

上級情報処理技術者育成指針

各 論

第2部 システム開発運用の背景

財団法人 日本情報処理開発協会
情報処理研修センター



007832

7832

I
36
2 23

まえがき

当財団では、昭和43年以来、6年にわたり、情報処理育成事業の一環として、初級、中級、上級の「情報処理技術者育成指針」（ただし、上級のみ標題は「情報処理技術者研修ガイドブック」となっている）を作成してきた。このうち上級情報処理技術者育成のための指針については、情報処理技術の著しい進展により、全般的な見直しが必要となってきた。

このため、昭和51年度から3カ年計画で、これまでに作成した初級、中級、両指針との関連を考慮し、同時に、現在および今後数年間に想定される環境にも調和できるようにとの考え方にもとづいて、新しく「上級情報処理技術者育成指針」（以下「本育成指針」とする）の開発を進めてきたが、これが完成のはこびとなった。

本育成指針は、個々の企業内や、一般の企業人向け教育機関などにおいて、さまざまな形で行なわれている上級情報処理技術者の教育に対して、標準的なカリキュラムを示し、情報処理技術者の養成を効果的に推進することを、そのねらいとしている。

本育成指針の内容は、「総論」および、分野別に編集された各論、すなわち「組織システムの分析」、「システム開発運用の背景」、「コンピュータおよび情報処理技術」、「情報システムの開発」の、合計5分冊から構成されている。この利用に当たっては、まず総論を参照し、必要に応じて各論の関連部分を参照されるよう希望したい。

なお、この事業実施にご尽力いただいた関係各位に心から感謝の意を表わすとともに、この指針が各方面で利用され、情報処理技術者育成の一助となることを念願する次第である。

昭和53年3月

財団法人 日本情報処理開発協会
情報処理研修センター

所長 山内二郎

III

財団法人 日本情報処理開発協会 情報処理研修センター
蔵書之印

THEORY

The theory of the present work is based on the assumption that the rate of change of the concentration of the active species is proportional to the rate of change of the concentration of the reactants. This is a reasonable assumption for a first-order reaction. The rate of change of the concentration of the active species is given by the following equation:

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A] \quad (1)$$

where A is the concentration of the active species, k is the rate constant, and t is time. The rate of change of the concentration of the reactants is given by the following equation:

$$\frac{d[R]}{dt} = -k[R] \quad (2)$$

where R is the concentration of the reactants, k is the rate constant, and t is time. The rate of change of the concentration of the active species is given by the following equation:

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A] \quad (3)$$

where A is the concentration of the active species, k is the rate constant, and t is time. The rate of change of the concentration of the reactants is given by the following equation:

$$\frac{d[R]}{dt} = -k[R] \quad (4)$$

where R is the concentration of the reactants, k is the rate constant, and t is time. The rate of change of the concentration of the active species is given by the following equation:

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A] \quad (5)$$

where A is the concentration of the active species, k is the rate constant, and t is time. The rate of change of the concentration of the reactants is given by the following equation:

上級情報処理技術者育成指針委員会

(敬称略, 50音順)

委員長	松田武彦	東京工業大学
委員	安達俊雄	通商産業省
"	魚木五夫	広島修道大学
"	江村潤朗	日本アイ・ビー・エム株式会社
"	岡本行二	東京芝浦電気株式会社
"	小佐井純正	株式会社三菱銀行
"	関 収	通商産業省
"	台 文彦	新日本製鉄株式会社
"	土居範久	慶応義塾大学
"	西村恕彦	電子技術総合研究所
"	服部幸英	日本鋼管株式会社
"	原田睦明	株式会社ソーシャル・サイエンス・ラボラトリー
"	前川良博	横浜商科大学
"	間野浩太郎	青山学院大学
"	三浦大亮	東レ株式会社
"	吉野元之助	(財)日本情報処理開発協会

• *How can we make the most of the time we have?*

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

上級情報処理技術者育成指針作成小委員会

(敬称略, 50 音順)

委 員 長	魚 木 五 夫	広島修道大学
委 員	岡 本 行 二	東京芝浦電気株式会社
"	小佐井 純 正	株式会社三菱銀行
"	土 居 範 久	慶応義塾大学
"	服 部 幸 英	日本鋼管株式会社
"	三 浦 大 亮	東レ株式会社

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

CHICAGO, ILL.

TO THE PRESIDENT OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO
FROM THE DEAN OF THE FACULTY
SUBJECT: [illegible]

[illegible text]

[illegible text]

序

本書は、上級情報処理技術者育成指針（以下「本育成指針」という）のうち、「システム開発の背景」に関連した分野の教育に有用と考えられる資料類を、整理・編集したものである。本書の内容は、次の2つの単元に分かれている。

単元B1：モデル化と分析

単元B2：人間と組織の行動

これらの単元は、教育の計画や実施などにおける一つの作業単位であり、本書ではこれをさらに幾つかの章に分けて解説している。

上級情報処理技術者の育成を、実際に計画し、また実施しようとする場合には、本育成指針のうち「総論」をまず参照されたい。総論は、本育成指針利用のための案内書であり、技術者育成の体系的な計画、教育の目標、それに至るための教育内容や教育方法、などに関して方向づけを与えるものである。

本書は、下記の方々の執筆または協力と、本育成指針作成小委員会の監修を得て作成されたものである。

（敬称略，50音順）

主査	三	浦	大	亮	（東レ株式会社）
委員	関	本	昌	秀	（慶応義塾大学）
"	高	森		寛	（青山学院大学）
"	刀	根		薫	（慶応義塾大学）
"	根	本	忠	明	（青山学院大学）
"	伏	見	正	則	（東京大学）
"	間	野	浩	太郎	（青山学院大学）
"	矢	頭	攸	介	（青山学院大学）

第 2 部
システム開発運用の背景

総 目 次

まえがき

序

単元B1 モデル化と分析

1 章	統計的方法	1
2 章	スケジューリング問題	19
3 章	数理計画法	38
4 章	待ち行列モデル	60
5 章	在庫管理モデル	82
6 章	シミュレーション・モデル	89

単元B2 心理学と行動科学

1 章	心理学入門	131
2 章	情報システムと人間	151
3 章	対人およびグループの行動原理	172
4 章	組織デザインと人間行動	187
5 章	組織変革のプロセス	218
6 章	情報処理における人間的諸問題	247

単 元 B 1

モ デ ル 化 と 分 析

単 元 B 1
モ デ ル 化 と 分 析

目 次

第1章	統計的方法	1
1.1	母集団とサンプル	1
1.2	確率分布と母数	3
1.3	母平均と母分散の推定と検定	5
1.4	その他の方法	19
第2章	スケジューリング問題	19
2.1	プロジェクト管理の重要性	19
2.2	PERT, CPMの歴史とその応用分野	21
2.3	プロジェクトのアロー・ダイアグラム	21
2.4	PERT の日程計算	25
2.5	作業遂行時間の不確定性の取扱い	27
2.6	必要資源の見積りと配分	28
2.7	CPM	29
2.8	ジョブ・ショップ・スケジューリング	30
第3章	数理計画法	38
3.1	数理計画法とは	38
3.2	線形計画法への定式化	39
3.3	単体法によるLPの解法	40
3.4	感度分析	45
3.5	双対問題と双対定理	45
3.6	LPのパッケージ・プログラム	45
3.7	ネットワーク計画法	46
3.8	非線形計画法	48
3.9	整数計画法	48
3.10	動的計画法	50

第4章	待ち行列モデル	60
4.1	基本的な待ち行列の理論	60
4.2	やや複雑な待ち行列の理論	61
4.3	一般的な待ち行列の理論	62
4.4	近似理論, 上界・下界など	62
4.5	優先権のある待ち行列	64
4.6	計算機システムにおける待ち行列	65
第5章	在庫管理モデル	82
5.1	在庫管理の基本	82
5.2	需要が一定の場合のモデル	83
5.3	需要が変動する場合のモデル	84
5.4	計算機システム設計への在庫管理モデルの応用	88
第6章	シミュレーションモデル	89
6.1	シミュレーションの目的	90
6.2	シミュレーションの手順	91
6.3	シミュレーションに関連して学習されるべき基礎概念(術語)	93
6.4	モデルづくりに関する指針	95
6.5	シミュレーション言語	96
6.6	シミュレーション実験と結果の評価	98

第1章 統計的方法

キーワード

母集団 (population), サンプル (sample), 度数分布 (frequency distribution), 確率変数 (random variable), 確率分布 (probability distribution), 離散分布 (descrete distribution), 連続分布 (continuous distribution), 大数の法則 (law of large numbers), 中心極限定理 (central limit theorem), 正規分布 (normal distribution), t 分布 (t-distribution), χ^2 分布 (χ^2 -distribution), F 分布 (F-distribution), 推定 (estimation), 検定 (test)

目 標

諸現象の把握・分析と推定・予測の基礎となるデータの扱い方を身につけること。

科学的判断と意思決定を行うためには、必要なデータを正しく採り、それを正しく処理することから始まる。

情報処理システムの建設と運用においても、この事情は全く変わらない。正しいデータの扱い方を修得することが、システムに関する作業を行う上で不可欠な条件であり、これなしにシステムの建設や運用をすることが、いかにリスクを伴いまた不都合な結果になるかを、まず認識させる。

統計的方法は、全てのデータの扱い方の原理とも言うべき大切な概念と技法を与える。そして、これが科学的判断力の源泉となることを示す。

中級情報処理技術者育成指針（基礎編）の程度を前提とするが、十分な水準と範囲の訓練をすることはできないので、極く基礎的なことに限定する。ただし、統計的方法の重要性を強く理解させ、また興味を持たせることにより、以後の自己啓発への大きな動機づけとなるよう指導することが肝要である。

内 容

1.1 母集団とサンプル

(1) 統計的方法の紹介

我々が現象や物の集団的性質を把握するのに、部分的な情報しか使えないことが多い。全を得ることは、理論的にも不可能であったり、時間的・空間的・経済的な意味で不可能で

あったりする。

部分的に得られた資料の一片一片をサンプルと呼び、その源泉となる現象や対象物の集まりを母集団と呼ぶ。また、サンプルの性質にしたがって、適切な方法で測定・計測された値をデータと呼ぶ。

このデータにもとづき、対象とする母集団の特性を判断したり推測したりする。この関係は、図1-1に示す。

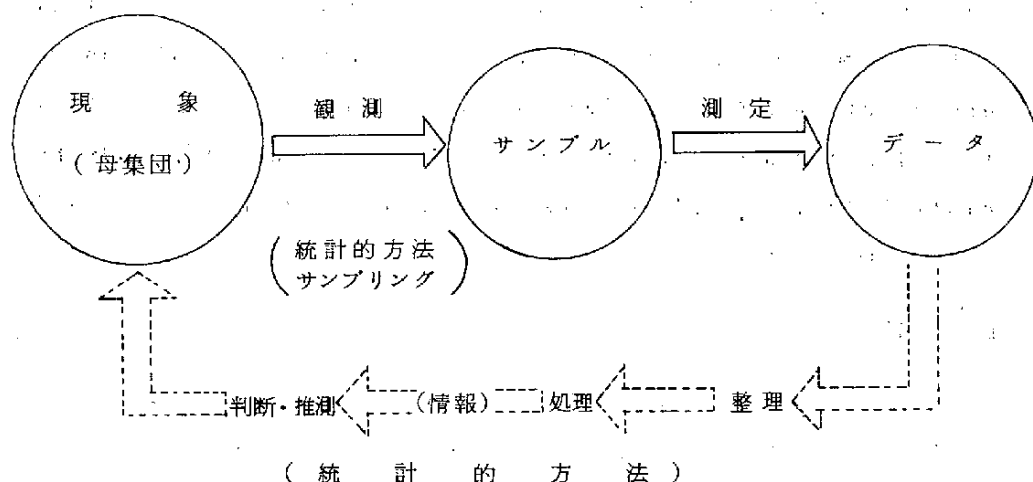


図1-1 現象の把握

推測統計学に基礎を置いて、基本的な説明をする。したがって、確率分布する無限母集団から、無作為にサンプルをとり、そのデータにもとづき、母集団の未知の母数(母平均、母分散など)を推定する。これを実施するのに、最も洗練された科学的方法として、統計的方法(method of statistics)を紹介する。

(2) データと度数分布表

母集団の特性を理解するのに、最もよく使われ、また有力な方法は、度数分布(表または図)を描くことである。データの整理・処理の方法として、適切な作成法および利用法を身につけさせることが大切。

度数分布法を理解させるとき留意すべき主な点は、次のようなことである。

- ① データは分布すること —— 平均値だけでは情報として極めて不充分である。データには豊富な情報が含まれている。
- ② サンプルによってデータが異なり、したがって分布にも違いが生ずること —— 少数のサンプルでは判断のリスクが大きくなる。

- ③ 多数のサンプルを用いると、データの分布はほぼ安定してくること——母集団の特性は分布として把握できる。（この場合、有限母集団についてのコメントと、時間とともに特性が変化する母集団があることを指摘し、扱い方に注意すること）

度数分布法の具体的な作成技法の詳細は、参考書などをあげるにとどめ、度数分布の有用性と、その見方に重点を置いて説明する。上記の留意点を、短時間に理解させるには、周到に用意されたチップ実験がよいだろう。

(3) 統計的方法の利用面

情報処理関連分野では、統計的方法や確率概念にもとづくアプローチが、未だ必ずしも十分に普及していない。身近な例をいくつかあげて、統計的方法の活用が大切であることを紹介する。

主に次の場合でそれぞれ特徴のある例をさがすことができる。

- ① システム開発のニーズの把握
- ② システム形態の検討
- ③ 機械構成の選択
- ④ システムの評価
- ⑤ システム開発のプロジェクト管理
- ⑥ システムの運用管理
- ⑦ データ処理のアルゴリズムおよびアウトプット内容（データ処理の高度化——アウトプットの付加価値の向上）
- ⑧ 単元1の第2章以降で説明される手法への基礎データの扱い、および結果の処理。

（特にシミュレーション）

シミュレーション(simulation)を実施するには、現象のモデル化(modeling)のステップと、モデルによるシミュレーション(モデルは新な現象すなわち母集団になる)のステップの、両方で統計的方法が不可欠であることも指摘しておく。

1.2 確率分布と母数

(1) 確率分布

母集団の特性は、データの分布から把握できることを前節で概念的に示した。これを受けて、母集団の持つ確率分布をやや理論的に説明して、後の説明でアレルギーを生じさせないようにしておく。

方法としては、チップ実験を併用しつつ、次の順に、主要な分布の型と実際の意味と理論を(簡単に)対比して行く。

- ① 二項分布 (binomial distribution) —— 例えば、少数のインプットデータ群中のエラーの数
- ② 幾何分布 (geometrical distribution) —— オンライン・リアルタイム・システムにおける特定データの発生間隔
- ③ ポアソン分布 (poisson distribution) —— 一定時間区分毎のオンライン・データの発生数
- ④ 指数分布 (exponential distribution) —— 特定データの発生時間間隔。故障間隔と信頼性
- ⑤ 一様分布 (uniform distribution) —— 日常的に稼働しているアプリケーション・プログラムのメモリーサイズ (プログラムの種類ではなく、サイズ別に稼働した回数を頻度とすると、一定の範囲で一様分布する傾向が見られる)
- ⑥ 正規分布 (normal distribution) —— 一定サイズのプログラムに含まれるエラー個数 (下手なプログラマーの場合・上手な場合はポアソン分布)
- ⑦ その他の分布 (名前と型を、ざっと紹介する)

なおこの過程で、確率変数 x 、確率密度関数 $f(x)$ または $P(x)$ 、累積分布関数 (または単に分布関数) $F(x)$ 、期待値 (expectation) $E(x)$ 、分散 (variance) $V(x)$ を示し、最後にまとめとして、一般的に理解も得られるように説明しておく。

なお、離散分布と連続分布は、ディジタルの世界では、本質的には変りはないが、数学的な表現を使用する場合には扱いが違ふことがあるので、それについて必要最小限の説明をしておかなければならない。

(2) 母数

分布の型が分った場合、一二のパラメータが決まれば、確率分布は完全に定義できる。また逆に分布が完全に描ければ、必要なパラメータを求めることができる。

一つの母集団からとられたサンプル x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) は互に独立で同じ確率分布を持つ。この確率分布を母集団の分布と呼ぶ。またその期待値 $E(x_i)$ も分散 $V(x_i)$ も、全て同じ値を持ち (i のいかんにかかわらず)、それぞれを母集団の平均、母集団の分散、すなわち母平均と母分散と呼べる。

このように母集団の分布の本来持っているパラメータを母数と言う。

母数を知ると言うことが、統計的方法の大きな目的の一つである。

(3) 平均値の分布と大数の法則

統計量の分布については詳細には触れない。 t 分布、 χ^2 分布、 F 分布などは、必要なとき利用できる程度に、次節以降の関係箇所でも説明する。

ここでは、統計量 (statistic) も確率変数であること、したがって分布することを、
平均値でよく理解させる。

方法としては、簡単なチップ実験の後に、コンピュータによる乱数実験を、多くのケースに
ついて行うことができる。

要点は次のとおり。

- ① 母集団の分布が指数分布のように極端に偏っていなければ、サンプルサイズ n が 4 以上
のサンプル平均値 $\bar{x}$ は、ほぼ正規分布に近いことを、ヒストグラムを描いて示す。
- ② n が大きくなければ、 $\bar{x}$ の分散が $1/n$ に比例して小さくなることを示す。また、より
一層正規分布らしくなることを示す。
- ③ $\bar{x}$ の平均値 $\bar{\bar{x}}$ (すなわち $\bar{x}$ の分布の期待値 $E(\bar{x})$) は、母平均 μ に近いことを示す。 n
が大きくなると、②からより一層 μ に近くなる程度が大きくなることを示す。

母集団の分布としては、一様分布と三角分布を用いるとよい。

これらの実験結果から、大数の法則、中心極限定理、正規分布、平均値 標準正規分布の意
味と数学的表現を示しておく (証明をする必要はない)。

(4) 正規分布の性質

正規分布表の使い方を理解するのに必要な知識を与える。標準正規分布 (standard
normal distribution) $N(0, 1)$ は正規分布特有の性質であるから、注意をして
おくこと。

後で、いろいろな統計量の分布表を使う必要が出てくるので、分布表の一般的な利用法の基
礎ともなる。

(5) 主な分布間の関係

実務上よく利用される分布間の関係を簡単に指摘しておく。

- ① 二項分布 $\longleftrightarrow$ ポアソン分布 $\longleftrightarrow$ 正規分布
- ② 幾何分布 $\longleftrightarrow$ 指数分布 ($\longleftrightarrow$ Γ 型分布)
- ③ どんな分布でも、多数のデータを混ぜると正規分布に見えること —— 元の分布を正規
分布であると推定することの危険性の指摘 (正規分布で近似できることによる有用性も大
きいこと)

1.3 母平均と母分散の推定と検定

(1) 推定と検定の意義

次の(2)項以降の説明に際しては、以下のことが理解できるような、適当な実際のテーマを
例にして進めてほしい。数学的な問題として扱うことは不都合である。

母集団のある特性を、簡単に記述したり比較したりするとき、母平均や母分散が最もよく用いられる。しかし、実際にはその値は正確には分かっていない。そこで母平均や母分散を推定したり、比較して意味のある差があるかどうかを検定したりする。

理論的には母集団の分布が正規分布する（このような母集団を正規母集団 $(N(\mu, \sigma^2))$ と呼ぶ）ことを前提としている。しかし、実務的にはそれ程厳密にこれを前提にしなくてもよいことを説明しておく。ただし、これを説明することは、極端に正規母集団からはずれているような場合には、判断を誤る可能性をも指摘することになる。この危険を避けるためには、サンプル・サイズを大きくしたり、繰り返し観測することが必要となる。

(2) 期待値と分散の演算について

直観的に既に理解されていることだが、平均または期待値は、中心的な意味を持ち、また分散（あるいは分散の平方根、標準偏差 standard deviation）は分布の広がり（バラツキ）を示す値であることを念を押しておく。

次に分布のいかんにかかわらず確率変数の期待値と分散の演算について簡単に触れておく。

$$E(x) = \sum xP(x), \quad E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

$$E(x + y) = E(x) + E(y)$$

$$E(ax) = aE(x)$$

$$E(x \cdot y) = E(x) \cdot E(y) \quad x \text{ と } y \text{ が独立のとき}$$

$$\begin{aligned} V(x) &= E(x - E(x))^2 \\ &= E(x^2) - (E(x))^2 \end{aligned}$$

$$V(ax) = a^2 V(x)$$

$$V(x + y) = V(x) + V(y) \quad x \text{ と } y \text{ が独立のとき}$$

(3) 母平均の推定と検定（母分散 σ^2 既知）

サンプルの平均 $\bar{x}$ も分布する。しかし、 $\bar{x}$ は次の性質を持つから、母平均 μ の推定をするのに最もよい。

$$E(\bar{x}) = \mu$$

$$D(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

そして $\bar{x}$ は正規分布 $N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ にしたがう。

推定量の精度と偏りについてきちんと説明しておくこと。（不偏推定量 unbiased estimator）

$\bar{x}$ が μ を推定することの妥当性および n が精度を良くすることについては、1.2の(3)の実験と説明で既に理解されている。

$\bar{x}$ が分布することにしても、母平均 μ からそんなにかけ離れた値にはならないことを徹底的に理解させなければならない。その確率がどの程度であるかは、正規分布の性質から既に知っている。そこで区間推定

母平均 μ に対する 95 %信頼区間

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

が導かれる。

もし、母平均は μ_0 であるという前提(統計的方法では、仮説 $H_0: \mu = \mu_0$ と書く)があったとき、この前提が否定されるかどうかは、 μ_0 と μ の推定値である $\bar{x}$ との差の大きさによって決められる。

すなわち、

$$|\mu_0| = \left| \frac{\mu - \bar{x}}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \right| \geq 1.96$$

であれば前提(仮説 H_0)は捨てられる。

ただし、有意水準(危険率)5%の場合である。分析の目的によって判定の限界値を1.96以外の値をとってよい。

H_0 が捨てられる場合は、かなり積極的な意味がある。すなわち、めったに起きないことが起きたと考えるより、起きるべきでないことが起きたと見なす。

もし、上式が成立しないときは、仮説 H_0 は捨てられない。この場合は、仮説 H_0 を正しいと積極的に支持しているわけではないことを理解しなければならない。実務的なアクションとしては、もっとよく調べてみるということがありうる。それは図1-2から明らかである。

A, B, C をそれぞれ μ_A, μ_B, μ_C を母平均とするサンプルサイズ n のサンプル平均の分布とする。一方 $\bar{x}$ はサンプルサイズ n のデータの値(実現値)だとすれば、これから、

$H_0: \mu = \mu_A$ および $H_0: \mu = \mu_B$ のどちらの仮説も捨てられない。しかし $H_0: \mu = \mu_C$ の仮説は積極的に捨てることができる。

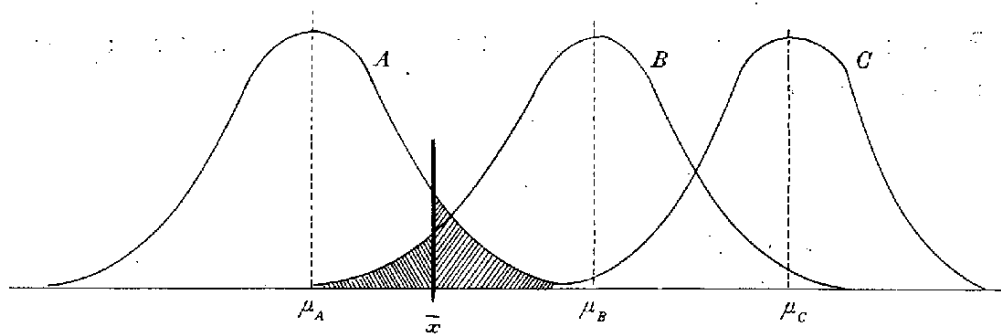


図1-2 $\bar{x}$ の値と母集団の平均分布

(4) 母分散の推定と検定

サンプルサイズ n のデータが $x_1, x_2, \dots, x_n$ のとき、不偏分散 (unbiased variance) が

$$V = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{S}{n-1}$$

によって求められる。 $\bar{x}$ と同様に V もサンプルごとに違った値をとる。すなわち分布するが、 V は母分散 σ^2 を推定するのに最もよい。

$$E(V) = \sigma^2$$

$$D(V) = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \sigma^2$$

ここで、 S の分布とそれを σ^2 で変数変換した $\chi^2 = \frac{S}{\sigma^2}$ の分布の例を示して、 χ^2 分布の紹介をすること。

次に、母分散の区間推定の説明をする。

分散の違いの検定を説明するために、母集団 A, B からサンプルサイズ m, n のサンプルの不偏分散を V_A, V_B とするとき、この分散比 $F = \frac{V_A}{V_B}$ が自由度 $(m-1, n-1)$ の F 分布をすることを紹介すること。

次に、分散の違いに関する仮説の検定の手順と意味を説明する。

(5) 母平均の推定と検定 (母分散 σ^2 未知)

t 分布を導入することによって、 σ^2 既知の場合と同じ考え方で行えることを示す。

(6) サンプルングとその方法

有限母集団の扱い方の違いを示す。その後で、実用的なサンプルング (sampling) の手法を説明する。

$$\text{母平均 } \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i$$

$$\text{母標準偏差 } \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (a_i - \mu)^2}$$

ただし母集団は $a_1, a_2, \dots, a_N$ の有限の個体の集りである。

さて、これから $x_1, x_2, \dots, x_N$ というサンプルを無作為にとったときその平均値 $\bar{x}$ はどうなるか。

$$E(\bar{x}) = \mu$$

$$D(\bar{x}) = \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$\bar{x}$ は不偏推定であることに変わりはなく、またその標準偏差は、少しだけ無限母集団の場合より良くなっている。勿論 $N=n$ ならば zero になる。

サンプリングの方式として、2段サンプリング、層別サンプリング、集落サンプリング、系統サンプリングについて簡単に紹介しておく。

1.4 その他の方法

前節までは単純な分布と母数についての推測を主題とした。時間数の関係から、殆んどこれ以上に説明を実質的に進めることはできないので、ここでは今後勉強していくためのとりかかりを示す紹介として続ける。

(1) 管理図法

たとえば、データのエラー率やプログラムのデバッグ回数の管理などに管理図(control chart)が用いられる。

主に、作業が安定であるかどうかを監視する。これは抜取検査の一種と見なせる。

(2) 抜取検査法

品質規準の厳しい消耗品などの納入検査などに抜取検査(sampling inspection)が用いられる。また、プログラム説明書などが、プログラムとどの程度完全に合致しているかは、全面的にチェックされている筈であるが、それをさらに確かめるため、特定のページについて詳細にチェックすることがある。これは抜取検査の一種と見なせる。

主に、あるまとまった仕事の品質を保証するのを目的としている。

(3) 計数値の扱い

前節では、母集団の分布が正規分布または不明だが正規分布に近いだろう、という仮定の下での推定と検定を行った。

ここでは、良 — 不良、 $\oplus$ — $\ominus$ 、といった2つに区別することで特性が決められるデータを計数値と言い、この扱い方に工夫がある。

たとえば、データのエラー率、プログラムのエラー率、回線の故障率など。いずれも、正規分布でない固有の分布がはっきり分っていて、その母数を推定することになる。

また、分布そのものを推定・検定する場合には、適合度の検定についての方法がある。

(4) 2変数の間の関係

よく見られる関係は、月初から月末へかけての日付とデータ発生件数、曜日とデータ発生件数、などである。

簡単にこれを発見するには、散布図を描くのがよい。代表的な統計量としては相関係数がある。上の例で相関係数を求めるとき、生の日付や曜日では不都合なことなど指摘しておく。

相関係数の推定法・検定法について。

回帰係数と回帰分析

最小二乗法

(5) データの解析

情報処理部門には、過去のデータが文字どおり山積している。これらのデータは多くの場合死蔵されている。

せっかくのデータが活用されにくい理由はいくつかあるが、統計的方法との関連だけで考えてみると、

① 統計的な分析をすることを前提として、データが蓄積されていない。単なる記録。たとえば、コードの一貫性が保たれていない。

② データの取り方に、必ずしも整合性がない。たとえば、月末までにつじつまが合えばよい。その間のデータはミクロに見ると不正確である。

などである。一口で言えば、全て他の目的のデータである。

日常的に、ルールにしたがって発生し収集されているデータを、全面的に変更することはないが、それを統計的に分析しようという積極的意志があれば、永久に死蔵されてしまうことのないようにできるだろう。

腕をみがくためには、さらに次の勉強を行うようにしたい。

時系列データの分析

自己相関、周期分析、傾向の把握など

多変量解析

重回帰分析、判別関係、主成分分析、クラスター分析など

分散分析

実験計画法

指導上の留意点

極めて時間数が少いから、効率よく説明を進める必要がある。したがって教材の準備が重要である。ただし、教材の多くはコンピュータによって作ることができ、またそのためのプログラムは簡単なものであるから、他の機会に、プログラミング演習として用意しておくこともできよう。

(1) 簡単でかつ実際の例を、コンピュータ利用の周辺から見出し、これを利用する。

(2) チップ実験は、実感をつかむため、一部は手を使ってやらせる。殆んど大部分はコンピュータによる乱数実験により行うようにする。

ディスプレイ端末により即時応答方式で行えると好都合である。

中間結果や最終結果は、説得性のある形にまとめられなければならない。

(3) 理論に深入りせず、直感的に理解し身につけてもらえるようにしたい。そのためイラストレーションの工夫が必要となろう。

参 考

コンピュータによるチップ実験を行うためのプログラムの一部を、例として掲げる。このプログラムは、中型コンピュータによく見られる次の制約の下で働くようになっているので、大型コンピュータや制約の無いコンピュータの場合は、若干の修正をほどこした方が効率が良くなる。

1 語：16ビット（整数型変数は16ビット長）

整数型の演算：DOUBLEの宣言をした整数型の変数（32ビット長）でも、結果が32ビットを越えるような乗算をすることができない。

1. 一様乱数生成プログラム

乗算式合同法（multiplicative-congruential method, Lehmerの方法）による一様乱数生成のプログラムである。整数演算の制約が無ければ、原理に近い簡単なプログラムにすることができる。原理は、プログラムのコメントに記してある。

```

0001  SUBROUTINE URAM(U,IU)
0002  DOUBLE INTEGER IU,IV,IW
0003  REAL U
      C
      C GENERATION OF UNIFORM RANDOM NUMBER
      C U REAL TYPE (0,0.1)
      C IU INTEGER TYPE (0,2**30)
      C METHOD IU=(2**15-3125)*IU (MOD 2**30)
      C
0004  IV=IU/32768
0005  IW=IU-IV*32768
0006  IW=IW*29643
0007  IU=IV*29643 + IW/32768
0008  IU=(IU-(IU/32768)*32768)*32768 + (IW-(IW/32768)*32768)
0009  U=DFLOAT(IU)/1.073742E9
0010  RETURN
0011  END

```

図1-3 一様乱数生成副プログラム

初期値として正の奇数の整数をIUに与える。このプログラムをCALLすると、整数型の一様乱数が0から 2^{30} の間で作られ、IUに入れられる。それに対応する実数型の一様乱数が0から1.0の間に变换されて、Uに入れられる。

2 二項分布乱数生成プログラム

一様乱数生成の副プログラムURAMを使用する。パラメータ n , p をそれぞれN, Pに入れてCALLすると、二項分布をする数値がIBに入れられる。IUとはURAMと共通である。

```

0001  SUBROUTINE BRAM(IB,N,P,IU)
0002  DOUBLE INTEGER IU
0003  IB=0
0004  DO 100 I=1,N
0005  CALL URAM(U,IU)
0006  IF(U,LT,P) IB=IB+1
0007  100 CONTINUE
0008  RETURN
0009  END

```

図1-4 二項分布乱数生成副プログラム

方法： n 個の一様乱数Uを求め、そのうち p より小さいUの個数を数え、それをIBとする。

n が大きく p が小さいときは、もっと効率の良い方法が工夫できる。

3. ポアソン分布乱数生成プログラム

一様乱数の副プログラムURAMを使用する。パラメータ λ をLAMに入れてCALLすると、ポアソン分布をする数値がIPに入れられる。IUはURAMと共通である。

```

0001      SUBROUTINE PRAM(IP,LAM,IU)
0002      DOUBLE INTEGER IU
0003      REAL LAM,LW
0004      DATA LW/0.0/
0005      IF(LW.NE.0.0) GO TO 1
0006      CALL URAM(U,IU)
0007      PW=U
0008      GO TO 2
0009      1 IF(LW.EQ.LAM) GO TO 3
0010      2 EL=EXP(-LAM)
0011      LW=LAM
0012      3 IP=0
0013      4 IF(PW.LT.EL) GO TO 5
0014      IP=IP+1
0015      CALL URAM(U,IU)
0016      PW=PW+U
0017      GO TO 4
0018      5 PW=PW/EL
0019      RETURN
0020      END

```

図1-5 ポアソン分布乱数生成副プログラム

方法：次の関係が成立つまで一様乱数を次々と乗ずる。

$$\prod_{i=0}^k U_i < \exp(-\lambda)$$

そのときの k をIPとする。

4. 指数分布乱数生成プログラム

指数分布をする変数を k 個加えた変数 t は、一種のガンマ分布をする。

$$f(t) = \frac{\lambda^k}{(k-1)!} t^{k-1} e^{-\lambda t}$$

ここで λ を改め $l \cdot \lambda$ におきかえたもの

$$f(t) = \frac{(l\lambda)^k}{(k-1)!} t^{k-1} e^{-l \cdot \lambda t}$$

を作ることにする。特に $k=l$ のとき phase k のアールン分布と呼ばれている。

```

0001      SUBROUTINE FLRAM(F,LAM,L,K,IU)
0002      DOUBLE INTEGER IU
0003      REAL LAM,L
0004      UW=1.0
0005      DO 100 I=1,K
0006      CALL URAM(U,IU)
0007      UW=UW*U
0008      100 CONTINUE
0009      E=-(1.0/(L*LAM))*ALOG(UW)
0010      RETURN
0011      END

```

図1-6 ガンマ分布乱数生成副プログラム

一様乱数生成の副プログラムURAMを使用する。パラメータ λ , l , k をそれぞれLAM, L, Kに入れてCALLすると,ガンマ分布をする数値がEに入れられる。IUはURAMと共通である。

方法：単純な指数分布乱数は, $l=1$, $k=1$ の場合に相当し, 一様乱数Uから,

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln U$$

によって求められる。

$k > 1$ のときは, その元の原理から, k 個の独立な指数分布乱数を加えればよい。

したがって

$$E \Leftarrow -\frac{1}{\lambda} \ln \cdot \prod_{i=1}^k U_i$$

とすればよい。($l \cdot \lambda$ をまとめて λ と考えてある。ガンマ分布のときは, $l=1$ としておけばよい)

5. 正規分布乱数生成プログラム

一様乱数生成の副プログラムURAMを使用する。パラメータ μ , σ をそれぞれM, Sに入れてCALLすると,正規分布をする数値がXに入れられる。IUはURAMと共通である。


```

0001      SUBROUTINE NRAM(X,M,S,IU)
0002      DOUBLE INTEGER IU
0003      REAL M
0004      DATA K/0/
0005      IF(K.NE.0) GO TO 1
0006      CALL URAM(X,IU)
0007      CALL URAM(XW,IU)
0008      W=SQRT(-2.0*ALOG(X))
0009      X=W*COS(6.283185*XW)
0010      XW=W*SIN(6.283185*XW)
0011      K=1
0012      GO TO 2
0013      1 X=XW
0014      K=0
0015      2 X=M+X*S
0016      RETURN
0017      END

```

図1-7 正規分布乱数生成副プログラム

方法：二つの独立な一様乱数 U_i, U_{i+1} から、まず次の方法で標準正規分布をする二つの

独立な変数 x_i, x_{i+1} を求める (Box-Mullerの方法)。

$$x_i = \sqrt{-2 \ln U_i} \cos 2\pi U_{i+1}$$

$$x_{i+1} = \sqrt{-2 \ln U_i} \sin 2\pi U_{i+1}$$

これをひとつずつ

$$X \Leftarrow \mu + x_i \cdot \sigma$$

で変数変換してやる。

6. 中心極限定理を示す実験プログラム

一様乱数を利用して、1と-1をランダムに発生させ、これをIK(=2, 4, 8, ..., 128)個加えて平均したものXNを1000組作り、そのヒストグラムを出力する。

このプログラムを若干修正することによって、いろいろな変数をもとにした実験プログラムにすることができる。

```

0001      DIMENSION H(201),M(10)
0002      DOUBLE INTEGER IU
0003      DATA IA/1HX/
0004      DATA M(1),M(2),M(3),M(4),M(5),M(6),M(7)/2,4,8,16,32,64,128/
0005      DO 90 L=1,7
0006      IK=M(L)
0007      IU=25879123
0008      S=SQRT(FLOAT(IK))*0.1
0009      DO 10 I=1,201
0010      H(I)=0
0011      10 CONTINUE
0012      WRITE(6,102) IK,S
0013      102 FORMAT(1H1,I5,F8.3//)
0014      DO 20 J=1,1000
0015      N=0
0016      DO 30 K=1,IK
0017      CALL URAM(U,IU)
0018      IF (U.GT.0.5) N=N+2
0019      N=N-1
0020      30 CONTINUE
0021      XN=FLOAT(N)/FLOAT(IK)
0022      N=XN*50.0 + 51.0
0023      H(N)=H(N)+1.0
0024      20 CONTINUE
0025      DO 40 K=1,101
0026      XK=FLOAT(K-51)/50.0
0027      KK=H(K)
0028      KX=FLOAT(KK)*S + 0.5
0029      IF(KX.EQ.0) GO TO 39
0030      WRITE(6,100) XK,KK,(IA,J=1,KX)
0031      GO TO 40
0032      39 WRITE(6,101) XK,KK
0033      100 FORMAT(1H ,F8.5,I6,1H1,99A1)
0034      101 FORMAT(1H ,F8.5,I6,1H1)
0035      40 CONTINUE
0036      90 CONTINUE
0037      STOP
0038      END

```

図1-8 チップ実験プログラムの例

図1-9は出力の一部である。

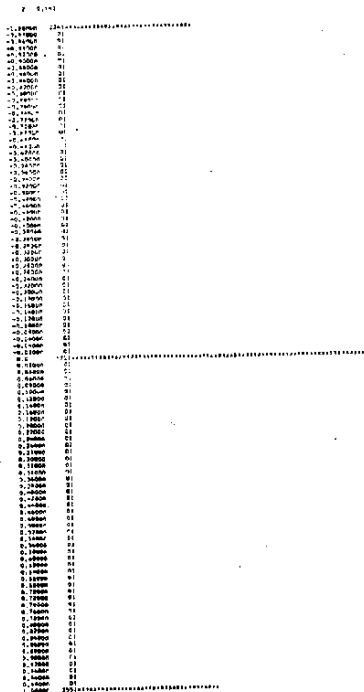


図1.9(a) サンプルサイズ2のとき

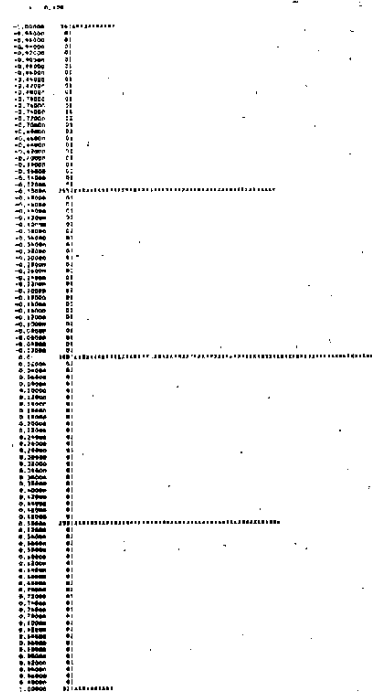


図1.9(b) サンプルサイズ4のとき

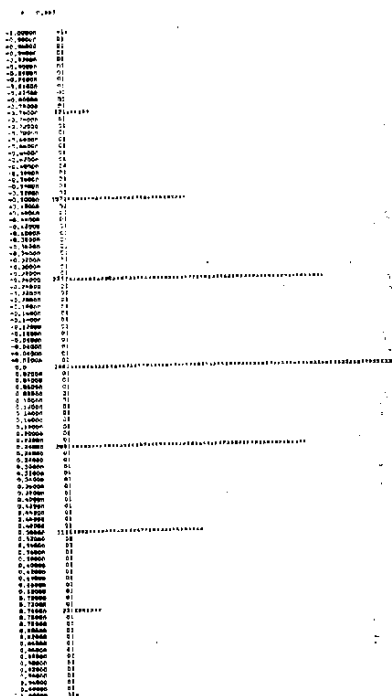


図1.9(c) サンプルサイズ8のとき



図1.9(d) サンプルサイズ32のとき

参考文献

- 〔1〕 森口繁一編「統計的方法」日本規格協会，1968

本文の内容を全てカバーし，テキストとしても使用できる。またチップ実験のやり方およびコンピュータ実験のやり方にも，具体的な参考になる。

- 〔2〕 森口繁一編「初等数理統計学」培風館，1958

やや理論的な理解をしたい人のために参考になる。

- 〔3〕 日科技連編「統計理論」日本科学技術連盟，1960

さらに理論的基礎を学びたい人のためによくまとまっていて使いやすい。

- 〔4〕 P. R. Lohnes, W. W. Cooley (伏見正則訳)「計算機実験をとりいれた初等統計」サイエンス社，1971

統計的方法の基本になる事項についてのコンピュータ実験とそのFORTRANプログラムが載せてある。

- 〔5〕 奥野他「多変量解析法」日科技連，1971

- 〔6〕 奥野他「続多変量解析法」日科技連，1976

- 〔7〕 小林竜一「相関・回帰分析法入門」日科技連，1972

- 〔8〕 田口玄一「実験計画法(上・下)」丸善，1957

第2章 スケジューリング問題

キーワード

PERT(Program Evaluation and Review Technique), CPM(Critical Path Method), アロー・ダイアグラム(arrow diagram), 最早結合点時刻(earliest node time), 最遅結合点時刻(latest node time), 作業日程(job schedule), 作業の余裕時間(float time), クリチカル・パス(critical path), 3点見積り(three time estimates), マン・スケジューリング(man scheduling), PERT/COST, ジョブ・ショップ・スケジューリング(job shop scheduling)

目 標

情報処理の諸分野にあるスケジューリング問題について理解させる。それらは大別して、(1)ソフトウェア作成の日程計画、(2)コンピューター上のジョブ・スケジューリング問題となる。

(1)についてはプロジェクト管理技法としてのPERT、CPMの基本的事項を習得させ、それに応用する能力を養成することが目標となる。即ち、互に関連をもつ諸活動をアロー・ダイアグラムに表現する方法及びクリチカル・パスを発見するための算法などについて説明し、計算結果の利用法についても理解させる。とくにソフトウェア作成というプロジェクトのもつ特色について指摘し、フォロー・アップの重要性を理解させる。

(2)については、ジョブの順序づけ問題の意味を多くの例について指摘し、主なる解法及びその応用例について説明する。コンピューターの有効利用という面で、このような手法が役立つことを理解させる。

内 容

2.1 プロジェクト管理の重要性

プロジェクト管理上の問題点として次の事項を理解させる。

- (A1) プロジェクトが複雑な場合が多く、かつ発注者の要求が不明確な場合が多い。
- (A2) 利益が少ない割に人手がかかる。
- (A3) 技術が日進月歩であり、それに伴う投資を速く回収する必要がある。
- (A4) 新しい試みには危険が伴い、コスト超過と時間遅れの可能性が強い。
- (A5) 組織上の問題点が発生する。

(A6)時間、コストの見積り違いのため途中の変更が多い。

次に管理者の責任事項を明確にする。

(B1)組織化を図る。(プロジェクトの定義、目的、範囲、作業細分化)

(B2)計画を立てる。(日程、予算、完了日)

(B3)承認を与える。(日程、予算)

(B4)管理する。

(B5)報告する。(問題点、現状)

(B6)フォロー・アップする。

プロジェクト管理の利点は次の諸点にある。

(C1)全体が把握できる。

(C2)責任体制が明確になる。

(C3)現場の要求を直ちに知る。

(C4)問題のある場所を事前に知る。

(C5)例外管理の原則を用いることができる。

(C6)予定対実績の対比が明確になる。

(C7)予算、人員、時間のトレード・オフを考察することができる。

(C8)再計画が容易になる。

以上の考察のもとに、プロジェクト管理のサイクルとして下図を理解させる。

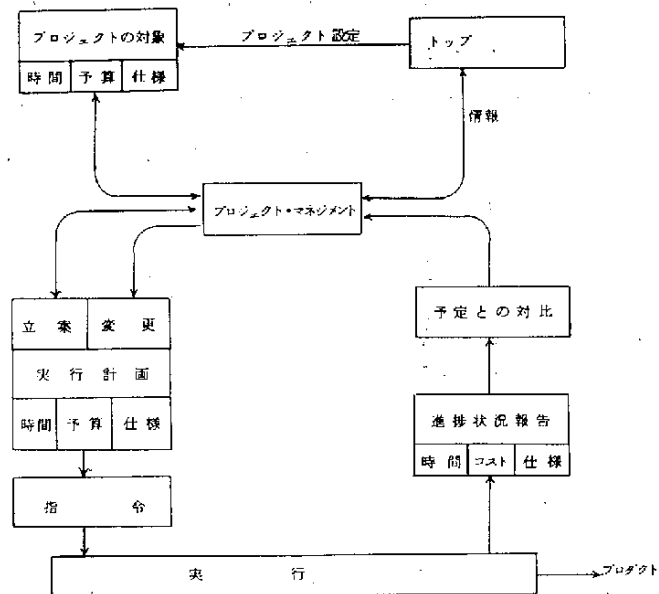


図 2-1 管理のサイクル

この図の中で時間要素の計画・管理の重要性を指摘し、とくに大規模なソフトウェアを作成する際にスケジューリングが果たす役割を以下の各手法及び応用例をもとに理解させる。

2.2 PERT, CPMの歴史とその応用分野

PERT (Program Evaluation and Review Technique) が作られた直接の動機は米海軍によるポラリス・ミサイル開発計画であるが、1950年代におけるIE, QC, OR等のソフト技術の進歩についても理解させる。

