IZ=1
42 IZ=1
43 IZ=1
44 IZ=1
45 IZ=1
46 IZ=1
47 2000 CONTINUE
48 IZ=1
49 IZ=1
50 IZ=1
51 IZ=1
52 IZ=1
53 IZ=1
54 IZ=1

```

* SOURCE STATEMENT (FTMAIN) *

```

55 IZ=1
56 IZ=1
57 IZ=1
58 IZ=1
59 IZ=1
60 IZ=1
61 IZ=1
62 IZ=1
63 IZ=1
64 IZ=1
65 IZ=1
66 IZ=1
67 IZ=1
68 IZ=1
69 IZ=1
70 IZ=1
71 IZ=1
72 IZ=1
73 IZ=1
74 IZ=1
75 IZ=1
76 IZ=1
77 IZ=1

```


付 録 4 製糸工程における情報処理システムに関する検証実験結果
 図(付)4-1 レベル2の管理機械における原料既備在庫ファイル

** 凡 例 **

** Z A I K O FILE **

* 順 号 *	* 品 名 *	* 数 量 *	* 種 別 *	* 備 考 *	* 既 備 量 *
1	イロ	1000	FAIR -3-	加*	3000
2	エカシ、シカカ	1500	FAIR -2-	加*	3500
3	ニシ、シカカ	500	BAD -1-	加*	3000
4	イシカ	1200	BAD -2-	加*	2800
5	コササ	300	FAIR -1-	加*	3200
6	* フンカ*	2000	BAD -3-	加*	2500
7		0	*	*	0
8		0	*	*	0
9		0	*	*	0
10		0	*	*	0

** 補 足 **

** Z A I K O FILE **

* 順 号 *	* 品 名 *	* 数 量 *	* 種 別 *	* 備 考 *	* 既 備 量 *
1	イロ	3000	BAD -2-	加*	3000
2	エカシ、シカカ	2000	BAD -1-	加*	3200
3	ニシ、シカカ	1500	FAIR -3-	加*	3500
4	イシカ	1000	FAIR -2-	加*	3600
5	コササ	500	FAIR -1-	加*	3500
6	* フンカ*	2000	BAD -3-	加*	3000
7		0	*	*	0
8		0	*	*	0
9		0	*	*	0
10		0	*	*	0

** 補 足 **

** Z A I K O FILE **

* 順 号 *	* 品 名 *	* 数 量 *	* 種 別 *	* 備 考 *	* 既 備 量 *
1	イロ	10000	GOOD -2-	加*	3800
2	エカシ、シカカ	7000	FAIR -1-	加*	3600
3	ニシ、シカカ	7000	GOOD -3-	加*	3600
4	イシカ	15000	FAIR -2-	加*	3500
5	コササ	8000	GOOD -1-	加*	4000
6	* フンカ*	12000	FAIR -3-	加*	3600
7		0	*	*	0
8		0	*	*	0
9		0	*	*	0
10		0	*	*	0

図(付) 4-2 レベル2の管理機構から蒸餾工程に流れる蒸餾指示表

***** 51770-51774 / 51775-51779 *****

NO	51770 51774	51775 51779	51780	51781-51785	51786-51790	51791-51795/1074
1	7 5"----- 10 5"	0.5	0.5	FAIR -1-	300	100
2	10 5"----- 15 5"	0.5	0.5	FAIR -1-	500	100
3	15 5"----- 17 5"	0.5	0.5	FAIR -1-	200	100

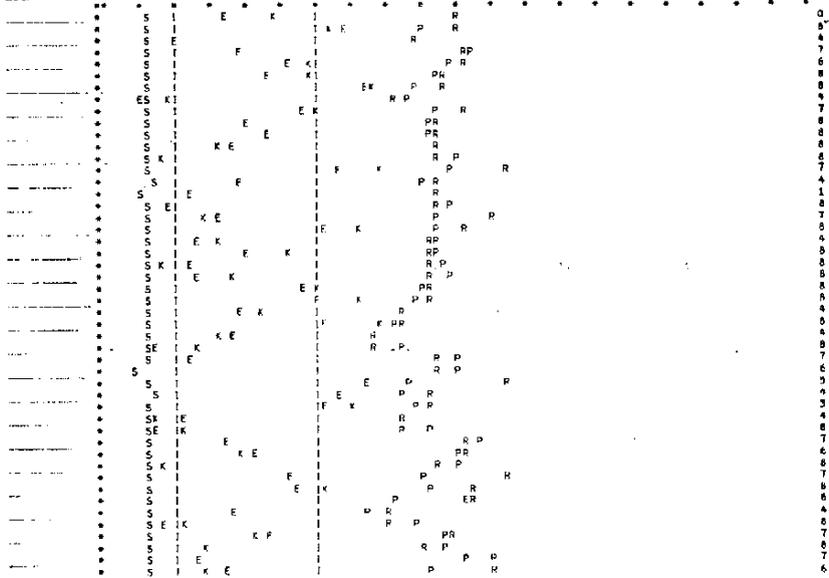
図(付) 4-3 レベル2の管理機構から原料倉庫に流れる出庫指示表

***** 51770 51774 51779 *****

NO	51770 51774	51775 51779	51780-51785	51786-51790 (kg)	51791 51795
NO- 1	0.5	0.5	FAIR -1-	300	7 5"----- 10 5"
NO- 2	0.5	0.5	FAIR -1-	500	10 5"----- 15 5"
NO- 3	0.5	0.5	FAIR -1-	200	15 5"----- 17 5"

図(付)4-4 繰糸工程の状態を突わす生産情報

KOSHYO=MACHI = 'K'
 KAITEN=SU = 'H'
 SEISAN=DAKA = 'D'
 ESTIMATE='E'