ポラリス・ミサイル計画は、1958年当時ソ連優位の状況下にあったミサイル兵器の力のバランスを回復させるために米国が行った国家的プロジェクトであり、数万件に及ぶ研究開発計画が含まれていた。その日程の計画と管理のための新しい方式として、米海軍のOR担当者が開発したものがPERTである。この大プロジェクトはPERTの機能的な駆使によって予定工期を2年間短縮して完成し、米ソ間の力のバランスの回復に多大の貢献をなした。

アメリカ海軍のPERTとは別に、1957年ごろDuPont社の新工場建設の計画・管理のために考案されたものがCPM (Critical Path Method) である。

CPMはPERTの機能はすべて含む上、費用と工期の関係を最適に調整する能力をもっている。その狙いは、最小の費用増加で工期の短縮を図る点にある。

PERT, CPMはあらゆる業種にその適用例を見ることができ、そのいくつかを次にあげる。

① 研究開発計画

マーケティング・販売拡張計画

長期計画・新製品開発、コンピュータ導入、モデル・チェンジ計画

② 土木建設

橋梁、建物、船舶、道路、都市建設

③ 工場

新規建設、移転

④ サービス関係

ラジオ・テレビ放送番組の編成、映画、演劇のシナリオから完成まで

⑤ 政府・官庁

都市の災害復興、都市計画、経済開発

2.3 プロジェクトのアロー・ダイアグラム

PERTによるプロジェクト解析はまずプロジェクトを構成する各要素作業をもれなくひろい

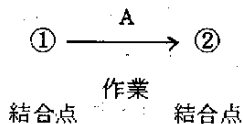
上げることから始まる。PERTでは

その要素作業を単に作業(activity
又は job)と呼ぶ。作業とその先行後
続関係を表にしたものを作業リストと
呼ぶ(表2-1)。

作業リストをもとにプロジェクトを
図示したものをアロー・ダイアグラム
(arrow diagram)又はプロジ
ェクト・ネットワーク(project

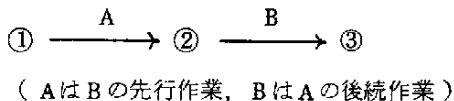
network)と呼ぶが、それを描く規則は次の通り。

- (1) ひとつの作業は一本の矢線で表わす。その前後に丸印をつける。これを結合点(node又はevent)という。



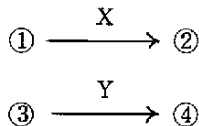
結合点には番号を重複しないようにつける。これを結合点番号という。

- (2) 先行作業と後続作業の関係



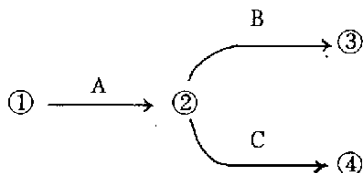
- (3) 並行作業

直接的にも間接的にも先行、後続の関係のない作業を互に並行作業であるという。



- (4) 分岐点

Aが終了すれば、BとCが開始できる。

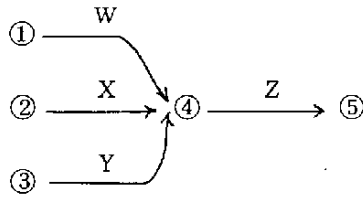


②は分岐点と呼ばれる。

表2-1 作業リスト

作 業 名	先 行 作 業	後 続 作 業
A	ナ シ	B, C
B	A	D, E
C	A	E
D	B	F
E	B, C	F
F	D, E	ナ シ

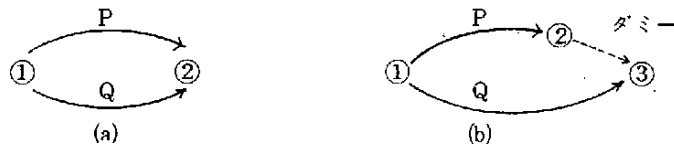
(5) 合 流 点



W, X, Yの全部が終了すれば, Zが開始できる。④は合流点と呼ばれる。

(6) ダミー (その1)

2つの結合点を結ぶ矢線は1本に限る。これは作業の表示上の都合による。下図(a)は, ダミーを入れて(b)のように表わす。



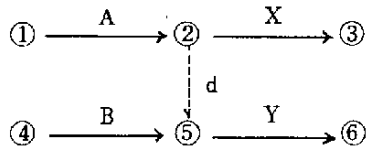
ダミー (dummy) は実体のない作業で, 点線で表わす。

(7) ダミー (その2)

Xの先行作業はA

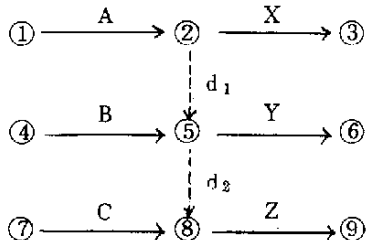
Yの先行作業はAとB

という関係をダミー-dを入れて下図のように表わす。

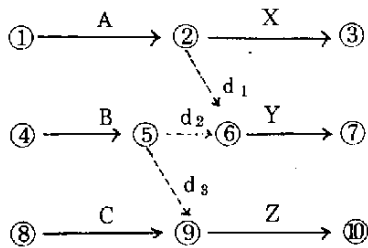


又, この順序関係に更に

「Zの先行作業はA, B, C」という関係が加わった場合は下図のようになる。



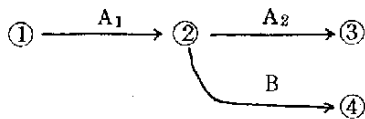
又, この関係で「Zの先行作業はB, C」という変更があった場合には次図になる。



このような例をもとにダミーの役割を理解させると共に、その使い方に慣れさせる。

(8) 作業の分割

「Aの途中からBが開始できる」という関係は下図のようになる。



A_1 と A_2 は A の分割である。

(9) 集合作業

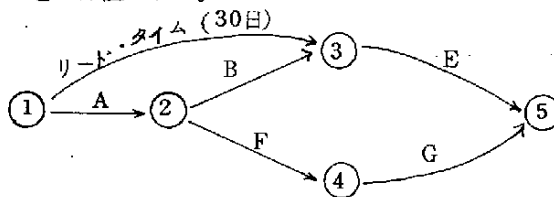
いくつかの作業の集合で定型的なものを集合作業又はワーク・パッケージ (work package) と呼び、一本線で表わす。

(10) 出発点と最終点

ひとつのアロー・ダイアグラムでは出発点と最終点はそれぞれ一個にまとめる。

(11) リード・タイム作業

下図のリード・タイム作業 (1, 3) によって、E の開始は、プロジェクト開始後 30 日目以降になることが保証される。

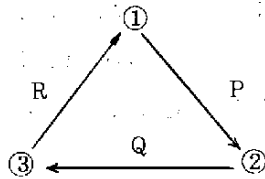


その他、必要に応じてリード・タイム作業を挿入する。

(12) 結合点番号

結合点番号は重複してつけないこと。できればすべての作業 (i, j) に対して $i < j$ という大小関係が保たれていることが望まれる。また 1 から始まる連続番号がついていれば、PERT 計算の処理が簡略化される。

(13) サイクルを入れないこと。



以上の点を理解させた上で、表2-1のリストをもとにアロー・ダイアグラムをかかせる。

又、各自の業務をアロー・ダイアグラム化する練習を行なう。

次の作業リストをもとにアロー・ダイアグラムをかかせる。

表2-2 電子計算機導入計画の作業リスト

記 号	作 業	先 行 作 業	所 要 週 数
A	調 査 決 定	ナ シ	15
B	システム・デザイン	A	8
C	設 備 計 画	A	9
D	プログラマー養成	A	22
E	データ・フォーム決定	B	4
F	フロー・チャート作成	B	15
G	関連部署と打合せ	B	20
H	工 事	C	30
I	プログラミング	D, E, F	20
J	データ・パンチ	E, G	16
K	機械設置テスト	H	5
L	オペレーション・マニュアル作成	I	4
M	デバッキング	I, K	10
N	システム・テスト	J, L, M	7

2.4 PERTの日程計算

ここでは、結合点時刻の計算法とその意味について説明し、次に作業の開始時刻、終了時刻、余裕時間等について理解させる。

(1) 最早結合点時刻と最遅結合点時刻

アロー・ダイアグラムの各作業を実行するために必要な時間（日、週等）を見積る。作業（ i, j ）の所要日数（duration）を記号 D_{ij} で表わす。

最初の結合点①を時刻0で出発したとき、各結合点に到着する最も早い時刻をその結合点の

最早結合点時刻 (earliest node time) といひ、記号 t_i^E で表わす。ここに i は結合点番号である。仮に n 個の結合点があり、結合点番号が前のものから順に $1, 2, \dots, n$ と付けられている場合には、次の算式で t_i^E は計算される。これを前進計算という。

$$\text{前進計算} \quad \begin{cases} t_1^E = 0 \\ t_j^E = \max_{(ij) \in P} \{ t_i^E + D_{ij} \} \quad (j=2, 3, \dots, n) \end{cases}$$

ここに P は作業 (i, j) の集合である。

次に、最終結合点 ④ をある時刻 — 特に指定がなければ t_n^E — までに完了するために、遅くとも各結合点に達していなければならない時刻を求める。これを最遅結合点時刻 (latest node time) といひ、記号 t_i^L で表わす。これらは次のように計算される。これを後退計算という。

$$\text{後退計算} \quad \begin{cases} t_n^L = t_n^E \\ t_i^L = \min_{(ij) \in P} \{ t_j^L - D_{ij} \} \quad (j=n-1, n-2, \dots, 1) \end{cases}$$

小さい例題について、前進計算と後退計算を行なわせる。

t_i^E と t_i^L の意味をよく理解させる。

t_i^E = ④ から始まる作業は、せいぜい早くてもこの時刻からでなければ開始できない。

t_i^L = ④ で終る作業は、遅くともこの時刻までに終了していなければ、予定した時刻 t_n^L でプロジェクトは完了しない。

(2) 作業の開始時刻と終了時刻

結合点時刻をもとに各作業 (i, j) の最早開始時刻 (earliest start time) ES_{ij} , 最早終了時刻 (earliest finish time) EF_{ij} , 最遅開始時刻 (latest start time) LS_{ij} , 最遅終了時刻 (latest finish time) LF_{ij} を次式により計算する。

$$\begin{aligned} ES_{ij} &= t_i^E \\ EF_{ij} &= t_i^E + D_{ij} \\ LS_{ij} &= t_j^L - D_{ij} \\ LF_{ij} &= t_j^L \end{aligned}$$

(3) 作業の余裕時間

作業 (i, j) の全余裕時間 (total float time) TF_{ij} と自由余裕時間 (free

float time) FF_{ij} を計算する。

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij}$$

$$FF_{ij} = t_j^E - EF_{ij}$$

全余裕時間はその作業がもちうる最大余裕時間であり、これを越えて作業が遅延すれば、工期を守ることとは不可能となる。自由余裕は後続作業の最早開始を保証した上で、取りうる余裕時間であり、一種の安全余裕である。

余裕時間がスケジューリング上もつ意味を理解させる。

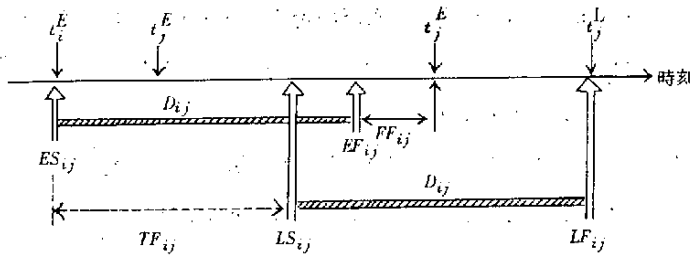
(4) クリチカル・パス

全余裕時間 TF_{ij} がゼロである作業をクリチカル作業(critical job)という。これらの作業が作る経路をクリチカル・パス(critical path)という。クリチカルな作業については $ES_{ij} = LS_{ij}$, $EF_{ij} = LF_{ij}$, $TF_{ij} = FF_{ij} = 0$ が成立し、その日程はユニークに決定されてしまう。PERT解析の大半の目的がこのクリチカル・パスをみつけることであることを強調する。又、クリチカル作業は普通、全作業の15～20%程度に止まり、例外管理の対象とされることにも注意する。

(5) スラック

結合点の日程上のゆとりをスラック(slack) SL_i という。 $SL_i = t_i^L - t_i^E$ 。

(6) 結合点時刻, 作業時刻, 余裕時間の関係



2.5 作業遂行時間の不確定性の取扱い

PERTを実施する上での難点のひとつに作業所要時間の推定の困難さがある。その解決法として3点見積り法を理解させる。すなわち時間の不確定な作業につき、楽観値 a_{ij} と呼ばれる最もうまくいった場合の所要時間、その反対に最も悪い結果を想定した悲観値 b_{ij} 、いちばん可能性が高いと思われる最可能値 m_{ij} の3種類の推定値を求める。

これらの推定値から、次式により、所要時間の期待値 D_{ij} とその分散 σ_{ij}^2 を計算する。

$$D_{ij} = \frac{1}{6} (a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij})$$

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{1}{36} (b_{ij} - a_{ij})^2$$

期待値 D_{ij} を用いてPERT計算を行えば、プロジェクト完了時刻の期待値 T_c が求まる。同時に期待値 D_{ij} をもとにしたクリチカル・パスが得られる。プロジェクト完了時刻の分散 σ^2 はこのクリチカル・パス上の作業の分散 σ_{ij}^2 の和である。

$$\sigma^2 = \sum_{(ij) \in CP} \sigma_{ij}^2 \quad (CP \text{ はクリチカル・パスを示す})$$

これらは確率論の定理で、独立な確率変数の和の期待値はそれぞれの確率変数の期待値の和に等しく、分散はそれぞれの分散の和に等しいということを使っている。しかも、中心極限定理により、プロジェクト完了時刻は、期待値が T_c で分散が σ^2 の正規分布をなすとみなしてよいので、プロジェクト完了時刻が特定の日数以下となる確率は正規分布表を用いて求めることができる。

以上は単純な不確実性の取り扱い方であるが、実用上役立つから十分習得させること。

2.6 必要資源の見積りと配分

プロジェクトの各作業はその遂行に際して各種資源を必要とする。この場合、資源とは人員、資材、資金、設備、特殊技能者等を指す。これらの資源がプロジェクトのなかでいくつもの作業に関係している場合には、できるだけバランスのとれた配置、割付けが望まれる。これらの配分を一般に人員割付け (man-scheduling) とか資源割付け (resource allocation) と呼ぶ。実際、PERTで日程を立てることは、この資源割付けが行なわれてはじめて実行可能性が裏付けされるわけであり、極めて重要な部分である。

この部分は小さな例題について、次のような順序で資源配分を検討させてその考え方を理解させると共にプログラム・パッケージを用いて実際的な例を取扱わせるとよい。

- ① 各作業に必要な資源の種類とその量及び期間を見積る。
- ② PERT計算の結果にもとづき、各作業を最早開始時刻でスタートすると仮定した上で各資源がどの期間どれだけの単位必要かを積み上げてみる。その結果、資源必要量の時間的変動パターンが階段状の起伏をもったグラフで表現されることになる。この部分を山積みと呼ぶ。
- ③ 一方、手持ち資源量を検討し、各時刻にどれだけの量が利用可能であるかを調べる。
- ④ 各資源毎に、どの時点、期間において必要量が手持ちの資源量を上回っているかを調べる。
- ⑤ そして、クリチカル・パス以外の作業を最早開始時刻から最遅開始時刻までの間で移動させ、必要量が制限量を越えないように変更できるかどうかを検討する。このような方法で、資源の山積みをくずして平滑化することを山くずしと呼ぶ。

山くずしにより、必要量を平滑化した結果、すべての資源必要量が制限量以内におさまることもあるし、どれかの資源必要量かどうしても、制限を越えてしまうこともある。しかし、このようにして最終的に決った必要量は、管理者が、資源計画を行なうための基準となり、ときに超過勤務を課員にさせるとか、新社員を採用するなど、資源獲得の準備・計画をする重要な資料となる。またプロジェクトの進行状態の遅滞の予想とその対策の資料にもなるのである。

2.7 CPM

CPM(Critical Path Method)の教育に際しては、手法そのものの理解よりはむしろ考え方に主眼を置くとよい。即ち工期短縮をするためにはクリチカル・パス上の作業の時間を短縮しなければならない。その際、どの作業の時間を短縮すればよいかが問題となる。そこで短縮の難易度を表わす指数を決めてそれにしたがって順次工期の短縮を行なう。これがCPMの考え方である。さて短縮の難易度を示す指数としては、費用勾配を用いるが、これは標準時間とその費用、特急時間とその費用を結ぶ線分の勾配として下図のように計算される。

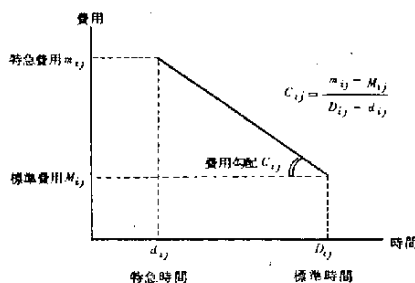


図 2-2 作業 (i, j) の費用勾 C_{ij}

CPMではまず、各作業を標準時間にした上でPERT計算を行ないクリチカル・パスをみつける。次にクリチカル・パス上で費用勾配の最小の作業を探し、それを短縮して行く。その結果、余裕のある作業の余裕時間が減少して行き、複数本のクリチカル・パスが発生することがある。

このような場合には、その複数本のクリチカル・パスを同時に短縮する必要が起るので、最小費用の短縮場所を探すことは次第に困難になる。その算法自体を理解させるよりはむしろ、CPMプログラムを用いて例題を解き、工期短縮が行なわれて行く様子を観察させるとよい。CPMによる工期短縮はひとつのクリチカル・パス上の全作業が特急時間になるまで続けられる。そのとき最短工期が得られたことになる。こうして、工期短縮に伴って増加して行く費用の動きを見ることができる。いわゆる直接費の動きである。図 2-3 の曲線 A がそれがある。次に間接費の動きを調査する。間接部門のコストがそれに当る(図 2-3 の曲線 B)。これは一般に工期が伸びる程、増加する傾向をもつ。最後に、工期遅れによる損失等を考慮して機会損失による費用を算定する(図 2-3 の曲線 C)。これらの和としての総費用(図 2-3 の曲線 D)を計算す

る。総費用を最小にする工期をCPMでは最適工期と呼ぶが、日程計画の担当者には有益な情報となるであろう。

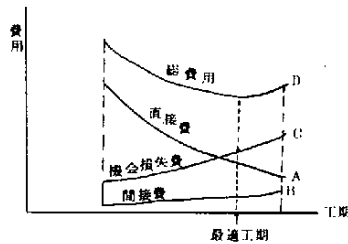


図2-3 プロジェクト費用曲線

2.8 ジョブ・ショップ・スケジューリング

多重プログラミングを管理プログラムが処理して行く際、ジョブ・スケジューリングが問題となる。スケジューリングの良否によってシステムの利用効率が大きく左右されるからである。

コンピュータ・システムに与える仕事の単位をジョブといい、更に使用される資源、処理の機能の違いにより分割されたプログラム単位をジョブ・ステップという。ジョブ・ステップを処理するハードウェアとソフトウェアを資源(リソース)又はショップと呼ぶ。

こうしてジョブ・ショップ・スケジューリング問題が発生する。

オペレーションズ・リサーチで「順序づけ問題」として研究されている、この方面の結果を利用するように教育を行なう。

(1) ジョブが n 個で、ショップが2個の場合のジョンソンの方法

この方法はショップが2個でしかも各ジョブの処理順序が同一であるという仮定の下で有効であるが、この種の問題を取扱う際の基本的な考え方のひとつである。

いま、 n 個のジョブ $J_1, \dots, J_n$ が2個のショップ S_1, S_2 で夫々この順に処理されるものとする。

ジョブ J_i の S_1, S_2 での処理時間を夫々 a_i, b_i とする。問題は、全ジョブの処理完了時間を最短にするためには——同じことだがショップのあき時間を最小にするためには—— $J_1, \dots, J_n$ をどのような順番で処理して行けばよいか、ということである。

この問題は、次に示すジョンソンの方法によって、最適解が得られる。

手順1. $\{a_i\}, \{b_i\}$ のすべての値の最小値を探す。最小値を与える a_i, b_i が2個以上ある場合は、その中のひとつを任意にえらぶ。

手順2. その値が a_i の側にあれば、そのジョブを最初に処理する。

手順3. その値が b_i の側にあれば、そのジョブを最後に処理する。

手順4. そのジョブをリストから外し、残りの $(n-1)$ 個のジョブについて、同様の手順を、ジョブ・リストが空になるまで続ける。

(例)

ジョブ \ ショップ	S_1	S_2
J_1	5	7
J_2	2	8
J_3	4	3
J_4	6	4
J_5	5	5

最適順序は

$J_2 J_1 J_5 J_4 J_3$

又は

$J_2 J_5 J_1 J_4 J_3$

でどちらも総処理完了時間は29である。

尚、ジョンソンは、ショップが3個の場合にも、次のような条件を満たす場合ならば、上記の方法を適用すれば、最適順序が得られることを示している。

ショップ S_1, S_2, S_3 上での各ジョブの処理時間を a_i, b_i, c_i ($i=1, 2, \dots, n$) とする。そのとき、(i) $\min_i a_i \geq \max_i b_i$ か (ii) $\max_i b_i \leq \min_i c_i$ かのいずれかが満されているならば、 $(a_i + b_i, b_i + c_i)$ をもとにジョブが2個の場合のジョンソンの手順を適用すればよい。

又、ジグリオ・ワグナの研究によれば、上の条件(i), (ii)が成立しない場合でも、この方法は、多くの場合、最適解と同じかあるいは、それに近いよい解を与えることが示されている。

この方法を n 個のジョブ、 m 個のショップにまで拡張することは困難であるが、経験則として、前半のショップでの処理時間の短いものをなるべく早く処理し、後半のショップでの処理時間の短いものをなるべく遅く処理することによって、総処理完了時間は短縮される傾向がある。

(2) n ジョブ、 m ショップの場合

一般のジョブ・スケジューリングは次のような意味でより動的である。

- 処理すべきジョブが確定しているわけではなく、時間の経過につれて新しいジョブが投入される。
- ジョブによって、ショップ上の処理順が異なる。
- 各ジョブの各ショップ上での処理時間はスケジューリング段階では確定していない。
- ジョブによっては納期の定められているものや優先順位の高いものがある。

これらの要素を考慮してジョブ・スケジューリングは行なわれねばならない。

このような状況下でのスケジューリングを解決するためには、各ショップに複数のジョブが待ち行列を作っている場合にそのうちのどのジョブを次に処理するかをあるルールにしたがって決める必要がある。これが優先順位である。コンウェイ等の研究により、次のような優先順位がすぐれていることが多くのシミュレーションからわかっている。

① SPT (Shortest Processing Time, 最小処理時間)

このルールは、スケジュール可能なジョブに対して、そのジョブでの処理時間の短い順に優先順位をつけるもので、最小の処理時間のジョブをそのジョブに割付ける。

シミュレーション研究によれば、納期を考慮しないときには、多くの状況下で、SPTは総処理時間の最小化を達成することが知られている。

② 打切りSPT

SPTは総処理時間を短かくする上では、有効であるが、個々のジョブについては不公平になることは拒めない。そこで、各ジョブでのジョブの待ち時間に上限を設定し、その上限を越えて待っているジョブがあれば、それを優先的に処理する。

③ DS/RO (Dynamic Slack per Remaining Operation)

このルールは、各ジョブに納期がついている場合に適用される。

動的スラックDSとは $DS = (\text{納期}) - (\text{現時点}) - (\text{現時点で残っているそのジョブの未処理部分の処理時間の総和})$ であり、DS/ROはDSを未処理の作業数で割った値である。

即ち、その時点で残っているそのジョブの作業ひとつ当たりの平均動的スラック時間である。この値の小さい順に、そのジョブに割りつける。納期についての制約の強い状況下ではこのルールが他のルールより有効である。

指導上の留意点

この章ではプロジェクト管理をとくにスケジューリングの面から検討することに重点をおいて、各種方法の特徴や利用法を習得させることに努める。

(1) PERT/CPMのプログラム・パッケージはすぐれたものが利用できるから、それらをつかって入力データを準備させ、結果を解釈する演習をさせることが望ましい。例題としては「参考」にあるものなどを用いるとよい。

(2) プロジェクト管理者としての立場から、PERT/CPMの利用法について適切な認識を与えるように心がける。ことに以下のような点を指摘する。

① 経営管理・進行状態報告の改善：将来起りそうな事態・トラブルに対しても、タイムリーに報告を提供し、適切な手段を講じることを可能にする。

② 問題所在の確認：手持ちのどの資源がいつひっ迫するか、どの作業がネックの原因か、など管理者として心がけておくべき問題領域をつきとめる。

③ 連絡の改善：ひとつのプロジェクトに関係している多くの管理者が同一のアロー・ダイアグラムやPERTスケジュールをもとにして、計画全体に対する理解・認識を深めることができる。責任の所在、問題点の解決法についても客観的な分析とコミュニケーションが可

能となる。

④ 資源のよりよい管理：作業間・部門間の資源の合理的な配分と融通を可能とする。

⑤ 意思決定の結果の評価：いくつかの可能な代替案をネットワークで評価し、夫々の代替案を資源的な面及び時間的な面から検討することによって最も望ましい意思決定を可能とする。プロジェクトの修正・改良についてもその意味を検討できる。

⑥ 進捗管理の徹底：PERTによる計画を単なる計画で終らせないために、実施途中での進捗管理に留意させる。

(3) ジョブ・ショップ・スケジューリングでは、簡単な例題につきジョンソン流の方法を認識させるとともに、より動的な状況下でのスケジューリングをシミュレーターなどを使って演習させるとよい。

(4) 大規模なソフトウェアを作成する際にPERTによる計画・管理が有効であることを認識させる。

(5) コンピューター上でのジョブ・スケジューリングの重要性を指摘し、そのためにジョブ・ショップ・スケジューリング手法や数理計画法の手法が役立つことを理解させる。

参 考

1. プログラム・パッケージの利用

PERT/CPMのプログラム・パッケージを用いて次の問題を解かせ、日程計画を行なわせる。

〔問題1〕

(1) 次に示すのはある計算センターで現在計画中のある事務作業EDP化の作業リストである。

(表2-3) リストにもとづいてネットワークを書き、プログラム・パッケージを用いて、PERT計算を行え。

表2-3 EDP化作業リスト

記号	作業名称	所要 日数	先行 作業	記号	作業名称	所要 日数	先行作 業
A	EDP化計画立案	10	—	J	パンチカード手配	16	E
B	必要データの収集	25	A	K	プログラム作成	100	D,E
C	関連部門との打合せ	10	A	L	新データへの切替作業	90	D,E
D	収集データの整理	30	B	M	テストラン	16	G,I,J,K
E	システムデザイン	60	B,C	N	業務担当者の教育	21	G,I,J
F	関連部門間調整	7	E	O	併行作業	30	L,M,N
G	報告書用紙手配	16	F	P	担当部門のクレーム調査	7	L,M,N
H	新システムへの切替手順立案	7	F	Q	プログラム修正	10	P
I	切替え諸準備	3	H	R	マニュアル作成	15	O,Q

(2) 「システムデザイン」についてさらに詳細にしらべたところ図2-4および表2-4のようになった。これらの図、表をもとに最初考えた「システムデザイン」の所要日数60日が守れない確率を求めよ。

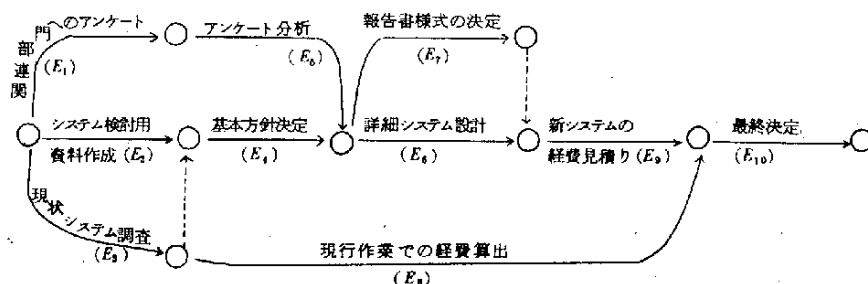


図2-4

表2-4 システムデザインのネットワーク

記号	楽観値	最可能値	悲観値	記号	楽観値	最可能値	悲観値
E ₁	7	7	7	E ₆	15	20	27
E ₂	6	7	9	E ₇	7	7	8
E ₃	8	10	15	E ₈	4	5	7
E ₄	9	10	12	E ₉	4	5	7
E ₅	6	7	8	E ₁₀	7	10	30

(3) 「プログラム作成」の作業内容と所要人員をしらべたところ図2-5および表2-5の通りであった。この計算センターでは本計画のためにプログラマー4名、コーダー2名、オペレーター1名を予定している。この人員で作業した場合、予定した100日でプログラムが完成できるか。ただし各作業はその性質上中断はできないものとする。
マン・スケジューリング・プログラムパッケージを用いて検討せよ。

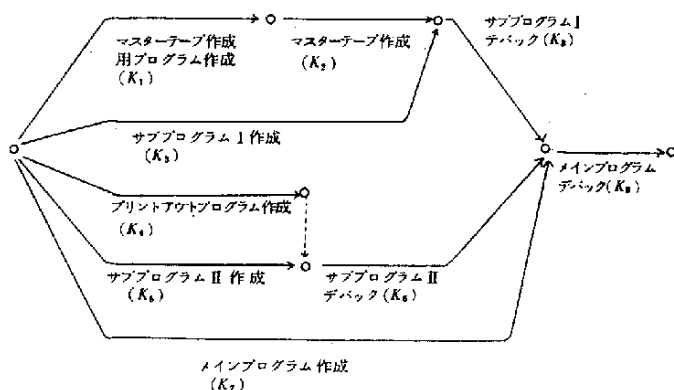


図2-5 プログラム作成のネットワーク

表 2-5 プログラム作成の所要人員内訳

	所 日	要 数	プロ グラマー	コー ダー	オペ レーター		所 日	要 数	プロ グラマー	コー ダー	オペ レーター
K ₁		50		1		K ₆		10	1		1
K ₂		10		1	1	K ₇		65	2	1	
K ₃		60	1	1		K ₈		10	1		1
K ₄		20	1			K ₉		15	2		1
K ₅		45	1	1							

〔問 題 2〕

CPMプログラム・パッケージを用いて表 2-2 の電子計算機導入計画の日程計画を検討せよ。ただし、表 2-2 の所要週数は標準日数（単位は週）であり、特急日数と費用勾配は次表の通りとする。

表 2-6

作 業	特 急 週 数	費 用 勾 配	作 業	特 急 週 数	費 用 勾 配
A	15週	∞千円/週	H	15週	80
B	8	∞	I	10	12
C	7	8	J	10	7
D	12	10	K	5	∞
E	3	4	L	4	∞
F	12	15	M	6	14
G	15	18	N	6	20

2. タスク・スケジューリング問題

マルチプログラミングシステムにおけるタスク・スケジューリング法を分析した論文

Analysis of Several Task-Scheduling Algorithms for a
Model of Multiprogramming Computer Systems

K.L.Krause, V.Y. Shen, and H.D. Schwetmanを紹介する。

マルチ・プログラミング・システムでは仕事のスケジューリングをどうするかがシステムの効率を大きく左右する。この論文では次のようなモデルに基づいて、各種スケジューリング・アルゴリズムを分析すると共に、新ヒューリスティック・アルゴリズムを提案している。

n 個の同一機能をもち独立に働くプロセッサと M ユニットのメモリがある。これらの機器により与えられた k 個のタスク $J = \{ J_1, \dots, J_k \}$ を処理する。各タスク J_j は m_j 個のメモリと t_j の処理時間を要するものとし (m_j, t_j) ($j = 1 \sim k$) が与えられている。

問題は全タスクの処理を完了する時間を最小化するようなタスク・スケジュールを決める方法を求めることである。著者らは最適なスケジュールによる完了時間を仮定した上で、ランダムスケジュール法及び、要求メモリの大なるタスクを優先的にスケジュールして行く方法を解析し、特に最悪の場合に、最適スケジュールにくらべて完了時間がどの位悪くなるかを解析的に示している。

次に、2つのヒューリスティック・アルゴリズムを提案している。その一つを次に紹介する。

まずタスク・リストを m_j の大なる順に並べ変える。時刻 i における使用中のプロセッサ数を n_i とし未使用メモリ数を c_i とする。

$$\text{ステップ0. } N_a = \lceil \max(k/n, \sum_{j=1}^k m_j/M) \rceil$$

とおく。(記号「 α 」は α 以上で最小の整数を意味する。)

ステップ1. $i = 1, 2, \dots, N_a$ に対して次の処理をする。

(1.1) i 番目のタスクを時刻 i に割当てる。

(1.2) $n_i = 1, c_i = M - m_i$ とする。

ステップ2. $j = N_a + 1$ とする。

ステップ3. $I = \max(i \mid c_i \geq c_v \ (v, 1 \leq v \leq N_a, \text{かつ } n_i \neq n))$ とする。

ステップ4. もし $c_I < m_j$ ならば $N_a = N_a + 1$ としステップ1に戻る。

ステップ5. j 番目のタスクを時刻 I に割当てる。

ステップ6. $n_I = n_I + 1, c_I = c_I - m_j$ とし $j = j + 1$ とする。

ステップ7. もし $j > k$ ならば終り。さもなければ、ステップ3に戻る。

著者らはこれらのアルゴリズムが他のものに比して良い結果を与えることを解析的に示すと共にCDC 6500 を用いて実験し、そのことを確かめている。

(コメント)

この問題は数理計画法でカッティング・ストック問題(cutting stock problem)と呼ばれるもので、整数計画法の代表例である。それを解くためのギルモアとゴモリ(Gilmore and Gomory)の方法があるが、本論文の方法はそれをヒューリスティックに解いている点に特徴がある。そのことによって、スケジュールを作る時間は極めて少なくてすむのである。

参考文献

スケジューリング全般に関するもの

[1] コンウェイ他(関根智明訳)「スケジューリングの理論」日刊工業新聞社, 1971

PERTに関するもの

- [2] 関根智明「PERT・CPM」日科技連, 1973
- [3] 刀根 薫「PERT講座I〜M」東洋経済新報社, 1966
情報処理への応用を取扱ったもの
- [4] 戸田 巖「DIPS開発計画をめぐって」, オペレーションズリサーチ, 1975年4月号,
pp. 21-25
電電社のデータ通信サービス用情報処理システムを開発する際のマネジメントの経緯について(1)共同研究(2)大規模プロジェクトという2面から解説している。
- [5] 富野 寿, "ソフトウェア開発プロジェクトのマネジメント", ビジネス・コミュニケーション 1976 Vol. 13, No. 5, pp. 51-58
ソフトウェア・ハウスの管理者としての立場からソフトウェア開発マネジメントの諸問題について分析すると共にいくつかの点について具体的な解決方法を示している。
- [6] Krause, K.L., Shen, V.Y., and Schwetman, H.D., 1975
"Analysis of several task-scheduling algorithms for a
model of multi programming computer systems",
J. ACM, Vol. 22, No. 4, 1975, pp. 522-550
- [7] Frank, A., "Analysis and optimization of disk storage
devices for time-sharing systems". J. ACM, Vol. 16, No. 4,
1969, pp. 602-620
- [8] Denning, P.J., "Effects of scheduling on file memory
operation", Proc. AFIPS SJCC. Vol. 30, AFIPS Press,
Montvale, N. J., 1967

第3章 数理計画法

キーワード

数学的計画法 (mathematical programming), 線形計画法 (linear programming), 単体法 (simplex method), 最適解 (optimum solution), 基底解 (basic solution), 可能解 (feasible solution), 潜在価格 (shadow price), 単体制定基準 (simplex criterion), ピボット演算 (pivot operation), 単体表 (simplex tableau), 制約 (constraint), 人為変数 (artificial variable), ネットワーク計画法 (network programming), 割当問題 (assignment problem), 輸送問題 (transportation problem), 最短路問題 (shortest route problem), 2次計画法 (quadratic programming), 非線形計画法 (nonlinear programming), 双対定理 (duality theorem), 整数計画法 (integer programming), 動的計画法 (dynamic programming), 分枝限定法 (branch and bound method), ナップザック問題 (knapsack problem), セットカバリング問題 (set covering problem), 設備問題 (facility allocation problem)

目 標

資源の最適配分を主要なテーマとして、数学的計画法の基本的な事項の理解とその応用法及びプログラム・パッケージの利用法の習得を目標とする。

線形計画法、ネットワーク計画法に主眼を置くが、整数計画法の適用範囲や分枝限定法についても理解させる。

内 容

3.1 数学的計画法とは

限られた資源を最も有効に使う方法を見出すための数学的な計画手法を数学的計画法と呼ぶ。もともと生産計画や輸送計画を最適化するために作られたもので、既に主要な手法についてはプログラム・パッケージが出来ている。情報処理の分野への応用はまだそれ程多くはないが、情報処理の上級技術者としては、これらの考え方を業務計画に利用するよう心掛けるべきである。

これらの計画法を用いれば、一般に、可能なさまざまな方策の中から最も好ましい方策

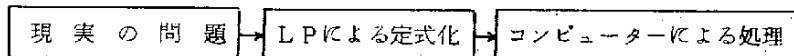
—それを最適解と呼ぶ—が得られるが、最適解及びそれに関連する情報を正しく使うためにも最適解が得られるまでのプロセスについても一応の理解を持ったことが必要である。

又、外部からの信頼に信じてこれらの計画法を使用する場合、中級技術者が主たる業務を担当すると思われるが、上級技術者としても、企画者及び監督者としての立場からさまざまな助言や評価ができなくてはならない。

これらの手法の背景には線形代数をはじめとする各種の数学的な理論があるが、上級技術者にそれらの理論全体を理解するように要求することは不要である。その目的には専門家を起用すればすむことである。むしろそのような専門家と中級技術者をマネジメントできる程度に、手法の内容に通じておけばよい。

3.2 線形計画法への定式化

線形計画法 (linear programming, LP) は数学的計画法の中でも最もよく使われるものであり、プログラム・パッケージもよく整備されている。とはいえ、現実の問題がすぐにパッケージによって解けるわけではなく、一度LPに定式化されなければならない。すなわち、図式的に書けば下のような段階を経ることになる。



この真中にある「LPによる定式化」は、LPを使う際最も重要な事項であり、多くの実例や例題にふれさせて十分その要領を身につけさせる必要がある。この章の「参考」にのせてある問題などを用いるとよい。

まず、目的がなんであるかを見きわめ、その目的を達するための手段を変数を用いて表現する。次に各変数が満足しなければならない制約をしらべ上げ、それらを変数の1次式 (不等式 又は等式) として表現する。変数の符号制約についても明記する。

LPでは、目的関数として利益や効率をとった場合、その目的関数を最大化するこれが要求され、目的関数として、費用や損失をとった場合、その目的関数を最小化することが問題となる。また目的関数がある目標値にできるだけ近づけるという目標計画法もある。典型的な例題を用いて、目的関数の作り方を覚えさせる。次に制約条件を式に表わす。これは、目的を達成するための各変数が互に満していなければならない条件式である。

次に2変数の簡単な場合につき図解法を行って、可能解 (feasible solution) の集合が凸多角形をなし、最適解 (optimum solution) が一般にその頂点で実現されることに注意しておくといふ。

こういった一般のLP以外にネットワーク型LPがある。即ちヒッチコック型の輸送問題や—

般型の輸送問題、ネットワーク上の最短距離問題、最大流問題、割当問題などがあることをこの段階で指摘する。

又、非線形計画法 (nonlinear programming) についても線形計画法との相違点を指摘しておく。

整数計画法 (integer programming) は今後益々重要な手法となるものと思われるので、その意味について説明する。とくに 0-1 計画法と、意思決定との結びつきについて、参考文献及び参考の例などを用いて説明する。組合せ型問題 (combinatorial problem) と整数計画法との結びつきについてふれると共に、巡回セールスマン問題 (travelling salesman problem) やナップザック問題 (knapsack problem) の意味を示すようにする。又、こういった組合せ型問題を真正面から改めようとする $n!$ のオーダーの計算回数が必要であることを説明し、 n が大きい場合に、現在のどんな高速計算機を用いても、最適解を得ることが不可能であることを理解させる。こうして、理論的な攻略法やヒューリスティックの重要性を認識させる。

3.3 単体法による LP の解法

LP は普通、単体法 (simplex method, シンプレックス法) によって解かれる。単体法は、ピボット演算 (pivoting) を単体表 (simplex tableau) に対して繰返し適用することから成立っている。ピボット演算と単体法の基本原理を説明する。

(1) ピボット演算

連立 1 次方程式を解くために用いる消去法の一段階の操作をピボット演算という。

たとえば、

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 = 5 \\ 4x_1 - x_2 = 3 \end{cases}$$

を解くために、最初の式の $2x_1$ を用いて、2 番目の式の $4x_1$ を消去する。この $2x_1$ を消去の軸 (pivot, ピボット) といい、消去算をピボット演算と呼ぶ、これは表形式で実行するとよい。

表 3-1 ピボット演算

x_1	x_2			
(2)	3	5		
4	-1	3		
			軸で第 1 行を割る	
1	3/2	5/2		
4	-1	3		
			第 1 行を 4 倍して第 2 行から引く	
1	3/2	5/2		
0	-7	-7		

ピボット演算を、一般の場合に、算法で示すと次のようになる。係数行列を $A = [a_{ij}]$ ，右辺のベクトルを $b = (b_i)$ とし， A は $(m \times n)$ 行列， b は m -ベクトルとする。またピボット演算前の A と b を示す。演算後の表を表 3-2(b) とする。

表 3-2 ピボット演算

(a)

a_{11}	-----	a_{1q}	-----	a_{1n}	b_1
a_{p1}	-----	$[a_{pq}]$	-----	a_{pn}	b_p
a_{m1}	-----	a_{mq}	-----	a_{mn}	b_m

(b)

a'_{11}	-----	0	-----	a'_{1n}	b'_1
a'_{p1}	-----	1	-----	a'_{pn}	b'_p
a'_{m1}	-----	0	-----	a'_{mn}	b'_m

a_{pq} をピボットとするピボット演算

手順 1: ピボットの行 (すなわち第 p 行) をピボット a_{pq} で割る。

$$\text{式: } a'_{pj} = a_{pj}/a_{pq} \quad (j=1 \sim n), \quad b'_p = b_p/a_{pq}$$

手順 2: 第 1 行から第 m 行まで，第 p 行を除き，(第 i 行) を (第 i 行) - (第 p 行) $\times a_{iq}$ とする。

$$\text{式: } a'_{ij} = a_{ij} - a'_{pj} a_{iq}$$

$$(i=1 \sim m, i \neq p, j=1 \sim n)$$

$$b'_i = b_i - b_p a_{iq} \quad (i=1 \sim m, i \neq p)$$

連立 1 次方程式を解くには，ピボットとして $a_{11}, a_{22}, \dots, a_{mm}$ を採用しながらこのピボット演算を m 回繰返す。そうすると，各段階でピボットがゼロでなければ，次の形の方程式が得られる。

$$x_1 + a_{1m+1}x_{m+1} + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$x_2 + a_{2m+1}x_{m+1} + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$x_m + a_{mm+1}x_{m+1} + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

これは，変数 $x_{m+1}, \dots, x_n$ を用いて変数 $x_1, \dots, x_m$ を解いた形になっている。このとき，解かれた方の変数 $x_1, \dots, x_m$ を基底変数 (basic variable)，解いた方の変数 $x_{m+1}, \dots, x_n$ を非基底変数 (nonbasic variable) と呼ぶ。また，この形の方程式を基底形式で書かれた連立 1 次方程式という。非基底変数にある値を入れれば，それに応じて基底変数の値が得られ，したがって上の方程式の解が一組得られるわけであるが，とくに非基底変数をすべてゼロに置いた場合の解 すなわち $x_1 = b_1, \dots, x_m = b_m, x_{m+1}=0, \dots, x_n=0$ を基底解 (basic solution) と呼ぶ。

(2) 単 体 法

LPを解く単体法は、後に述べる規則に従ってピボットを選択しながら、上に述べたピボット演算を、適用することから成立っている。

次のLPを考察する。

$$\text{目 的 関 数} \quad z = 3x_1 + 5x_2 \rightarrow \text{最大化}$$

$$\text{制 約 条 件} \quad x_1 + 7x_2 \leq 140$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 100$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 120$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

制約式にスラック変数 (slack variable) x_3, x_4, x_5 を導入して、方程式にする。そうするとLPは1つの連立1次方程式となる。

$$\begin{aligned} z - 3x_1 - 5x_2 &= 0 \\ x_1 + 7x_2 + x_3 &= 140 \\ 2x_1 + 4x_2 + x_4 &= 100 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_5 &= 120 \\ (\text{ただし, } x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0) \end{aligned}$$

LPの目的はこの方程式の非負解 $x_1, \dots, x_5$ のなかで z を最大にするものを求めることである。上の方程式は前に説明した基底形式で書かれており、基底変数は z, x_3, x_4, x_5 、非基底変数は x_1, x_2 である。またこの基底形式に対する基底解は $x_1=x_2=0, x_3=140, x_4=100, x_5=120, z=0$ である。これを表にしたものを単体表 (simplex tablean, シンプレックス表) と呼ぶ。(表3-3)

表 3-3 単 体 表

基底変数	基底解	変 数					
		z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
z	0	1	-3	-5	0	0	0
x_3	140	0	1	7	1	0	0
x_4	100	0	2	4	0	1	0
x_5	120	0	3	2	0	0	1

この表では基底変数と基底解がすぐに読み取れるように工夫している。また、基底解が変数の非負条件を満足しているとき(表3-3はまさにそうだが)、可能基底解と呼ぶ。

さて、この表に以下に述べるようなピボット選択にしたがいながらピボット演算を繰返し適用し最適可能基底解(z を最大にする可能基底解)を見つける方法を次に説明する。これが単

体法である。

(3) ピボットの選択方法

ピボットの列選択

z の行に含まれている非基底変数の係数で負のもののうち最も小なるもの

(表 3-3 では x_2 の列)

ピボットの行選択

列選択でえられた非基底変数を x_q とする。そのとき b_i/a_{iq} を $a_{iq} > 0$ なる i につきしらべ、その最小値を与える行をピボットの行とする。

(表 3-3 では x_3 の行)

こうして決定されたピボットをもとにピボット演算を行なう。この操作をピボットが選べなくなるまで繰り返す(表 3-4)。ピボット演算のたびに基底変数と非基底変数が1個ずつ入れ替るがその規則は次の通りである。ピボットの列の非基底変数が基底変数となり、ピボット行の基底変数が非基底変数となる。

ピボットの列選択は基底解における z の値を増加させる目的で行なわれ、行選択は、演算後の新しい単体表が、再び可能基底形式に止るように工夫されている。

さて、この繰り返しが終了するのは、次のいずれかの場合である。

① ピボットの行選択が不可能(z の行の非基底変数の係数が全部正又はゼロ)

② ピボットの列選択が不可能(ピボットの列 a_{iq} がすべて負又はゼロ)

①の場合、後に示すように、すべてに最適可能基底解が得られている(表 3-4(d))。②の場合、LP には、 $z \rightarrow \infty$ とする解が存在し、有界な最適解は存在しない。

表 3-4(d)の基底解が最適解であることは見やすい。いま、原方程式の任意の非負解を $x_1 = \xi_1, \dots, x_5 = \xi_5$, そのときの $z = \xi_0$ としよう。この解は当然、表 3-4(d)の方程式をも満たすはずである。よって z の行に注目すれば

$$142.5 = \xi_0 + \frac{9}{8} \xi_4 + \frac{1}{4} \xi_5$$

を得る。 $\xi_4, \xi_5 \geq 0$ に注意して、 $142.5 \geq \xi_0$ である。したがって $z = 142.5$ を与える(d)の基底解が z を最大にする最適解であることがわかる。

②の場合、 x_q の値を大にすることによって、可能解という性質を失わずに z の値をいくらでも大きくできる解が得られるのである。

以上は初期可能基底解が得られている場合の単体法であり、有限回のピボット演算の後に最適可能基底解が得られることがわかっている。

初期可能基底解が自明でない場合には、二段階単体法(two phase simplex me-

thod)などを用いてLPを解くが、これは上述の単体法を第一段階〔初期可能基底解を得るまで〕と第二段階〔最適可能基底解を得るまで〕の両段階に適用するものである。

表 3-4 単 体 法

ステップ	式の番号	基底変数	基底変数の値	変数						増加限界 θ_i	説明
				Z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
(a)	(1)	Z	0	1	-3	-5	0	0	0		
	(2)	x_3	140	0	1	[7]	1	0	0	$\frac{140}{7}=20$	←
	(3)	x_4	100	0	2	4	0	1	0	$\frac{100}{4}=25$	
	(4)	x_5	120	0	3	2	0	0	1	$\frac{120}{2}=60$	
(b)	(5)	Z	100	1	$-\frac{16}{7}$	0	$\frac{5}{7}$	0	0		(1)-(6)×(-5)
	(6)	x_2	20	0	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{7}$	0	0	$20 \times 7 = 140$	(2)÷7
	(7)	x_4	20	0	$\left[\frac{10}{7}\right]$	0	$-\frac{4}{7}$	1	0	$20 \times \frac{7}{10} = 14$	← (3)-(6)×4
	(8)	x_5	80	0	$\frac{19}{7}$	0	$-\frac{2}{7}$	0	1	$80 \times \frac{7}{19} = 30$	(4)-(6)×2
(c)	(9)	Z	132	1	0	0	$-\frac{1}{5}$	$\frac{8}{5}$	0		(5)-(11)×(- $\frac{16}{7}$)
	(10)	x_2	18	0	0	1	$\frac{1}{5}$	$-\frac{1}{10}$	0	$18 \times 5 = 90$	(6)-(11)× $\frac{1}{7}$
	(11)	x_1	14	0	1	0	$-\frac{2}{5}$	$\frac{7}{10}$	0		(7)÷ $\frac{10}{7}$
	(12)	x_5	42	0	0	0	$\left[\frac{4}{5}\right]$	$-\frac{19}{10}$	1	$42 \times \frac{5}{4} = 52.5$	← (8)-(11)× $\frac{19}{7}$
(d)	(13)	Z	142.5	1	0	0	0	$\frac{9}{8}$	$\frac{1}{4}$		(9)-(16)×(- $\frac{1}{5}$)
	(14)	x_2	7.5	0	0	1	0	$\frac{3}{8}$	$-\frac{1}{4}$		(10)-(16)× $\frac{1}{5}$
	(15)	x_1	35	0	1	0	0	$-\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$		(11)-(16)×(- $\frac{2}{5}$)
	(16)	x_3	52.5	0	0	0	1	$-\frac{19}{8}$	$\frac{5}{4}$		(12)÷ $\frac{4}{5}$

実際のLPプログラムは原理としては上述の単体法を用いるが、メモリーを節約したり計算量を減少させたり、計算精度を保持するために種々の工夫を施しているのが普通である。

3.4 感 度 分 析

LPの大きな利点のひとつは次のような最適解の感度分析(sensitivity analysis)が容易に出来ることである。

- ① 最初の問題の制約条件の右辺定数項 — これは主として資源利約であるが — が変化した場合、現在の最適解はどのような影響を受けるか。
- ② 目的関数の係数が変化したとき、現在の最適解はどのような影響を受けるか。
- ③ 制約式の係数行列のある要素が変化したとき、現在の最適解はどのような影響を受けるか。
- ④ 右辺ベクトル又はコスト係数があるパラメータを含み、そのパラメータの変化につれて、最適解がどのように動くかを見たい。

以上のような場合が比較的容易に解けるのである。プログラム・パッケージには殆んど上の機能があるから、それらを用いて検討させるとよい。

3.5 双対問題と双対定理

双対問題と双対定理については形式的にその定義や定理を示す。また、双対構造の対称性を示す。

次に双対定理で重要な意味をもつ相補性定理(complementary slackness theorem)について説明する。この定理はネットワーク型LPを解く際に、基本定理として用いられるからである。

双対変数の別名をシャドウ・プライス(shadow price)といい、LPの感度分析に有益な情報を提供することを指摘する。即ち、資源配分問題においては、最適解が得られたとき、定数制約不等式の右辺の定数(利用可能資源量)が1単位だけ緩和されたとき、目的関数はどれだけ増加又は減少するかを示しているのがシャドウ・プライスである。

このような例を用いて、双対問題、双対変数、双対定理、相補性定理などを理解させるようにつとめる。

3.6 LPのプログラム・パッケージ

LPのプログラム・パッケージはよく整備されているので、それを用いて演習を行なうとよい。ただし、プログラム・パッケージは大規模問題用に作られているものが多いので、演習問題のような比較的小型の問題をそれを用いて解いても、最適解が得られるまでの経過を理解することは

必ずしも容易ではないかも知れない。むしろ、最適解とシャドウ・プライス等の情報を読取れるように教育の方がよい。途中の計算経過を一応理解させるためには、端末機を用いて対話型でLPを学習させるとよい。すなわち、ピボット選択を自分で行なわせながら単体法の繰返しを一ステップずつ実習させる。このようなプログラムならば簡単に作る事ができるし、その例は参考文献に見ることができるので利用するとよい。

プログラム・パッケージを用いて演習を行なう際には、例題としては既に最適解の得られているものを用いて、次のような点に注意しながら実施するとよい。

(1) 入力データの作り方

制約条件式、目的関数の係数の与え方、不等号や等号の与え方、目的関数の最大化、最小化の区別の仕方、有界変数の与え方等。

(2) 制御言語プログラムの作り方

多くのプログラム・パッケージは制御言語の下で働くようになっている。

典型的な制御言語プログラムの作り方を学ばせる。

(3) 出力結果の見方

基底変数、非基底変数、基底解、シャドウ・プライス等。

(4) 感 度 分 析

データの一部修正が最適解に及ぼす影響を見る。とくに(i)右辺の定数項の修正(ii)目的関数の係数の変化(iii)新しい制約条件の追加 などを行うとよい。

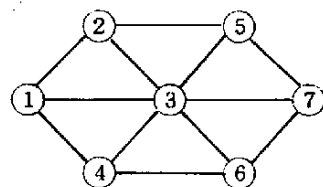
そのための制御文の作り方とデータの与え方を教える。

3.7 ネットワーク計画法

ネットワーク型LPは普通のLPの特殊なケースであるが、解法上は単体法を用いず、それぞれの問題向きの方法を用いている。これらはいずれもその問題の構造上の特徴をうまく利用したものであり、そのために単体法にくらべて、メモリが少なくてすみ、又、計算時間もはるかに少なくてすむのである。ネットワーク型LPの中では、最短距離問題について若干説明し、他の多くの問題がこの2つの基本演算を用いて解けることにふれる程度でよい。

(1) 最短距離問題

右図のようなネットワークの隣接する2点 i, j 間の距離 d_{ij} が与えられているとき、2点間——たとえば点1から点7に至る——の最短距離とその経路を



見つけることが最短距離問題である。この問題を解くためのダイクストラ (Dijkstra) 法について説明し、アークの方向によって距離が異なるような場合にもこの解法が成立することを示す。また、最短距離問題をLPに定式化し、その双対問題を考察することによって、ダイクストラ法による解が最適解を与えることや、解の相補性が成立すること、流れと圧 (ポテンシャル) の関係等を示すとよい。

又、特定の2点間の最短距離ではなく、すべての2点間の最短距離を求めるウォーシャル・フロイド (Warshall-Floyd) 法を示し、最短経路を求める方法についても説明する。

最短距離問題はいろいろな方面に使われている。回路網の問題やネットワーク型データ通信の問題にも使われているのでそのような例題を用いるとよい。

非線形特性をもつネットワーク上での最短距離問題の解法のひとつにインクリメンタル・アサインメント (incremental assignment) 法があるが、これもウォーシャル・フロイド法の拡張として示すとよい。

(2) 最大流問題

ネットワークの各枝に容量がついている場合に特定の2点間の最大流を求める問題である。この問題はラベリング (labelling) 法を用いて解く。この解法に現われる流れとカットという考え方はLPの双対性に対応する。その双対性に基づいてラベリング法による解の最適性が示されるのである。

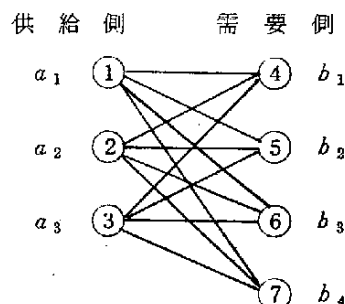
以上の2つの算法を組合せることによって次の各問題を解くことができる。むしろ、問題の意味や適用法について説明するとよい。

(3) 輸送問題

最小費用流問題とも呼ばれるが、ネットワークで表現される輸送網上でどのように財を送れば輸送費が最小化されるかという問題である。

(4) ヒッチコック型輸送問題

右図のようにネットワークが供給側と需要側に二分され、供給側の各点 i の供給可能量 a_i と需要側の各点 j の需要量 b_j が与えられ、かつ i から j への輸送単価 c_{ij} が与えられているときの最小費用の輸送計画を求める問題をヒッチコック型問題と呼ぶ。



(5) 割当問題

n 人の人と n 個の職があり、人 i を職 j に割当てた場合の利益 c_{ij} が与えられているとき、総利益を最大化する人と職の割当てを求める問題である。この問題はヒッチコック型問題で供給側の点の数と需要側の点の数が等しく、かつ

$a_i = 1$ (すべての i), $b_j = 1$ (すべての j) の場合に当る。

この問題は人と職という組合せを仕事と機械などの組合せに変えることによっていろいろな応用が考えられる。

3.8 非線形計画法

変数のコスト特性等が線形でない場合に、非線形計画法が問題になることを指摘する。とくに解法に立入る必要はないが、LPにくらべると解法がむづかしくなる点を示す。

SUMT (sequentially unconstrained minimization technique) や G R G (generalized reduced gradient) 法のプログラムがあれば、それらについて説明し、例題を解いてみるとよい。

非線形計画問題の中でも、制約が線形で目的関数の中の非線形項が分離されて入っている場合——変数分離型非線形計画問題——は多くの数値計画法パッケージで取扱えるようになっているからそれを利用するとよい。又、2次計画問題は単体法を利用して効率よく解くことができることに注意する。

3.9 整数計画法

LPの変数のいくつかに整数条件がついた問題を整数計画法 (integer programming, IP) の問題という。例題を用いてIP問題の定式化を行なうと共に特に0-1計画法の重要性を指摘する。これには参考文献を利用するとよい。IPの解法にはGomoryの方法などもあるが、これまで成功している殆どの場合には分枝限定法 (branch and bound method) である。分枝限定法はIPばかりでなく組合せ型の問題に対しても有力な解法として用いられているので、その基本的な考え方を簡単なIPの例題を用いて説明する。

整数計画法の例として次のものをあげておく。

(1) ナップザック問題

ナップザック問題の基本形は次のようなものである。あるスペースが与えられていて、いろいろな価値や容積の品物をその中に詰め込まなければならないときに最も価値を大きくするような結つ方を求めよ。

数式化すれば次の通り。

$$\begin{aligned} \max \quad z &= \sum_{i=1}^n \pi_i x_i \\ \text{制約} \quad \sum_{i=1}^n a_i x_i &\leq L \end{aligned}$$

x_i : 整数

ナップザック問題は一定の予算の下で最大の率を上げるような機器構成を求める際にも利用することができる。この問題は制約式がひとつしかないという特徴をもつが、応用例の多いものである。

(2) セット・カバリング問題

$T = \{1, \dots, n\}$, とし T の部分集合 $F_1, \dots, F_m$ の族を F とする。 $F = \{F_1, \dots, F_m\}$ 。今 F の部分族 H が次の式を満たすとき, H を F のカバリーであるという。

$$\bigcup_{F_j \in H} F_j = \bigcup_{F_j \in F} F_j$$

F_j をカバリーに入れる費用を c_j としよう。そのとき, 最小費用のカバリーを求める問題をセット・カバリング問題と呼ぶ。

この問題は

$$\begin{aligned} a_{ij} &= 1 \quad \dots \dots j \in F_i \text{ のとき} \\ &= 0 \quad \dots \dots \text{その他のとき} \end{aligned}$$

という係数行列 A を用いて, 次の IP に定式化させる。

$$\begin{aligned} \min \quad & z = c x \\ \text{制約} \quad & A x \geq e \\ & x_j = 0 \text{ 又は } 1 \quad (\forall j) \end{aligned}$$

この問題の具体例は参考文献にある。

(3) 設備問題

n コの設備設置候補地とその設備を利用する m コの需要地がある。候補地 i にその設備を設置するに要する費用は c_i であり, その最大サービス能力は a_i である。需要地 j では b_j のサービスを要求している。設備が需要地 j に 1 単位のサービスを提供するためには f_{ij} の費用がかかる。又, 候補地 i に設備を設置した場合, 1 単位のサービスを生み出すために f_i の費用がかかる。

各地の需要を満たす, 最小費用の設備設置問題は次のように IP に定式化される。

$$\min z = \sum_{(i,j)} f_{ij} x_{ij} + \sum_i c_i y_i + \sum_i f_i \sum_j x_{ij}$$

$$\text{制約} \quad \sum_j x_{ij} - a_i y_i \leq 0 \quad (\forall i)$$

$$\sum_i x_{ij} - b_j \geq 0 \quad (\forall j)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (\forall i, j)$$

$$y_i \text{ は } 0 \text{ 又は } 1$$

この問題は0-1計画問題と輸送型問題が結合されたものと見るができる。

3.10 動的計画法

時間を追って次々に決定を行ないながら、全期間を通しての効果を最大にするような決定問題を一般に動的な問題と呼ぶ。動的計画法(dynamic programming, DP)はこのような多段階決定過程を解析する方法である。しかしながら、動的計画法は時間変数を含むという狭い意味の決定問題に限らず、非常に多種多様の最適化問題に対する解決手段を与えてくれる。この意味から、DPは最適化問題の定式化における基本的態度のひとつとでもいうべきものであり、LPのように決った算法があるわけではない。

簡単な例題を用いて、その定式化の特徴に慣れさせ、又、解法を通して、DPのもつ基本原理「最適性の原理」を理解させる。

指導上の留意点

- (1) 線形計画法のプログラムは現在ほとんど積逆行列形式の改訂シンプレックス法が使われているが普通の単体法だけを教えればよい。ここでLPの解法を教える目的は、LPにおける重要な概念と原理を理解させ、コンピューターからの出力結果を正しく解釈できるようにすることである。この点が習得されていれば、LPを利用する上では十分である。
- (2) LPを意思決定の道具として、正しく解釈し、感度分析を行なうなどの柔軟な使い方をさせるためには、双対理論やシャドウ・プライスの概念が重要であるから、簡単な例題を用いて、この点を十分に理解させる。
- (3) 文章で記述された問題を読んで、LPに定式化する演習を十分に行なうこと。
- (4) 端末機を用いて対話型でLPを訓練するプログラムがあれば、それを用いて、ピボット演算のピボット選択の原理を習得させ、最適単体表の判定などを行なわせる。又、条件の変化などを行なわせ、最適解の変化を観察させること。
- (5) LP計算のパッケージ・プログラムがあれば、それを使って各自が作った問題のインプットデータを用意させ、又制御文を作らせて、解かせてみる。計算結果の解釈、感度分析をさせレポートを書かせる。又、多くの場合、定式化の不備や入力データの不備のために予期した答が得られない。そのような際には、徹底的な原因を究明するように指導する。
- (6) ネットワーク型LPについては研修生の能力や問題意識に応じて問題の選択を行なうとよい。その際、自分の問題を用意させて、パッケージ・プログラムや準備したプログラムで解かせる。
- (7) 整数計画問題はファイルの構成やメモリー選択といった決定問題に使えるので、定式化を中心に指導する。解法はすべて教師側で準備しておき、研修生が用意した問題を解かせる。多

くの場合、分枝限定法を用いるので、最適解が得られるまでの経過を眺めながら、分枝や限定の意味を理解させる。

参 考

1. LPの問題例

LPの問題例として次のものを利用するとよい。

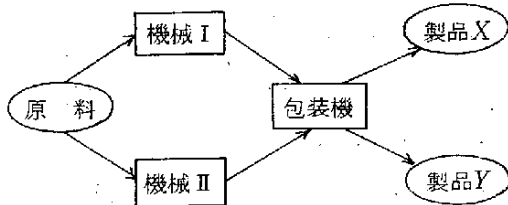
(1) A社では3つの工程 P_1, P_2, P_3 を用いて3種類の製品 R_1, R_2, R_3 を作っている。各製品は3つの工程を全部通らねばならないが、その1Kgを作るために要する各工程の所要時間は下表の通りである。また、製品 R_1, R_2, R_3 の1Kg当りの売上利益は夫々8千円、7千円、6千円であり、工程 P_1, P_2, P_3 の利用可能時間は夫々150時間、180時間、120時間である。この問題を利益最大化のLPとして定式化し、最適解を求めよ。

工程 \ 製品	R_1	R_2	R_3
P_1	2時間/Kg	3	4
P_2	1	4	5
P_3	3	4	2

A社では、現在、工程能力を増強することを考

えている。かりに3つの工程 P_1, P_2, P_3 を単位的に増加するに要する設備費用が等しいとすれば、どの工程から増強するのが得策であろうか。その工程を増強するときに単位費用をいくらまでかけてもよいか。また、その工程を何時間まで増加させてよいか。

(2) B社では、2種類の種品 X, Y を作っており、それぞれ1Kg当り64円と72円で販売している。製造工程を図示すると次のようになるが、両製品は同じ原料を用い、それぞれ機械IとIIで別々に処理され、同じ包装機を用いて梱包されて出荷される。



費用や作業時間の分析の結果は次頁の表の通りである。ここに、処理速度はその機械への投入量に対する処理速度である。歩留り欄は、たとえば、原料を1トン機械Iに投入すれば80%に当る0.8トンが製品Xの未包装の状

態となって得られることを意味する。なお、原料費はトン当り1万円である。

(i) 製品 X, Y を製造するため1日当りの原料投入量を夫々 x_1 トン、 x_2 トンとし、上の問題をLPに定式化せよ。

(ii) 最適解を求めよ。

(iii) どの機械が生産の隘路になっているか。

その機械の超過稼働時間に対して、会社は1時間等りいくら支払うに値するか。

機 械	費 用 (万円/時間)	歩 留 り (%)	処 理 速 度 (トン/時間)	最大稼働時間 (時間/日)
I	5	80	2.5(製品X)	7
II	2	75	2.0(製品Y)	8
包装	3	100	{ 2.0(製品X) 1.5(製品Y)	10

(3) C社では2種類の製品X, Yを組立て、販売している。Xの売価は1台100万円, Yは150万円である。A, B夫々の構成部品と部品の単価は表3-5の通りである。

表 3-5 部 品 表

構 成 部 品 名	a	b	c	d
単 価	1,000円/個	5,000円/個	3,000円/個	1,500円/個
X 1台当りの所要個数	20個	50個	30個	10個
Y 1台当りの所要個数	30個	70個	10個	0個

この会社には第1組立工場と第2組立工場がある。各製品は第1工場ですば組立され、第2工場で完成される。X, Y夫々の各工場における所要工数と各工場の時給(1工数当りの費用)は表3-6の通りである。

表 3-6

工 場 名	第 1	第 2
時 給	500円	650円
X 1台当りの所要工数	300	100
Y 1台当りの所要工数	600	700

いま、来月の生産計画を立てようと思って部品メーカーの製造能力と工場別持工数を調べたところ、次の通りであった。

- 来月の持工数 第 1 工 場 12,000 工 数
 第 2 工 場 13,000 工 数

次の各問に答えよ。

- 来月の部品数、持工数の制限範囲内で利益を最大にするようなX, Y各製品の生産計画を求めるLPを作れ。次にそれを解け。
- もし各工場で1,000工数わく内での時間外勤務が許される場合には、(i)で求めた解はどのように変るか。ただし時間外の時給は50%アップとする。

(4) 4人のプログラマに4つのプログラムを夫々1人1つづつ割当てたいと思う。各人の各プログラム作成に要する時間は右表の通りである。総時間が最小になるような割当て方を求めよ。
(割当問題であるが、そのプログラムがなければ、普通の単体法パッケージで解いてみよ。)

プログラマ \ プログラム				
	1	2	3	4
1	4	7	5	6
2	3	11	4	9
3	5	9	10	11
4	11	6	3	8

2. 最適メモリ構成法

LP, IPをメモリー構成法に利用した論文 Optimization of Memory Hierarchies in Multiprogrammed System (参考文献[11])の紹介を次に行なう。

コンピュータ・システムを設計する場合のメモリー構成を最適化する方法を示す。このコンピュータ・システムで使用するプログラムと候補になっているメモリー・デバイスについては次の仮定をおく。

- (i) プログラムとそのデータが与えられたとき、その必要なメモリー数と各部分の使用頻度がプレ・アナリシスの段階で判明している。
- (ii) 情報はすべてあるメモリー構成の中にストアされる。各メモリー・デバイスはコストによって特徴づけられるが、そのコストは記憶容量と情報を検索するために必要な平均アクセス時間の関数として定まるものとする。

(1) 一つのプログラムを処理する場合の基本的な考え方

今、あるプログラムを等サイズのブロックに分割し、使用頻度 F_i ($i=1 \sim M$) のブロック数が W_i ($i=1 \sim M$) だけあるとする。そこで

$$P_i = F_i / \sum_{i=1}^M F_i W_i \quad (i=1 \sim M)$$

とおけば

$$\sum_i P_i W_i = 1$$

という関係が成立する。

このことより、 (P, W) というペアは与えられたプログラムの活動(使われ方)のプロファイルを決めるものとみてよいであろう。

一方、情報をストアする各メモリーは2つの指数、すなわち1ブロック当りのアクセス・タ

イム T_i とコスト C_i によって特徴づけられているものとする。

そのとき次の問題が発生する。

〔与件〕(i) 全メモリ・デバイスに使える最大コストは G である。

(ii) C_i と T_i を指数としてもつ N 種の異なる種類のメモリーがある。

(iii) (P, W) というペアで特徴づけられた情報 (プログラム) がある。

〔問題〕 各タイプのメモリに情報のブロックをどのように割当てれば (i) 全コストが G を越えない範囲で, (ii) 各情報ブロックへの平均アクセス・タイムが最小化されるか。

今, 変数として, V_{ik} をメモリ・タイプ k ($0 \leq k \leq N$) にストアさせる活動 P_i の情報ブロック数とする。そのとき

$$V_{i0} = W_i - \sum_{k=1}^N V_{ik}$$

は後で述べるマスメモリへ割当てられるブロック数である。

制約としては

$$\textcircled{1} \quad G_{\text{mass}} + \sum_{k=1}^N C_k \sum_{i=1}^M V_{ik} \leq G$$

$$\textcircled{2} \quad \sum_{k=0}^N V_{ik} = W_i \quad (i=1 \sim M)$$

$$V_{ik} \geq 0 \quad (V_i, h)$$

が考えられる。但しマスメモリは既存のものとし, G_{mass} はそのコストである。マスメモリは安い, アクセス・タイムは非常に大きい。

目的は, プログラムの各ブロックへの平均アクセス・タイム

$$\textcircled{3} \quad \bar{T} = \sum_{i=1}^M \sum_{k=0}^N P_i T_k V_{ik}$$

を最小化することである。

この問題の最適解が得られたならば, k 番目のメモリ・タイプのデバイスの必要な大きさは

$$U_k = \sum_{i=1}^M V_{ik} \quad (1 \leq k \leq N)$$

として決定されることになる。

著者らはこの問題を解く特殊な算法を考案しているが, 普通の LP によっても勿論解くことも可能である。

(2) 多重プログラムシステムの場合

この方法はごく自然に多重プログラムの場合のメモリ構成法に拡張することができる。その場合、上記のような各プログラム・ブロックの活動プロファイルと同時に各プログラムの使用頻度を知ることによって全体的なプログラム・ブロックの活動プロファイルを作り、それをもとに前記の解析を行なうことになる。この場合にも著者らは単体法によらずにこの問題向きの算法を適用している。

(3) モデューラー・メモリの場合

メモリは通常モデューラー単位になっているのでメモリ構成問題にはこの要素を取り入れねばならない。

今、タイム k のメモリの 1 モデュールの費用と大きさを夫々 d_k, A_k とする。メモリ構成に採用するタイプ k のモデュール数を変数 y_k とすると問題は次のような整数計画問題になる。

$$\text{目的関数} \quad \min T = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^M P_i T_k V_{ik}$$

$$\text{制約条件} \quad \sum_k d_k y_k + G_{MASS} \leq G$$

$$\sum_{k=1}^N V_{ik} = W_i \quad (i=1 \sim M)$$

$$\sum_{i=1}^M V_{ik} \leq A_k y_k \quad (k=1 \sim N)$$

$$V_{ik} \geq 0, \quad V_{ik} \text{ 整数}$$

$$y_k \geq 0, \quad y_k \text{ 整数}$$

著者らはこの整数計画問題を分枝限定法を用いて解いている。

3. ファイル・サーチ問題

多重ファイルからデータを取り出す際のサーチタイムを最小化する問題をセット・カバリング問題として解いた論文

On Optimal Extracting from a Multiple File Data Storage System (参考文献[10])

を紹介する。

今、 m コのファイル $F_1, \dots, F_m$ があり、各ファイルには夫々のレコードが含まれている。次に k コのリクエスト $R_1, \dots, R_k$ があり、各リクエストはそれを含むどれかのファイルを探すことによって、レコードとして検出されるものとする。

問題はすべてのリクエストレコードをファイルから引き出す時間を最小にする探し方如何?ということである。

リクエストとファイルの関係を規定する行列 $A = (a_{ij})$ を次のように定める。

$$\begin{aligned} a_{ij} &= 1 \cdots \cdots \text{リクエスト } R_i \text{ がファイル } F_j \text{ に入っているとき} \\ &= 0 \cdots \cdots \text{それ以外するとき} \end{aligned}$$

そのとき列ベクトル

$$a_{.j} = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ \vdots \\ a_{kj} \end{pmatrix}$$

はファイル F_j のリクエスト特性を示し、又行ベクトル

$$a_{i.} = (a_{i1}, \cdots, a_{im})$$

はリクエスト R_i のファイル特性を示す。

行列

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{k1} & \cdots & a_{km} \end{pmatrix}$$

は現在のリクエスト R に対する満足度の構造を示す行列である。

先ず、一時には1ファイルしかサーチできないと仮定する。問題は、各リクエストに関係したファイルに含まれている必要なレコードを全部引き出し、しかもその際、サーチ時間の合計を最小にすることである。

次のように変数を決める。

$$\begin{aligned} x_i &= 1 \cdots \cdots \text{ファイル } F_i \text{ を探す} \\ &= 0 \cdots \cdots \text{ファイル } F_i \text{ を探さない} \end{aligned}$$

又、ファイル F_i のサーチ・タイム(レコード数としてよい)を l_i とする。

そのとき、 k コのリクエストが満足されねばならないという条件は

$$a_{i1} x_1 + \cdots + a_{im} x_m \geq 1 \quad (i=1 \sim k)$$

$$\text{ただし } x_i = 0 \text{ 又は } 1$$

で表わされ、サーチ・タイムを最小化するという目的は

$$\min \lambda = l_1 x_1 + \cdots + l_m x_m$$

となる。これは整数計画の問題の中でもセット・カバリングと呼ばれるものである。

著者はIBMのSHAREが提供しているGomoryの算法でこの問題を解いている。

簡単な例をあげよう。

A行列と l の値を次の通りとする。

リクエスト \ ファイル	F_1	F_2	F_3	F_4
R_1	1	1	1	1
R_2	1	1	0	1
R_3	1	0	1	1
R_4	1	0	0	1
R_5	0	1	1	1
R_6	0	1	0	1
R_7	0	0	1	1
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
	16	8	4	49

	x_1	x_2	x_3	x_4	λ
解 1	1	1	1	0	28
解 2	0	0	0	1	49

7 コのリクエストに対して、4 コのファイルがありその長さは、16, 8, 4, 49である。この問題の2つ代表的な解は下表の通りである。勿論、 λ を最小にする解は解1である。

より大きな問題についても解が得られており、これらの経験から著者は、ファイル選択問題に整数計画法とくにセット・カバリング問題を解く Gomory の方法は有効であると結論づけている。

次に、多重ファイルのデータ記憶システムに対してもこのモデルを拡張することができる。仮に、2つのデータ・ファイルから同時

に読取りができるとしよう。そのとき変数を次のように決める。

$$x_{jk} = 1 \cdots \cdots F_j \text{ と } F_k \text{ を同時に探するとき}$$

$$= 0 \cdots \cdots \text{それ以外のとき}$$

又、各リクエスト R_i に対して、あらたに

$$a_i^{jk} = \max \{ a_{ij}, a_{ik} \}$$

を定義する。

次にベクトル

$$a^{jk} = \begin{pmatrix} a_1^{jk} \\ \vdots \\ a_m^{jk} \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} (j=1 \sim m-1) \\ (k=j+1 \sim m) \end{matrix}$$

をもとに行列

$$A = (a^{12}, \dots, a^{1m}, \dots, a^{jj+1}, \dots, a^{jm}, \dots, a^{m-1m})$$

を作る。この各列に変数ベクトル

$$x = (x^{12}, \dots, x^{1m}, \dots, x^{jj+1}, \dots, x^{jm}, \dots, x^{m-1m})$$

を対応させる。更に

$$\ell_{jk} = \max \{ \ell_j, \ell_k \}$$

を要素とするベクトルを l とすれば、結局問題は次のセット・カバリング問題となる。

$$\min \quad \lambda = l x$$

制約条件

$$Ax \geq e$$

$$x_{jk} \cdots 0 \text{ 又は } 1 \quad (\forall j, k)$$

ただし、 $e = (1, \dots, 1)^T$ である。

4. ページングの最適化

動的計画法を用いてページングを最適化する例として

Principles of Optimal Page Replacement (参考文献[9])

がある。この論文では、プログラムを与えられたメモリー枠の内でページングを用いて処理する際のページングポリシーを考察している。プログラムの行動特性としては k 次の非定常マルコフ過程を想定している。評価基準としては、プログラムの処理時間を取り、それを最小化することを目的とする。そのような意味での最適政策が満たす動的計画法の漸化式を示しそれを解く算法を与えている。0 次の非定常性をもついくつかのプログラム例について最適解を示すと共に、最適政策に対する近似的な算法を議論している。

(コメント) ページングポリシーとしては「次回の呼び出しがかかるまでの期待時間が最も長いページをリプレースする」という経験則があるが、本論文では数理計画法という観点からより一般的にこの問題を考察している。ある種の仮定の下では上の経験則が正しいことを示しているが、尚多くの解決すべき問題点が残されていることも指摘している。

参 考 文 献

数学的計画法一般 (LPを含む) に関するもの

- [1] 小野勝章「計算を中心とした線形計画法」 日科技連, 1967
- [2] オーチャード・ヘイズ (小国他訳) 「コンピュータによる線形計画法」 培風館, 1973
- [3] 伊理正夫「線形計画法」 白日社, 1973
- [4] 平本巖, 長谷彰 「線形計画法」 培風館, 1973
- [5] 渡辺浩, 青沼 雄 「数理計画法」 筑摩書房, 1974
- [6] 志水清孝 「システム最適化理論」 コロナ社, 1976
- [7] キュンチ他 (刀根他訳) 「電子計算機のための数理計画法」 日科技連, 1969

ネットワーク計画法に関するもの

[8] 伊理正夫, 古林隆 「ネットワーク理論」 日科技連, 1976

情報処理への応用例 ([12] 以外は論文)

[9] Aho, A., Denning, P. J., and Ullman, J. D., "Principles of optimal page seplacement", J. ACM. Vol. 18, No. 1, 1971 pp. 80-93,

ページングの最適化に動的計画法を用いたもの

[10] Day, R. H., "On optimal extracting from a multiple file data storage system: an application of integer programming", Operations Research 13, 3, 1965 pp. 482-494.

[11] Ramamoorthy, C. V., and Chandy, K. M., "Optimization of memory hierarchies in multi programmed systems", J. ACM 17, 3, 1970 pp. 426-445.

LPとIPを使って最適メモリー構成を行なうもの。

[12] Sharpe, W. F. The Economics of Computers, Columbia U. Press, New York, 1969
Columbia U. Press, New York.

エコノミストの観点からコンピュータの経済性について定量的分析をしたもの

対話型LPのプログラム例

[13] 「NHKコンピュータ講座・フォートラン応用」 日本放送出版協会, 1972

[14] 森口繁一 「HITAC 10用LPプログラム」 情報処理研修センター・ORコース用

第4章 待ち行列モデル

キーワード

到着間隔の分布 (distribution of inter-arrival time), サービス時間の分布 (distribution of service time), サービス規律 (service discipline), トラフィック密度 (traffic intensity), $M/M/1$ 型待ち行列 ($M/M/1$ queue), $M/M/s$ 型待ち行列 ($M/M/s$ queue), ポラツェク-ヒンチンの公式 (Pollaczek-Khintchine's formula), 平均値の法則 (Little's formula), 近似理論 (approximation theory), 優先権のある待ち行列 (priority queue), 保存則 (conservation law), 計算機システムにおける待ち行列 (queues in computer systems)

目 標

情報処理技術者の周辺, すなわち計算機システムの内外には, いたるところに待ち行列が存在している。待ち行列理論に対する理解の有無によって, 既存のシステムの運用効率あるいは新たに設計するシステムの性能は大きく影響を受ける。従来, 情報処理技術者に対する待ち行列理論, あるいは一般に確率的なシステムの扱い方の教育は, 不十分であったといわざるを得ないであろう。この章の目標は, 待ち行列理論の基礎的な事柄を教えることによって, 確率的なシステムの扱い方の基本を会得させるところにある。

内 容

4.1 基本的な待ち行列の理論

(1) 待ち行列の実例と待ち行列理論の意義

① 切符売場, スーパーマーケットのレジ, 高速道路の料金所等で見られる行列から, コンピュータ内にできる見えない行列まで, さまざまな行列の実例を紹介する。それらの類似点を見つけることによって, 一般的な待ち行列理論の構成要素, すなわち客, 窓口, 客の到着法則, サービス時間の分布法則, サービスの順序決定法則などの存在を理解させる。また, 客の到着間隔あるいはサービス時間には, 普通確率的な変動 (バラツキ) がつきまとうために, 待ち行列の発生は不可避であることを, 簡単なシミュレーション例を使って説明する。

② ケンドールの記号を説明する。

(2) 到着間隔, サービス時間の分布

① ポアソン分布, 指数分布の性質と両者の関係を説明する。

③ アーラン分布を紹介し、統計学における χ^2 (カイニ乗) 分布との関係を説明することによって容易になじめるようにする。

(3) M/M/1 型待ち行列

① 状態確率の満たす微分-差分方程式と、その極限としての平衡方程式を導き、定常状態における系内人数の分布を求める。

② 待ち行列理論によって求められている種々の公式が、定常状態に対するものであることを注意する。過渡の状態が特に問題となるような問題に適用する場合には特別の注意を払う必要があるが、それ以外の多くの場合には近似式として充分使えることを説明する。

③ 定常状態における系内人数の分布を、「流れのバランス」の考えから導く。これは、ORの他の分野でも重要なマルコフ連鎖になじませるのに役立つ。

④ 系内人数、待ち行列の長さ、待ち時間等の平均値、分散などを求める。平均到着間隔と平均サービス時間の比(トラフィック密度, traffic intensity)が、系の混雑度を測る指標であることを理解させる。

⑤ 待ち行列の長さに制限のある場合を簡単に扱う。

4.2 やや複雑な待ち行列の理論

(1) M/M/s 型待ち行列

① 「流れのバランス」の考え方を使って平衡方程式を導く。これを解いて、定常状態での系内人数分布を求める。

② 系内人数、待ち行列の長さ、待ち時間等の平均値、分散などを求める。

③ これらのうちのいくつかを図表化し、トラフィック密度と混雑度との「非直線的な」関係を理解させる。例えば、平均待ち時間を半減させるためには、サービス能力(窓口の数)を2倍にする必要はなく、ほんのわずかに向上させればすむこと、逆に客の到着率がわずかに増えただけでも、平均待ち時間が急激に増大することなどを理解させるとよい。

④ 行列は、各窓口の前につくるよりも、「一本化」した方がずっとサービスが向上することを示す。

⑤ 待ちの許されない場合(損失系)を扱う。アーラン(E. K. Erlang)が研究したものであることを述べ、待ち行列理論の歴史に簡単にふれるのもよい。

⑥ 機械の修理工の適正人数を決めるのに使われたりする有限呼源の場合を扱う。

(2) M/G/1 型待ち行列

① 「隠れマルコフ連鎖(imbedded Markov chain)」の考え方を使って解析できることを示す。ただし、母関数を使って確率分布を導く議論の詳細は省略してよいであろう。

② 平均待ち時間を与えるボラチェック-ヒンチンの公式を示す。サービス時間が指数分布、アーラン分布、一定値のそれぞれの場合について平均待ち時間を計算し、 $M/M/1$ の場合は $M/D/1$ の場合の2倍であること、アーラン分布の場合はこれらの中間にあることを示す。これによって、実際問題を解く場合に、サービス時間の経験分布に特に複雑な分布をあてはめる必要はほとんどないことが納得されよう。

(3) $G/M/1$ 型待ち行列

- ① やはり隠れマルコフ連鎖の考え方によって解けることを簡単に述べ、結果だけを挙げる。
- ② 到着間隔が一定の場合の平均待ち時間を計算し、 $M/M/1$ と比較して、「予約制」が採用できるならば是非そうすべきであることを理解させる。

4.3 一般的な待ち行列の理論

(1) Little の公式 (平均値の法則)

- ① 非常に広い範囲の待ち行列において、定常状態における人数と滞留時間の平均値の間に次の関係式が成り立つ。

$$L = \lambda W$$

ここに、

λ = 単位時間内の平均到着人数、

L = 待ち客数 (あるいは系内客数) の平均値、

W = 待ち時間 (あるいは系内での総消費時間) の平均値

である。

- ② この公式の厳密な導出は、確率論的にめんどうなところがあるが、直観的な説明は簡単なので、それによって納得させるようにするとよい。

(2) 待ち時間と系内時間

- ① 待ち時間と、サービス時間も含めた系内総消費時間の間には、自明な関係

$$\text{系内時間} = \text{待ち時間} + \text{サービス時間}$$

が成り立つ。これは、個々の客について成り立つから、平均値についても成り立つ。

- ② この関係と Little の公式を使うと、待ち時間、系内時間、待ち行列長、系内人数の四つの量の平均値のうちの一つがわかれば、他はすべて求められる。

4.4 近似理論、上界、下界など

(1) 混雑した $G/G/1$ システムに対する近似

- ① トラフィック密度 ρ が 1 より小さく、かつ 1 に近い場合の待ち時間の分布は近似的に指

数分布をし、その平均値は次式で与えられる。

$$W = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2(1-\rho)\bar{t}}$$

ここで、

σ_a^2 = 到着間隔分布の分散、

σ_b^2 = サービス時間分布の分散、

$\bar{t}$ = 到着間隔の平均値

である。

② 上記の結果の導出は、分布関数のラプラス変換の展開を用いてやや複雑なため、省略して、結果とその解釈のみを示すのがよからう。

(2) $G/G/1$ における平均待ち時間の上限

$0 \leq \rho < 1$ に対して

$$W \leq \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2(1-\rho)\bar{t}}$$

が成り立つ。 $\rho \rightarrow 1$ のときには、(1)で述べた通り、この右边が W に一致する。平均値と分散だけで W の上界が求まるというこの結果は、実用上の利用価値が大きい。この結果の導出は、数学的には容易である。

(3) 混雑した $G/G/m$ システムに対する近似

① (1)の場合と同様に、 ρ が 1 に近くしかも 1 より小さいならば、待ち時間は近似的に指数分布をし、その平均値は

$$W = \frac{\sigma_a^2 + (1/m^2)\sigma_b^2}{2(1-\rho)\bar{t}}$$

である。

② なお、(2)と同様に、 $0 \leq \rho < 1$ について、つぎの上界が知られている。

$$W \leq \frac{\sigma_a^2 + (1/m)\sigma_b^2 + [(m-1)/m^2]\bar{x}^2}{2(1-\rho)\bar{t}}$$

ここに、

$\bar{x}$ = サービス時間の平均値である。

(4) ラッシュ時に対する近似理論

窓口のサービス能力より客の到着率の方が一時的に大きくなる時間帯が、現実のシステムにはよくある。この場合は、定常状態ではないので、通常の待ち行列理論では扱えない。G. F. Newell は、このような場合に対する簡便な近似理論を考案しているので、これを紹介すると

よい。

4.5 優先権のある待ち行列

(1) いろいろな優先方式

① サービス中の客より優先度の高い客が到着すると、サービスを中断して新着の客のサービスをする「割込み優先 (preemptive priority queue)」型と、これを許さない「非割込み優先 (non-preemptive priority queue)」型の区別。

② 先着順、後着順、最小サービス時間優先、最小残りサービス時間優先 (shortest-remaining-processing-time-first), 最小予定サービス時間優先 (shortest-expected-processing-time-first), 最小予定残りサービス時間優先 (shortest-expected-remaining-processing-time-first) 等のさまざまな優先方式について説明する。

③ 優先方式の導入を考慮する場合には、目的がシステム全体の効率を上げることにあるのか、客の間の不公平感をなくすことにあるのかをまず明確にすることが大切であることを理解させる。

(2) 非割込み型待ち行列における平均待ち時間

① つぎのようなモデルを考える。M/G/1 の場合で、客には P 段階の優先順位がつけられているものとする。優先順位を表わす数字が大きいものほど、平均的に見て何らかの優先的取扱いを受ける。優先順位 p の客は到着率 λ_p のポアソン到着をし、サービス時間の分布関数は $B_p(x)$ でその平均値を x_p , 2次モーメントを $\overline{x_p^2}$ で表わすことにする。

② ある客の待ち時間 = ④ 到着した時にサービスを受けている客のための遅れ + ⑤ 到着した時に待ち行列を作っている客のための遅れ + ⑥ 後から到着する客のための遅れ, という常に成り立つ基本的な関係から平均待ち時間が求められる。到着した客の優先順位が p であるとして、この客の待ち時間の期待値を求める。

④の期待値 W_0 は、優先権のない普通の M/G/1 の場合と同じで、

$$W_0 = \sum_{i=1}^P \frac{\lambda_i \overline{x_i^2}}{2}$$

である。

N_{ip} = 優先順位 p の客が到着した時に待ち行列に並んでいる優先順位 i の客で、この客より先にサービスを受けるものの数の期待値,

M_{ip} = 優先順位 p の客が到着して待ち行列に並んでいる間に到着して、先にサービスを受ける優先順位 i の客の数の期待値

とすると、⑥および⑤の期待値はそれぞれ $\sum_{i=1}^P \overline{x_i} N_{ip}$ $\sum_{i=1}^P \overline{x_i} M_{ip}$ である。従って、

W_p = 優先順位 p の客の待ち時間の期待値

とすると,

$$W_p = W_0 + \sum_{i=1}^P \bar{x}_i (\bar{N}_{ip} + \bar{M}_{ip}), \quad p = 1, 2, \dots, P$$

が成立する。これが基本的な方程式である。

③ いくつかの待ち行列について、この関係式を使って、待ち時間の平均値を求めてみるとよい。

(3) 保存則

① 系内で、客が本来要求するサービス以外のサービスが発生したり、逆に本来要求するサービスの一部が消滅したりすることがない系を保存系 (work-conserving system) と呼ぶ。このような系について成り立つ保存則を取りあげる。

② M/G/1 型待ち行列における保存則

非割込み型の保存系に対しては、次の式が成り立つ。

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \begin{cases} \frac{\rho W_0}{1-\rho}, & \rho < 1 \\ \infty, & \rho \geq 1 \end{cases}$$

ここに

$$\rho_p = \lambda_p \bar{x}_p, \quad \rho = \sum_{p=1}^P \rho_p$$

である。この式は、サービス順序の決定規則が変わっても、平均待ち時間の加重和が不変であることを示す保存則である。

③ G/G/1 型待ち行列における保存則

非割込み型の保存系について、

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \bar{U} - W_0$$

が成り立つ。ここに、 $\bar{U}$ は残留仕事量 (unfinished work) の期待値である。

4.6 計算機システムにおける待ち行列

計算機システム内には、きわめて多数の待ち行列が存在するので、それらに関する研究報告も枚挙にいとまがない。そこで、講義に費やせる時間と、受講生の興味とを考慮して、つぎのような範囲内から適宜選択して講義するのがよからう。