ITIME=10
 NCCI=10
 MAN= 6
 ISAGYO=10
 XITO=0.00046
 RPM=200.0
 GAMMA1= 0.8
 GAMMA2= 0.8
 SAMPLE SIZE= 400
 NSAMP= 5
 ITIME=30

TIME (x10)	MACHI	MACHI/S	PRODUCTION	RPM	STATE OF CONTROL	WORKER
1	24	17	0.251732E 06	200.00	0	6
2	22	34	0.2740608E 06	200.00	8	6
3	10	10	0.237651E 06	188.45	4	7
4	19	14	0.258456E 06	203.09	7	6
5	29	26	0.244355E 06	203.09	6	6
6	29	23	0.2746023E 06	198.39	0	6
7	38	37	0.2719011E 06	198.39	8	4
8	9	5	0.235636E 06	187.85	4	7
9	30	28	0.245098E 06	202.83	7	6
10	20	20	0.241177E 06	194.08	8	6
11	23	23	0.2422201E 06	194.08	8	6
12	16	18	0.245938E 06	194.08	8	6
13	8	6	0.259794E 06	194.08	8	6
14	39	39	0.248978E 06	214.95	7	0
15	19	19	0.259809E 06	194.22	4	7
16	5	12	0.245553E 06	184.72	1	6
17	6	9	0.230878E 06	194.22	8	6
18	14	16	0.245811E 06	210.71	7	6
19	36	31	0.245058E 06	203.17	8	6
20	10	13	0.246482E 06	193.81	4	6
21	26	26	0.248444E 06	193.81	8	6
22	8	12	0.244453E 06	193.81	8	6
23	18	19	0.251178E 06	193.81	8	6
24	30	28	0.246030E 06	193.81	8	6
25	36	36	0.238762E 06	193.81	8	6
26	22	19	0.2327491E 06	185.65	4	7
27	39	31	0.230131E 06	185.65	8	6
28	18	18	0.232363E 06	177.10	8	6
29	13	7	0.232439E 06	177.10	8	6
30	12	12	0.255926E 06	194.83	7	6
31	4	4	0.252578E 06	194.83	6	6
32	43	37	0.236288E 06	215.74	6	6
33	33	33	0.231888E 06	193.22	4	7
34	35	31	0.238921E 06	193.22	3	7
35	7	11	0.232955E 06	184.32	4	7
36	11	7	0.243816E 06	184.32	8	6
37	17	17	0.260358E 06	202.77	7	6
38	19	21	0.251397E 06	202.77	6	6
39	8	6	0.253358E 06	193.23	8	6
40	26	26	0.235598E 06	215.14	7	6
41	31	27	0.242776E 06	205.47	8	6
42	52	51	0.252742E 06	205.47	0	6
43	14	18	0.221512E 06	181.32	4	7
44	11	8	0.236688E 06	181.32	8	6
45	21	23	0.248937E 06	198.12	7	6
46	20	6	0.247125E 06	190.38	8	6
47	13	13	0.258875E 06	210.85	7	6
48	14	17	0.243198E 06	210.85	6	6
TOTAL	1019.00	945.00	0.116720E 08			299.00
MEAN	20	21.23	0.243167E 06	196.03		6.23

————— 禁 無 断 転 載 —————

昭和48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) 8 2 1 1 (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) 5 3 4 1 (代表)