(1) タイムシェアリング・システムの CPU における待ち行列

- ① 量子時間 (quantum time) と、これを 0 に近づけた極限としてのプロセッサ・シェアリング (processor-sharing) の考え方を理解させる。
 - ② さまざまなスケジューリング・アルゴリズムを説明する。例えば、バッチ・プロセッシング方式、ラウンド・ロビン方式 (round-robin)、後着順割込み優先処理方式、多段帰還方式 (フォアグラウンド・バックグラウンド・スケジューリング方式) 等を取り上げる。
 - ③ それらのうちのいくつかについて、待ち行列理論による解析のし方を示す。
- (2) 記憶装置における待ち行列
- ① マルチプロセッサシステムにおける主記憶装置へのアクセスの競合によって生じる待ち行列
 - ② ドラムへのアクセスの際に生じる待ち行列
 - ③ ディスクへのアクセスの際に生じる待ち行列
- (3) 端末制御における待ち行列
- ① 連続制御方式
 - ② 周期式制御方式
- (4) コンピュータ・ネットワークにおける待ち行列

Jackson および Gordon & Newell の方法によるマルコフ形の待ち行列ネットワークの解析

指導上の留意点

- (1) 受講者は、計算機システムに対する理解は充分であろうが、確率論的な扱いには不慣れであろう。従って、公式の数学的な導出の細部は省略して、本質的な結果をよく理解させるように配慮する必要がある。
- (2) 上記の理由により、結果はなるべく図表にして指示するのがよい。
- (3) 受講者に理解させるべき最も基本的な項目は、次のようなものであろう。
 - ・ランダムに生起する現象が、指数分布あるいはポアソン分布によって記述できること。
 - ・ $M/M/s$ 型待ち行列の扱い方。
 - ・トラフィック密度と混雑度の非直線的関係。
 - ・混雑度を減少させるために打つべき手とその効果。
 - ・優先権のある待ち行列における保存則。
- (4) 複雑な確率分布が登場するようなシステムの解析は、待ち行列理論に頼るのは困難で、シミュレーションによらなければならないことを注意する。ただし、その際でも、待ち行列理論の学習によって得られた知識 (例えば平均値の法則や保存則など) を活用して、なるべく有効なモデル作りをするように指導する。

「内容」のところで挙げた項目のうちのいくつかについて、やや詳細な説明を以下に述べる。

1. 非割込型優先待ち行列の解析例 (4.5-(2)-③)

(1) 優先順位のつけ方のうちで、普通よく使われていて、解析も比較的容易なのは、HOL (head-of-the-line) 優先方式と呼ばれているものである。これは、優先順位の高いものは低いものより絶対に優先され、優先順位の同じものの間では先着順にサービスを受けるシステムである。しかも、優先順位は、到着時に持っていたものが保存され、時間とともに変わることはない。

このシステムにおける優先順位 p のグループの平均待ち時間 W_p を求めてみよう。

まず、

$$\bar{N}_{ip} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p-1$$

$$\bar{M}_{ip} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

が成り立つことは明らかである。また、Little の公式により

$$\bar{N}_{ip} = \lambda_i W_i, \quad i = p, p+1, \dots, P$$

が成り立つ。これは、優先順位 p のグループに属する客が到着した時にシステム内にいて、この客より先にサービスを受ける客の数の期待値である。つぎに、この客より後から到着して先にサービスを受ける客の数の期待値を求めよう。この客が待ち行列中で過ごす時間の期待値は W_p であり、グループ i に属する客はパラメタ λ_i のポアソン到着をするから、

$$\bar{M}_{ip} = \lambda_i W_p, \quad i = p+1, p+2, \dots, P$$

が成り立つ。従って、 W_p は

$$W_p = W_0 + \sum_{i=p}^P \bar{x}_i \lambda_i W_i + \sum_{i=p+1}^P \bar{x}_i \lambda_i W_p$$

によって計算できる。この式で、 $p = P, P-1, \dots, 1$ と置いて順次解くと、 $W_P, W_{P-1}, \dots, W_1$ がつきのように求められる。

$$W_p = \frac{W_0}{(1-\sigma_p)(1-\sigma_{p+1})}$$

ここに

$$\sigma_p = \sum_{i=p}^P \rho_i, \quad p = 1, 2, \dots, P$$

$$\sigma_{P+1} = 0$$

である。

W_p を求める前記の式は、 $\sigma_p < 1$ であるような p についてのみ利用できる。 $\sigma_p \geq 1$ となるような p がもしあるとすれば、それに対する W_p の値は無限大である。

(2) 非割込み型で保存則の成り立つサービス順序決定方式の中では、HOL方式がある意味で最良であることを示そう。グループ p の客がシステム内で1単位時間を過ごすと C_p 円の損失があるものと仮定して、総期待損失を最小にすることを考える。そのためには、システム内にいるグループ p の客の数の平均値を N_p とすると、

$$C = \sum_{p=1}^P C_p \bar{N}_p$$

を最小にすればよい。Littleの公式によれば、サービス順序決定方式の如何によらず、 $\bar{N}_p = \lambda_p (W_p + \bar{x}_p)$ が成り立つから、

$$\begin{aligned} C &= \sum_{p=1}^P C_p \lambda_p (W_p + \bar{x}_p) \\ &= \sum_{p=1}^P C_p \lambda_p W_p + \sum_{p=1}^P C_p \lambda_p \bar{x}_p \end{aligned}$$

である。右辺の第二項は、サービス順序決定方式によらない定数であるから、第一項を最小にすることを考えればよい。ところで、保存法則によれば

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \text{一定}$$

である。従って、この条件の下で

$$\sum_{p=1}^P C_p \lambda_p W_p = \sum_{p=1}^P (C_p / \bar{x}_p) (\rho_p W_p)$$

を最小にすればよい。そのためには、 $C_p / \bar{x}_p$ の大きい(小さい) p に対しては W_p が小さく(大きく)なるようにすればよい。そのようなサービス順序は、 $C_p / \bar{x}_p$ の大小によってグループ番号をつけ変えた後にHOL方式を適用して得られるものに外ならない。

2. 保存則の導き方 (4.5 - (3))

(1) サービス順序によって不変量のひとつに「残留仕事量」(unfinished work)と呼ばれているものがある。時刻 t における残留仕事量 $U(t)$ というのは、時刻 t 以降は新たに客が来ないものと仮定して、系内に客が1人もいなくなる迄に要する時間のことである。 $U(t)$ はマルコフ過程である。

時刻 t に系内にいるグループ p の客の数を $N_p(t)$ とし、そのうちの i 番目の客の所要サービス時間を x_{ip} 、現在サービス中の客の残りのサービス時間を x_0 とすると、サービス順序の如何に

よらず

$$U(t) = x_0 + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^{N_p(t)} x_{ip}$$

が成り立つ。期待値をとると、

$$E[U(t)] = W_0 + \sum_{p=1}^P \sum_{n_p=0}^{\infty} P[N_p(t) = n_p] \sum_{i=1}^{n_p} E[x_{ip}]$$

となる。ここで、 $E[x_{ip}] = \bar{x}_p$ がすべての i について成り立つ。そこで $t \rightarrow \infty$ の極限を考え

て、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E[U(t)] = \bar{U}$$

と書くことにすると、

$$\bar{U} = W_0 + \lim_{t \rightarrow \infty} \sum_{p=1}^P \sum_{n_p=0}^{\infty} n_p P[N_p(t) = n_p] \bar{x}_p$$

$$= W_0 + \sum_{p=1}^P \bar{x}_p E[N_p]$$

$$(*) \quad = W_0 + \sum_{p=1}^P \rho_p W_p$$

となる。最後の等式が成り立つのは、Little の公式 $E[N_p] = \lambda_p W_p$ による。

$\bar{U}$ はサービス順序に無関係な量であるから、F C F S (first-come-first-served) の場合の $\bar{U}$ の値を使えばよい。M/G/1 の先着順サービスでは、 $\bar{U}$ は平均待ち時間 W に等しく、 W はボラチェッカー-ヒンチンの公式により

$$W = \frac{\bar{\lambda x^2}}{2(1-\rho)}$$

で与えられる。ここで

$$\frac{\bar{x^2}}{x^2} = \sum_{p=1}^P \frac{\lambda_p}{\lambda} \frac{\bar{x_p^2}}{x_p^2} = \frac{2W_0}{\lambda}$$

であることを使うと

$$\bar{U} = W = \frac{W_0}{1-\rho}$$

が得られ、これと(*)から

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \frac{\rho W_0}{1-\rho} = \rho W$$

が得られる。もちろん以上の議論は $\rho < 1$ の場合にのみ有効で、 $\rho \geq 1$ の時には左辺の和は無

限大になることは言うまでもない。

- (2) 前記の議論で、(x)式までは、到着のし方のマルコフ性を使わずに成り立つ。したがって、 $G/G/1$ の場合でも

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \bar{U} - W_0$$

が成り立つことになる。

3. タイムシェアリング・システムのCPUにおける待ち行列の解析 (4.6-(1))

- (1) 多数のジョブを同時に受け入れて、各ジョブを一定の時間(量子時間, quantum)処理し、その間に処理が終了しなければ、再び待ち行列に戻す方式の待ち行列を総称して帰還形待ち行列(feedback queue)と呼ぶ。このような待ち行列における平均待ち時間等を求めてみよう。待ち行列の型は $G/G/1$ とする。

このために有効な概念として、attained service timeと呼ばれているものがある。これは、あるジョブがある時刻までに受けたサービス時間の総和である。定常状態におけるこの量の分布の密度を $n(x)$ で表わすことにする。すなわち、

$n(x)$ = 現在系内にいて、今迄に受けたサービス時間の和が x であるジョブの平均密度である。そうすると、

$$\int_{x_1}^{x_2} n(x) dx = \text{現在系内にいて、今迄に受けたサービス時間の和が } x_1 \text{ 以上 } x_2 \text{ 以下であるジョブの数の期待値}$$

ということになる。また、量子時間が正の系の場合には、

$N(x)$ = 現在系内にいて、今迄に受けたサービス時間の和が x であるジョブの数の期待値

を定義する。

ジョブに割り当てられる量子時間は、優先順位には無関係に、何回目の処理であるかだけによってきまるものと仮定し、 n 回目の処理時に割り当てられる量子時間を q_n で表わすことにする。そうすると、 n 回処理を受けたジョブの attained service time は、

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i$$

である。所要サービス時間が x のジョブの平均待ち時間を $W(x)$ で表わすことにすると、 $Q_{n-1} < x \leq Q_n$ の範囲の任意の x について $W(x) = W(Q_n)$ が成り立つ。従って、 $(n-1)$ 回目の処理を受け終わってから n 回目の処理を受け始めるまでに待ち行列内で過ごす時間の期待値は

$$W(Q_n) - W(Q_{n-1})$$

である。各ジョブのサービス時間の分布関数を $B(x)$ とすると、 $\lambda[1-B(Q_n)]$ は CPU で n 回処理を受けてまた待ち行列にもどってくるジョブの平均到着率であるから、Little の公式により

$$N(Q_n) = \lambda[1-B(Q_n)][W(Q_{n+1}) - W(Q_n)]$$

が成り立つ。

量子時間が 0 に近づいた極限 (processor-sharing) では、上式に対応して

$$n_q(x) = \lambda[1-B(x)] \frac{dW(x)}{dx}$$

が成り立つ。ここで $n_q(x)$ は、待ち行列中のジョブだけを考慮し、CPU で処理中のものを除くことを意味する。また

$$n(x) = \lambda[1-B(x)] \frac{dT(x)}{dx}$$

である。($T(x)$ はシステム中で過ごす総時間の期待値) これらが、帰還形待ち行列における基本的な方程式である。

(2) $M/G/1$ の processor-sharing の場合に、前述の結果を適用してみよう。まず、 Δx を正の微小量とすると、($M/M/1$ のときに系内人数の分布を求めた時と同様に考えて)

$$n(x + \Delta x) = n(x)[1 - \mu(x)\Delta x] + o(\Delta x)$$

が成り立つ。ここに、

$$\mu(x)\Delta x = \frac{b(x)}{1-B(x)} \Delta x$$

は、attained service time が x であるという条件のもとに、つぎの Δx 時間内にサービスが終わる確率を表わす。 $\Delta x \rightarrow 0$ とすると、微分方程式

$$\frac{dn(x)}{dx} = -\mu(x)n(x)$$

が得られ、その解として

$$n(x) = n(0) \exp \left[- \int_0^x \mu(y) dy \right]$$

が得られる。ここで

$$- \int_0^x \mu(y) dy = \int_0^x \frac{-B'(x)}{1-B(x)} dx = \log [1-B(x)]$$

であるから、結局

$$n(x) = n(0) [1 - B(x)]$$

となる。

この式と、前記の(1)の最後の式とから、

$$\frac{dT(x)}{dx} = \frac{n(0)}{\lambda}$$

が得られる。 $T(0) = 0$ であるから、この微分方程式の解は

$$T(x) = \frac{n(0)}{\lambda} x$$

となる。 $n(0)$ の値がわかれば、 $T(x)$ は完全に求められたことになる。この値を求めるために、所要サービス時間 x の非常に大きい($x \rightarrow \infty$)ジョブを考えてみよう。そうすると、このジョブより後から到着したジョブがすべて先に処理を終わって去っていくから、このジョブは割込みのあるHOL型優先待ち行列において優先順位が最低のジョブであるのと同じ扱いを受けることに相等する。そうすると、参考の1で述べたところにより

$$T(x) = \frac{x(1-\rho) + W_0}{(1-\rho)^2}$$

となり、 $x \rightarrow \infty$ のときは

$$T(x) \sim \frac{x}{1-\rho}$$

である。これから

$$n(0) = \frac{\lambda}{1-\rho}$$

が得られ、ラウンド・ロビンの processor-sharing における応答時間は

$$T(x) = \frac{x}{1-\rho}$$

で与えられることになる。また、待ち時間は

$$W(x) = \frac{\rho x}{1-\rho}$$

である。

この結果から、ラウンド・ロビン方式には次のような特長があることがわかる。

- ① 応答時間は、所要サービス時間に比例する。これは最も自然な(あるいは単純な)システムであるといえよう。
- ② 応答時間はサービス時間の分布 $B(x)$ の形には関係なく、サービス時間の平均値 $\bar{x}$ のみに

依存する。($\rho = \lambda \bar{x}$ である)

③ サービス時間と待ち時間との比 $W(x)/x$ は、一般に、ユーザが x 時間のサービスを受けるためにこうむる損失を表わすペナルティ関数と考えることができよう。ラウンド・ロビン方式の場合には、 $W(x)/x = \rho/(1-\rho)$ であるから、ペナルティ関数は所要サービス時間と無関係であり、この意味ではまったく公平なものであるといえよう。もしもペナルティ関数が、ユーザの所要サービス時間とともに増加あるいは減少するような系の場合には、ユーザは本来一つであるジョブをこま切れにしたり、逆に小さいジョブをたくさん集めて一つのジョブにまとめ上げたりするという不自然な行動をとりがちになり、システムのオーバーヘッドが増すことになる。このような観点からすると、ラウンド・ロビン方式は望ましいものであるといえよう。

④ サービス時間が指数分布の場合には、所要サービス時間が中程度のジョブに対する応答時間は、バッチ処理の場合と同程度になる。また所要サービスが短いものはバッチ処理よりも早く処理され、所要サービス時間が長いものはバッチ処理よりも遅く処理されることになる。どちらの処理方式でも応答時間が等しくなる所要サービス時間は、

$$\frac{\lambda \bar{x}^2}{2(1-\rho)} + x = \frac{x}{1-\rho}$$

を解いて得られる $x = \bar{x}^2/(2\bar{x})$ である。

(3) 多段帰還形 (foreground-background) スケジューリング方式における待ち行列の解析

ラウンド・ロビン方式は、結果として短いジョブを優先するものであったが、さらに優先して処理するものに多段帰還方式がある。これは N 段の待ち行列があり、外からのジョブは第 1 段に到着し、先着順に量子時間 q_1 だけ処理を受ける。 q_1 時間で処理が終わらない場合には、第 2 段の行列の末尾にまわされる。第 2 段でも先着順に量子時間 q_2 だけ処理を受け、それでも処理が終わらないものは第 3 段の行列の最後尾に送られ、以下同様の処理を受ける。処理が終わったものは、このシステムから退去していく。CPU の方は、下段に待ち行列がある限りはそれらを処理し、それがない時にだけ上段の待ち行列を処理する。

この方式で段数 $N \rightarrow \infty$ 、量子時間 $q_i \rightarrow 0$ とした processor-sharing の場合を考えてみる。この場合、新たに到着したジョブは処理中のジョブに割り込んで処理を受け、attained service time が割り込まれたジョブのそれに達すると、両者が一緒になって processor-sharing 方式で処理を受けることになる。

さて、所要サービス時間が ξ のジョブの平均応答時間 $T(\xi)$ を求めよう。これが次の三つの量の和であることは明らかであろう。

① このジョブの到着以前に到着していたジョブに対する残りのサービスのうちで、このジ

ジョブが退去する迄にしなければならないサービスに要する時間 W_ξ 。

② このジョブのサービスに要する時間 ξ 。

③ このジョブがシステム内にいる時 $T(\xi)$ の間に到着するジョブに対するサービスのうちで、このジョブが退去する迄にしなければならないサービスのために要する時間 V_ξ 。

V_ξ はつぎのようにして求められる。時間 $T(\xi)$ の間に到着するジョブの数の期待値は $\lambda T(\xi)$ である。これらのジョブのうちで所要サービス時間が ξ 以下のものは、注目しているジョブが退去する迄にサービスを受け終わる。また所要サービス時間が ξ を超えるものは、それ迄に ξ だけサービスを受ける。したがって、受けるサービスの時間の平均値は

$$\bar{x}_\xi = \int_0^\xi x dB(x) + \xi [1 - B(\xi)]$$

である。よって $V_\xi = \lambda T(\xi) \bar{x}_\xi$ 。

つぎに W_ξ を求めてみよう。これは、ポラチェックーヒンチンの公式によって求められる。ただし、 V_ξ を求めるところで述べたとおり、所要サービス時間が ξ を超えるものは ξ しかサービスを受けられないから、サービス時間の分布は $B(x)$ そのものではなくて、 ξ を超える部分を打ち切った分布を考える必要がある。すなわち、

$$W_\xi = \frac{\lambda \bar{x}_\xi^2}{2(1 - \rho_\xi)}$$

で、

$$\begin{aligned} \rho_\xi &= \lambda \bar{x}_\xi \\ \bar{x}_\xi^2 &= \int_0^\xi x^2 dB(x) + \xi^2 [1 - B(\xi)] \end{aligned}$$

である。

以上の結果から

$$T(\xi) = W_\xi + \xi + \lambda T(\xi) \bar{x}_\xi$$

従って

$$T(\xi) = \frac{W_\xi + \xi}{1 - \rho_\xi}$$

が得られる。

(4) 有限呼源のモデル

1 台の CPU に接続されている M 台の端末をユーザが同時に使用している time-sharing システムを考えよう。各ユーザが CPU から応答を受けてから次のリクエスト（サービス要求）を出す迄の時間は独立で、平均 $1/\lambda$ の指数分布をするものと仮定する。CPU での処理は、ラ

ウンド・ロビンの processor-sharing とする。平均応答時間を T とすると、定常状態においては CPU へのジョブの到着と退去がバランスしているので

$$\frac{1}{M} \left(\frac{1}{\lambda} + T \right) = \frac{1/\mu}{1-p_0}$$

が成り立ち、これから

$$T = \frac{M/\mu}{1-p_0} - \frac{1}{\lambda}$$

が得られる。ここに p_0 は、CPU が空いている確率であって、

$$p_0 = 1 / \sum_{i=0}^M \frac{M!}{(M-i)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^i$$

で与えられる。

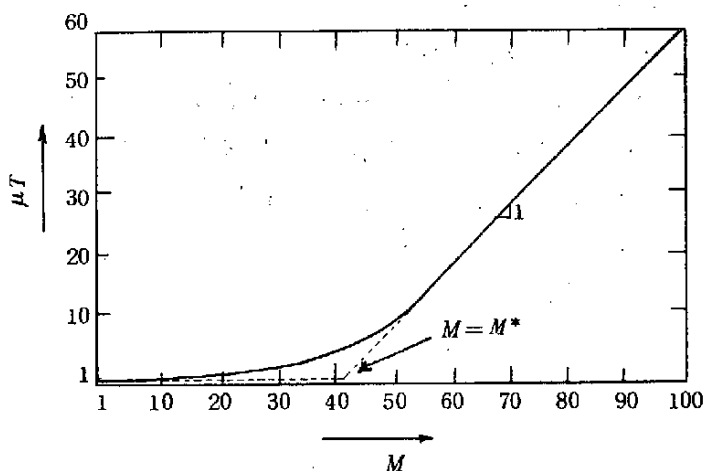


図 4-1 TSS ユーザー数と応答時間との関係

図 4-1 に μT と M との関係を示す。この図からわかる通り、 μT は $M=1$ のとき最小で、 M とともに単調に増加するが、最初のうちは増加のしかたはきわめてゆるやかである。この段階では、各ユーザは他のユーザが同時にコンピュータを利用していることを意識しないで済む。 M がかなり大きくなると、 p_0 はほとんど 0 になり、 $\mu T \approx M - \frac{\mu}{\lambda}$ となる。この段階では、各ユーザは他のユーザとの“干渉”が気になる。新しいユーザが加わると、それに対する処理時間（平均 $1/\mu$ ）だけ他のユーザの応答時間が長くなる。臨界の目安の M としては $M - \mu/\lambda = 1$ となる M 、すなわち

$$M^* = 1 + \frac{\mu}{\lambda}$$

通りである。従って、定常状態における“流れのバランス”を考えると、次の方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned}(\lambda + \mu_1 + \mu_2)P(n_1, n_2) &= \mu_1 P(n_1 + 1, n_2 - 1) \\ &+ \mu_2 P(n_1, n_2 + 1) \\ &+ \lambda P(n_1 - 1, n_2)\end{aligned}$$

n_1, n_2 が共に正でないときは、今考えた (n_1, n_2) の“周囲”の状態のうちで存在し得ないものがあるから、“流れのバランス”の式は、次のように修正される。

$n_1 > 0, n_2 = 0$ のとき：

$$(\lambda + \mu_1)P(n_1, 0) = \mu_2 P(n_1, 1) + \lambda P(n_1 - 1, 0)$$

$n_1 = 0, n_2 > 0$ のとき：

$$(\lambda + \mu_2)P(0, n_2) = \mu_1 P(1, n_2 - 1) + \mu_2 P(0, n_2 + 1)$$

$n_1 = 0, n_2 = 0$ のとき：

$$\lambda P(0, 0) = \mu_2 P(0, 1)$$

以上は、線形の差分方程式であるから、 $P(n_1, n_2) = C w_1^{n_1} w_2^{n_2}$ という形の解を求めればよい。

これを四つの式に代入して簡単にすると、 w_1, w_2 に関する次の方程式が得られる。

$$(\lambda + \mu_1 + \mu_2)w_1 w_2 = \mu_1 w_1^2 + \mu_2 w_1 w_2^2 + \lambda w_2$$

$$(\lambda + \mu_1)w_1 = \mu_2 w_1 w_2 + \lambda$$

$$(\lambda + \mu_2)w_2 = \mu_1 w_1 + \mu_2 w_2^2$$

$$\lambda = \mu_2 w_2$$

これらを満たす w_1, w_2 は

$$w_1 = \frac{\lambda}{\mu_1} = \rho_1, \quad w_2 = \frac{\lambda}{\mu_2} = \rho_2$$

である。 C は、確率をすべて加えると 1 になるという条件から定まり、

$$C = (1 - \rho_1)(1 - \rho_2)$$

である。従って

$$P(n_1, n_2) = (1 - \rho_1)\rho_1^{n_1}(1 - \rho_2)\rho_2^{n_2}$$

となる。

この結果は、二つの M/M/1 型の待ち行列が“独立に”存在していると考えて得られる結果とまったく同じである。このことから、最初の窓口からの出力（客の退去）はパラメタ λ のポアソン過程であろうということが予想される。これが正しいことは、Burke によって示された。

〔出力定理〕 M/M/1 型待ち行列の定常状態における出力は、入力と同じパラメタを持

を考えておくのがよからう。もしも、各サービス要求が一定値 $1/\mu$ に等しく、各ユーザが考えている時間も一定値 $1/\lambda$ に等しいとするならば、各ユーザが干渉し合わないようスケジュールできる最大の端末数が M^* である。

4. コンピュータ・ネットワークにおける待ち行列の解析 (4.6 - (4) - ①)

(1) ネットワーク型の待ち行列 (queueing network) のうちで最も簡単なものは、Jackson によって研究された 2 段の直列型待ち行列 (tandem queue) であろう (図 4-2)。客が最初に

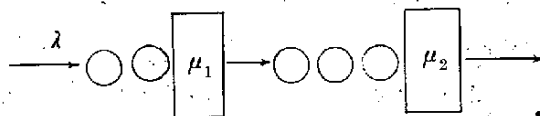


図 4-2 2 段の直列型待ち行列

到着する左側の窓口のところにできる待ち行列は $M/M/1$ 型である。(パラメタは λ, μ_1 で、 $\rho_1 = \lambda/\mu_1 < 1$ 。) ここでサービスを受け終わった客は右側の窓口に進む。この窓口のサービス能力を表わすパラメタは μ_2 で、 $\rho_2 = \lambda/\mu_2 < 1$ である。定常状態において、最初の窓口のところに n_1 人、後の窓口のところに n_2 人の客がいる確率 $P(n_1, n_2)$ が次式で与えられることを Jackson が示した。

$$P(n_1, n_2) = (1-\rho_1) \rho_1^{n_1} (1-\rho_2) \rho_2^{n_2}$$

この結果はつきのようにして求められる。(Jackson の方法とは多少違う) $n_1 > 0, n_2 > 0$ とする。ある時刻に状態 (n_1, n_2) にあったとして、微小時間 dt 後に移り得る状態と、そこへの推移確率は図 4-3 に示す通りである ($(dt)^2$ 以上の高次の微小量は無視している。) また、 (n_1, n_2) の“周囲”から dt 時間後に (n_1, n_2) へ移る可能性と、その確率は図 4-4 に示す

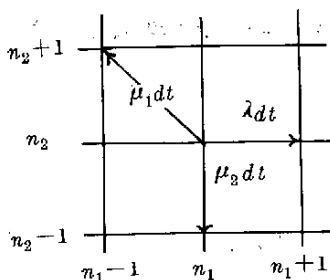


図 4-3 流出の確率

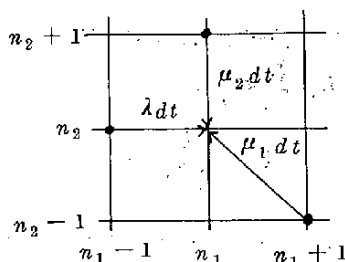


図 4-4 流入の確率

つポアソン過程である。逆に、F C F Sの待ち行列の出力がポアソン過程になるのは、
M/M/s型のシステムに限られる。

この定理により、(フィードバックがない)直列型待ち行列で、入力ポアソン過程、サービス時間が指数分布をする場合(マルコフ型待ち行列)には、定常状態における人数分布がきわめて簡単に求められることになる。

(2) 次に、フィードバックのある一般のマルコフ型待ち行列ネットワークを考えよう。ネットワークは N 個のノードより成り立っており、 i 番目のノードはサービス時間がパラメタ μ_i の指数分布をする m_i 個の並列窓口によって構成されている。 i 番目のノードへは、ネットワークの外からパラメタ r_i のポアソン到着をする。 i 番目のノードでサービスを受け終わった客は、確率 P_{ij} でノード j へ進み、確率 $1 - \sum_{j=1}^N P_{ij}$ でネットワークから退去する。そうすると、 i 番目のノードへの外部および内部からの客の平均到着率 λ_i は

$$\lambda_i = r_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j P_{ji}$$

で与えられる。到着のし方はポアソン過程ではないが、それにもかかわらず、次の定理が成り立つ。

[Jackson の定理] すべての i について $\lambda_i / (m_i \mu_i) < 1$ が成り立つならば、定常状態において、各ノードに $n_1, n_2, \dots, n_N$ 人の客がいる確率 $P(n_1, n_2, \dots, n_N)$ は

$$P(n_1, n_2, \dots, n_N) = \prod_{i=1}^N P_i(n_i)$$

である。ここに $P_i(n_i)$ は、パラメタが λ_i, μ_i の独立したM/M/ m_i 型待ち行列の定常状態において n_i 人の客がいる確率である。

このように、各ノードが独立して存在しているかの如く扱ってもよいということは、驚くべきことであろう。

(3) ネットワークの外からの客の到着が全然なく、またネットワーク内の客が外へ退去することもない特別な場合には、これを閉じたネットワークと呼ぶ。この場合には、すべての i について $r_i = 0, \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1,$

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^N \lambda_j P_{ji}$$

が成り立つ。これから λ_i は一意的には定まらないが、 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ の比は定まる。この比は、ネットワーク内にいる客が各ノードを訪れる回数の比に等しい。

$$x_i = \lambda_i / \mu_i$$

とおくと、次の定理が成り立つ。

[定理 (Gordon & Newell)]

$$P(n_1, n_2, \dots, n_N) = \frac{1}{G(K)} \prod_{i=1}^N \frac{x_i^{n_i}}{\beta_i(n_i)}$$

ここに,

K = ネットワーク内の客の総数,

$$= n_1 + n_2 + \dots + n_N$$

$$\beta_i(n_i) = \begin{cases} n_i! & n_i \leq m_i \\ m_i! m_i^{n_i - m_i} & n_i > m_i \end{cases}$$

$G(K)$ は, 確率の和が 1 になるようにするための定数で,

$$G(K) = \sum \prod_{i=1}^N \frac{x_i^{n_i}}{\beta_i(n_i)}$$

によって求められる。ただし, $\sum$ は $n_1 + n_2 + \dots + n_N = K$ となるすべての $(n_1, n_2, \dots, n_N)$ の組について加えることを意味する。

特に $m_i = 1$ の場合には, $\beta_i(n_i) = 1$ であるから, 上記の式は簡単になって

$$P(n_1, n_2, \dots, n_N) = \frac{1}{G(K)} \prod_{i=1}^N x_i^{n_i}$$

$$G(K) = \sum \prod_{i=1}^N x_i^{n_i}$$

となる。あるノード i に注目して, そこにいる客の人数 n_i が k 以上である確率は,

$$\begin{aligned} P(n_i \geq k) &= \sum_{n_i \geq k} P(n_1, n_2, \dots, n_N) \\ &= \sum_{n_i \geq k} \frac{1}{G(K)} \prod_{j=1}^N x_j^{n_j} \\ &= x_i^k \frac{1}{G(K)} \sum_{n_j \geq 0} \prod_{j=1}^N x_j^{n_j} \\ &= x_i^k \frac{G(K-k)}{G(K)} \end{aligned}$$

として, G の値が求まっていると計算できる。これからただちに

$$\begin{aligned} P(n_i = k) &= P(n_i \geq k+1) - P(n_i \geq k) \\ &= \frac{x_i^k}{G(K)} [G(K-k) - x_i G(K-k-1)] \end{aligned}$$

$$E(n_i) = \sum_{k=1}^N P(n_i \geq k)$$

$$= \sum_{k=1}^N x_i \frac{k G(K-k)}{G(K)}$$

が求まる。ただし $n < 0$ ならば $G(n) = 0$ であると定義する。

参考文献

- [1] 森村・大前「待ち行列の理論と実際」日科技連出版社, 1975.
理論と応用とがよくバランスして書かれている本で、日本語で書かれた教科書あるいは参考書としては、もっとも適当なものの一つに数えられよう。
- [2] L. Kleinrock, *Queueing Systems*, Volume I: Theory, John Wiley & Sons, New York, 1975
- [3] L. Kleinrock, *Queueing Systems*, Volume II: Applications, John Wiley & Sons, New York, 1976
待ち行列の理論, 特に優先権のある待ち行列の理論, 計算機システムへの応用, コンピュータ・ネットワークの評価等を論じていて, 本コースの教育目標に合ったテキストである。本章の内容も, この本によるところが多い。
- [4] G. F. Newell (森村・森訳), 「待ち行列論の応用」サイエンス社, 1973
- [5] 橋田温, “情報処理システムにおける待ち行列理論の応用”情報処理, Vol. 18, pp. 184-193, および pp. 289-297, 1977
- [6] P. J. Burke, “The output of a queueing system”, *Operations Research*, Vol. 4, pp. 699-704, 1956
- [7] J. R. Jackson, “Networks of waiting lines”, *Operations Research*, Vol. 5, pp. 518-521, 1957
- [8] J. R. Jackson, “Jobshop-like queueing systems”, *Management Science*, Vol. 10, pp. 131-142, 1963
- [9] W. J. Gordon & G. F. Newell, “Closed queueing systems with exponential servers”, *Operations Research*, Vol. 15, pp. 254-265, 1967
- [10] L. Kleinrock, “Time-shared systems: a theoretical treatment”, *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 14, pp. 242-261, 1967
- [11] I. Adiri & B. Avi-Itzhak, “A time-sharing queue with a finite number of

customers," *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 16, pp. 315-323, 1969

- [12] F.R. Moore, "Computational model of a closed queueing network with exponential servers", *IBM J. Res. Develop.*, Nov. 1972, pp. 567-572
- [13] J.P. Buzen, "Computational algorithms for closed queueing networks with exponential servers", *Comm. ACM*, Vol. 16, pp. 527-531, 1973
- [14] H. Kobayashi & A. G. Konheim, "Queueing models for computer communications systems analysis", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. COM-25, pp. 2-29, 1977

第5章 在庫モデル

キーワード

保管費 (holding cost), 品切れ損失 (shortage cost), 発注費 (ordering cost), 調達期間 (lead time), 発注点 (reordering point), 発注点方式 (reordering point method), 定期発注方式 (periodic reordering method), 経済発注量 (経済的ロットサイズ) (economic ordering quantity, economic lot size), 安全余裕 (safety allowance), (s-S)型方式 (s-S policy)

目 標

上級情報処理技術者に在庫管理の理論を教える目的は、二つある。一つは、中級情報処理技術者育成指針の同一項目における目標と同じであり、在庫管理の問題が企業内、個人生活、あるいは公共組織のいたるところに存在する普遍的な問題であることを理解させるところにある。そして、いくつかの基本的なモデルを紹介することによって、在庫管理の問題の扱い方を理解させ、例えば計算機室の消耗品の在庫管理を効果的に行なえる力を身につけさせる。第二の目的は、在庫管理の諸モデルの考え方を計算機システムの設計に役立てられるようにすることである。これには例えば、いろいろなバッファの大きさの決定、仮想メモリの設計、データベースの設計などが含まれる。

内 容

5.1 在庫管理の基本

在庫管理の要点は、

- ① 在庫品が多過ぎないように、
- ② しかし品切れが起こらないように、

在庫量を管理することであり、そのために、

- ③ 手間と費用のなるべくかからないような注文の仕方をきめることが大切である。注文の仕方をきめるということは、いつ(発注期間)、どのくらい(発注量)発注するかをきめることである。

需要、発注から納入までの遅れ(調達期間)がいずれも一定の場合には、注文の仕方をきめる

ことは容易であるが、これらが確率的に変動する場合には、問題が複雑になる。

在庫管理で考慮しなければならない総費用は、

- ① 保管費用
- ② 品切れ損失
- ③ 発注費用

などからなる。

①は、倉庫料、保険料、陳腐化損失費、売れ残り損失等を含む。②は、売損じによる損失と、納入遅れによる罰金、納入遅れを起こさないようにするための特別注文による出費等を含む。特に、たびたび品切れを起こすと顧客の信用を失い、顧客を失う結果こうむる損失は大きいので、その損失を忘れてはならない。③には、購入費用、段取費用、輸送費などが含まれる。

在庫管理方式は、普通総費用を最小にするように定められる。

5.2 需要が一定の場合のモデル

(1) 経済的発注量

- ① 単位期間当たりの需要量が既知で一定であり、
- ② 品切れが許されず、
- ③ 発注に対して即納される

場合には、古典的で有名な「経済発注量」(economic order quantity economic lot size)の公式がある。この場合には、在庫量が0になるごとに、一定量を発注するのがよいことは明らかで、そうすると在庫量は図5-1のように変化する。1回の発注量(あるいは生産量)を x 個、発注費用を $K + C \cdot x$ 円、1単位期間当たり在庫1個の保管費用を h 円、1単位期間当たりの需要量を r 個とする。そうすると、平均在庫量は $x/2$ 個、1単位期間当たりの発注回数は r/x 回であるから、1単位期間当たりの総費用 $C(x)$ は

$$C(x) = h \cdot \frac{x}{2} + K \cdot \frac{r}{x} + cr$$

である。これを最小にする x を x^* と書くことにすると、

$$x^* = \sqrt{2Kr/h}$$

である。これに対する発注間隔 t^* は、

$$t^* = x^*/r = \sqrt{2K/hr}$$

となる。 x^* が経済発注量である。

これは、もっとも基本的なモデルであり、数学的にもむずかしいところはないので、よく理解させるようにする。できれば、受講生の身のまわりで、このモデルがほぼ当てはまる実例

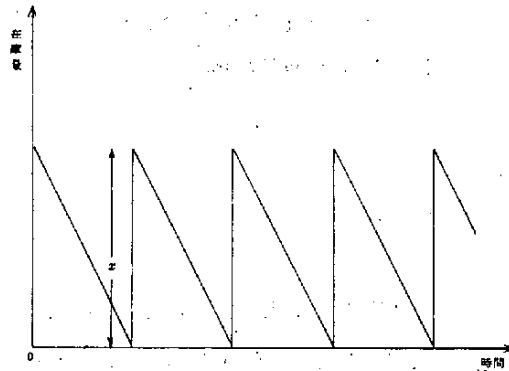


図 5-1

を探させ、各種の費用などがどの程度になっているか見積らせるとよい。

(2) 調達期間を要する場合

前記のモデルで、即納という条件がくずれたとしても、調達期間が常に一定であるならば、簡単に処理できる。すなわち、調達期間を l とすれば、在庫量が $l \cdot r$ になったときに x^* だけ注文をすれば、在庫量が 0 になるときに納入されるので、品切れも在庫過多もおこらない。このように、発注をする在庫水準のことを発注点と呼ぶ。すなわち、このモデルでは、

$$\text{発注点} = (1 \text{ 単位期間の需要量}) \times (\text{調達期間})$$

である。

調達期間が一定でなく、確率的に変わる場合には、品切れをおこさないように、余裕を見込んで発注点をきめなければならない。(このようにすると、在庫過多になる場合もあるが、そのために余計にかかる費用よりも、品切れの損失の方がずっと大きいと考えている。) したがって、

$$\text{発注点} = (1 \text{ 単位期間の需要量}) \times (\text{平均調達期間}) + (\text{安全余裕})$$

となる。安全余裕は、例えば品切れのおこる確率が 1% とか 5% とかいった一定の値以下になるように定める。この確率をいくらに取るかは、品切れ損失と保管費との比を考えてきめる。

しかし、もっとも重要なことは、そのような確率の細かい計算よりも、調達期間をなるべく短縮し、調達期間のバラツキをなるべく少なくするように、納入側の生産・納入体制をととのえさせ、自分の方の受入検査をすみやかにこなうように管理することである。

5.3 需要が変動する場合のモデル

発注方式には、前節で述べたように、在庫量があらかじめ定めた一定水準に達すると発注する発注点方式と、定期的に在庫量を調べて発注量を決めて発注する定期発注方式とがある。個々の在庫品について、どちらの発注方式を採用するのがよいかは簡単には言えないが、ごく大ざっぱに言

えばつぎの通りである。定期発注方式は、その在庫品の単価が比較的大きく、そのためにできるだけ精密な管理を行なう必要がある重要品目に適用され、発注点方式は、比較的单価が安く、使用金額の低い、まとめて購入するような在庫品に適用されることが多い。

まず、前節で述べた経済的発注量のモデルを基にした発注点方式を紹介する。

(1) 発注点方式のモデル

簡単のために、調達期間は一定とし、需要量の分布（平均値と標準偏差）がわかっているものとする。このとき、

$$\text{発注点} = (\text{1 単位期間の平均需要量}) \times (\text{調達期間}) + (\text{安全余裕})$$

となる。安全余裕は、前節と同様に、品切れが起きる確率が一定値以下におさえられるように定める。需要量が正規分布をするとすれば、安全余裕は、需要量の分布の標準偏差と、調達期間の平方根に比例する。したがって、需要のバラツキと調達期間は、ともになるべく小さくおさえることが大切である。

(2) 定期発注方式のモデル

定期発注方式のモデルを考える準備として、まず 1 期間だけで商売が終了する場合を考える。季節商品とか腐りやすい商品、あるいは流行の変化の激しい商品とかで次期に持ち越せないようなものは、計画対象期間が短かく、途中で追加注文しても納入が間に合わない場合があり、したがって商売をする 1 期間の前に発注計画が立てられ、1 回だけ発注が行なわれる。このような商品の場合には、この 1 期間在庫モデルが当てはまる。

関係する諸量を次のようにおく。

x : 期初の手持在庫量（あるいは前期末からの持越在庫量）

y : 期初に $(y - x)$ だけ注文して得られる今期の在庫量（納入は即納であると仮定する。）

ξ : 期間中の需要量で、確率的に変動する

$f(\xi)$: ξ の分布の確率密度関数

c_1 : 単位量あたりの売残り損失

$c_2(z) = \begin{cases} 0 & , z=0 \\ K + cz & , z>0 \end{cases}$: 発注費用（ z は発注量）

c_3 : 単位量あたりの品切れ損失

このとき、総費用の期待値は、

$E \{ \text{売残り損失} + \text{品切れ損失} + \text{発注費用} \}$

$$= c_1 \int_0^y (y - \xi) f(\xi) d\xi + c_3 \int_y^\infty (\xi - y) f(\xi) d\xi + K \delta(y - x) + c(y - x)$$

である。ただし

$$\delta(z) = \begin{cases} 0, & z = 0 \\ 1, & z > 0 \end{cases}$$

である。このうち、売残り損失と品切れ損失の和の期待値を $L(y)$ とすると、

$$\text{総期待費用} = \begin{cases} K + c(y - x) + L(y), & y > x \\ L(x), & y = x \end{cases}$$

となり、これを最小にするように y を定めればよい。(x は定数と考える。) 総期待費用の y に依存する部分 $cy + L(y)$ を $G(y)$ と書くことにすると、 $G'(y) > 0$, $G''(y) > 0$ であることは容易に確かめられる。 $G'(y) = 0$ をみたす唯一の y の値を S と書くことにする (図 5-2) と、 S は式

$$\int_0^S f(\xi) d\xi = \frac{c_3 - c}{c_3 + c_1}$$

を満たす量として定めればよいことがわかる。この S から s を式

$$G(S) + K = G(s)$$

によって計算する (図 5-2)。そうすると、最適な注文のしかたは、次のとおりになる。

これを (s, S) 型発注方式という。

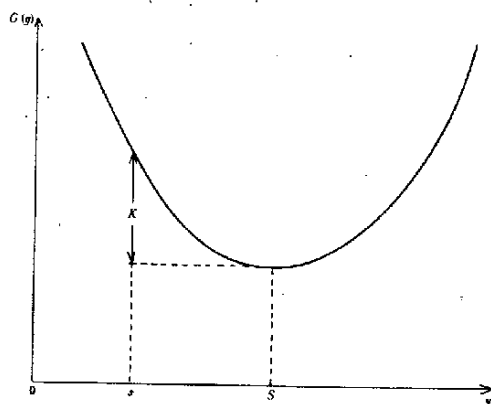


図 5 - 2

(s, S) 型発注方式 :

$x < s$ なら初期在庫が S になるように発注し、

$x \geq s$ なら発注しない。

つぎに n 期間商売をする場合を考え、下記の仮定をおく。

- ① 各期の需要は独立で、同一分布をする。その密度関数は f 。
- ② 途中の期間で品切れが起きると、つぎの期間の初めに顧客に納入するが、その場合に

は、単位量の品切れについて c_3 円の罰金を支払う。

③ 最終期の最後に売れ残ったもの、品切れになったものについては損失を無視する。

この仮定のもとで、ある期の初期在庫量が y であるときの、売残り損失と品切れ損失の和の期待値を $L(y)$ とすると、

$$L(y) = \begin{cases} c_1 \int_0^y (y-\xi) f(\xi) d\xi + c_3 \int_y^\infty (\xi-y) f(\xi) d\xi, & y \geq 0 \\ c_3 \int_0^\infty (\xi-y) f(\xi) d\xi, & y < 0 \end{cases}$$

である。 $L(y)$ が y の凸関数 ($L''(y) \geq 0$) であることは容易に確かめられる。

前期末の在庫量が x で、今後 n 期間商売をすることとして、最適な在庫管理を行なった場合の総費用の期待値を $V_n(x)$ と書くことにすると、動的計画法の最適性の原理により、 $V_n(x)$ はつぎの漸代式 (関数方程式) を満たす。

$$V_0(x) = 0$$

$$V_n(x) = \min_{y \geq x} \{ K\delta(y-x) + c(y-x) + L(y) + \alpha \int_0^\infty V_{n-1}(y-\xi) f(\xi) d\xi \}$$

ここに、 α は $0 < \alpha \leq 1$ の範囲の定数で、割引率と呼ばれる。また、 y は今期 (第1期) 初の在庫量である。

$$G_n(y) = cy + L(y) + \alpha \int_0^\infty V_{n-1}(y-\xi) f(\xi) d\xi$$

と定義すると

$$V_n(x) = \min \{ G_n(x) - cx, \min_{y > x} \{ K + G_n(y) - cx \} \}$$

と書けるから、右辺の [] 内の第1項が第2項より小さい場合には発注しないのが最適であり、逆の場合には発注するのがよい。第1期初における最適発注方式は、具体的には次のようになる。 $G_n(y)$ の値を最小とする y の値を S_n とし、 s_n を

$$G_n(S_n) + K = G_n(s_n)$$

を満たすように定める。そうすると、

$$x < s_n \text{ なら } S_n - x \text{ だけ発注して } y = S_n \text{ とし、}$$

$$x \geq s_n \text{ なら発注しないのが最適である。}$$

(原理的には) 漸代式を順次解いていくと、 $(s_1, S_1), (s_2, S_2), \dots, (s_n, S_n)$ が定まる。第 k 期末までの在庫量を x_k とすると、

$x_k < s_{n-k}$ なら第 $(k+1)$ 期初の在庫量が S_{n-k} になるように発注し、 $x_k \geq s_{n-k}$ なら発注しないのが最適である ($k=1, 2, \dots, n-1$)。

実際問題としては、 s_{n-k}, S_{n-k} を決めるのは容易ではない。しかしながら、幸いな

ことに $\alpha < 1$ ならば、数列 $s_1, s_2, \dots$ および数列 $S_1, S_2, \dots$ はともに収束することがわかっている。従って、それぞれの数列の極限を s および S と書くことにすると、無限に商売を続けるとすれば、常に同一の s および S を持って (s, S) 型発注を行なうのが最適である。

5.4 計算機システム設計への在庫管理モデルの応用

「目標」のところで述べたとおり、さまざまな場面に在庫モデルあるいは在庫管理の考え方が応用できると思われるが、時間の制約もあるので、一、二の例を挙げて、具体的適用のしかたを示すとよい。

例えば参考文献[5]には、バッファ・メモリの大きさの決め方や、オーバー・フローの確率、バッファ内の情報量（在庫水準に対応する）の変化の解析のし方などが示されているので、参考にとするとよい。

指導上の留意点

- (1) 在庫モデルには、現実の在庫システムの多様性に対応して様々なものが考えられているが、いたずらに複雑なモデルを紹介するよりも、むしろいかに単純なモデルで複雑な現実のシステムを近似するかというORの真髄を示し、在庫管理の本質的なところだけを理解させるようにするのがよい。
- (2) 基本的なモデルを理解させた後では、現実の問題にやや近い設定をして、オペレーショナルゲームをやらせるのもよからう。これについては、「中級指針」に詳しい解説がある。
- (3) 複雑な在庫管理の問題の解析にはシミュレーション手法が使えることを示し、実際に行なわせてみるのもよい。
- (4) 各受講生が知っている計算機システムについて、在庫モデルあるいは在庫管理の考え方の応用によって解析できそうなサブ・システムを考えさせるとよい。

参考文献

- [1] 水野幸男、「在庫管理入門」、日科技連出版社、1974
- [2] 近藤次郎、「オペレーションズ・リサーチの手法」、日科技連出版社、1973
- [3] OR事典編集委員会編「OR事典」、日科技連出版社、1975
- [4] 「中級情報処理技術者育成指針」、(財)日本情報処理開発センター、1974
- [5] D.P. Gaver, Jr., "Probability Models for Buffer Storage Allocation Problems", *J. ACM*, 18 1971, pp. 186-198.

第6章 シミュレーションモデル

キーワード

モデル化 (model building), システム現象 (system phenomena), 動的現象 (dynamic phenomena), システム変数 (system variables), 外生事象 (exogenous events), 外生変数 (exogenous variables), 内生事象 (endogenous events), 内生変数 (endogenous variables), 確率事象 (random events), 確率変数 (random variables), 意思決定ルール (decision rule), モデル・パラメータ (model parameter), 因果関係 (causal relations), パフォーマンス尺度 (performance measures), シミュレーション言語 (simulation languages), シミュレーション実験 (simulation experiment), システム設計 (system design), 意思決定 (decision making), 代替案 (alternatives)

目 標

ダイナミック・モデルを使用することを通して, 新たな状況・条件に対する問題の明確化, 既存の標準的概念の活用必要性を体得させる。

したがって,

- (1) モデル・ビルディングのプロセスを演習しながら, オペレーションズ・リサーチの方法論を身につけさせる。
- (2) どのような状況の意思決定や問題解決 (とくに情報システムの設計や改良のための) に, どのようにシミュレーションを利用すれば, 役に立つかを判断する管理者としての能力をつけさせる。

注意: 乱数発生法, 計算精度, 実験計画, シミュレーション言語などあまり技術的なことには重点をおかない。むしろ, シミュレーション・モデルをつかってどのような実験をし, その結果がどのように整理されれば, 当面のシステム設計に関する意思決定に役立つかを演習しながら理解させ, 身につけさせる。

内 容

シミュレーションの教育目標を達成するためには, 講義形式で教えても, あまり効果があがらない。主に, 事例などをつかって, モデル・ビルディングのプロセスとモデルの活用法の演習を

行いの有効である。したがって、図6-1に示するような時間配分を大体の目安とするとよい。

シミュレーションの演習をとおして、学習されるべき基礎的知識、概念等を第6.1節～第6.5節に示す。

	午 前	午 後
第1日	講義：1.シミュレーションの必要性 2.シミュレーションの基礎 3.シミュレーションのプロセス とシミュレーションの利用の 仕方	講義：簡単なGPSSの紹介 演習：簡単な例題をつかったのシミュ レーション演習
第2日	－事例研究－ プロジェクト・チームを編成して、シ ミュレーション事例のモデル・ビルデ ィング	－事例研究－ 事例研究中 各チーム、シミュレーシ ョンモデルのラン 間報告とそ れに対する 講評
第3日	－事例研究－ システム設計に関する代替的構成のシ ミュレーションによる評価	事例研究最終 事例研究結果の整理 報告会と講評 と総まとめ

図6-1 シミュレーション・モデル：教育時間スケジュール案

6.1 シミュレーションの目的

何のためにシミュレーションをするのかについては、次のようなことを理解させるよう努力する。

(1) モデルの必要性

ある現行の情報システムを改良したり、あるいはまだ存在しない新しいシステムを設計するにあたり、望ましいシステムを築くための種々の代替的なシステムの構成が考えられるとき、それらすべての代替的システムを現実築いてためしてみるわけに行かない。したがって、各代替システムの動作機能のみを記述したモデルを作って、この仮空の世界で考察されているシステムの種々のパフォーマンスをテストしてみる。

(2) モデルをつかった実験の必要性

普通、システム現象のモデルは数学的解析には複雑すぎるので、シミュレーション実験によって種々の代替案をモデルにおいて設定して、システムのパフォーマンスへの効果はどうなるかをモデルにおいて観察する。

(3) システム現象の複雑さ

システム現象が複雑なのは、次の理由によることが多い。

① 取り扱う変数の個数が多い⇒**multidimensionality**

② いくつかの変数は確率変数 (Random variableである。⇒ **random Phenomena**

③ 変数間の関係がダイナミックな因果関係で複雑に作用し合っている⇒**dynamic Phenomena**

④ パフォーマンスの評価尺度が唯一ではなく複数個あり、それらがたがいに、競合しあったりする多目的を追求する問題状況が多い。⇒**multiple criteria**

(線形計画で取扱われる問題状況と対比せよ。)

6.2 シミュレーションの手順

応用分野が何であれ、システム設計あるいは改良のためのシミュレーションを実施する際のステップは図6-2のようになることを理解させる。

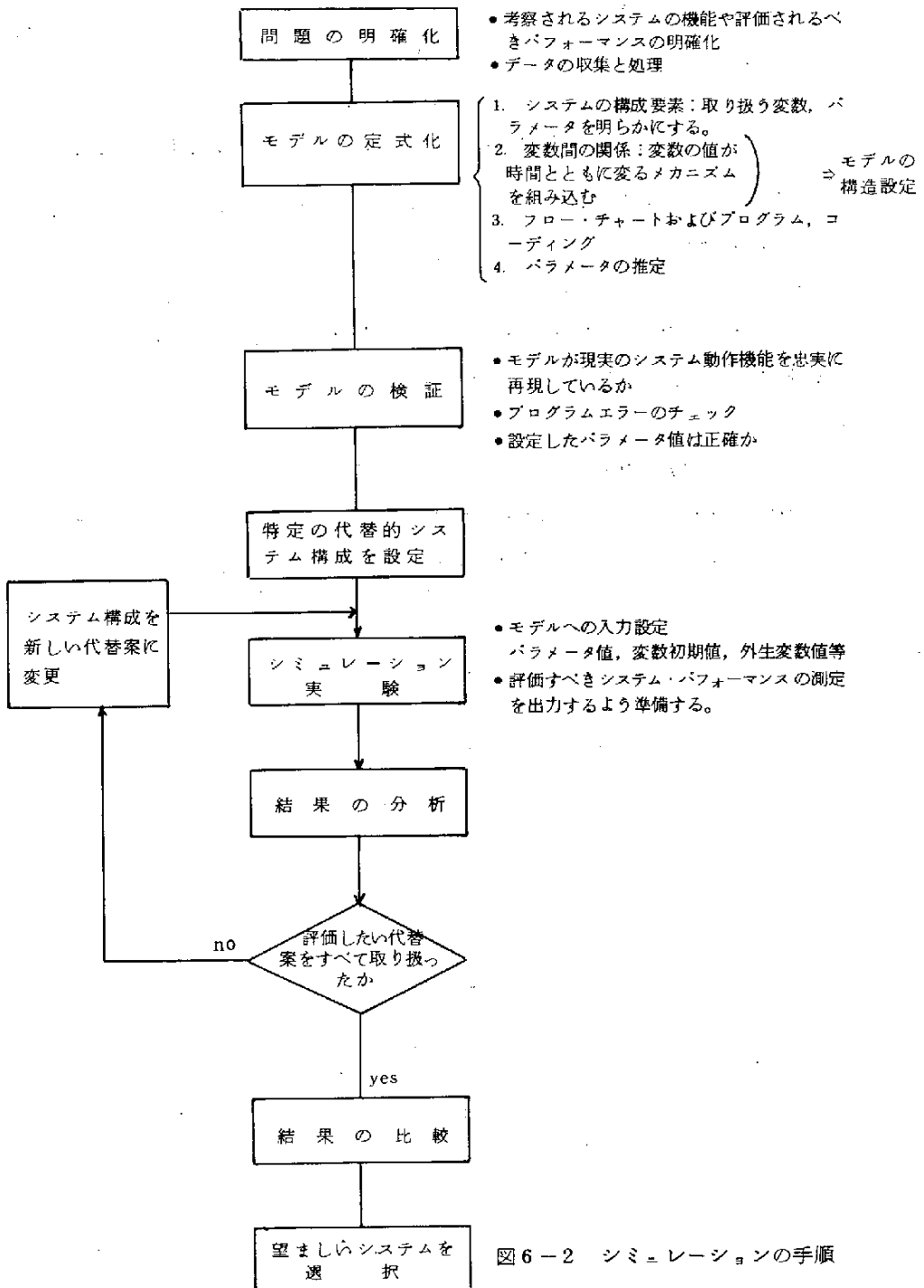


図 6-2 シミュレーションの手順

6.3 シミュレーションに関連して学習されるべき基礎概念（術語）

ダイナミックなシステム、モデルのシミュレーションに関して理解されるべき諸概念は次の通りであるが、具体的な例をつかって、また演習をとおして学習されるよう心がけること。

(1) 動的現象 (dynamic phenomena)

時間とともに状態が変化して行く現象。

(2) 属性 (attributes)

システムを構成する種々の要素 (entities) がもっている特性。これはモデルでは通常、変数 (variables) で記述される。

(3) システム変数 (system variables), 状態変数 (state variables), または内生変数 (endogenous variables)

システムの全体的な状態は、モデルでは、いくつかの変数 $X_1, X_2, \dots, X_n$ で表現されるが、ダイナミックなシステムの場合は、これらの値は時間とともに変化するから、ある特定の時点 t におけるシステムの状態はその時点におけるこれらの変数値 $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$ で把握されていることになる。すなわち、時点 t におけるシステムの状態を表現する変数という意味で、これらの名で呼ばれる。システムが時点 t に至るまでにたどった経歴も、状態変数で記述できることに留意すること。

たとえば、 $X_n(t) = \max_{0 \leq t} X_1(t)$ とすれば、時点 t に至るまでに、変数 X_1 がとった最大値を $X_n(t)$ が記述している。システムの状態変数の時々刻々の値は、相互の関数関係や外生変数からの作用を受けて、モデルの中で発生されるので内生変数 (endogenous variables) とも呼ばれる。

(4) パラメータ (parameter)

システムの属性のうちで、シミュレートしたいと考えている期間は、その値が変化しないと考えられる属性値。

(5) 外生事象 (exogenous events)

シミュレーションの対象のシステムの変動に影響は及ぼすが、逆にそのシステムからは影響は受けない（あるいはその影響は無視できる）と考えられる現象。外生事象の集まりは対象のシステムをとりまく環境という意味でシステム境界とも呼ばれる。また、外生事象を記述する変数は外生変数 (exogenous variables) と呼ばれる。もちろん、外生変数の値も通常は時間とともに変化する。

(6) シミュレーションのインプット (input)

状態変数の時々刻々の値は、シミュレーション・モデルでは自律的に、時間の進行とともに、発生されて行くが、シミュレーションの開始時 ($t = 0$) にどんな状態であったかはインプッ

トとして与えられなければならない。すなわち $X_1(0)$, $X_2(0)$... $X_n(0)$ をシステムの初期状態(initial state)という。したがって、シミュレーションのランに際してインプットとして与えるべき情報は、①初期状態、②パラメータ値、③外生変数のシミュレートする期間中の、時々刻々の値、である。

(7) 意思決定ルール(decision rule)

システムを構成する要素として、人間、顧客、企業などの主体の行動が含まれるとき、それらの行動パターンをモデルにおいて記述しなければならない。その行動パターンはシステムの状態変数がどんな値になったとき、どんなアクションをとるかという形で標準化されたレスポンスを設定して表現する。これを意思決定ルールという。このレスポンスは確率的にしか、表現できないこともある。

(8) システムの自律的展開(evolutionary structure)

ダイナミックなシステムのシミュレーションでは、時間 t を零からスタートして少しずつ進めながら、システム変数 $X_1(t)$, $X_2(t)$, ... $X_n(t)$ を順次発生して行く。ある時点 t_0 におけるシステム変数 $X_i(t_0)$ を発生する際には、それまでにシステム内におこった事象、すなわち、 $t < t_0$ に対する各システム変数の値はすべて利用できる情報であるから、これらと外生変数値とから関数的に(論理的)に $X_i(t_0)$ を発生する。

このように、時間を進めながら自律的にシステムの動的行動を発生していくメカニズムを因果的關係(causal relationまたはrecursive relation)と呼ぶ。具体的に、時刻 t_0 にいたるまでのシステムの経歴と外生変数とから $X_i(t_0)$ をどのようにして発生するかは、当然それぞれのモデルにおいて異なり、上に述べたシステム内の行動主体の意思決定ルール等からプログラムして行く。そのシステムの自律的展開をどうプログラム化して行くかが、モデルづくりの中心的作業となる。

(9) 確率現象(random phenomena)

時刻 t_0 にいたるまでのシステムの経歴と外生変数とから、内生変数 $X_i(t_0)$ の値を関数的に、あるいは、論理的に決定すると上に述べたが、これが必ずしも、一意的に特定の値に決められず、確率的にしか決定できない場合がある。例えば、システム内の行動主体の行動パターン(顧客の到着とか所要サービス時間など)や製品への需要量などシミュレートするとき起る。このような現象を確率現象(random phenomena)と呼ぶ。

システムの経歴や外生変数が与えられても、一意的にその値を決定できず、確率的に決定される内生変数は確率変数(random variable)と呼ばれる。また確率変数を含まないモデルは、決定論的モデル(deterministic model)と呼ばれる。確率変数を含むモデルをプログラムするには、乱数を発生するプログラムが必要となる。

6.4 モデルづくりに関する指針

(1) 適度に単純化すること

モデルとは、本質的に現実システムの抽象であるから、現実システムよりはるかに単純化されたものであることをまず認識させなければならない。複雑で大規模なモデルほど現実的で望ましいモデルであるという先入観を捨てさせること。もちろん、単純であるほどよいというものでもない。モデルの複雑さの程度と有用性の関係は、図6-3に示すように、適度に単純なものが望ましいといわれている。

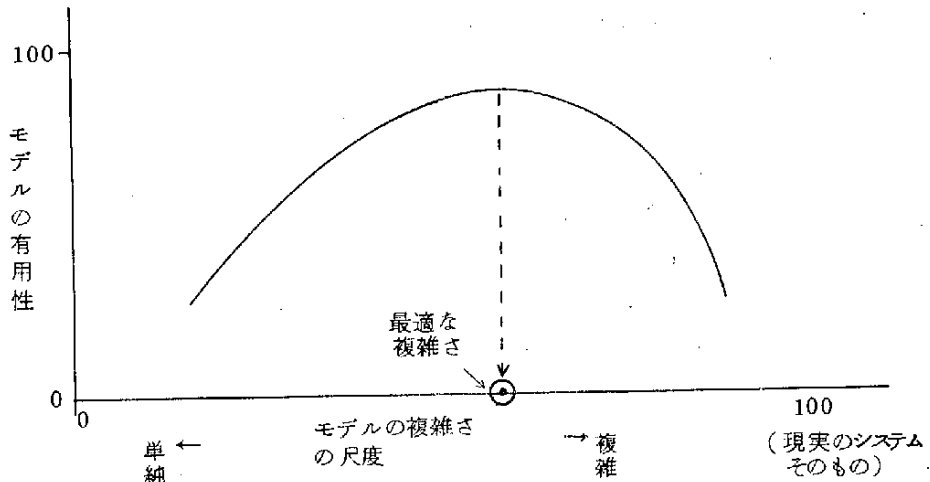


図6-3 モデルの複雑さと有用性の関係

有用なモデルをつくるには、どの程度複雑なものにすべきかに関する一般的原理はない。モデルづくりは、科学(science)ではなくて、芸(art)であるといわれる。

しかし、よいモデルをつくるためのガイドラインとして、次のようなことに注意させること。シミュレーションの目的を再確認して、システムのどんな代替案について、どんな特性を評価したいかを明確にする。これが明らかになれば、システムのどんな属性が問題とされ、モデルに組み込まれるべきシステム変数は何かが明らかになる。

(2) 内生事象と外生事象の明確化

これらのシステム変数の変動に影響をおよぼすと考えられるシステム内の要素、属性、事象、行動主体、活動などを明らかにする。システム変数に影響すると考えられる外生変数も明確にする。外生変数の個数は少い方が、計算時間その他で、シミュレーションは容易となる。

(3) 内生事象展開のメカニズム

各システム変数の値が、時間の進行とともに、発生されるメカニズム(因果関係)をプログラムする。

このメカニズムはあまりにも現実に近いものにしようとする、モデルが次第に大規模・複雑化する。このメカニズムを適度に単純化することによって、それまで内生変数と考えていたものを、外生変数として扱えるようになったり、いくつかの内生、外生変数をモデルから省略してしまうこともできるようになる。むしろ、最初につくるパイロット・モデルでは、思いきり単純なメカニズムで変数の少ないモデルをつかって、そのモデルの現実性について、どうしても問題となるところが明白になった時点で、必要となる変数を順次追加して、システム変数発生メカニズムを少しずつ複雑化して行くのが現実的である。

6.5 シミュレーション言語

シミュレーション用の言語を駆使できるように訓練する時間はないが、シミュレーション言語を全くつかわないでシミュレーションに関する事例研究をするのも効率がわるく、大きな教育効果を望めない。情報システムの設計関係のシミュレーションでは、待ち行列のタイプのシステムが多いからGPSSに関する基礎的なことを学習させるのがよいであろう。

(1) GPSSの基本

GPSSを使ってのモデルづくりで最も頻繁にあらわれるブロックを十個程度学習させる。

例えば

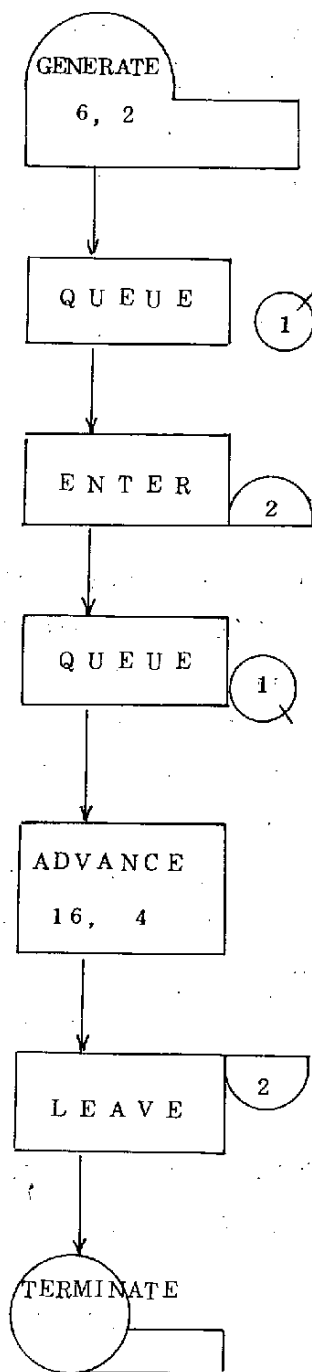
- | | |
|-------------|-----------|
| ① GENERATE | ② SEIZE |
| ③ QUEUE | ④ DEPART |
| ⑤ RELEASE | ⑥ ADVANCE |
| ⑦ ENTER | ⑧ LEAVE |
| ⑨ TERMINATE | ⑩ ASSIGN |
| ⑪ TABULATE | |

GPSSで記述されるモデルでは、ブロック間を流れる運動単位であるトランザクション (transaction) を発生させ、その流れを各種ブロックでコントロールするという形で、システムに起る事象、活動を表現するということをよく理解させる。

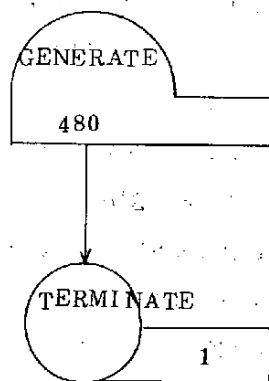
実際にGPSSのプログラムの中で、どのように処理が行われるかなどの詳細は教えないで、GPSSでは現実現象をどんな観点から把握して、モデル記述して行くかの基本が学ばれればよい。GPSSのブロック・ダイアグラムを眺めて、それがどんなシステム現象を記述しているかがわかる程度にはしておくこと。

(2) GPSS解説のための簡単な例題

タイムシェアリング計算用の端末機を複数台ある室に設置したい。利用者の到着間隔は 6 ± 2 分の範囲の一様分布である。利用者の端末機利用時間は 1.6 ± 0.4 分の範囲の一様分布である。



モデル・セグメント 1



モデル・セグメント 2

図6-4 タイムシェア計算端末利用シミュレーション

利用者が室に到着したとき、端末機が空いていなければ、待ち行列に入り、この室への先着順に空いた端末を利用できるようになる。最適な端末機の台数を決定したい。このシステムの GPSS ブロック・ダイアグラムは、図 6-4 のようになるが、この程度の簡単な例で、GPSS の基礎的なことはすべて説明できるはずである。

(3) その他の言語

GPSS 以外のシミュレーション言語としては、DYNAMO、SIMSCRIPT などについて簡単に言及し、どのような現象のシミュレーションに適しているかを説明しておく。あとは、参考文献などを示す。

6.6 シミュレーション実験と結果の評価

(1) 複数の評価尺度の問題

シミュレーションのランの結果、システムのパフォーマンスとして測定したい特性の記録がアウトプットされるが、それらの結果を実際意思決定に役立つように整理し、評価する訓練を充分に行う必要がある。このことは、シミュレーションのランをするだけでは、代替的システム設計のうちで、どれが最適かの答えは自動的に出てこないから、特に大切である。シミュレーション・ランが終ったあと、真のシステムズ・アナリシスの問題に直面するといつてよい。

例えば、評価尺度 A から評価すると代替案 A が最適のシステム構成となるが、評価尺度 B の点で評価するとそれは最悪の選択であることがわかったりして、相反する評価尺度や、多基準評価の問題にぶつかる。たとえば前節の端末機台数を決めたい問題で、評価尺度としては次のようなものが考えられる。①) 利用者の平均待ち時間、②) 待ち行列の平均の長さ、③) 待ち行列の最大長さ、④) 端末機の利用率、⑤) 端末機の遊び時間、⑥) システム構成に必要な投資額等々である。

(2) 意思決定に役立つ情報をつくること

意思決定に役立つように、シミュレーション結果を整理する訓練としては、図 6-5 のように、いくつかの評価尺度を軸とした空間に、各代替案をパラメータ化して位置づけさせることである。

この図のように互いに相反する評価尺度の結果が得られた場合、学習者に留意させるべき点は、代替案として端末機 1 台と 2 台の場合を比較して、平均待ち時間 (評価 1) からすると 2 台の方がきわだって望ましいが、アイドル時間 (評価 2) に関してはほとんど差がないということである。これと逆のことが、代替案 6 台と 7 台の場合についていえる。明らかに代替案 1 台と 7 台は放棄してよいことがわかる。

このように、シミュレーションの結果として、自動的に最適の解は分らない場合がほとん

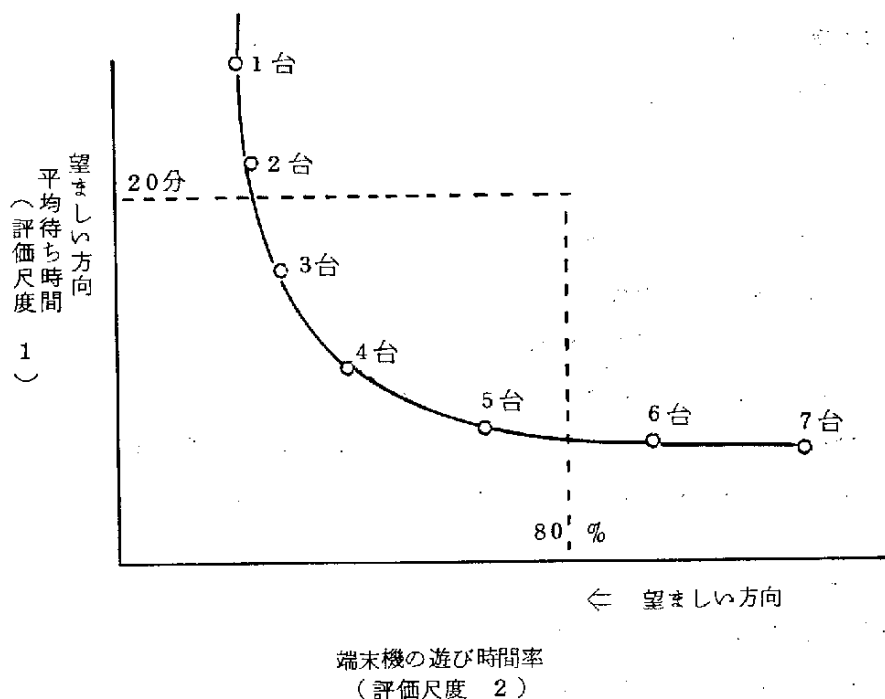


図 6-5 シミュレーション結果の評価の例

どであるが、それぞれの代替案を各種評価で正確に位置づけて、意思決定のための有益な情報を提出するのが、シミュレーションの本来の利用価値であることを理解させること。実際に、どの代替案をえらぶかの選択は意思決定する人の総合的なトレード・オフの判断で決ってくる。

図 6-5 の結果の場合、意思決定をする立場にある人が平均待ち時間が 20 分を超えるようなシステムはサービスの質としては耐えられない状態であるという認識を持っていれば、端末台数 2 台という代替案は考察からはずされることになる。さらに、端末機の遊び時間率が 80 % を超えるものも設備の浪費として耐えられないという判断があれば、台数 6 台という代替案も捨てられることになる。そして、大抵の意思決定の立場にある人はこの程度の価値判断はできるものであることを指摘すること。

シミュレーション・モデルに限らず、オペレーションズ・リサーチのモデルは意思決定者に肩代りして最適の意思決定を決めるのが本来の目的ではなくて、合理的な意思決定のための基礎となる有益なデータを提示するのが本来のあり方であることを認識させること。

(3) インプットパラメータに対する感度分析

シミュレーションによる実験で、もうひとつ非常に利用価値があるのは、インプットパラメータの種々の異なる値について、システム特性の感度を評価できるということである。たとえば、

前の端末機台数をきめたいシミュレーションでも、利用者の平均到着時間々隔が6分ではなくて、その倍であったら、あるいは半分であったら、各種パフォーマンスはどうなるかということの評価しておけば、それはきわめて貴重な情報となる。あるいは到着時間々隔の平均が同じ6分でも、そのバラツキ(分散)が異なると結果はどうなるかの感度も評価して、システムに望ましくない事態がおきないかを確かめておくことも大切であろう。

(4) 定常状態と過渡状態の分析

シミュレーションを行う際に、もうひとつ注意すべきことは、定常状態における特性だけでシステムの評価を考えてはいけないということである。上の例でいえば、利用者到着の間隔は、午前10時から11時までは平均6分であるが、11:00 a.m～1:00 p.m.では平均3分となり、1:00 p.m～3:00 p.m.で平均5分というように変動するとしたら、それらにつれてシステム特性はどのように時間とともに変化して行くかを観察して不都合がおきないか確かめることは非常に大切であろう。

システム設計のためのシミュレーションの場合は、特にそのシステムが完成したときにどんな環境で動作するかを見きわめれば、それらの考えるどんな状況のもとでも、満足に機能できるシステム設計であることを確かめることができるのが、シミュレーションの大きな効用であることを理解させるべきである。したがって、データも結果も時系列的にながめてみることも大切である。

また、定常状態にならないものについて平均などをとっても意味がないことにも注意する必要がある。

以上のことは、講義をしてもあまり身につかない。チーム編成でシミュレーションの事例研究をさせ、各チームでシミュレーション結果を整理させ、発表会を行うとよい。どのチームが一番説得力のあるシミュレーション研究を行ったかについて評価しあい、コンテストを行うようにするとよいであろう。各チームの発表ごとに、ディスカッションの機会を設け、よい点、難点を討論し、講評を加えるようにする。

シミュレーションの結果の解釈は、以外と難しいものである。シミュレーションの結果のアウトプットの整理がわるいために、大切な情報を見落してしまったり、早まった大胆な結論を出してしまったりすることが多い。

管理者、あるいはリーダーとしては、シミュレーションのモデルや結果にまどわされだけの、真実の現実現象を見ぬく眼力が要求されるものである。そのようなことも、演習をとおして十分に理解させるよう心がけるべきである。

指導上の留意点

(1) シミュレーションの学習の特異性

シミュレーションは、線形計画、在庫管理、待ち行列のように、代表的な問題状況とその数学的モデルを解説し、その解法の原理や計算手順を解説するというような形式では、教えるべきものはほとんどない。

しかし、「問題解決あるいは意思決定のために現実の現象世界を操作して実験するかわりに、モデルを築き、モデルにおいて実験をする」というオペレーションズ・リサーチの最も基本的な方法論はシミュレーションにおいても全くかわらない。現実世界で許されない失敗はモデルでは許されるのであり、このモデルでの実験をとおしてよりよき問題解決のための知恵を獲得するということの基本的認識を、ここでもういちど、深めることをねらいとする。

モデルに含まれる変数が比較的少く、変数間の関係が単純な数学的関係で表現されるモデルにおいては、最適解や、決定変数の種々の値に対する評価は数学的操作で導き出せる場合が多いが、取り扱い変数の個数が多く、変数間の関係が複雑なシステム現象の問題のモデルは、数学的操作では、たちまち、手に負えない問題となるのであり、シミュレーションによる実験が唯一のよりどころとなることを理解させる。

したがって、ORの代表的トピックである線形計画や在庫モデルなどのように、もうすでにモデルとして数学的問題が与えられたところを出発点として、それから最適解をどう数学的に導くかということはシミュレーションのテーマとするところではない。むしろ、モデルをつくったところで、そのような数学的解析が全く無力であるようなモデルしかできないような問題状況においても、オペレーションズ・リサーチの方法論は、コンピュータという強力な道具を駆使するならば、依然としてきわめて有用なものであるという理解を深めるよう努めること。

以上の理由から、待ち合せ理論や線形計画などの、典型的な問題状況を学習するのとは、シミュレーションの学習はかなり異質のものとならざるを得ない。

(2) 演習を中心とした学習の重要性

シミュレーション・モデルを構築し活用するための一般的原理について抽象的な講義をするだけでは大きな教育効果は望めない。「教育目標」に示した目的を効果的に達成するためにまたB1オペレーションズ・リサーチの総まとめという意味においても、4～5名を単位とするプロジェクト・チームを編成して、事例研究を行い、シミュレーションのプロセスを演習するのが望ましい。

講義による教育は、教育時間の3～4割にとどめ、あとは事例研究による演習に時間を費すべきであろう。例えば、3日間からなる教育時間であれば、図6-1に示すような時間配分が妥当であると考えられる。

シミュレーションを教えるにあたって、情報処理技術者に身近かな解説例題および事例研究のテーマは次節以降の参考資料部に示す。シミュレーションは、具体的な身近かな例題をふん

だんにつかって解説し、情報システム関係の事例の演習などによってその知識を体得させるよう心がけるべきである。

(3) 教育にあたって、重点とすべきことがら

このように演習を中心とした学習をとおして得られるべき知識、また訓練されるべき素養は第6.2節～第6.6節に記述したとおりである。

シミュレーション言語や乱数発生法などの技術的な知識を駆使できるようにさせるだけの時間はないことに留意する。しかしながら、システム設計・分析などの事例について、シミュレーションのモデル作りとその利用を短時間に演習するにあたり、シミュレーション言語をまったくつかわないとすると、論理的にあいまいで不正確なフローチャートを書く練習ぐらいに終わってしまいかねない。そうかといって、フォートランでモデルのプログラミングをさせる時間もない。むしろ、情報システム関係においてシミュレーションが必要となる状況は待ち行列のタイプのものが多いことから、GPS Sの基本的なことを解説し、数個～10個程度の基本的ブロックについて演習させる方が高い教育効果を望めよう。GPS Sという言語の基本をいくらでも学ぶことによって、ダイナミックなシステム現象がどのような観点から把握され、システム構造が理解されるかがわかり、それが具体的なガイドラインとなってモデル・ビルディングの能力を養うことにもつながるはずである。

その他のシミュレーション言語については、どのような現象やシステムのシミュレーションにはどんな言語を適しているかを言及する程度にし、参考書などを指定しておく。

シミュレーションに関するの議論および演習によって、6.2節～6.5節に挙げたような基礎知識を学ばせ、また素養をつけることをねらいとすること。

参 考

以下の参考資料の部では、情報システムの設計に関連したシミュレーションについて2～3の事例を示すので、解説のための例題あるいは演習のための課題として利用されたい。これらは、いずれも、第6.5節で学習させるよう示唆したわずかのGPS S基本ブロックでモデルを記述できるものである。

まず、1.でリアルタイム・ファイルアクセスのシステムのシミュレーションを取り扱い、2.では、複数個の端末からの照会システムのシミュレーションを扱っている。そして、最後に、3.で、これら二つのシステムを結合したオンライン・リアルタイム・システムのシミュレーションを取り扱う。

本章の教育目標は、「シミュレーションの基本を身につけさせ、システム設計に関する意思決定に有益なシミュレーション・モデルの作り方とその活用法の理解と訓練を与える」ことである

から、そのためには、1.あるいは2.で扱っているような比較的簡単な事例で基本的なことを演習するのが好ましい。その上で、学習者の習熟度や能力をみながら、より複雑な事例を課題として与えるのがよいであろう。

また、GPS Sをつかったプログラム化の段階ではあまり苦勞させるべきではない。たとえば、「どんなシステム構成で、どんなオペレーションをして、どんなパフォーマンスを観察したい。そして、それらの構成機器の機能や性能はどんなものである」ということが明確に表現されていれば、それらをGPS Sで表現する段階では、指導者は適当に手伝ってやってもよいであろう。

1. リアルタイム・ファイル・アクセスのシミュレーション

参考文献〔11〕のpp. 437～455を参照。

シミュレートしたいファイル・アクセスのシステムの配置を図6-6に示す。計算機にランダムに到着するトランザクションによってこのシステムで起る事象は次の通りである。

- ① 計算機に到着したトランザクションが必要とする作業は、3つのファイルの中の1つからレコードを読んで、それに対してある処理を施し、そのうち75%はレコードを更新する。
- ② 処理装置がファイル読み取りの命令をだしたとき、そのファイルのアームと他のファイルを共用するチャンネルとがともに空いていれば、シークが実行される。シークの間は、チャンネルはそのファイルから解放されている。シーク・アームはそのトランザクションが必要とする作業がすべて完了するまでは解放されない。
- ③ シークが完了すると、再び、ファイル・チャンネルが空くの待つ。チャンネルが空けば、それを利用してレコードが読みとられる。ただし、ディスクがそのレコードの位置まで回転するのを待たねばならない。
- ④ レコードの読み取りが完了すると、処理装置が空くのを待って、トランザクションの処理が行われる。レコードの更新では、新たにシークする必要はないが、チャンネルが空くのを待って、レコード書き込みを行う。ここでもディスクがレコードの位置まで回転するのを待つ。
- ⑤ トランザクションのうち25%はファイルA、40%はファイルB、35%はファイルCを参照する。
- ⑥ アームのシーク時間は40～120ミリ秒の一樣分布とする。
- ⑦ レコードの読み取り、あるいは書き込み時間は6ミリ秒とする。
- ⑧ ディスクの回転時間は34ミリ秒である。

⑨ トランザクション当りの処理時間は、4～14 ミリ秒の一様分布であることがわかって
いる。

⑩ ひとつのトランザクションが到着してからそのトランザクションに関する作業が完了す
るまでに、その作業の状態(status)は図6-7のような順序で変化して行く。

⑪ トランザクションの到着間隔は、平均が100msの指数分布に従う。

問題1：ファイル・アクセスのシステムに関する以上の記述と図6-6、図6-7にもと
づいて、このシステム内のダイナミックな事象をシミュレートするためのGPSSブロッ
ク・ダイアグラムを描け。観察したいシステム・パフォーマンスは、

- (i) トランザクション処理に要した時間(応答時間)についての統計,
- (ii) システム内における待ち時間,
- (iii) 各装置の稼働状態,
- (iv) パラメータ値の変動に対するシステムの反応,

などである。

ヒント1：このシステム内のどの装置に対して、それぞれFACILITYブロックを設
定しなければならないかを考えよ。

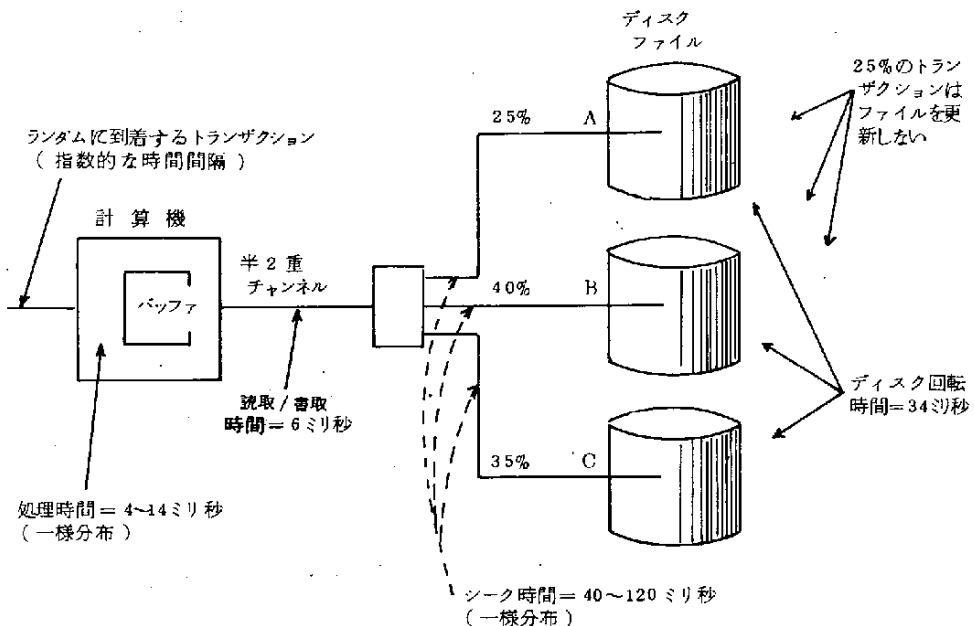


図6-6 リアルタイム・ファイルアクセス・システム ([11] より)

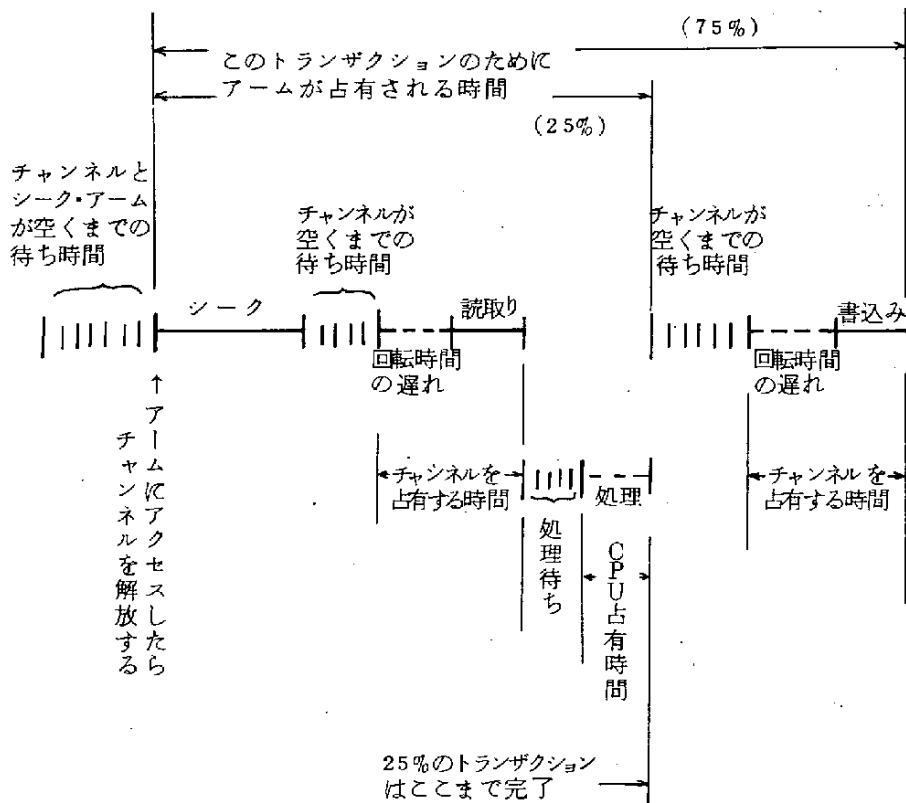


図6-7 ファイル・アクセスのトランザクション処理
に関連したイベント系列([11]より)

答：ファイル・アーム1→FACILITY 1

2→FACILITY 2

3→FACILITY 3

I/Oチャンネル →FACILITY 4

CPU (処理装置)→FACILITY 5

ヒント2：発生したトランザクションがどのファイルのレコードを必要とするかは、トランザクションのパラメータ1に、25%、40%、35%の割合で指定せよ。したがって、ASSIGNブロックを用いる。

ヒント3：各FACILITYに関連して、QUEUEおよびDEPARTブロックを設ける。

ヒント4：トランザクションが各FACILITYを占有する時間は、ADVANCEブロックで指定する。

指導上の注意：第6.5節で学習させるよう示唆したGPSS基本ブロックのほか、この例題のシミュレーション・モデルに必要となるブロックは、GATEとTRANSFERである。この二つのブロックについては、あらかじめその機能と使い方について解説しておく必要がある。

〔問題1の解〕このシミュレーション・モデルのGPSSフロー・チャートは図6-8のようになる。また、このモデルのGPSSプログラムは、図6-9に示す。

問題2：このシミュレーション・モデルを、ランして、トランザクションが15000個TERMINATEブロックに到着するだけ続けよ。（実際の運用で、ほぼ25分の時間に相当する。）そして次のようなシステム・パフォーマンスを観察せよ。

- (i) 各ファイル・アクセス・アーム、チャンネル、処理装置などの設備に関して、稼働率、平均待合せ数、平均待合せ時間、最大待合せ数。
- (ii) トランザクションの処理時間（トランザクションが発生してから、TERMINATEブロックに到着するまでの通過時間）に関する分布。この処理時間の度数分布のヒストグラムを描け。その平均値と標準偏差。トランザクションの90%は何ms（ミリ秒）以内の処理時間におさまるか。また、トランザクションの98%は何ms以内の処理時間におさまるか。

これらの観察から、このシステムの処理能力に関して、ネック（隘路）となっている部分はどの設備であるかを判断せよ。また、余裕のある設備はどれか。

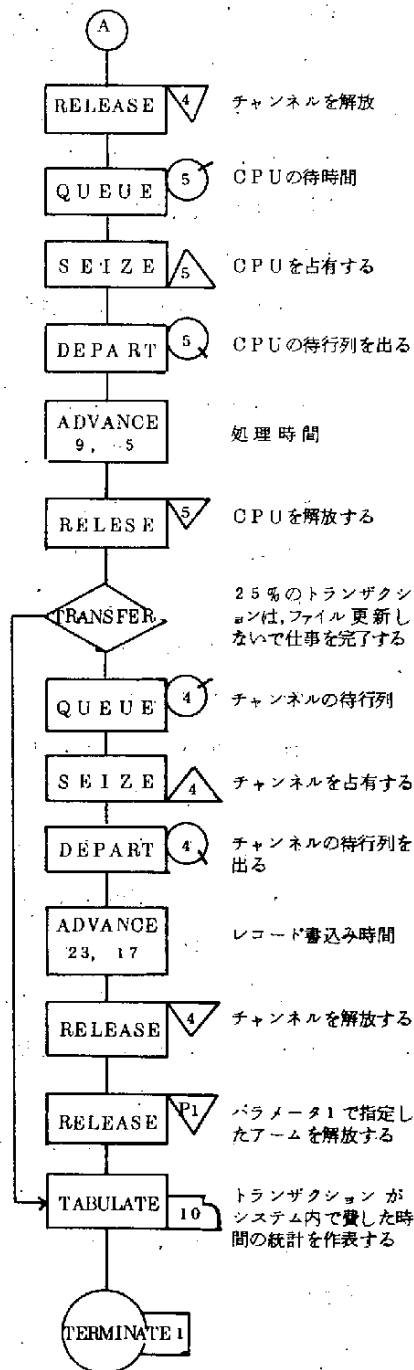
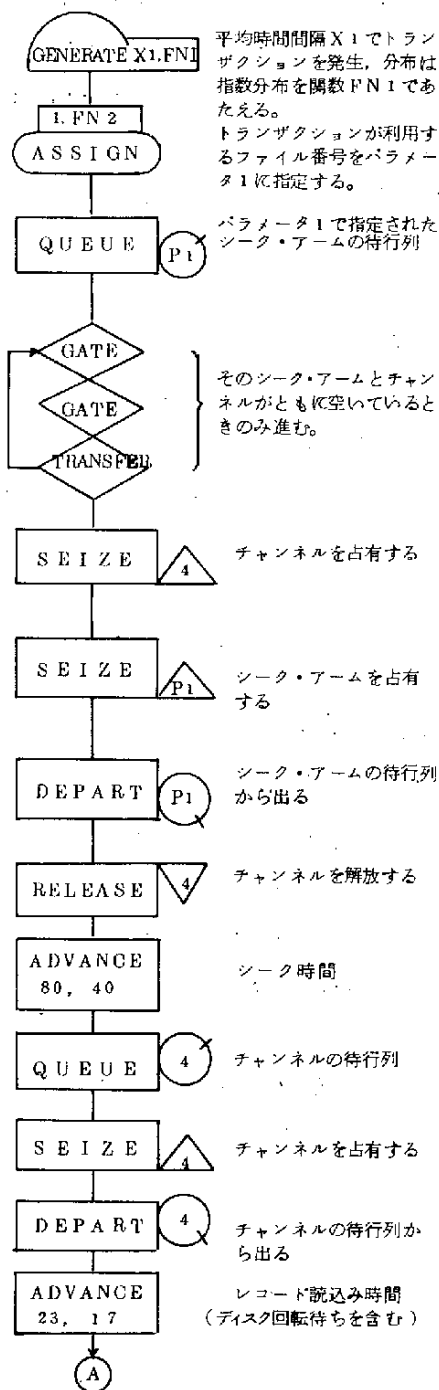


図 6-8 リアルタイム・ファイル・アクセスのシミュレーション

問題3：以上のシミュレーション・ランにおいては、トランザクションの平均到着間隔は100msであったが、これは毎秒10トランザクションの入力レイトに相当する。いま、このシステムへの負荷量の変化に対して、システム・パフォーマンスがどう応答するかを観察するため、1秒当りのシステム負荷量をそれぞれ14, 16, 16.5, 17, 17.5, 18トランザクションの入力レイトのケースについて、シミュレーションを行え。各ケースのランの長さは、約1200個のトランザクション処理数程度でよい。次のパフォーマンスを、特に、観察せよ。

(i) 平均処理時間

(ii) 98%のトランザクションが処理時間が時間 t_0 以内におさまるとして、その時間 t_0 を“処理時間98%保証限界”と呼ぶが、この t_0 を観察せよ。

(iii) ファイル・アームBに関する平均待行列数と最大待行列数。

横軸にシステムへの負荷量を取り、これに対応する上のパフォーマンスを縦軸にとって、プロットせよ。負荷量がある限界を越えるとパフォーマンスが急速に悪化し、システムが飽和状態に陥いる現象を観察せよ。そのような限界負荷量は毎秒のトランザクション数が何個の入力レイトのときか。

〔問題3の解〕：図6-10(a), (b)参照。

この図から観察されるように、毎秒17トランザクションまでは、システムはなんとか機能し、平均処理時間は1秒以内、処理時間98%保証限界も3.5秒以内におさまっている。しかし、毎秒17.5トランザクションの入力レイトになると、このシステムは突然、麻痺状態に近い状態に陥いる。したがって、毎秒17トランザクションの入力レイトがこのシステムの処理能力の限界である。このシステムのサービスの需要ピークが、17トランザクション/秒を超える場合は、その超えた分はシステムの外におくことが考えられなければならない。

問題4：問題2と3における検討から、システム内の隘路や余裕のある設備などが明らかになったら、システム改善のためにどのような代替的設計が考えられるか検討せよ。そして問題2, 3と同様の分析を行え。

問題5：現在のシステムでは、25%のトランザクションはファイルを更新しないで仕事を完了するが、このシステムのオペレーションを変更して、50%のトランザクションがファイル更新を必要としないようにできた場合、この機器構成のままで処理能力はどれだけ改善するかを検討せよ。あるいは、ディスク・ファイルBは2台に分割し、計4台のディスクとディスク・アームの構成にしたらどうかを検討せよ。

☑ 6 — 9 (a)

DATA SHEET

TITLE		WRITTEN BY		PAGE		OF	
No. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80							
1 LOCATION	OPERATION	A, B, C, D, E, F →					
2	SIMULATE						
3	FUNCTION	RM1, C24					
4	φ φ	.1 .104	.2 .222 .3 .355 .4 .509 .5 .69 .6 .915 .7				
5	1.2	.75 1.38	.8 1.6 .84 1.83 .88 2.12 .9 2.3 .92 2.52 .94				
6	2.81	.95 2.99	.96 3.2 .97 3.5 .98 3.9 .99 4.6 .995 5.3 .998				
7	6.2	.999 7.0	.9997 8.0				
8	2	FUNCTION	RN2, D3				
9	.25	1	.65 2 1.0 3				
10		GENERATE	X1, FN1				
11		ASSIGN	1, FN2				
12		QUEUE	P1				
13	NUM	GATE NU	4				
14		GATE NU	P1				
15		TRANSFER	SIM, NUM				
16		SIEZE	4				
17		SIEZE	P1				
18		DEPART	P1				
19		RELEASE	4				
20		ADVANCE	80, 40				
		QUEUE	4				
		SIEZE	4				

DATA SHEET

TITLE		WRITTEN BY	PAGE	OF
No.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80			
1	DEPART	4		
2	ADVANCE	23, 17		
3	RELEASE	4		
4	QUEUE	5		
5	SIEZE	5		
6	DEPART	5		
7	ADVANCE	9, 5		
8	RELEASE	5		
9	TRANSFER	25, NEXT, ROUND		
10	NEXT QUEUE	4		
11	SIEZE	4		
12	DEPART	4		
13	ADVANCE	23, 17		
14	RELEASE	4		
15	ROUND RELEASE	P1		
16	TABULATE	10		
17	TERMINATE	1		
18	10 TABLE	M1, 100, 50, 70		
19	INITIAL	X1, 100		
20	START	1200		
	END			

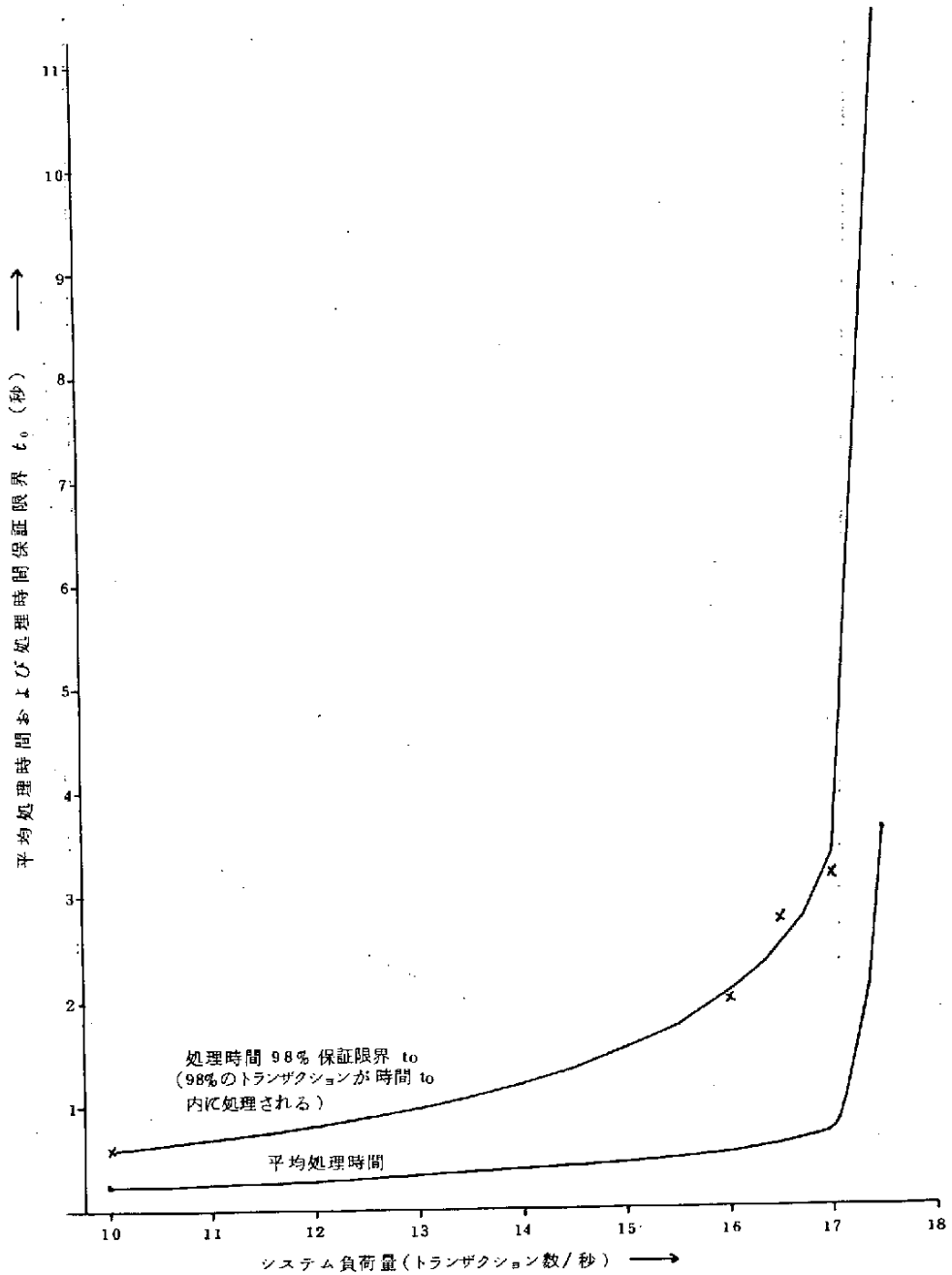


図 6-10(a) リアルタイム・ファイルアクセス・システム
(システムへの負荷量とパフォーマンス)

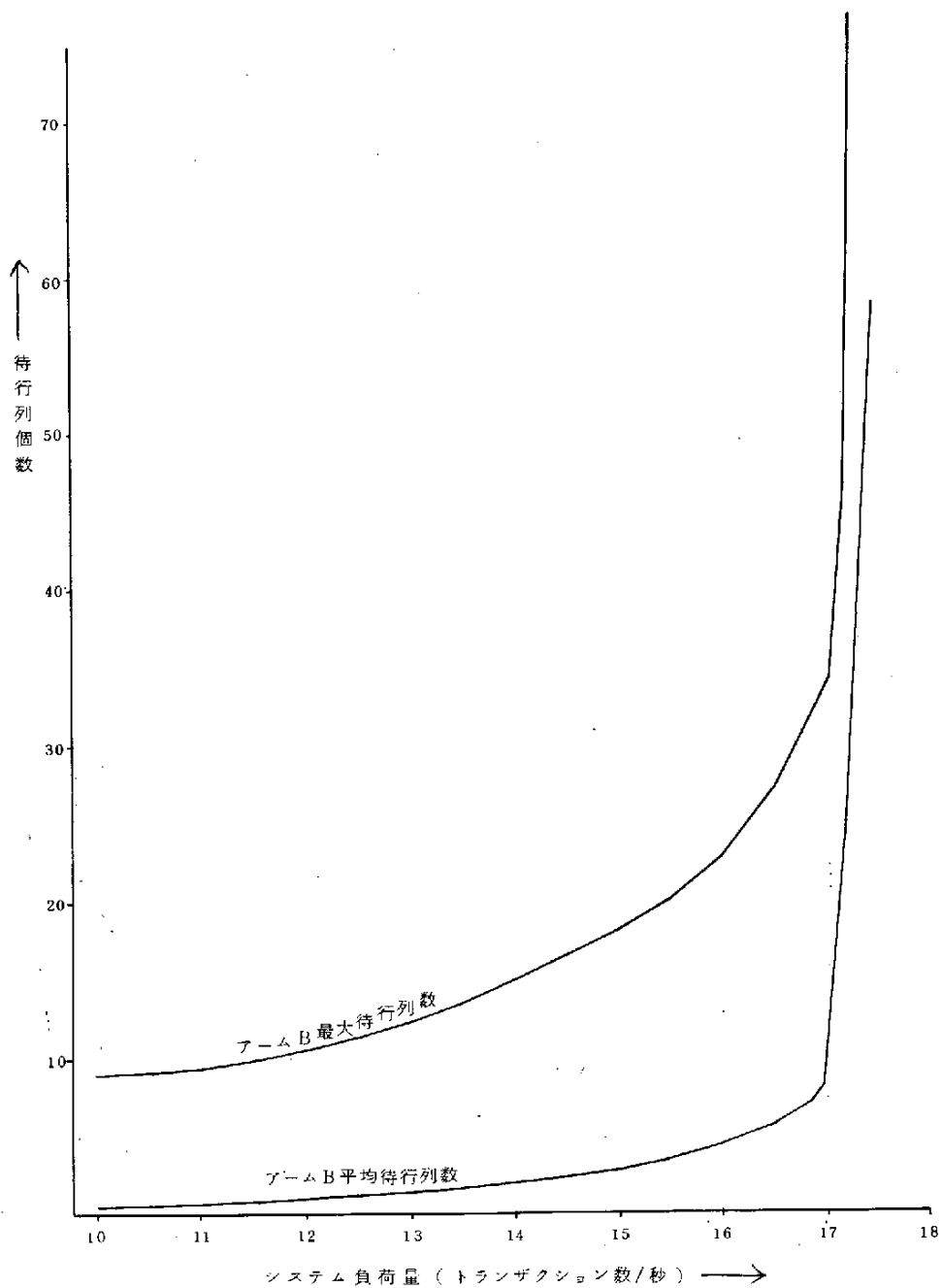


図6-10(b) リアルタイム・ファイルアクセス・システム
(システムへの負荷量とパフォーマンス)

2. 端末照会システムのシミュレーション

図 6-11 に示すような簡単な端末によるオンライン照会システムのシミュレーションを考える。これは参考文献〔4〕の pp. 210~233 のシステムを簡略化したものである。

(1) 入力データ

- ① 入力データの発生間隔は平均時間を 100ms とする指数分布に従う。
- ② 入力データの量は、1 データ当り 10 字~20 字までの間の一様分布である。

(2) 構成機器の性能および機能

- ① 端末は 5 台あって、発生データに対して平等に割当てられる。入力データが入力されてから、それに対する応答が返送されるまでは、次の入力データを入力できない。入出力に要する時間は無視する。
- ② 通信回線は 1 端末に対して 1 回線ずつあるものとし、その伝送速度は 1 字当り 10ms である。
- ③ 通信制御装置 (CCU) は各端末からのデータを受信し終ると、演算制御装置 (CPU) に割り込みをかけ、1 データ当り 10ms の時間をかけて、主記憶装置にそのデータを送り、主記憶装置はその字数分だけ占有される。

また、処理した結果作成されるデータはこれと逆の手順を経て端末に伝送される。ただし、CCU チャンネルは半 2 重チャンネルであり、入力メッセージと出力メッセージは同時には処理できない。

- ④ 主記憶装置には入力データと出力データを一時保存するエリアが確保されており、入力データは CPU で処理された結果、出力データとして再びその字数分エリアを占有する。出力データの長さは、20 字から 30 字までの一様分布である。
- ⑤ CPU におけるデータ処理時間は、50~90ms の一様分布に従う。

問題 1：上の端末照会システムの機能から、このシステムのオペレーションのロジックをフローチャートで示せ。

〔解〕：図 6-12 参照。

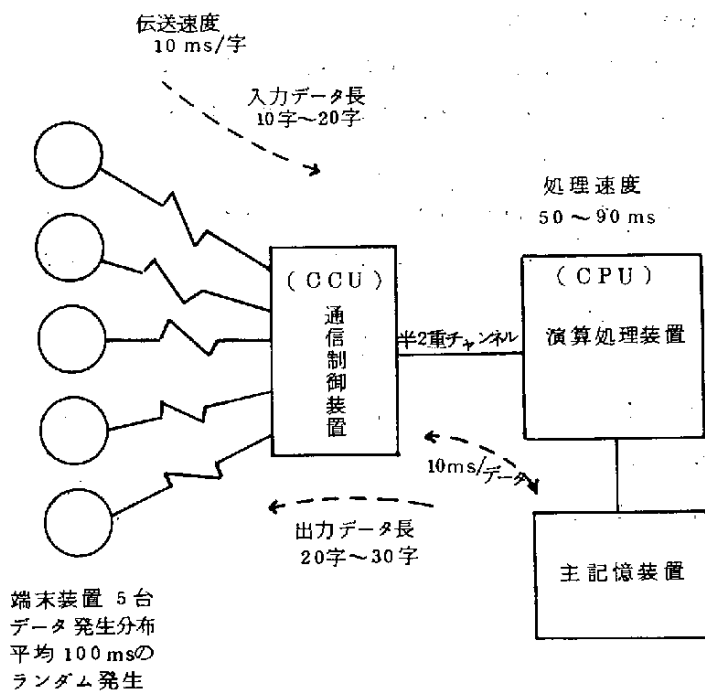


図 6-11 端末照会システム

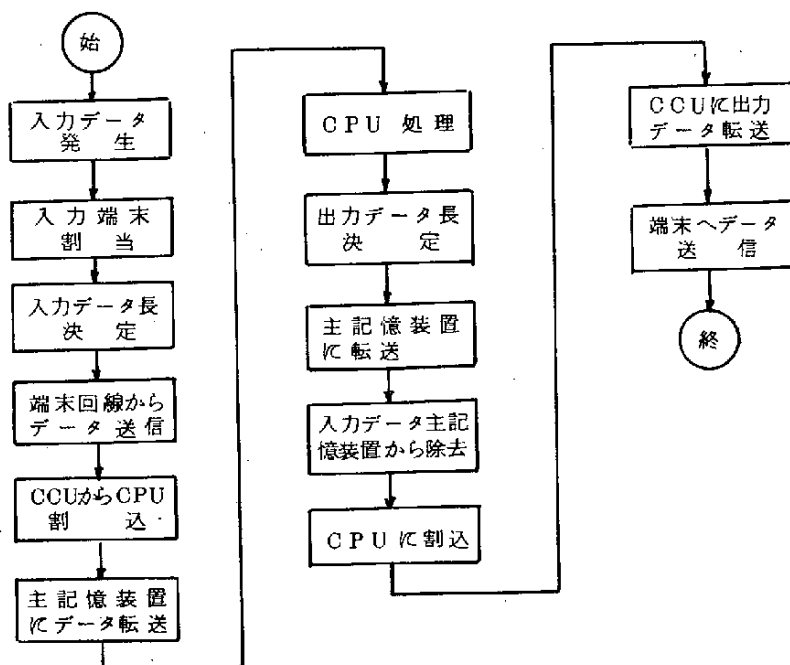


図 6-12 端末照会システムのオペレーション・ロジックのフロー

問題2：このシステムのオペレーションをシミュレートするためのGPSSブロック・ダイアグラムを描け。観察したいパフォーマンスは、次の通りである。

- a. 端末に入力データを入力してから、その応答が得られるまでの応答時間の分布。
- b. システムを構成する各装置の稼働状態。

〔ヒント〕：① システムのクロックは1msを単位としてとる。モデルの中を流れるトランザクションとして、個々の入力データ(出力データ)をとる。各端末・回線にFACILITYブロックを設定して、番号11から番号15をとる。FACILITYの番号の割当ては、VARIABLE番号1として、 $V1 = RN2 * 5 + 11$ で与える。また、これで決まる端末番号はパラメータ番号12に入れる。

② 端末の入力待ち行列として、QUEUE番号11から15をとる。

③ 入力データ伝送所要時間は、VARIABLE番号2として、 $V2 = P11 * 10$ で与える。

④ CCUチャンネルをFACILITY番号とし、その前の待ち行列をQUEUE番号6とする。

⑤ CPUとしてFACILITY番号5を設け、その前の待ち行列をQUEUE番号5とする。

⑥ コア(主記憶装置)はSTORAGEとして番号1をとり、その容量として入・出力データ記憶のエリア容量を与える。

⑦ 入力データの字数は、10字から20字の一樣分布として、FN3で与える。その字数をトランザクションのパラメータ番号11に入れる。また、出力データの字数は20字から30字までの一樣分布として、FN4で与え、この字数はトランザクションのパラメータ番号9に入れる。

⑧ トランザクションがシステムに入力されてから、出力されるまでの応答時間の統計をとるために、各端末ごとのTABLEを定義する。TABLEは100msを下限とし、100ms問題で50区間について度数表を作成する。

指導上の注意：このシミュレーションのモデルをつくるにあたり必要となる新しいGPSSブロックとしては、CPUへの割込み使用に相当するPREEMTとRETURNであろう。また、VARIABLEの定義のしかたとその使い方を説明する必要がある。

〔解〕ブロック・ダイアグラムを図6-13に、また、GPSSプログラムを図6-14に示す。

問題3：このシミュレーション・モデルをランして、トランザクションが10000個TERMINATEブロックに到着するだけ続けよ。(実際の運用で、ほぼ17分の時間

に相当する。)そして次のパフォーマンスを観察せよ。

(i) トランザクション(データ)が発生してからその出力データが端末で得られるまでの応答時間:その平均値,標準偏差,応答時間95%保証限界。応答時間の度数分布のヒストグラムを描け。

(ii) 各端末,CCUチャンネル,CPU,コアなどの機器に関して,稼働率,平均待合せ時間,平均待合せ数,最大待合せ数など。

これらの観察から,このシステムの処理能力に関して,ネック(隘路)となっている部分はどの設備(構成機器)であるかを判断せよ。また,余裕のある設備はどれであるか。

STORAGEとしてモデルに組み入れた主記憶装置には,最大で何字,平均で何字の入出力データが記憶されたか。このことから,入出力データのテンポラリーバッファ・エリアとして何字分確保しておけばよいかを判断せよ。

指導上の注意 問題1におけるシミュレーション結果の観察において,各端末の稼働率が高く,端末QUEUEの待ち件数が他の設備のQUEUEの待ち件数に比べて多いことが観察された場合,そのことから,ただちに,学習者は「このシステムのネックは端末台数が少ないことであり,端末台数を増せば応答時間は改善される」という結論をくだしやすい。しかし,それは表面的な観察であり,もうすこし注意深く観察することを,学習者に促す必要がある。

たしかに,システムの処理能力に比べて,端末台数が少なすぎて,それが隘路となっていて,端末QUEUEが大きく,応答時間が大きい場合もありうる。その反面,端末台数は充分であっても,端末以外の設備,たとえば,CPUの処理能力が隘路となっている場合,その影響は端末QUEUEの増加となって現われる。その場合でも,CPUのQUEUEには端末台数以上の待ち件数は発生しない。(それは,各端末からは,ひとつの入力データに対する応答が得られるまでは,次の入力データは入らないから,システム内には端末台数以上のトランザクションは存在しないからである。)

したがって,端末以外の設備,たとえば,CPUの稼働率が異常に高いような場合は,ネックとは断定できないことを,学習者に理解させること。このようなことは,シミュレーション・ランをやらせる前に講義したりしないで,むしろ,学習者を,このような事例に直面させる方が効果的である。

問題4: このシステムにおける適正な端末機台数を検討するため,端末機台数を5台,7台,9台,11台,13台,15台のケースについて,それぞれシミュレーションを行え。横軸に端末機台数,縦軸に(i) 応答時間平均,(ii) 応答時間95%保証限界,(iii) 端末

QUEUEの待ち件数と待ち時間、(iv)端末およびCPUの稼働率、等をプロットしたグラフを描き、適正台数が何台程度であるかを検討せよ。その場合、入・出データのテンポラリー・バッファ・エリアはどのくらい必要か。

問題5：1のリアルタイム・ファイルアクセス・シミュレーションの問題3においては、システムへの入力負荷量を漸次増大して行つて、パフォーマンスの悪化の様子を観察し、システムの処理能力の限界を明確にした。これと同様の分析を、この端末照会システムについて行え。その際の端末台数は、問題4の分析で適正と判断された台数に固定しておく。ここで、特に重要なパフォーマンス尺度としては、(i) 応答時間の平均および95%保証限界、(ii) 端末QUEUEの待ち時間と待ち件数などである。

指導上の注意2：ここで取扱っている種類のシステムの特徴として、いくつかの確率事象が相互作用し合うシステムであるということがいえる。したがって、システムのパフォーマンスは、それら無数の確率事象の相互作用の結果として、分布のバラツキ（標準偏差）が非常に大きい。そのため、上の問題3、4、5におけるような分析では、応答時間や端末QUEUE待ち時間などの平均値のみに注目し、議論することはきわめて危険であることを理解させること。分布の平均値のみならず、95%保証限界値などを必ず観察する習慣を身につけさせること。このことは、ここで扱っているような顧客へのサービス・システムの分析には、特に、大切である。応答時間の度数分布ヒストグラムは、必ず描かせること。

問題6：上の分析で、このシステムの処理能力の限界と、その原因となっているシステム内の隘路が観察されたら、システム改善のためにどのような代替的設計が考えられるかを検討せよ。そして、問題3、4、5と同様の分析を行え。この場合、特に、次のようなシステム構成の変更も、検討の中に含めること。

- (i) 端末台数の変更
- (ii) CCUチャンネルは、現在のものは半2重チャンネルであるが、これを全2重（full duplexed）チャンネルとする。そのような設備投資をする価値があるかを検討する。（この場合、GPSSプログラムの変更としては、図6-13のブロック・ダイヤグラムで、FACILITY6は入力データ専用のCCUチャンネルとし、出力データ専用のCCUチャンネルとしては、別個のFACILITYを設定すればよい。）
- (iii) CPUにおける処理を簡略化して時間短縮、あるいはCPU処理能力の増大。

3 オンライン・リアルタイム・システムの設計

前節で扱った端末照会システムのモデルでは、入力データがCCUチャンネルを通過したあ

との処理は簡略化して、単にCPU処理に50ms～90msの時間がかかるものとした。しかし、この部分のオペレーションを、より現実的なものとするならば、実際には、1.で扱ったリアルタイム・ファイルアクセスのオペレーションとなり、システム全体としては図6-15に示すものとなる。シミュレーション・モデルとしては、参考資料1および2で記述したモデルをリンクすればよいわけで、それぞれのシステムについてはもうかなり十分に諸特性が理解されているはずである。しかし、それぞれ独立にシミュレーション分析した結果から、この新しい結合されたシステムに何が起るか、またそのパフォーマンスはどうなるかなどをすべて割出すことは難しい。このことは、システムの問題に取り組むにあたって、常に理解されていないなければならない基本的なことであろう。すなわち、システムを構成する各部分を個別に理解しても、それらはシステム全体の特性の知識にはすぐには結びつかない。学習者に、次のことをよく理解させるべきである。

① システムの問題と取り組むときには、全体を部分に分解して行く解析的な方法論には限界がある。

② シミュレーション・モデルをつくることにより、システム全体を全体のままで実験をして、その諸特性をテストすることができる。そのことにより、まだ実在しないがこれから構築しようとしているシステムの性能・特性に関する知識が得られる。あるいは、既存のシステムをどのように変えたら、どんな特性のシステムになるかをあらかじめテストすることができる。

これらの理解を深めるためにも、参考資料1と2における分析で得られた知識から、これら二つのシステムを結合してひとつのシステムとした場合、どんな特性のシステムが得られるかについて、できるだけ、推論させてみるとよい。そして、そのあとで、実際に、シミュレーションでそれらの推論の妥当性を検討させ、当初予想していなかった新しい事態はどんなことであったかを発見させるようにする。

問題1: 2.の端末照会システム(図6-11)、(図6-13)では、CPU処理は、単に、50ms～90msの時間がかかるとされていたが、この部分のオペレーションを1.のリアルタイム・ファイルアクセス・オペレーション(図6-6、図6-8)で置き換えて新しいシステム、図6-15、を構成した場合、次の事項について、どうなるかを推論せよ(実際にシミュレーションを行う前にこれらを考察すること)：

- (i) これら二つのシステムは、処理能力の点で、極端にアンバランスではないか。
- (ii) 新しいシステムのネックとなる部分はどこか。1.のリアルタイム・ファイルアクセスのオペレーションでは、シークアームBがシステムのネックとなっていたが、新しいシステムでは、このネックは多少とも解消するであろうか。また、比較的余裕のある機器はどれ

か。

(iii) 新しいシステムにおいて、端末の台数は何台ぐらいが適正であるか。

(iv) コアにおける入出力データのテンポラリーバッファ・エリアとしては、何字分確保しておくのが適当であるか。

(v) CCUチャンネルは、全2重(full duplexed)にする価値はあるか。

問題2：新しいシステム(図6-15)のGPSSプログラムをつくれ。

[解] 2の端末照会システムのブロック・ダイアグラム図6-13の⑤から⑦に相当する部分を、1のファイル・アクセス・システム(図6-8)のブロック・ダイアグラムで置きかえればよい。ただし、その際図6-8のダイアグラムの最初のGENERATEブロック、最後のTABULATEとTERMINATEのブロックおよび中ほどにあるRELEASE5のブロックは取り除くこと。図6-16参照。

問題3：シミュレーションにより、この新しいシステムの特性を観察せよ。特に、次のものに注目すること：

(i) トランザクション(入力データ)が発生してから、その出力データが端末に得られるまでの応答時間。その度数分布ヒストグラム、平均値、標準偏差、95%保証限界値、

(ii) 各機器(設備)の稼動状態、QUEUEの状態

問題4：シミュレーションにより、問題1の各事項を検討せよ。

問題5：参考資料2の問題4で行ったと同様の方法で適正な端末台数を決定するためのグラフを描け。

問題6：参考資料1の問題3で行ったように、システムへの入力負荷量を漸次増大して、システム・パフォーマンスのレスポンスを観察し、処理能力の限界を明らかにせよ。

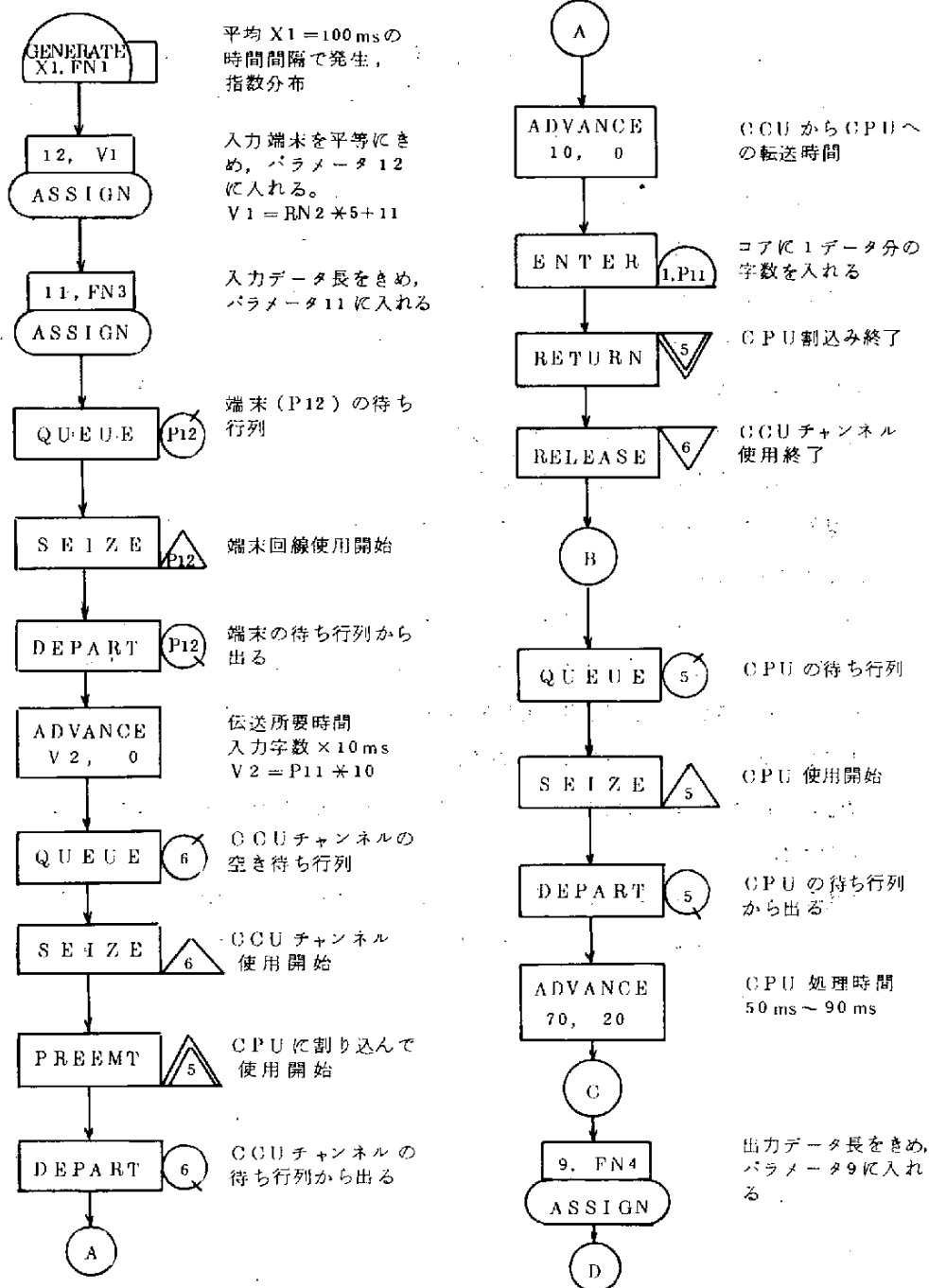


図 6-13 端末照会システム・シミュレーションのブロック・ダイアグラム

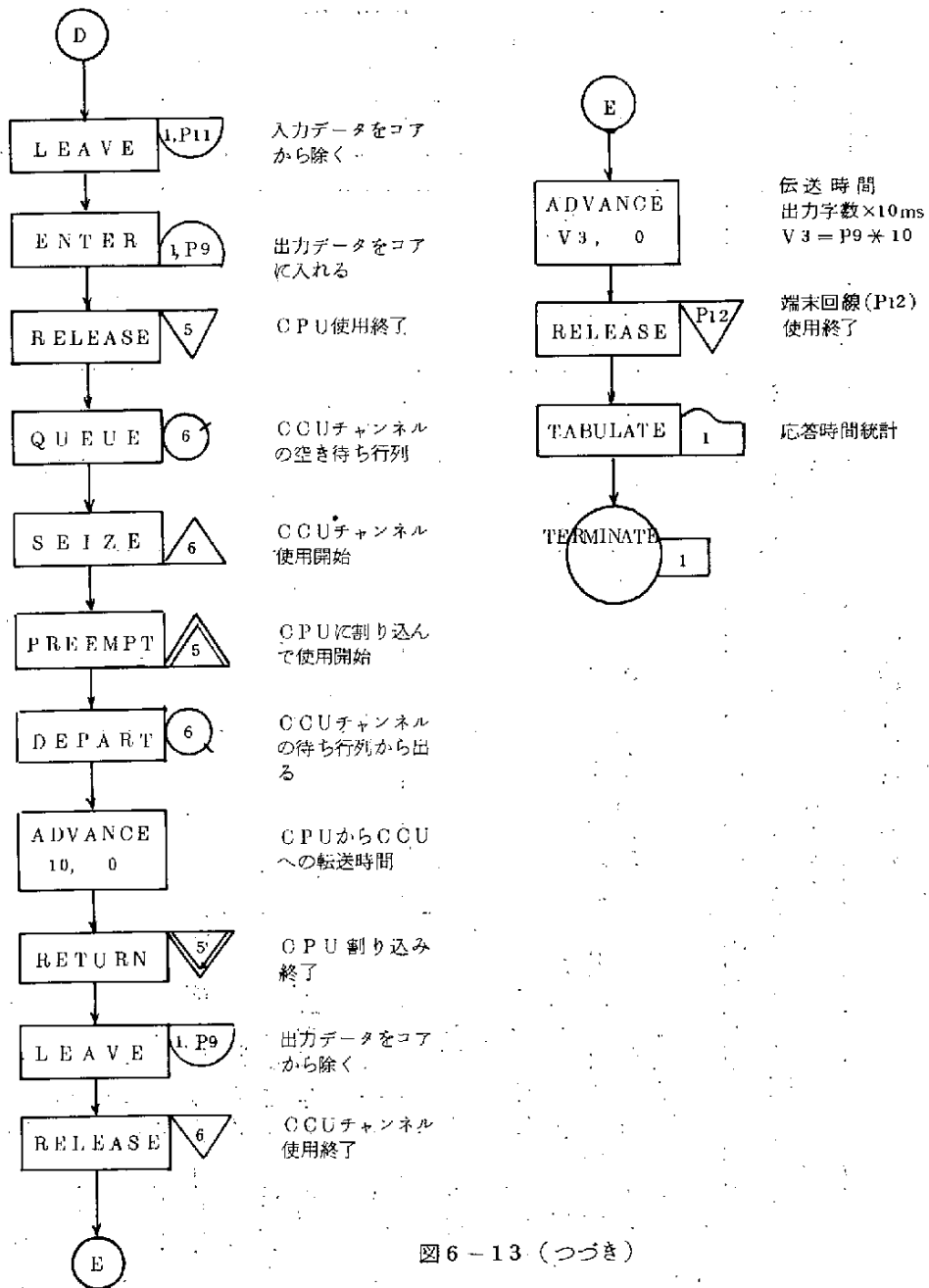


図 6-13 (つづき)

図 6-14 (a) 端末照会システム・シミュレーションの GPSS プログラム

DATA SHEET

TITLE										WRITTEN BY										PAGE										OF																																																		
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1	Location	operation										A, B, C, D, E, F																																																																				
2		SIMULATE																																																																														
3	1	FUNCTION										RM1, C24																																																																				
4	0 0	.1	.104	.2	.222	.3	.355	.4	.509	.5	.69	.6	.915	.7																																																																		
5	1.2	.75	1.38	.8	1.6	.84	1.83	.88	2.12	.9	2.3	.92	2.52	.94																																																																		
6	2.81	.95	2.99	.96	3.2	.97	3.5	.98	3.9	.99	4.6	.995	5.3	.998																																																																		
7	6.2	.999	7.0	.9997	8.0																																																																											
8																																																																																
9	3	FUNCTION										RM1, C2																																																																				
10	0 10	1 20																																																																														
11	4	FUNCTION										RM1, C2																																																																				
12	0 20	1 30																																																																														
13	1	VARIABLE										RM2*5+11																																																																				
14	2	VARIABLE										P11*10																																																																				
15	3	VARIABLE										P9*10																																																																				
16	1	TABLE										RM1, 50, 10, 60																																																																				
17		GENERATE										X1, FN1																																																																				
18		ASSIGN										I2, V1																																																																				
19		QUEUE										P12																																																																				
20		SEIZE										P12																																																																				
		DEPART										P12																																																																				
		ADVANCE										V2, 0																																																																				

☒ 6-14 (b)

DATA SHEET

TITLE		WRITTEN BY	PAGE	OF
No.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80			
1	QUEUE	6		
2	SEIZE	6		
3	PREEMT	5		
4	DEPART	6		
5	ADVANCE	10, 0		
6	ENTER	1, P11		
7	RETURN	5		
8	RELEASE	6		
9				
10	QUEUE	5		
11	SEIZE	5		
12	DEPART	5		
13	ADVANCE	70, 20		
14				
15	ASSIGN	9, FN4		
16	LEAVE	1, P11		
17	ENTER	1, P9		
18	RELEASE	5		
19	QUEUE	6		
20	SEIZE	6		
	PREEMPT	5		
	DEPART	6		
1	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80			

图 6-14 (c)

DATA SHEET

[illegible]

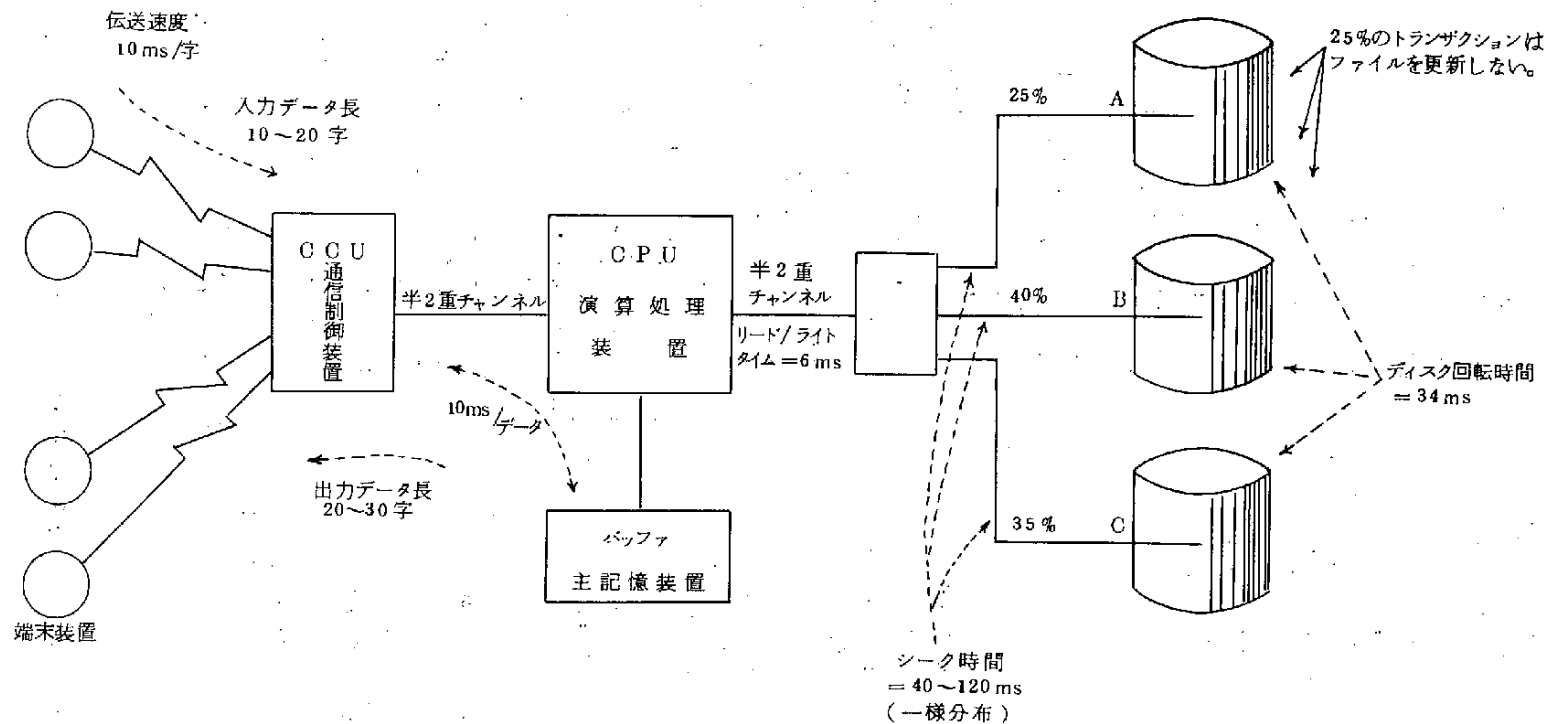


図 6-15. オンライン・リアルタイム・システムの構成

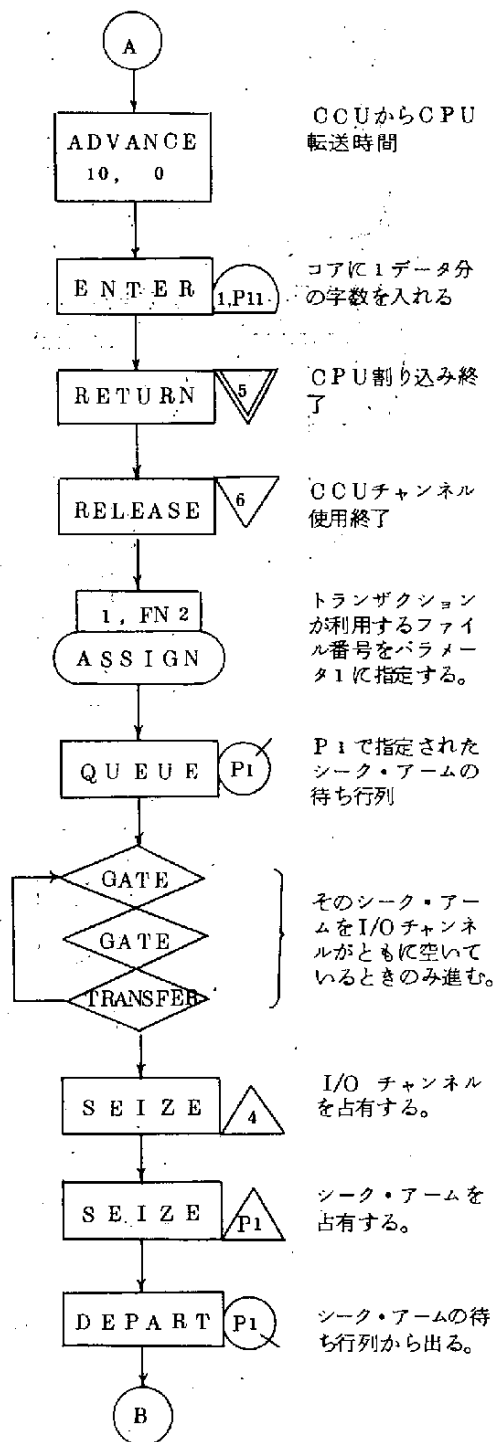
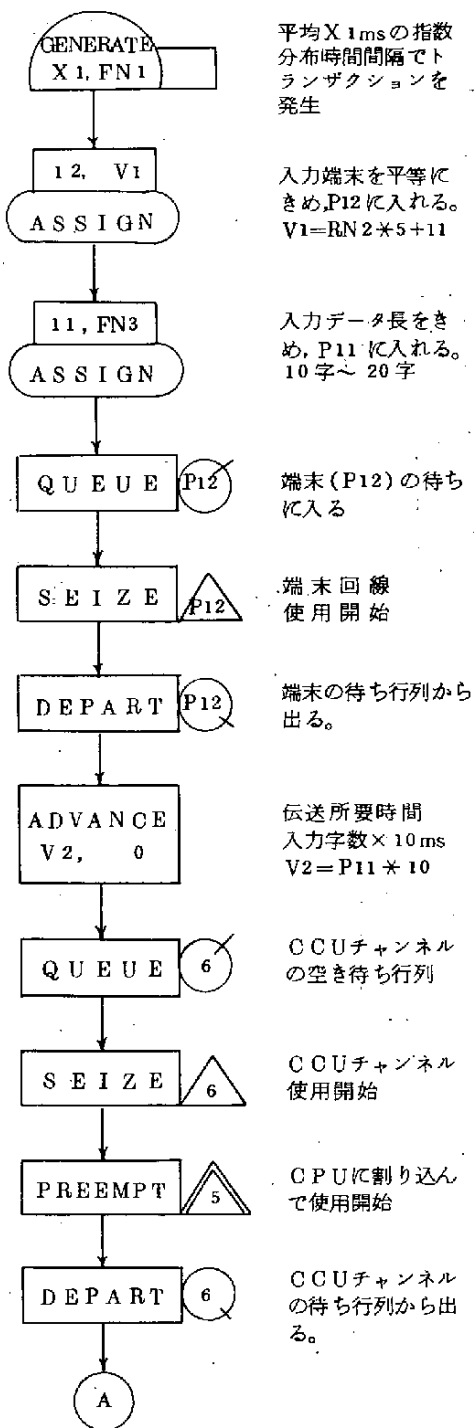


図6-16 オンライン・リアルタイム・システム

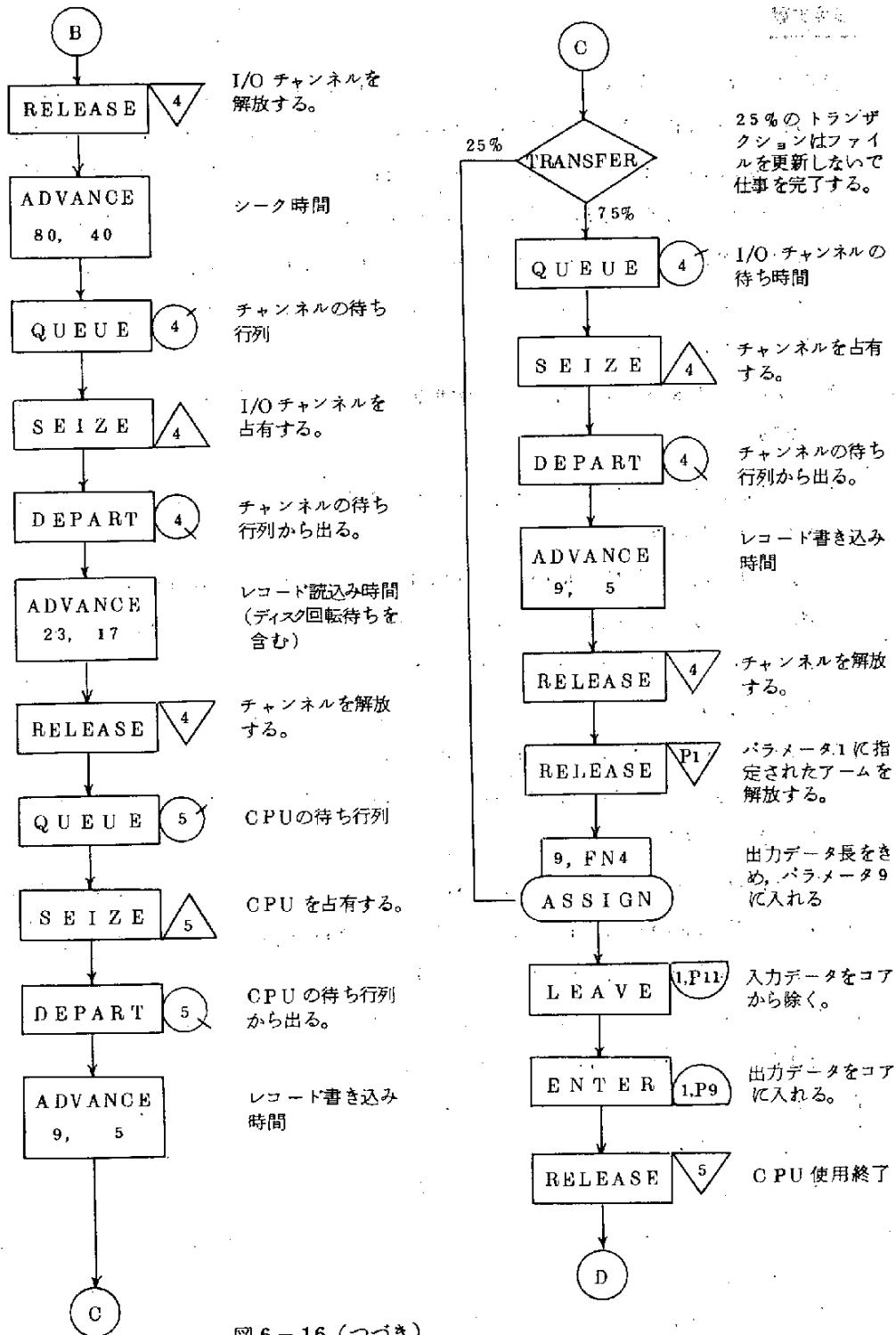


図 6-16 (つづき)

参考文献

- [1] Abate, J., Dubner, H. and Weinberg, S. B., "Queueing - Analysis of the IBM 2314 Disk Storage Facility", Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 15 pp. 577-589.
- [2] Coffman, E. G., Jr., "Analysis of a Drum Input/Output Queue under Scheduled Operation in a Paged Computer System", Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 16, 73-90.
- [3] Emshoff & Sisson 著 (関根智明他訳)「シミュレーション」日本コンピュータ協会, 1974
- [4] 恵羅嘉男, 岩田登志子, 寺西脩著「システムシミュレーション-GPSS入門」日刊工業新聞社, 1975
- [5] Holland, F. C. and Merikallio, R. A., "Simulation of a Multiprocessing System Using GPSS", IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, Vol. SSC-4, No. 4, Nov., 1968
- [6] Huesmann, L. R. and Goldberg, R. P., "Evaluating Computer Systems Through Simulation", Comput. J., Vol. 10, No. 2, 1967
- [7] Humphrey, T. A., "The Role of Simulation in Computing", IEEE Transactions of Systems Science and Cybernetics", Vol. SSC-4, No. 4, Nov. 1968
- [8] 金沢正憲, 北川一, 萩原宏, "計算機システムのシミュレーションについて", 情報処理, 第13巻, pp. 684-691.
- [9] 川合英俊, "シミュレーションによるシステム評価法", 情報処理, 第13巻, pp. 752-758.
- [10] 経営科学研究会編「シミュレーション入門-考え方とその方法」日刊工業新聞社, 1961
- [11] ジェームズ・マーチン著 (北原安定訳)「リアルタイム」日本経営出版会, 1968
- [12] McAulay, S. E., "Jobstream Simulation Using a Channel Multiprogramming Feature", 4th Conf. Appl. Simulation, New York, pp. 190-194, 1970

- [13] マイヤー, ニューエル, ペイザー著(久保田浩資他訳)「シミュレーションの方法」
日本経営出版会, 1972
- [14] 三上徹他, "コンピュータ・システム性能評価シミュレータPACSS", 情報処理, 第12巻,
pp.14-25, 1971
- [15] 日本電気情報処理教育部編「シミュレーション・プログラミング入門」日本能率協会,
1970
- [16] ネイラー, バリンフィ他著(水野幸男他訳)「コンピュータ・シミュレーション」培風
館, 1974
- [17] Seasman, P.H., "On Teleprocessing System Design-Part
VI. The Role of Digital Simulation", IBM Systems Journal,
Vol.5(1966), pp.175-189.

単元 B 2

心 理 学 と 行 動 科 学

1. The first part of the paper is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the economy. The second part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the population. The third part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the capital stock. The fourth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the labor force. The fifth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity. The sixth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity. The seventh part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity. The eighth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity. The ninth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity. The tenth part is devoted to a discussion of the various methods of determining the rate of growth of the total factor productivity.

単 元 B 2
心 理 学 と 行 動 科 学

目 次

第1章	心理学入門	131
1.1	心理学とは	131
1.2	知覚, 学習, 記憶, 思考	135
1.3	動機づけ — 欲求・感情	140
1.4	パーソナリティ — 人格, 知能	143
第2章	情報システムと人間	151
2.1	人間の情報処理特性	151
2.2	人間の作業特性	154
2.3	知能, 学習, 記憶	156
2.4	コミュニケーション	158
2.5	心理測定	159
第3章	対人及びグループの行動原理	172
3.1	社会的行動	172
3.2	対人関係	173
3.3	態 度	176
3.4	集団とその問題	178
3.5	組織の管理	180
第4章	組織デザインと人間行動	187
4.1	組織の有効性	188
4.2	組織モデルとシステム・アプローチ	190
4.3	組織成長の過程	195
4.4	組織のデザイン	198
4.5	公的組織のインパクト, 組織行動に影響を及ぼす構造的要因	199
4.6	非公的組織及び組織風土のインパクト: 組織行動に影響を及ぼす社会的要因	201
4.7	組織におけるコンフリクト	203

第5章	組織変革のプロセス	218
5.1	組織体におけるイノベーション	218
5.2	イノベーション導入の人的側面	220
5.3	イノベーションの導入定着過程	224
5.4	計画的変革	226
第6章	情報処理における人的諸問題	247
6.1	人的諸問題への理解	247
6.2	問題の解決について — 課題訓練	249

第1章 心理学入門

キーワード

心理学 (psychology), 心理学の歴史, 体制化 (organization), 条件づけ (conditioning), 精神分析〔学〕 (psychoanalysis), パーソナリティ (personality), 行動の法則 (law of behavior), 知覚 (perception), パターン認識 (pattern recognition), 学習 (learning), 記憶 (memory), 思考 (thinking), 動機づけ (motivation), 欲求 (need), 感情 (feeling), 情動 (emotion), 知能 (intelligence), 知覚の文脈 (perceptual context), 超感覚的知覚 (extrasensory perception), 自己分析 (self analysis), 社会心理学 (social psychology), 心理学と情報処理

目 標

情報処理システムの開発・維持に関連して、いろいろな心理的問題がある。第2章以降でそのための具体的な心理学の応用が解説されるが、心理学についてなじみの無い研修者に対して、心理学の考え方や基本事項を説明し、後の理解を助ける。

また本単元で触れられない心理的問題も多々あり、さらに社会生活の中で新たに発生する問題もある。これに対応するためには、心理学およびその応用について、深い知識を身につけることが有益であることを理解させ、自己啓発の動機づけをする。

したがって、心理学入門として一応のまとまりをつける形で説明するので、第2章以降で具体的に取りあげるものと一部重複した事項もこの章で紹介される。

内 容

1.1 心理学とは

ここでは、心理学とその応用について基礎となる考え方を、主に心理学の歴史を通して理解させる。

(1) 心理的問題

身近な例をいくつか用いて、表に現われた行動・現象が、心理的な要因によって影響されることを示す。

また、何故そのような心理的な要因が生まれたのかについて討議し、さらにそれを改善する

にはどうすればよいか検討してみる。

これによって次の2点を示唆する。

(a) 心理的問題には、人間一般に共通的に当てはまる要因によるものと、個人の生活の歴史等によって形成された要因によるものがあり、さらにそれがそのときの環境に支配されること。

(b) 心理的問題が、実務上（あるいは実生活上）の非能率、不都合あるいはトラブルとなることがあるが、それは心理的要因を改めるか、適切な道具立てや環境を整えることによって、解消または緩和することも可能であること。

(2) 心理学の歴史

心理学の歴史を概観することは、現在の心理学がどんな背景や考え方にもとづいているかを理解させるのに役立つ。また研修者が自己流に考えてきた心理的アプローチと、自然に対比させていくことになり、心理学への興味と親近感を持たせることができる。

(a) 科学としての心理学の成立

宗教、哲学、文学からの独立とヴント心理学

(b) ゲシュタルト心理学

特に、前近代心理学が要素主義的・連合主義的視点に立っていたことによる欠陥があったのに対して、全体的特性による部分規定の考え方、すなわち群化（Grouping）、形態法則（ゲシュタルトの法則 Gestalt law）、プレグナンツの法則などで示される構造化（体制化、organization）傾向を説明する。

これは、システムズ・アプローチやプログラミング工学における最近の論議に共通するものがあることを指摘し、さらに心理学的なアプローチをこの論議に積極的に取り入れることの有効性を示唆しておく。（第2章参照）

上記以外の主な紹介事項例：

- ・仮現運動（apparent movement）
- ・知覚の恒常性（perceptual constancy）
- ・群化の要因
- ・図形残効（figural after effect）
- ・レヴィン（K. Lewin）の行動の場の理論

(c) 行動主義心理学

比較心理学、動物心理学における代表的な実験を紹介し、条件反射（conditioned reflex）条件づけ（conditioning）、習慣形成、習慣統合の考え方と、その人間への適用を説明する。

これが心理学の行動の科学としての基盤を確立し、行動工学そして現在の人間工学となり、一部は技術の分野にまで発展していることを指摘しておく。(第2章参照)

他の紹介事項例：

- ・動物の知能——試行錯誤学習のいろいろ
- ・習慣統合とパーソナリティ
- ・言語習慣と思考
- ・目的的行动主義
- ・ヘル(C.L. Hull)の理論と数学的表示
- ・条件性強化とティーチング・マシン
- ・強化と言語行動

(d) 精神分析学

フロイトの性に対する考え方が、現在の心理学でそのまま受け入れられているわけではないが、精神分析学(psychoanalysis)の祖としてフロイト(Sigmund Freud 1856-1936)の心理学を紹介する必要がある。

またこれはパーソナリティについての最初の正式な理論を提供していること、精神分析はフロイトの著書「夢の解釈」(1900年)によって世に出たが、この理論は多くの心理学者に影響を与えていること、など。

他の紹介事項例：

- ・自由連想法と無意識過程
- ・無意識下の葛藤
- ・パーソナリティ構造——イド(id), 自我(ego), 超自我(superego)
- ・リビドー(libido)
- ・転位, 同一化(同化), 不安, 防衛機制
- ・抑圧, 退行, 反動形成, 投射, 昇華
- ・パーソナリティ発達の五つの精神・性的段階
- ・アドラー(Alfred Adler)の劣等コンプレックス
- ・ホーナイ(Karen Horney)の自己分析(self-analysis)

(3) 現代の心理学

現代の心理学のもととなった三つの学派を紹介した。現代の心理学は、これらをもとにして総合的に発展していると言うことができ、明確な学派が存在しているわけではない。一方、全ての現象について、解釈や理論に決定的なものが確立するに至っているわけではない。アプローチの仕方によってその結論には違いがあり、多くの点で「心理学者は一致しない」とことにな

っている。したがって、素人向けのする週刊誌的な用語や解説によって、一面的に心理的問題を解釈したり取り扱ったりしないよう注意しておかなければならない。

しかし、既に科学的方法で実証されていたり、そうでなくても実用的な意味で大きな有効性が示されている理論や方法が蓄積されつつあり、これが多くの分野で活かされていることを強調しておく。

ここでは、各論に入るためのまえがきとして、次のことを簡単に説明しておく。

(a) 行動の科学としての心理学〔2〕

① 心理学の対象

- ・精神活動——内部的心的現象（だれでも直接経験できる心的活動）
- ・身体的活動——外部的心的現象（外部から直接観察できる心的現象）
- ・これらを含むものとしての行動（behavior, ふるまい）

② 人間と環境との相互作用としての行動，すなわち行動の法則（行動の予測理論）を追求する。

③ 全体的活動としての行動，すなわち外界との接触と個体間の連絡をしている神経系の機能に基づく全体的活動を取り扱う。

④ 客観的データによる事実の分析と体系化により理論の構成を行う。そのための手段・技術・理論の開発も行われている。

⑤ 心理学の目的

行動の法則の発見，すなわち人間の行動のしくみの合理的理解を目的としている。これにより，行動の予測が可能になれば，行動を予測し必要に応じて，自分や他人の行動をコントロールすることもできる。

現在は未だ極めて不十分であるが，心理学の基礎的・体系的知識と心理学的な考え方・ものの見方を身につけることによって（さらにこれに自分の広い意味での体験を加えて），人間に対する理解が深まり，いろいろな側面から，自分や他人の行動を理解することができるようになる。たとえば，特定個人の断片的な言動を見て，その人の全体を一面的に理解したと考えることの危険性を，明確に悟ることができる。

(b) 日常生活の中での利用

有効性が証明されていて，身近かに利用できる心理学の所産を示し，心理学の勉強することについての，一つの動機づけをしておく。（〔3〕Vol. 1, pp. 6-8.など参照）

(c) 心理学の応用

広い応用分野があることを示し，将来の問題解釈のためのヒントとしておく。

（〔1〕pp. 196～199など）

① 教育心理学

幼児心理学、青年心理学などの世代心理学も含まれる。

② 産業心理学

社会心理学の応用と言える。経営心理学、経済心理学、消費者心理学などもある。

③ 臨床心理学

心理療法などでも積極的役割を果たしている。

④ 犯罪・非行についての心理学

⑤ 新しく発達しつつあるもの

・環境心理学

・老人心理学

・身体障害者の心理学

・交通心理学

・システム心理学〔9〕やプログラム心理学〔10〕の発達も期待したい。

⑥ 心理的測定技術および機器の発達とその問題

たとえばソノ見機 (polygraph) と人権とのかかわりや、知能検査の利用における問題などへの関心の必要性について触れておく。

1.2 知覚・学習・記憶・思考

本節以降では、心理学で用いられる主要用語とその概念を解説する。心理学の基礎知識を体系的に理解させることが目的であるから、なるべく断片的用語解説ではなく、生活場면을例示して説明する（通常、心理学入門の教科書はそのように配慮されている）。

(1) 知 覚

知覚 (perception) は感覚 (sense) からの情報に基づいた解釈である。感覚器管は外界の全てをコピーするかのように人間 (の脳) に伝えてくれるわけではない、という点が重要である。

環境によって、同じ対象からの知覚が違ったり全く知覚されなかったりする。さらに、何かを期待しているなどの心的状態によって、無いものを知覚したり、ひどく間違っ知覚したりもする。そして、知覚による経験が行動を導く。

(a) 感覚から知覚へ

感覚から知覚経験を得るまでの経路は、模型的に図1-1のように示せる。

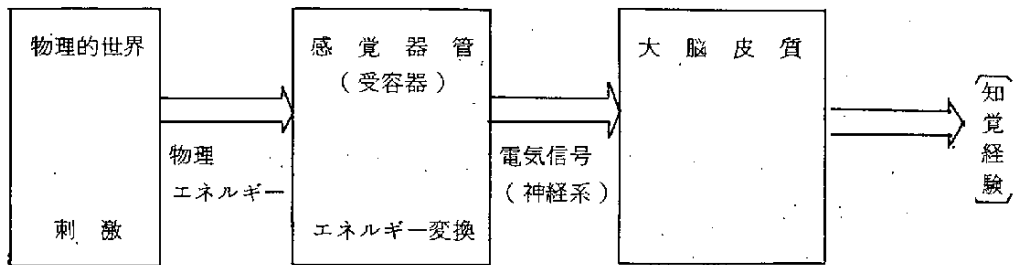


図1-1 感覚を通しての知覚の成立〔1〕p.13)

この過程がいろいろな形で、知覚経験に影響することを説明する。

① 刺激と感覚

- ・感覚器官の選択性と諸感覚
- 器官のそれぞれに対しての適刺激，不適刺激
- ・絶対閾，弁別閾
- ・ウェーバーの法則，フェヒナーの法則，スティーヴンスの法則

② 選択的注意と信号検出理論

- ・感覚閉鎖 (sensory gating)
- ・注意の焦点と注意の範囲
- ・信号とノイズ
- ・感度の個人差
- ・反応規準

(b) 知覚の体制化

外界の刺激を受容する仕方には大きな制約があることが示された。意味のある知覚をするために、限られた受容能力を生かした知覚の体制化 (perceptual organization) が行われている。

これは既にゲシュタルト心理学でも明らかにされていたことが多い。

① 知覚的推論

過去の経験により、たとえば、家の屋根越しに木が見えれば、家の向う側の地面から木が生えていると推論する。

しかし、知覚過程についての最近のコンピュータ・モデルの研究では、過去の経験にもとづかない知覚的推論がありうることを示している〔3〕Vol.4, p.10)。

- ・知覚の多義性
 - ・図 (figure) と地 (ground) の分化
 - ・知覚の構え (readiness)——知覚するものへの期待
- たとえば、「幽霊の正体見たり枯尾花」と言う結果になることである。

② 知覚の群化 (1.1(2)の(b))

③ パターン認識 (pattern recognition)

コンピュータを利用した情報処理論的アプローチがとられている。我々の立場からすれば、心理学的アプローチによるコンピュータによるパターン認識技術の開発と言う方が適切かもしれない。

・特徴分析 (feature analysis)

・総合による分析 (analysis by synthesis)

(c) 知覚の文脈

情報処理でもよく知られているとおり、ある語またはパターンを正しく解釈するためには、文脈の把握を必要とする場合がある。知覚の文脈 (perceptual context) も存在する。

① 空間の知覚

・立体音響

・遠近感

② 知覚の恒常性 (1.1(2)の(b)) と錯視 (optical illusion)

③ 知覚の基準——心理的ゼロ点

④ 運動の知覚と仮現運動 (1.1(2)の(b))

(d) 知覚の発達

知覚は、生得的な側面と経験的 (環境的) な側面とがある。これらを示すいくつかの実証的資料を簡単に説明する。

(e) 超感覚的知覚

テレパシー、予知、透視などの超感覚的知覚 (extrasensory perception, ESP) および念力については、その存在の肯定も否定も科学的に行われていないと言っ
よい。

(2) 学習と記憶

人間は生まれてから、いろいろな経験 (主に知覚経験として) にもとづいて成長してきている。生まれながらにしてまともな生活をすることはできない。

また経験を適切な形で蓄積されることによって、多様な環境に適応した行動ができるようになる。

これらの過程が学習 (learning) と記憶 (memory) である。なお第2章との関連に注意すること。

(a) 学習と遂行行動 (performance)

学習とは「経験の結果、個々の行動の適応的变化として表われる比較的永続的な過程」である。

同じ経験をして、同じ行動をとるとは限らない（同じ行動をとらない）。同一人であっても、同じような環境や状況の下で著しく違った行動をすることがある。このことは、日常的によく経験される。

しかしこれは学習が不完全であると考えより、学習以外の要因が変化をひき起こしているのであって、注意深く観察することでその要因を見つけ出すことができると考える方が適切（建設的）である。

(b) 学習による行動の変容

学習のしかたにより、その効率は著しく異なる。日常生活における対人関係の成立においても、条件づけの要素が強くかかわりあっている。

ここで明らかにされている事柄は、行動主義心理学から多くを得ている。

① 変容の表われ方

- ・学習曲線
- ・練習の転移 (transfer)
正の転移、負の転位
- ・慣れ (habituation, 馴化)

② レスポンデント条件づけ (respondent conditioning, 受動的条件づけ)

- ・条件反射 (conditional reflex, CR) とその形成
- ・無条件反射 (unconditional reflex, UCR) と無条件刺激
- ・消去 (extinction)

③ オペラント条件づけ (operant conditioning, 能動的条件づけ)

- ・オペラント行動
- ・強化と罰
報酬と嫌悪刺激
- ・シェイピング (shaping)
- ・条件強化子
- ・行動の連鎖
- ・罰とその副作用

(c) 記憶

変容が起きるのは、以前の経験の効果が蓄積されているからである。したがって、学習と記憶は表裏の関係にあると言える。

また、コンピュータの記憶方法やその検索との関係が、一部の心理学者に注目されている。

① 感覚貯蔵、短期記憶と長期記憶

コンピュータの記憶装置のハイアラキーとファイリング方法への類似性がある。

② 記憶の三つの過程

- ・ 記銘(memorization)
- ・ 保持(retention)
- ・ 再生(reproduction)と再認(recognition)

③ 記憶の方法

- ・ 記憶の体制化
- ・ 記憶術とは

④ 忘却(forgetting)

- ・ 意図的忘却
- ・ 記憶痕跡の減衰
- ・ 干渉

⑤ 生活の記憶(想い出)と知識の記憶

(3) 思考と問題解決

過去に遭遇したことのない新しい事態に対処しなければならないとき、学習された経験の直接的な組合せだけではうまくいかないだろう。

知能レベルの低い動物は迂回路を探がすとき、試行錯誤をしてその方向を見出す。その高い動物は、試行錯誤をせずにある時間の静止の後、一挙に迂回する。この過程を洞察(insight)と呼んでいる。

心的現象ばかりでなく、実務上でもこの考え方は我々の問題解決のやり方に反省を求めるものである(ためしにやってみるということの積み重ねばかりで、飛躍できないでいるようでは、低級な動物と同じだ)。

(a) 問題解決と思考

記憶として蓄えられた材料(学習された行動)を、問題解決のために頭の中で(意識の中で)選択・配合・組合せる過程を思考(thinking)と呼べる。これにより行動の再体制化が起る。

思考については、いろいろなアプローチがあり、学習を拡張したものとの解釈もできる。

以下では、身近かなところでよく行われる意識の活動として常識的に扱うことにする。

(b) 思考による問題解決の過程のいくつかの見方

① 仮説検証理論

② ヒューリスティック (heuristic, 発見法) アプローチ

コンピュータによる人工知能の研究に端を発している。

③ 総合による分析

パターン分析と同様のアプローチ。

④ 解釈の発展段階

これらの見方は、実務上の問題解決をする場合に、作業方針として採用することによって役立つことがあることを指摘しておく。

(c) 問題解決と転移

ある問題を解決したことが、他の問題の解決を求められたときに大きな力になることは、日常よく体験していることである。これは、大きな問題でも、小さな問題でも起きる。

練習の転移と同じで、問題解決の方法についても転移が起きるのである。要員の育成・指導のとき工夫すべき点である。

① 問題解決の方法をモジュール化することによる転移の容易化

② 類似の問題解決の学習の繰りかえしによる学習方法の学習

③ 問題解決の方法の習慣化による固定

これは変化により不適切になる場合がある。

④ モジュールの分解と再結合による新しいモジュールの構成——見直し

(d) 創造的思考

① 生成的思考と再生的思考

② 独創性に必要な柔軟性

たとえば、垂直思考に対する水平思考

③ 創造が行われる過程

観察と思考を常に行っていなければ、創造はできない。創造をするまでには、多く材料と時間がかかる。

(e) その他の用語

日常的によく用いられる次の用語について説明できるとよい。

・連想

・判断

・推理

1.3 動機づけ——欲求・感情

人間の行動は、何かの原因によって生じていると仮定されている。人間の行動を引き出しこれ

をコントロールする働きを動機づけ (motivation) と言う。

動機づけの基になるのが、欲求や感情であるとされているが、人間の行動には直接それでは説明できないものが多い。

行動のメカニズムは充分採りきれていないが、実務上有効な知見が得られているので、それらに関心を持たせる。

(1) 動機づけと行動

動機づけは、表から観察できるものではなく、目標指向行動として表われたものから推論されるものである。

また、人間的行動は、その人間の全人格特性の表われとして把握すべきもので、行動の動機を簡単な理由で説明することはできない。

ここでは、その全体的性格を理解させ、動機づけのおおよその概念を与える。

(a) 動因 (drive)

- ・ホメオスタティス (homeostasis) の保持
- ・非ホメオスタティックな動因

(b) 情動 (emotion)

(c) 期待値説

- ・目標達成の見込み (確率)
- ・目標達成の誘因価

これらは個人によって著しく差があると見なせる。本質的に主観的なものであるし、その人の持っている目標達成手段 (能力) にも依存しているからである。

(2) 欲 求

欲求 (need) についての見方を簡単に紹介する。

(a) マスロー (A.H. Maslow) の欲求の階層

- ・基層的欲求
- ・中層の欲求
- ・最高層の欲求 (メタニーズ)

(b) フロム (E. Fromm) の五つの欲求

(c) 社会的な状況や心の状態によって、欲求の表われ方、すなわち行動も歪められること。

たとえば、肥満児の生ずる理由を、この観点から研究されている。

(3) 感 情

感情 (feeling) およびそれに関連した用語と意味を一般的に説明する。

(a) 感情の位置づけ

欲求を満足させるための過程で、その状態についての自己評価の表われと見ることができる。正しい自己評価ができれば、それだけ感情の動揺は少いと言える。

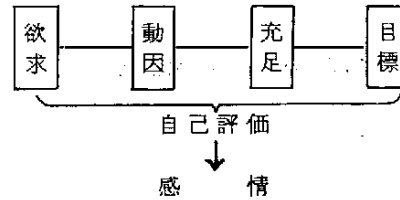


図1-2 欲求と感情

(b) 感情の基本的方向（例示）

- ・快 — 不快
- ・弛緩 — 緊張
- ・鎮静 — 興奮
- ・活発 — 退屈

(c) 感情の種類

欲求の種類に対応づけられる。また日常の活動と結びつけられ、その種類によって分けることもできる。

たとえば、名誉感情、敵対感情、恥ずかしさなどがある。

(d) 感情の表われ方にも個人差があること

- ・安定性
- ・周期性
- ・変化の速さ

(e) ・抑制の強さ

(e) 日常における感情生活の重要性

- ・感情の安定化
- ・美に対する感受性

(f) 感情と情動

感情を自己評価による内部からの表われとすれば、情動(emotion)は外界の変化によって動かされた受け身の感情の表われと言うことができる。典型的な情動としては次のものがあげられる。

- ・喜び
- ・恐れ
- ・不安

・悲しみ

・怒り

(g) その他の用語

・情緒 (affect)

・気分 (mood)

・情念 (激情, passion)

・情操 (sentiment)

・優越感と劣等感

・自信

1.4 パーソナリティ——人格・知能

一人の人間を全体として云々するとき、その人は、①他のすべての人と同様であり、②他のいくらかの人と同様であり、③他のだれとも同様でない、とすることができる(〔2〕p.114)。

人のまとまりとしての特徴をパーソナリティ(personality)と呼んでいる。日常語としては、個性、性格、人格などが使用されているが、評価から離れるためにパーソナリティという言葉をもそのまま使うことが多い。

(1) パーソナリティを扱うときの基本的態度

パーソナリティは「その人らしい独自の行動の仕方を決定する精神・身体的な特有の体系」と定義される(〔2〕p.119)。もしその「らしさ」が社会とその人との関係から判断して、

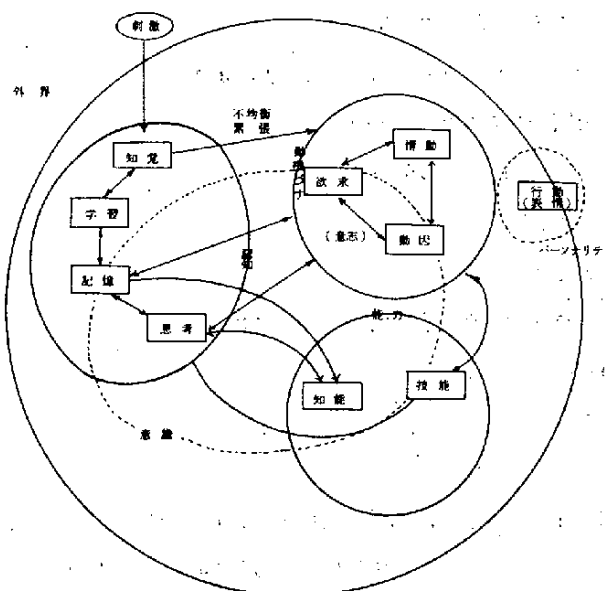


図1-3 パーソナリティの全体性

その人にとって不適合であるとした場合はどうしたらよいのであろうか。心理学ではその価値判断はしない。その判断は、あくまでもその人自身が行うべきものである。

価値判断の結果、その人にとって望ましい特性を得たいと考えたとき、その実現に心理学はいろいろな方法を提案してくれる。すなわち、パーソナリティは積極的に変えていくべきものであり、それが可能であると信ずることが、その人にとって重要である。

今まで説明してきた事項と、この節で説明することを、まとめて模型的に図示したものが図1-3である。正確なものではないが、パーソナリティの全体性を示すための一つの方法として例示した。

(2) パーソナリティ

パーソナリティは、外界、特に他人に対する行動の仕方のレパートリと解釈すると分りやすい。レパートリが広ければ、それだけ対応はスムーズにできる。すなわち、その人にとって最も望ましいと信ずる行動の仕方を、臨機応変に融通をきかせて選択できる。これによって、安定した心が維持できる。

レパートリの拡張は学習によって行える。直接的な体験からばかりでなく、文学などからの間接的体験からも学習できる。

パーソナリティの理論はいろいろある。そのうち、次のものを主に解説しておく。

(a) フロイトのパーソナリティ理論 (1.1(2)の(d))

(b) パーソナリティの類型学

・シュブランガー (E. Spranger) の類型

・ユング (C.G. Jung) の類型

・クレッチマー (E. Kretschmer) の類型

(c) 共通特性と因子分析的アプローチ

(d) 個性的記述 ([2] pp. 129-131)

・文学からの吸収

・記述の方法

(e) パーソナリティの力動 ([1] pp. 131-135)

・不安の意味

・認知の力動

(3) 知 能

知能 (intelligence) は、知覚と記憶で蓄えられた知識と、その知識を思考の力で動かす総合的な能力である。この能力の中には、直接行動の仕方に結びつく技能も含まれている。

(第2章とも関連することに注意)。

① 知能の因子

② 知能テスト

③ 適性検査

(4) パーソナリティの診断

自分を含めてパーソナリティを正しく知ることは大変有益である。特に自分のパーソナリティを知って、これを改善する努力に結びつけることは、多様化した社会での活動をより良くするものと信じられる。

次の事項を簡単に触れる。

(a) パーソナリティの測定 ([3] Vol.1, p.138)

・ストロングの職業興味検査

・ミネタ多面人格テスト

・ロールシャッハテスト

・面接

・状況行動検査

(b) 自己分析による自己診断

自己分析は科学的に可能であり、決して危険でないと言われている。しかし、自分の嫌なことを直視するだけの勇気と意志が必要であることを指摘しておかなければならない。

([7] 参照)

(5) その他の関連事項

次の事項については、パーソナリティや人格に関連して、しばしば重要になることを指摘し、必要に応じて研究するよう示唆しておく。

① 人間の発達と発達心理学

② 異常の心理学

③ 心理療法

④ 社会心理学

この具体的な内容および応用は、第3章～第5章で説明される。ここでは社会心理学 (social psychology) の対象と意義だけを紹介する。

指導上の留意点

心理学が扱う事項をなるべく全般的に紹介するために、挙げた項目は予定研修時間からみてかなり多すぎている。

実際に研修生に解説する場合には、指導者が扱いやすい部分を選んで行ってよい。ただし、心

心理学が扱う事項が多岐にわたっていて、実務上多くの問題を解決するのに役立つことを必ず印象づけるよう工夫しなければならない。

そのための材料として、この章の内容そのものおよび参考に例示した問題を利用することができる。

その他の具体的留意事項は次のとおり。

- (1) 心理学に対して多くの人達は、ある種の既成概念ないしは怖れを持っている。前者としては、週刊誌の用語になってしまった多くの心理学用語による。後者は、催眠術や精神分析などに対する不安からきているものと思われる。このような誤った意識をなるべく改められるよう工夫しなければならない。
- (2) 上述のような理由もあって、心理学の研修そのものに関心を持たない人達もいるかもしれない。そのような人達を研修に引きつけるための話題を工夫する必要がある。ただし内容はキワモノにならないよう気をつけなければならない。
- (3) 心理学は物理学や数学のように、体系や理論が確立していない。したがって、参考書によって内容は違っていたり、一つの参考書の中でもいろいろな解釈や理論が併記されていることが多い。これらをいちいち解説できないので、できればひとつにしぼり、他の考え方もあるのだということを念押しして参考書を見るようにしむけることになる。う。
- (4) 説明できなかった事項は、そのようなことがあることだけを明示し、自己研修（啓発）を動機づけることによって補わせるようにする。

参 考

1. 情報処理と心理学の応用課題

人間が存在する限り、どんな場面にも心理的問題がある。特に身分が管理者や経営者に近づくにしたがって、そのような問題を積極的に解決していかなければならない。しかしこれらについては、ことさらここに掲げる必要はないと思われるので、以下では情報処理分野特有とされる問題を、かいつまんでリストアップした。

これらの扱い方の基本原則となる事項が、本章および次章以降で述べられている。また主要な問題のいくつかについては、第6章で実務的観点からやや詳細に扱う。

(1) 情報処理部門内の問題の例

(a) 労務管理に関連して（主に第2章、第3章）

- ① 多様な機能を果たすため、いろいろな資質・特性の人々が共に仕事をしていることによる、グループと個別の管理の複雑性
- ② 技術スタッフの人事考課（特に仕事の達成の水準および達成能力の評価）の困難性

- ③ 能力の著しい格差（プログラマなどでよく生ずる）と年功序列的処遇とのがねあい
- ④ オペレータなどの職場環境と労働条件

(b) 組織に関連して（主に第4章）

- ① 権限の集中化と設備・要員の分散傾向
- ② 機能別組織とプロジェクト型組織の共存
- ③ 要員構成のアンバランス／手持ちの要員と環境に適した組織と要員配置

(c) プロジェクト管理に関連して（主に第2章、第3章、第4章）

要員を集めただけでは、単なる烏合の衆である。

- ① プロジェクトチームの編成／組織間の協力関係の結び方
- ② 適性の把握と適材適所の役割期待
- ③ 動機づけ、達成度管理
- ④ 組織破壊分子の除去、組織防衛

(2) システム開発・維持における問題の例

(a) 技術に関連して（主に第1章、第2章）

- ① 入出力および機械操作における人間工学的工夫
- ② 要員の学習・訓練方法の向上
- ③ 手順・手続の合理化／マニュアルの質向上
- ④ プログラミング技術の向上（ストラクチャード・プログラミングは、知覚や認知に関する心理学上の知見を積極的に取り入れ、より洗練させることができるだろう）
- ⑤ 情報システム設計技術の向上（人間の情報処理機能とのアナロジーの利用）
- ⑥ 分析のための調査技術の向上

(b) 組織へのインパクトとその変革に関連して（主に第5章）

新しいシステムの実施化に伴い、関連部署に変革が生ずる。

- ① 個人の職務内容の変化
- ② 組織への職務配分の変化と要員の必然的移動
- ③ 情報の流れの変化と意思決定権限の変化
- ④ 組織構造とその任務の変化

(3) 要員の採用・育成・配置における問題の例

(a) 採用に関連して（主に第2章、第3章）

- ① 適性の把握／能力の把握
- ② パーソナリティの把握
- ③ 組織・風土との適合性の確認

(b) 育成に関連して（主に第2章）

- ① 適性と育成方針
- ② 適性と育成過程・方法

(c) ローテーションと昇格に関連して（主に第1章、第3章）

- ① パーソナリティの改善
- ② 能力の改善
- ③ 管理者能力の育成

2. コンピュータ・システムと心理学とのかかわり

(1) コンピュータ・システムのパーソナリティ

システムにもパーソナリティがある。特に会話型処理システムのような、一般の人達との密接な触れ合いがあるシステムでは、その感が著しい。

- ① システムのパーソナリティは、まずシステム設計者のパーソナリティに影響される。
- ② 微妙な所ではプログラマのパーソナリティが反映する。
- ③ 完成されたシステムでは、最後に運用者のパーソナリティが顔を出す。
- ④ このシステムの利用者との接触で、このパーソナリティも変容していく。

たとえば、ディスプレイ画面に出る、文字などによる見出しや説明の表示のしかたには、その担当者の親切さや几張面さが反映され勝ちである。

全てを完全に合理的に作りあげたならば、そのシステムは、人間にたとえるならば、さしづめ人格者と言われるようなシステムになるのだろうか。

(a) システム評価とパーソナリティ

このような観点からすると、システムの評価のひとつの側面に、システムのパーソナリティをとりあげることができ、それは心理学的な方法で扱うことができる。

E.D. Berkeleyは、会話型システムにおける人間との類似点を挙げ、システムのパーソナリティを把握するための項目例を提供している。（“The Personality of The Interactive Programmed Computer”, COMPUTERS and PEOPLE, February, 1977）

(b) 関連部署や関係者のパーソナリティに合ったシステム設計

システムへの要件やニーズを明確にするときに、パーソナリティの適合性を考えに入れることができる。すなわち、システムを、それらの組織や人達の仕事を一緒に行う存在として見るならば、そこには人間関係に類似した相互作用が出る。システムが異端児でないためにも、その関係のあり方を分析することは役に立つ。

注意：システムやコンピュータを人間と同じような人格として認めることを主張しているのではない。単に類似する点があることを指摘し、それを積極的に利用することを提案している。

(2) コンピュータの技術開発と心理学の研究

コンピュータ・モデルやコンピュータのしくみと働きが、心理学の研究に役立ちつつある。またコンピュータのハードウェア・ソフトウェア両面において、心理学の知見やアプローチが、その発展に貢献しつつある。

たとえば次のようなことがある。(〔3〕Vol.3,4,〔11〕)。

① パターン認識

コンピュータによるパターン認識の研究と実験が、知覚や認知の研究に影響を与えている。当然その逆も大きい。

② 思考

一般問題解決プログラム(General Problem Solver, GPS)は、人間の思考方法の研究にヒントを与えている。

③ 知覚と記憶

EPAM(Elementary Perceiver and Memorizer)と名づけられたプログラムは、人間の連想記憶と言語の学習理論を取り入れて作られた(〔11〕p.181)。

これによって学習についてのシミュレーションが行われる。コンピュータ技術の向上にもつながっている。

④ 情報処理機能

コンピュータの情報処理機能全体が、人間のそれに類似している。そのため、コンピュータ技術の発展と心理学の研究成果が相互に影響し合っている。たとえば、記憶構造と検索のしかたについてなどである。

参考文献

〔1〕 宇津木・他「心理学のあゆみ」有斐閣新書、1977

1977末に発行された新しい本で、心理学の歴史を理解するのによい。

〔2〕 野口・他「心理学入門」有斐閣新書、1978

1978年に発行された最新の入門書。〔3〕および〔4〕で補強しながら利用するとよい。

〔3〕 南博監訳「図説現代の心理学(全6巻)」講談社、1976

Random House. 1975年発行の書Psychology Todayの翻訳。事例および図・写真が豊富で面白い。

- [4] 南博「初歩心理学」光文社(カッパブックス), 1976
- [12]とともに, 興味ある話題のタネとして利用する。理論づけは他の本で行うべきである。
- [5] W. アーノルト(詫摩訳)「性格学入門」東京大学出版会, 1976
- [6] 小此木・他「フロイト精神分析入門」有斐閣新書, 1977
- [7] K. ホーナイ(霜田・国分訳)「自己分析」誠信書房, 1961
- [8] 水原編「社会心理学」(講産心理学13) 東京大学出版会, 1976
- [9] K.B. DeGreene(ed), Systems Psychology, McGraw-Hill, 1970
- [10] G.M. Weinberg, The Psychology of Computer Programming, Van Nostrand, 1971
- [11] ジェームズ R. スレイグル(南雲・野崎訳)「人工知能」産業図書, 1972
- [12] 平井富雄「精神衛生管理」中央公論社, 1972
- [13] M. アプター(村井忠一監訳)「人間の行動とコンピュータ」日本能率協会, 1972
- [14] 東京大学理学部情報科学研究施設編「思考過程と情報科学」産業図書, 1972
- [15] E.A. ファイゲンバウム他(阿部・横山監訳)「コンピュータと思考」好学社, 1969

第2章 情報システムと人間

キーワード

人間-機械系 (man-machine system), マン-マシン・インターフェイス (man-machine interface), 人間工学 (human engineering), ヒューマン・ファクター (human factors) 感覚特性 (characteristics of perception), 情報表示 (information display), 操作特性 (characteristics of control action), データ入力 (data entry), 知能 (intelligence), 学習 (learning), 記憶 (memory), コミュニケーション (communication), 心理測定 (psychological measurement), 情報 (information), 人間とコンピュータの相互作用 (man-computer interaction), 会話型処理 (interactive processing, interactive computing)

目 標

情報処理システム開発の段階で、ヒューマン・ファクターズ (人的要因) を考慮することの重要性を認識させると共に、ヒューマン・ファクターズを考慮した、より良いシステム設計のための基礎、方法論を与える。

すなわち、情報処理システム中に適切に人間を組み込むための基礎として、情報表示やデータ入力に関する人間の基本的特性、教育訓練のため知能、学習に関する知識を理解させる。これにはコンピュータ応用システム中にオペレータとして加わる人間の作業特性、限界、信頼性についての知見や、プログラミング作業におけるプログラミング言語の心理的問題をも含む。

更にリアルタイムの利用が増大する今後において、コンピュータと人間との間で円滑、正確、迅速に情報を伝達する為の会話型処理における使用者心理等の諸要因について解説する。

内 容

2.1 人間の情報処理特性

この章の基本概念として、人間-機械系 (マン-マシン・システム) の考え方を紹介し、視覚を中心に人間の感覚器官 (情報受信チャネル) の情報受信の特性を解説すると共に、その特性に考慮を払った情報表示の設計について述べる。更に現在では未知の部分が多いが、人間の受信した情報を処理する特徴、能力について現在明らかにされている範囲で情報システムの設計に関連して理解させる。

(1) 人間-機械系 (マン-マシン・システム) の考え方

(a) 古典的な人間工学のテキストに見られる人間-機械系 (man-machine system), 表示 (display), 制御 (control), 環境 (environment), インターフェイス (interface) の諸概念について説明する。

b) システム工学の設計思想の中で, 人間を装置と同じくシステムの構成要素の一つ (human-factors ; 人的要素) と考え, 他の構成要素との関係, 相互作用を考慮しながらシステム全体を最適に設計すると言う「システム工学の中の human-factors」の考え方は, その後のシステム工学の普及と共に発展して現在に至っていることを説明する〔1〕,〔2〕,〔3〕,〔4〕。

(2) 人間のシステム構成要素としての特徴, 機械との機能配分 (functional allocation), インターフェイス

(a) 他の機械的構成要素と異なり, 人間が持っている諸特性, 能力, 問題点を機械との比較の見地から次の諸点について論じる〔5〕,〔6〕。

- ① 情報 (信号) 検出能力 (information detection)
- ② 情報処理能力 (information processing capability)
- ③ 記憶能力
- ④ 操作能力
- ⑤ 信頼性
- ⑥ 環境条件の影響
- ⑦ 人間の持つ特徴
 - 学習能力
 - 発見的問題解決能力 (heuristic ability)
 - 能力の個体間, 個体内変動
 - 動機づけ
 - 労務管理的問題

(b) 機能配分

システム工学の設計手法により, システムの 使命分析 (mission analysis), 機能分析 (function analysis)を行った結果システムで必要とする機能が決定するがどの各機能を人間と機械に夫々の特性を生かせる様な機能配分が必要な事を説明する〔3〕。

(c) インターフェイス (interface)

夫々に機能を割り当てられた人間と機械は情報表示, 操作等の形で相互作用 (interaction)を持つが, これがお互いに長所を発揮し, 短所を補完し合う様に相互作用し合う様に組み合わせる: インターフェイスをとる ことが重要であることを説明する〔50〕。

(3) 視覚の特性と視覚表示設計

(a) 視覚についての基本的性質を情報(信号)受信の見地から解説する〔8〕,〔9〕,〔13〕。

① 視覚の原理(visual perception)

② 信号検出能力:視力,弁別能力

③ 色覚

④ 視覚の諸現象:視空間の異方性等

視覚の原理,視覚の諸現象は以下の情報表示の設計で必要とするものに限定する。

(b) 視覚表示のコーディング(coding)

情報表示は表示情報を何らかの視覚的シンボルを用いて符号化(coding)して表示すると,利用されるコード(code),コードの選択について解説する〔8〕,〔9〕,〔10〕。

① コーディングの方法

色彩,数/文字,形状,大きさ,点の数,線の方向,線の長さ,明るさ,フリッカー頻度

② コーディング方法の選択

コードの持つ情報量,コードの適合性,注目性,連想性,必要空間

(c) 計器(mechanical indicator)

量的情報を表示する代表的手段である計器は情報システムでは次第に利用されなくなるだろうが,1つの完成された表示手段として人間工学的設計の一例として解説する。又このうちの直読式は今後の情報システムでも数字表示として利用されるので数字表示設計問題として解説する〔8〕,〔9〕,〔10〕,〔11〕。

① 計器設計の推奨事項

② 数字表示装置(digit display)〔8〕

液晶,発光ダイオード等の表示装置について,表示形式,輝度等の特性を情報表示の観点から論じる。

(d) CRT表示装置(CRT display)

将来表示装置として多用されるCRT表示装置についての人間工学的考察を行う〔14〕,〔15〕。

視認条件,分解能,表示様式(display format),図形表示(graphic display),など。

(e) 文書,印刷物(printed material)

マニュアル(manual),スライド,装置のラベル(labeling)等の文字,図による情報表示,情報伝達を行う場合の推奨事項について説明する〔9〕,〔16〕,〔17〕,〔18〕,〔19〕,〔20〕,〔21〕。

(f) 感覚と工学

感覚特性を研究し設計に応用する感覚工学の成果の中から情報表示に関連するテーマを取り上げて解説する。

(4) その他の感覚と情報表示

(a) 聴覚特性と音響表示 (auditory display), 会話表示 (speech communication)

聴覚の基本的性質とマスキング (masking) 等の諸効果を解説し, 適切な音響による通報や会話伝達のための方法を説明する〔8〕。

(b) 時間感覚 (temporal perception)

時間の経過感覚の性質を述べ, 会話型処理の際の適切な応答時間 (response time) の設定を説明する〔13〕,〔53〕,〔54〕。

(5) 人間のデータ処理特性

わづかだが現在得られているいくつかの情報処理機構の性質について解説し, 情報システムへの応用を説明する。〔56〕

① 一時記憶 (short-term memory)…… recording

② 感覚の伝達情報量 (絶対判断)

③ 待合せモデル (queuing model) による監視作業 (vigilance task) 特性

2.2 人間の作業特性

本節ではオペレータ (operator) としての人間が機械装置を操作する際の諸特性を述べて, より良いマン・マシン・インターフェイスを形成するための基礎を与える〔8〕,〔9〕。

(1) 作業環境とその影響

(a) 物理環境 (physical environment) / 心理環境 (psychological environment)

物理環境として:

照明, 色彩, 騒音, 振動, 加速度, 温熱条件, 気動, 有害ガスを取り上げ,

① 許容範囲, 最適条件

② 測定法

③ 作業への影響

④ 改善方法

について述べる。

特に騒音については心理的影響までを考慮した評価測定法が確立しているので重点的に解説する。

心理環境についてはホーソン実験 (Hawthorne Experiment) の例を述べるに留める。

(b) 作業設計

疲労、飽和感を生まぬ様な作業時間、作業負荷の設定、休憩時間の挿入、疲労の判定、評価法について説明する〔10〕。

(c) 人間の動作特性

操作要素として人間の持つ性質は次の側面から検討されてきている。

① 反応時間 (reaction time)

操作の迅速性と関連を持つので、

- ・ 反応時間に影響する要因
- ・ 監視作業時の時間遅れ

について解説する〔8〕。

② 追従動作特性 (tracking)

調節、設定等の制御作業時のヒューマン・ファクターズを考慮するに用いられていて

- ・ フィードバック系としての追従作業の把握
- ・ その場合の人間のダイナミックス (伝達函数)
- ・ 追従作業成績を向上させるための補償方法

について解説する。

③ 信頼性 (作業完遂度) (reliability of human operator)

事故データや実験によって種々の操作について信頼度のデータが集積されているのでその利用方法について説明する〔2〕。

(d) 人体計測データ (human body dimension)

適切な装置の設計には使用する人間と寸法的に適合している事も必要であり、人間の身体各部の寸法、可動範囲、筋肉出力等のデータが要求されるので、人体計測データとして幾つかの母集団に対して得られている。ここではその利用上の注意を解説する〔12〕、〔8〕。

又そのデータを利用して作業場所のレイアウトを行う場合の諸原則、推奨事項をの解説を行う。

(e) 操作具 (controller) の設計

レバー、スイッチ等の操作具の適切な利用について以下の点から諸注意、推奨事項を説明する〔8〕、〔9〕。

- ① 最適操作具選択のステップ
- ② C/D比 (control/display ratio)
- ③ 動作と方向の関係
- ④ 制御操作具の抵抗
- ⑤ 誤操作の防止

⑥ 操作具のコーディング

⑦ 操作速度

(f) データ入力作業

コンピュータに対し何らかの情報を指示するデータ入力作業の重要さは今後増大する。

データ入力作業の速さと正確さは、源データ(source document)の特性、データ入力装置(data entry device)の設計、操作員の特性によって決定されるので各要因について夫々次の様な点から解説する〔8〕。

① 源データの特性

- 源データの視認性(legibility)
- " の書式(format)
- " の順序と入力する項目の順序
- メッセージの長さ
- 源データの冗長度(redundancy)
- chunking と一時記憶

② データ入力装置

- 英数字鍵盤(alphanumeric keyboard)
- 数字鍵盤(numeric keyboard)
- chunk 打鍵
- 図形入力装置
- 手書き入力装置
- マークセンスカード
- 音声入力装置

③ 操作員の特性

- 仕事量
- エラー
- 教育訓練
- コード化

2.3 知能、学習、記憶

本節では人間の情報処理機構に対して、知能、学習、記憶の三つの側面を解説しその知見を情報システムの中で問題解決者としての機能を人間に求める場合や、効果的な教育訓練を立案する際の参考に資そうとするものである。

(1) 知能観、知能の測定

知能についての見方、定義を紹介し、更に知能因子観について知能を構成すると見なされる知能因子を解説する〔26〕。

更に知能を測定する手段としての知能テストについて説明し、その結果の利用法、知能指数について説明する。

又知能の開発の問題に関連し知能の発達を規定する要因や環境と知能の関係について説明する。

- ① スピアマンの知能2因子説
- ② サーストンの知能多因子説
- ③ ギルフォードの知性構造モデル
- ④ 知能テスト (intelligence test)
- ⑤ 知能と学力

(2) 学習

生得行動と対比して学習行動を説明し学習の概念を理解させる。

学習行動の説明に利用される条件反応、強化について解説し、更に

- ① 刺激サンプリング・モデル
- ② 演算子モデル
- ③ 制御系モデル

等の学習現象のモデルを紹介する〔26〕。

学習過程に見られる現象、学習曲線、高原現象について説明する。

又効果的な学習を行う為に学習過程に影響を及ぼす。

- ① 練習の法則
- ② 練習の集中と分散
- ③ 負の練習
- ④ 結果のフィード・バック
- ⑤ 全習法・分習法
- ⑥ 転位 (transfer)
- ⑦ 抑制
- ⑧ ルレグとエグルール
- ⑨ 賞罰

の諸効果について解説する。

更に学習の解説と関連して

⑩ 教授学、教育学の基本原理

⑪ プログラム学習 (programmed Instruction), ティーチング・マシン

⑫ CAI, CMI

等の教育心理学的内容をも人員の教育訓練への応用を念頭に置いて簡略に解説する。

(3) 記憶

人間の記憶の持つ性質について基本的事項を解説する〔27〕。

この際、機械的記憶の特性と対比させた説明をふくめる。

① 記銘、保持、想起

② 再生、再認

③ 忘却、忘却曲線

④ 連想

⑤ 短期記憶、長期記憶

⑥ 短期記憶の容量と chunk

特に短期記憶は人間とコンピュータの間のインタラクションの際に情報を円滑、有効に伝達し合う場合に重要な働きをするので recode (再符号化) の概念と共に、端末における会話設計の例等を用いて解説する。

2.4 コミュニケーション

本節では情報伝達の心理学とし、人間の情報伝達に関する諸相と諸概念について要点を解説する。現状では未だ人間とコンピュータの情報伝達、会話の設計に直接貢献する様な題材は得られないので、伝達問題を考える際の一般的素地を与える事を目的とする。

(1) 記号、意味

記号 (sign), 象徴 (symbol) 及び意味の概念、更にそれらの間の関係の枠組みとして記号過程を説明する。更に必要に応じて記号と個体の行動とのモデル：記号行動の理論を紹介する。

又バグロフの第二信号系による説明を行ってもよい〔28〕,〔30〕。

(2) コミュニケーションの効果

説得的コミュニケーション (persuasive communication) における説得効果についての諸要因とその影響について解説する。

① 情報源の信憑性

② 一面提示、両面提示

③ 提示の順序

④ 明示的内容、黙示的内容

⑤ 恐怖によるアピール

⑥ 受け手の特性

(3) コミュニケーション過程 (communication process) のモデル

① C.E. シャノンによる情報理論におけるモデル

② C.E. オズグッドの媒介過程仮説を導入したモデル

③ J.E. ヒュレットの象徴的相互作用理論によるモデル

を紹介する〔28〕,〔29〕。

(4) 情報の測度

c)における情報理論の中の情報量の概念を情報の数量的測度として述べる。

この際に情報量の基本的性質とその適用限界を明確にする事が重要である〔29〕。

(5) 言語

言語の理論, モデル, 諸課題について極めて紹介的な解説を行う。

① 構文論 (syntax)

② 意味論 (semantics)

③ 実践論 (pragmatics)

④ 生成文法

⑤ 変形文法

⑥ 格文法

以上は, 自然言語処理における問題点, 技法との関連と言う観点からのみ論ずる。

又生成文法はプログラミング言語のコンパイル技法の基礎として, 簡単な数式翻訳を例にとり解説する〔30〕,〔31〕。

2.5 心理測定

人間の感覚の強さ, 知能等の精神的能力動機, 士気の高さ, 好悪の感情等の心理量の測定, 調査, 評価について, 極めて概観的な解説と紹介を行う。現在確立している手法について, その適用範囲と問題点を述べる程度にとどめる。

(1) 実験法

被験体が人間であって, 個体差が大きく, 応答が確定せず, 実験手続きそのものに影響を受けやすい心理実験について

- ・ 実験結果を変動させる諸要因

- ・ その効果を排除するための実験統制技法, 実験計画技術

について紹介する。この実験手続きに関する注意と対策は, アンケート調査等の社会調査に関

してもあてはまる。

実験計画技術と関連して、心理実験のデータ処理に利用される統計手法についても、どの様な場合にどんな手法が用いられるかを紹介しておく。

(2) 測定法

- 尺度構成法
- 因子分析
- 多次元解析
- 数量化理論

について、どの様な手法であるかを概説し、夫々心理量の測定に用いた適用例を述べる程度とする。

(3) 心理テスト

知能テスト、性格テスト、適性テストについて、現在得られるテストを紹介しその利用上の注意を述べる。適性テストに関しては、プログラマーの適性テスト(PAT; programmers aptitude test)についてやや詳しく紹介する〔36〕。

指導上の留意点

(1) 人間工学的推奨事項は多岐、詳細にわたる上に、ある意味では当然の事実を羅列する事になり指導が平板になる恐れが充分にある。出来る限り具体例を用い現実性を持たせると共に、推奨事項は印刷して教材として与え、後日、チェックリストに利用する等の参照の用に叶う様にする。

(2) 人間とコンピュータの会話型処理が、適切に設計されていれば、コンピュータ技術に通じていない管理者によっても情報システムの利用が可能である。

会話設計については管理、経営技術には通じているがコンピュータ技術については学習する時間の余裕もない管理者層の行うコンピュータとの対話を如何に設計するかを念頭において学習させる。これは今後拡大する一般公衆利用時における問題でもある。

(3) システム分析、システム設計についての理解は現在でも、各人で多少の差異があるので、情報システムの分析については始めにその立場をある程度統一しておく必要がある。

(4) 2.3節から2.5節までは理解させようとする程度に従って所要時間は大きく変わる。ここでは第一章での教示内容との関連を見ながらできるだけ簡略に、紹介的な解説をするべきである。

(5) 各節及び事例研究への時間配分案

本章に当てられた12時間では全節と全事例研究をすべて同等に扱うのは無理で受講者の分野その他に応じた配分を考えるべきである。

第一案 理工系出身の設計技術者対象

2.1 人間の情報処理特性	2 hr
2.2 人間の作業特性	2 hr
2.3 知能, 学習, 記憶	1 hr
2.4 コミュニケーション	1 hr
2.5 心理測定	2 hr
事例研究	4 hr

参考の特に2, 3, 4, 7のケース

第二案 ソフトウェア技術者, 文科系出身のシステム設計者対象

2.1	1 hr
2.2	1 hr
2.3	2 hr
2.4	2 hr
2.5	2 hr
事例研究	3 hr

参考の特に1, 5, 6のケース

参 考

1. 会話型処理の設計

主としてCRT表示装置を利用して行い会話型処理方式を設計する際に取りべき手順, 設計過程について解説する。更に身近な会話型処理形態を取っている例を取り挙げ, この設計手順をあてはめて, 仮想的に再設計させる。ここで言う設計手順は

- ① 対話の目的を決定する。
- ② 使用者の種類を決定する。
- ③ 操作を使用者自身/特殊要員に行なわせるか
- ④ 情報の流れの形態とオペレータ構成を決定する。
- ⑤ 端末を操作する人間の能力を見積る。
- ⑥ 必要な取り扱い情報量を推定し, それに必要な端末装置を決める。
- ⑦ 会話の方式を決める。
- ⑧ 必要なシステムの応答時間を検討する。
- ⑨ 端末装置に関する要求事項を決定
- ⑩ 会話形式や応答時間からの要求と計算機処理能力との関連を検討

- ⑪ 通信回線能力との関連を検討
- ⑫ 会話構造を設計する。
- ⑬ エラーや障害時の管理手順を決める。
- ⑭ 秘密保護に関する手順を決める。
- ⑮ 会話のシミュレーションを行って仕様の予備評価をする。
- ⑯ プログラマーへの標準を決める。
- ⑰ プログラムのテスト手順を決める。
- ⑱ プログラミング工程
- ⑲ 最終検討

特に②～⑦、のステップに対し使用する人間の能力、心理的要因を考慮しながら検討させる。

2. 端末の応答時間

使用者が入力を行ってからそれに応じた処理が行なわれ何らかの出力応答があるまでの所要時間（応答時間）は会話型処理の1つの性能指数であり、円滑な人間—コンピュータのインタラクションに重要な要因である事を認識させる。

可能なら、実際の端末を導入して会話型処理を例示し、人為的に応答時間を変えてその使用者心理への効果を体験させてもよい。

更に適切な応答時間を規定する心理的要因として

- i) 人間の持つ応答についての期待の性質
- ii) 完結感 (closure)

について解説する。

又、使用者が行う作業の内容によっても必要な応答時間は異なるので作業内容とそれに適した応答時間について解説する。

検討課題としては以下の各具体的操作時に上記知識、原則をあてはめてどの程度の応答時間が適切であるかを討論させる。

- ① システム開始時（イニシャライズ）の応答
- ② エラーメッセージ
- ③ ある1つのまとまった問い合わせに対する応答
- ④ ある一連の質問の中の1つの質問に対する応答
- ⑤ さがし読み (browsing)
- ⑥ ライトペンによる図形操作に対する応答

又、当座の応答 (interim response) の役割と効果についても紹介しておく。

3. 人間-コンピュータ対話, その方式, キャラクタ表示装置を用いた対話技法

マン-マシン・コミュニケーションとして人間とコンピュータの対話 (man-computer dialogue) の概念を紹介する。

その対話に利用される方式を挙げ, その特徴, 使用上の注意を説明する。

- ① プログラミング言語によるもの
- ② 自然言語 (natural language) によるもの
- ③ 制限つき自然言語
- ④ 質問-回答形式
- ⑤ 略号, コードを用いるもの
- ⑥ コンピュータが主導権を持つ対話
- ⑦ 空欄記入方式
- ⑧ メニュー・セレクション方式 (menu-selection)
- ⑨ 入力にライトペンを利用する方式
- ⑩ 固定パネル方式
- ⑪ 可変パネル方式
- ⑫ 画像を用いた対話
- ⑬ 光学画像を用いた対話
- ⑭ 音声応答
- ⑮ 第三者を介しての対話

キャラクタ表示装置を用いる対話で現在利用されている代表的技法を紹介する。

- ① 擬似自然言語 (構文制限自然言語)
- ② 簡略記号 (mnemonics) アクションコードの利用
- ③ 計算機からの問合せ方式
- ④ メニュー・セレクション
- ⑤ 電話番号簿方式
- ⑥ 見本フォーマット方式
- ⑦ 重ね書き方式 (overwriting method)
- ⑧ 空欄記入方式 (fill-the-blank method)

これら技法の紹介は口頭での説明ではまず効果がなく, 実例を示したり, 適切な視覚教育手段を利用する。

4. 端末装置の機能

円滑な会話を行うために、キャラクター表示装置 (character display) が持つべき特性、機能について解説し、現存する身近な端末装置をその見地から検討させる。

i) 装置の表示、操作特性

- ① 画面の広さ、明るさ、位置、色
- ② 表示文字数、種類、字体、文字のサイズ
- ③ 明るさ調節等のオペレーターの個人差に対応する方法
- ④ 図形表示の場合の分解能
- ⑤ ちらつき、ゆれ等の表示の雑音
- ⑥ 鍵盤の配列 (keyboard layout)
- ⑦ 鍵盤のキータッチ
- ⑧ 鍵盤の位置、大きさ

ii) 装置の持つ制御機能

- ① カーソル操作 (cursor operation)
- ② 編集機能 (editing function) 文字、行の修正、抹消挿入
- ③ 複写機能
- ④ ページ送り、スクロール
- ⑤ help 機能
- ⑥ 割り込み通知機能
- ⑦ 書式制御機能 (format control)

ある作業を、上記特性、機能の整備されている装置と、貧弱な装置との両方で行わせ、その操作員負担、作業成績を比較検討させて、会話処理に装置機能が与える効果を理解させる。

5. プログラミング言語

プログラミング言語も人間とコンピュータとの間のインターフェイスとして考えることができること、プログラムを書く人間の心理特性を考慮して言語仕様が決められねばならぬことを解説した後、これに関して現在までに得られている研究結果の文献紹介を行う。

- ① プログラム言語の制御構造とプログラミングエラー、プログラミング速度との関連
- ② プログラミング・エラーの特性
- ③ 構造化プログラミング手法導入によるプログラム・プロファイルの変化
- ④ プログラマーのデバッグ作業過程とその特徴
- ⑤ オンライン/オフライン・プログラミングの作業成績比較
- ⑥ プログラムの品質、プログラマーの理解度の評価

⑦ FORTRAN言語の問題点

6. 公衆利用情報処理システムのアセスメント

情報システムで注目されはじめているヒューマナイズ(humanize) ……人間らしさを与える、人間向きに変える。……の概念を紹介し、情報システム、特に公衆の利用する情報システムをヒューマナイズするための手引き(guide-line)を与える。

検討事項としては公衆利用の情報システムの具体例(銀行のキャッシュディスペンサー、TSS計算サービス等)を事例として取り上げ、上記手引きに照らして、システムのヒューマナイズの程度を評価させる。

7. コンピュータ操作の人間工学

コンピュータシステムの操作員としてコンピュータとインタラクトする人間の作業に関し、人間工学的な検討を行う。

たとえば

- ① 諸装置の寸法、操作具の形状、操作性
- ② コンピュータ室の物理環境
- ③ リンクアナリシス、OSD等の人間-機械系の分析手法の適用

参考文献

本節では、本章で利用される参考文献を挙げ、それに簡潔な説明と利用の手引きを添える。

- [1] Kenyon B. DeGreene(eds.), Systems Psychology, McGraw-Hill, 1970

題名の如くシステム工学、システム設計における心理学の応用について解説を行っている。題材もアプローチも現在得られる内では最も新しく、本章全般に関して適切である。18編の寄稿から成っているがその夫々は(例えば Man-Computer Interrelationships, Maintainability: Psychological Factors in Design 等)本章の主題の講義に教材、副読本として利用できる。

- [2] 林・大川・井口編 「人間・機械システムの設計」: 人間と技術者, 1971

[1]に類似した性格の書であるがより従来の人間工学的色彩が強い。人間・機械システムの評価法、信頼性、分析法についての章には数多くの手法が紹介されており、講義の例題として用いるのに役立つ。又人間・機械システム設計の原理の章は2.1.(1)及び2.1.(2)の解説として適当である。

- [3] 渡辺・中井訳 「システム設計とヒューマンファクターズ」 丸善, 1971

(原著 David Meister, Gerald F. Rabidean, Human Factors Evaluation in System Development, John Wiley and Sons, 1965)

[2] の人間・機械システム設計の原理の章に該当する内容に一冊をあてていると言える。システム開発技法に通じた者が対象であれば本書のアプローチは効果が得られよう。解説は仮想の「ヘルメス計画」なる字面開発計画を具体例とし行われているので例題として採用しやすい。

[4] 村井・小牧訳 「企業の行動科学2, 人間と機械」 ダイヤモンド社, 1968

(原著 Alphonse Chapanis, Man-Machine Engineering, Wadsworth Publishing Company, 1965)

平易な人間工学への案内書として副読本に最適である。教材としては各所に見られる人間工学的設計の具体例を解説に利用できる。

[5] 杉山貞夫, “人間・機械比較論”, 人間工学(日本人間工学会), Vol. 5, No. 1 (1969. Feb) pp. 10-18

人間と機械の機能比較は散見されるが論文としてはこれしか見当たらない。但し情報処理能力に関しては計算機技術の今日の進歩を考慮して参照すべきである。

[6] Bertram Raphael, The Thinking Computer: Mind Inside Matter, W. H. Freeman and Company, 1977

[5] で指摘した計算機の情報処理能力の進歩を適切に解説しており, 5) の補足とし参考にすべきである。

[7] W. T. Singleton, “Ergonomics in System Design”, ERGONOMICS, Vol. 10, No. 5, (1967) pp. 541-548

エルゴノミックス(人間工学, Human Factors のヨーロッパ系での呼び方)の問題をシステム設計時にどう取り入れるかを解説している。インターフェイスの概念が紹介されている。

[8] 近藤他訳 「人間工学データブック」 コロナ社, 1972

(原著, C. T. Morgan, J. S. Cook III, A. Chapanis, M. W. Lund, Human Engineering Guide to Equipment Design, McGraw Hill, 1963)

[9] 青木・野本訳 「装置設計者のための人間工学」, コロナ社, 1956

(原著, W. E. Woodson, Human Engineering Guide for Equipment Designers, Univ. of California Press, 1954)

[10] E. J. McCormick, Human Factors Engineering, McGraw-Hill, 1967

3冊とも人間工学テキストの標準とされているもので内容は第二章全体と関連を持っているが2.1.(3)及び2.1.(4)の教材として利用する。ハンドブック的要素は[10],[8],[9]の順に強くなり解説的要素はその逆順である。[8]は1972年に改訂版がU. S. Government Printing

Officeから出されており「数字表示」や「データ入力」の章が追加されている。

特に「データ入力」に関する章は現在得られる最も包括的な人間のデータ入力特性についてのサーベイレポートになっていて2.2.(1)(f)項の最も良い参考文献である。

[11] 小木沢 「人間工学の指針：技術者のためのマニュアル」 人間と技術者, 1968

(原著, F. Kellerman, P. Van Wely, P. Willemus, Vademecum, Ergonomics in Industry, Philips Technical Library, 1963)

2.1.(3)及び2.2.(1), (d), (e)に関して設計上の手引きとして編集されている。

[12] 生体計測委員会編 「生体計測図表」 医歯薬出版社, 1967

1.2.(1), (d)で利用する人体計測データで日本人についての資料である。データ利用上の諸注意についての解説は[8]に詳しい。

[13] 和田・大山・今井編 「感覚, 知覚心理学ハンドブック」 誠信書房, 1969

2.1.(3)及び2.1.(4)に関し人間の感覚特性について最もまとまった書である。特に2.1.(4)(b)の時間感覚についての項は他書には見られない。

[14] 小林孝夫 「電子ディスプレイのABC」 日本放送出版協会, 1971

[15] 和田・柴田訳 「ディスプレイ工学」 近代科学社, 1971

(原著, H. R. Luxenberg, R. L. Kuehn, Display Systems Engineering, Mc Graw Hill, 1968)

2.1.(3)(d)に関する参考書, 表示装置技術全般の書であるが[14]の2, 7, 8の各章[15]の1, 2, 4の各章は使用者との間の問題を論じている。

[16] G. R. Klare, The Measurement of Readability, Iowa State Univ. Press, 1963

[17] M. A. Tinker, Legibility of Print, Iowa State Univ. Press 1963

[18] Chicago University Press, A Manual of Style, University of Chicago Press, 1969

[19] I. Flores, "Tutorial Use of Multiple Type Faces", IEEE Transaction on Professional Communication, Vol. PC16, No.-1, (March 1973), pp. 2~6

[20] J. B. Colby, "Paragraphing in Technical Writing", IEEE Transaction on Professional Communication, Vol. PC20, No.-1, (June 1977), pp. 20~23

[21] J. D. Vandenberg, Improved Operating Procedures Manuals, ERGONOMICS

2.1.(3)(e) に関する参考書。

[16], [17] は夫々文の理解しやすさ, 文字の見やすさを扱ったサーベイレポートである。[19], [20]は論文の中で文節の取り方, 活字字体の使用, 変化のつけ方等を解説している。[21]はより良いマニュアル(操作説明書)を作成するための手引きを与えている。この他にも[9]の第

3章に望ましい文書作成の案内がある。

[22] 大島正光 「環境生理学」 人間と技術社, 1967

[23] W. O. Galitz, T. J. Laska, "The Computer Operator and His Environment", Human Factors, Vol 12, No 6 (1970) pp. 563~573

2.2(1)(a)の環境については[8],[9],[10]にもかなりの解説がなされている。[22]は特に生理的な影響に重点を置いたもの。[23]は環境問題の身近な研究例として適切である。

[24] 穂山貞登 「創造の心理」 誠信書房, 1962

[25] 倉石精一 「現行知能検査要覧」 黎明書房, 1967

[26] 辰野千寿 「学習心理学」 金子書房, 1953

[27] 梅岡・大山編 「学習心理学」 誠信書房, 1966

[28] 田中靖政 「コミュニケーションの科学」 日本評論社, 1969

これらは2.3及び2.4の一般的参考書である。

[29] 甘利訳 「心理学と情報理論」 丸善, 1969

(原著, F. Attneave,

情報測定, 情報伝達能力等のテーマがわかりやすい形で述べられている。心理学上の問題に情報理論を適用した事例, その限界も与えられている。解説は数学的でなく, 心理学の分野への情報理論紹介として適切である。

[30] 小林訳 「一般言語学講義」 岩波書店

[31] 淵・田村・白井訳 「言語理解の構造」 産業図書, 1976

(原著, T. Winograd, Understanding Natural Language, Academic Press, 1972)

[32] 木村, 細井訳 「CAIシステムI」 共立出版, 1976

(原著, W. H. Holtzman, CAI Testing and Guidance, Harper and Row, 1970)

[33] D. G. Bobrow, "Problem in Natural Language Communication with Computers", IEEE Transactions on Human Factors in Electronics, Vol. HFE-8, No. 1, (March 1967) pp. 52~55

[30]は言語学についての一般知識を与えるのによい。[31]ではかなり成功した自然言語会話を言語理論がどの様に应用されたかを見るのに良い。[32]も意味が同一で表現の異なる文を扱うのに変形文法を用いた例が挙げてある。[33]は自然言語会話における問題点を述べている。

[34] J. Martin, Design of Man-Computer Dialogue, Prentice Hall, 1974

事例研究, 1, 2, 3に関する教材文献である。本書はその全体が第二章の主題である情報システムの中の人間の心理要素と言う観点から書かれており, 本章に最も適した文献と言える。事例研究1, 2, 3は夫々本書第二章, 十八章, 第七章に対応している。

又対話(Dialogue)の概念を人間と計算機の間にも初めて持ち込んでいるが人間とコンピュータとのインターフェイス設計に1つの視点を与えるものである。

本書第四部「Psychological Consideration」は会話設計の心理的考察に不可欠な題材を提供している。

2.1.(5)の一時記憶とその特性、感覚の情報伝達量、そして recording による人間の情報処理能力の拡大は第十七章で解説されている。

[35] 西岡英也 「オンライン端末装置」, 産業図書, 1970

本書第七章が事例研究 4 の参考となる。4 にはこの他に [1],[8],[11],[15] 等が利用できる。

[36] G.M.Weinberg, The Psychology of Computer Programming, Van Nostrand, 1971

[37] 木村泉, “FORTRANはいつ亡びるか(1)~(3)” bit, Vol-9, №3~№5, (1977. 4, 5, 6)

[38] 宮本, 東谷, “ソフトウェア・エンジニアリングへの道(4); プログラミング技術”, bit Vol. 9 №8 (1977.7) pp. 776~783

[39] I. D. Gannon, “An Experiment for the evaluation of language features”, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 8 (1968) pp. 61-73

[40] M. E. Sime, T. R. G. Green, D. J. Guest, “Psychological Evaluation of Two Conditional Constructions Used in Computer Languages, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 5 (1973) pp. 105-113

事例研究5)に対する教材である。[36]はそれ以外のより広範な主題を扱っているが第十一, 十二, 十三章が該当する。

[37]はFORTRAN言語を材料としてプログラミング言語の望ましい特性とは何かを考察している。

[38]はプログラミング言語, プログラム技術をソフトウェア工学の中で位置づけ論じている。

[39],[40]は, プログラミング言語の比較を実際のプログラム活動の実験を行って論じたもの。

以上は望ましいプログラミング言語の要因, 各言語のそれについての比較, プログラミング言語を評価する方法に関して一応の知識を与える。

[41] E. A. Young, “Human Errors in Programming”, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 6 (1974) pp. 361-376

[42] M. E. Sime, T. R. G. Green, D. J. Guest, “Scope Marking in Computer Conditionals—a Psychological evaluation”, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 9 (1977) pp. 107-118

[43] P. Reisner, "Use of Psychological Experimentation as an Aid to Development to Query Language", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE3 №3 (1977) pp. 218-229

[44] J. L. Elshoff, "The Influence of Structured Programming on PL/I Program Profiles", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-3, №5 (1977) pp. 364-368

[45] E. E. Grant, H. Sackman, "An Exploratory Investigation of Programmer Performance under on-line and Offline Conditions", IEEE Transactions on Human Factors in Electronics, Vol. HFE-8 (1967) pp. 33-48

[46] J. Gould, "Some Psychological Evidence on How People Debug Computer Programs", International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7 (1975) pp. 151-182.

以上はプログラミング活動(デバッグ作業もふくむ)時の作業者の行動特性についての知識を与えるものである。

[47] T. D. Sterling, "Guidelines for Humanizing Computerized Information Systems: A Report from Stanley House", C. of ACM, Vol. 17, №11 (1974) pp. 609-613.

[48] R. C. Wood, "Inference from UCSB on-line system for man-system interface design", Proceedings of 1972 International Conference of Cybernetics and Society, pp. 120-125

[49] D. M. S. Peace, R. S. Easterby, "The Evaluation of User Interaction with Computerbased Management Information Systems", Human Factors, Vol. 15, №2 (1973) pp. 163-177

[50] C. J. Tester, D. B. Dearie, "Human Factors Design Criteria in Man-Computer Interaction", Proceedings of ACM (1974) pp. 61-65

[51] R. S. Nickerson, J. I. Elkind, J. R. Carbonell, "Human Factors and The Design of Time Sharing Computer Systems", Human Factors Vol. 10, №2 (1968) pp. 127-134

以上は事例研究6についての文献である。

[47]はオンライン端末等における利用者を疎外したり、弊害を与えることなく遇する為には、システム設計者はどのような配慮をすべきかの具体的な手引きである。[48],[49]も同様な問題を夫々研究教育用端末、管理者用端末について論じている。[50],[51]は利用者の操作上の問題も含まれていて、事例研究4に対する教材ともなる。

[52] T. Gilb, G. M. Weinberg, Humanized Input: Techniques for Reliable Keyed Input,

Winthrop Publishers, 1977

鍵盤によるデータ入力の問題を従来の人間工学的な知覚や運動の点からでなく入力方式（フォーマット，チェックワード）の点から論じている。本章では事例研究3における対話技法の1つとして利用するのがよいと思われる。

[53] R. B. Miller, "Response Time in Man-Computer Conversational Transactions," Proceedings AFIPS FJCC, 1968

[54] J. R. Carbonell, J. I. Elkind, R. S. Nickerson, "On the Psychological Importance of Time in a Time Sharing System," Human Factors, Vol. 10, (1968) pp.135-142

事例研究2の教材である。

[53]は極めて心理学的な研究で心理的完結感(closure)の概念とそれに関連した応答時間の設定問題を論じている。

[54]では応答時間と使用者の成績とについて若干の実験事例とその検討が行われている。

[55] L. Sonntag "Designing Human-Oriented Codes," Bell Laboratories Record, (1971) pp.43-49

事例研究3及び6の教材である。具体的な設計事例が与えられている。

[56] 高田訳 「心理学への情報科学的アプローチ」 培風館, 1972

(原著, A. M. Miller, The Psychology of Communication, Basic Books, 1967)

第一章「情報と記憶」は2.3.(c)と2.4.(d)とに関連している。すなわち人間の記憶に関して情報量と関連させて論じていること、人間の記憶の情報理論的なある性質を述べている。第二章「不思議な数“7”、プラス、マイナス2 人間の情報処理能力のある限界」は、2.1.(5)の最適な題材である。

2.5節心理測定に関する文献はここでの目的に適切なものが見当たらないが、実験、テスト、調査に関しては

続有恒・八木 監修「心理学研究法全17巻」東京大学出版会, 1972

の中から事例を選び出す事ができる。

第3章 対人及びグループの行動原理

キーワード

行動様式 (behavioral pattern), 社会的相互作用 (social interaction), 規範 (social norm), 対人関係 (interpersonal relations), 社会的交換理論 (social exchange theory), ソシオメトリー (sociometry), ソシオグラム (sociogram), 態度 (attitude), 態度変容 (attitude change), 態度測定法 (attitude test), 準拠集団 (reference group), インフォーマルグループ (informal group), リーダーシップ (leadership), グループダイナミクス (group dynamics), マネージリアル・グリッド (managerial grid)

目 標

本章では第1章の「心理学の入門」での知識をもとに、社会心理学、組織心理学における諸基礎概念、基礎用語を理解させ、それらによる対人行動や集団行動の理解、理由づけを与える事が第一の目標である。

対人、集団行動の理解は、システム管理者としてシステムの設計、運営に携わる際に人間の組織内行動の原理をふまえた管理が行なえる様な知識、態度を養成するためである。

更に本章では第4章「組織デザインと人間行動」に対する準備の役割を持つものである

内 容

3.1 社会的行動

本節では社会心理学、組織心理学のいくつかの基本概念を導入し、以後の節の解説の基礎とする。

(1) 欲求、動機

人間に行動を生起させるエネルギーとして欲求 (need) を紹介し

動因 (drive), 動機 (motive), 願望 (wish), 四つの基本願望 (安全を求める願望, 感情的反応を求める願望, 社会的認知を求める願望, 新しい経験を求める願望) について説明する。

第1章での説明と重複する可能性もあるが、重要概念なので再説してもよい。

(2) 行動 (behavior), 行動様式

① 行動と行為 (action)

② 行動様式 (behavior pattern)

本能 (instinct), 態度 (attitude), 学習 (learning), 偏見 (prejudice),
習慣 (habit)

(3) 社会的行動, 社会的相互作用 (social interaction)

① 社会的行動の定義

② 社会的行動成立の条件

③ 社会的行動の分類

- 目的合理的行動
- 価値合理的行動
- 感情的行動
- 伝統的行動

④ 社会的行動の形態

- 交換
- 協同
- 競争
- 斗争

(4) 社会的規範 (social norm)

肯定的, 否定的評価をふくんだ社会的行動の基準的様式として社会規範を定義して, その
慣習 (custom), モーレス (mores), 伝統 (tradition), 因襲 (convention), 法 (law)
等の種類について解説する。

3.2 対人関係

組織の人間的問題を考える場合, 人間関係は重要な要素である。本節ではその一部をなす対人
関係について, その性質, 変化, 発達と訓練, 対人関係の把握の仕方 (測定法) について, 社会
的相互作用としての見地から解説を行う。

(1) 人間関係と対人関係

(a) 人間関係 (human relations) を社会的相互作用の形式としての社会関係及びそれに人間
的感情の作用や動機等人間の要素を加味したものとして解説する。

組織管理上の人間関係についての問題, 重要性について

「ホーソン工場実験」 (Hawthorne Experiment)

の例を用いて概略の認識を与える。

(b) 対人関係 (interpersonal relations)

人間関係に対し, その内の人と人との心理的結びつきの側面だけを取り上げたものとして

対人関係を理解させる。

対人関係を成立させる以下の特徴を説明する。

- ① 当事者同志が互いに相手を意識していること。
- ② 個人間の結びつきであること。
- ③ 相互作用を規定するものであること。

(2) 対人関係の性質

対人関係には、比較的独立の二つの側面（次元）、情愛的関係（*affective relations*）と、勢力的関係（*power relations*）が見られる事を指摘し、夫々について次の点を解説する。

(a) 情愛的関係

- ① 必ずしも対称でないこと
- ② 態度との関係
- ③ 認知的成分（*cognitive element*）
- ④ 感情的成分（*emotional element*）
- ⑤ 行動的成分（*behavioral element*）
- ⑥ 各成分間の関係

(b) 勢力的関係

- ① 通常対称性を持つ。

② 勢力基盤

- ・ 報酬勢力（*reward power*）
- ・ 強制勢力（*coercive power*）
- ・ 正当勢力（*legitimate power*）
- ・ 準拠勢力（*referent power*）
- ・ 専門家勢力（*expert power*）

(c) 情愛的関係、勢力的関係両者の関連。

(d) 認知と期待

対人関係は相互作用であるからAのBに対する認知は、Aに対して行いとAが期待する行動によって決まる。

- ① 期待の行列
- ② 認知の行列

について対人関係を表現する1つの概念的モデルとして紹介し、それに関し

- ・ 相互性
- ・ 正確性

- ・ 相応性

の対人関係のあり方に関連する指標を解説する。

その他対人関係の情愛的関係の成立に関しては、F.ハイダーの均衡理論、ニューカムの相互作用のモデルがあるが必要に応じて紹介する。又このモデルは以下の対人関係の発展の中で、対人関係の成立変化に関してモデルとして利用してもよい。

(3) 対人関係の発展

(a) 初期関係の成立、パラタキス (parataxis)

(b) 関係を発展、変容させる相互作用の効果

社会的交換理論 (social exchange theory) の考え方を紹介し、その期待報酬の差異 (達成動機の充足か親和動機の充足か) により人間関係のあり方、それによつて形成されるグループの相異が生ずる事を述べる。

① 社会集団 (Socio group)

② 心理集団 (Psychi group)

(c) 相互作用の量による効果

G. C. Homans による態度形成のモデル

$Sop = f(Iop, Ap)$ Sop : O の P に対する好意

Iop : O から P への相互作用の頻度

Ap : P より得る利益

水路づけ効果 (canalization) Moreno

(d) 性格が対人関係発展に及ぼす効果

類似の性格 : 両者にとって共通な外部条件に働きかける場合に好意の発展に結びつきやすい。

相補的性格 : 両者の相互作用の場における働きかけの場合好意の発展に結びつきやすい。

(e) 両者関係の相応性の効果

(f) 両者の第三者に対する関係の効果

(2) で述べた、F. ハイダー、ニューカムのモデル

猶、集団の形成、発達に伴って生じる人間関係の発達過程とその問題に関しては、(4) 集団とその問題、中でも論じる。

(4) 対人関係の測定法 ソシオメトリック・テスト (sociometric test)

(a) ソシオメトリー (sociometry) 及びソシオメトリック・テスト

J. L. Moreno の提唱した集団のプロセスを改善して行くための実践科学としてのソシオメトリーを紹介し、感情的側面を把握しようとするソシオメトリック・テストの役割を述べる。

(b) ソシオメトリック・テストの手続き

ソシオメトリック・テスト実施の手順や実施上の諸注意について説明する。

(c) 結果の表現

テスト結果の整理・分析に利用される次のマトリックス、指数について解説する。

① ソシオマトリックス

② 個人の地位指数（選択関係，拒否関係，選択－拒否関係）

③ ソシオグラム（sociogram）

④ 集団凝集性指数，集団分裂性指数

(d) ソシオメトリック・テストの拡張

① 認知的ソシオメトリック・テスト

② ゲス・フー・テスト（guess who test）

3.3 態 度

人間の社会的行動を理解する基礎概念として，態度（社会的態度）の概念を紹介し，人間が社会的相互作用の結果として態度をどの様に確立して行くか，又確立した態度は他からのどの様を働きかけでいかに変化するか，反応傾向である態度を表出された行動からいかにして測定するかを説明する。

(1) 態 度

(a) 行動モデルにおけるパラメーターとしての態度の定義

K. Lewin による行動の法則 $B = f(P, E)$

B：人間の行動

P：人間の内部状態

E：環境の状態

におけるPのうちの比較的一貫した部分。

(b) 態度の次元

態度には次の三側面がある。

① 感情的

② 認知的

③ 行動傾向的

(2) 態度の形成

(a) 対人関係は態度に大きく依存するので3.2(3)で述べた対人関係の発展に関する要因とその効果は態度形成についてもそのままあてはまる。

(b) 更に態度形成に関して以下の要因がある事を説明する。

- ① 態度の形成にはその個人の所属する集団の規範、価値が反映し、それに調和する方向に形成される。
- ② 態度の形成はオピニオン・リーダーによって影響を受けやすい。
- ③ ある対象についての態度はそれに関する情報を手がかりとして形成される。

(3) 態度の変容

(a) 態度の安定性に関して次の諸点を指摘する。

- ① 情報を客観的、合理的に分析しそれに基づいて態度を永続的に発展させる事は希である。「既成事実効果」
- ② ある問題に対する関心は強いほど一貫した態度を保つ。
- ③ 過去の経験、所属集団から一貫した支持がなされているならば態度の変化する可能性はほとんどない。
- ④ その個人の諸態度が調和的でなければその中のあるものを変容する可能性が強い。
- ⑤ 交錯圧力を受けている場合、態度は変容しやすい。

(b) 態度変容と説得的コミュニケーション

人間のある対象への対応の仕方の変化が①知識の変容、②態度の変容、③行動の変容、④組織行動の変容の段階をたどること。

従って人々の行動をある方向に向かわせるには態度変化を生じさせる必要があること。

態度の三側面から態度変化のための働きかけも、①感情を変化させる。②認知を変化させる。③行動を変化させる。の三つを目ざすものに分類できること。

態度変化のはたらきかけは主に説得的コミュニケーションを通じて行われる。説得的コミュニケーションについては2.4.(b)を参照すること。

(c) 態度変容のモデル

対人関係の節で述べた F. Heider, T. M. Newcomb の理論モデルも態度変容のモデルとして見なせる事を指摘する。その他に

① L. Festinger の認知的不協和理論

② C. E. Osgood, P. H. Tannenbaum の適合の理論

を紹介する。

(4) 態度の測定

態度測定法として知られている次の諸手法について概要を説明する。

① サーストンの等現間隔法

② リッカートの方法

- ③ ガットマンの尺度解析法
- ④ SD (セマンティック・ディファレンシャル) 法
- ⑤ 社会的距離尺度
- ⑥ 多次元尺度構成 (multidimensional scaling) (メトリック, ノンメトリック)
- ⑦ 潜在構造分析 (latent structure analysis)

特に統計的な理解を必要とするSD法での因子分析や多次元尺度構成, 潜在構造分析は適当な実例を挙げるにとどめる。

3.4 集団とその問題

本節では社会心理学で論じられている集団, 集団と個人の関係, 等の諸問題を紹介し, 組織と人間の問題を考えて行く上での手がかりとする。

(1) 集団の類型

集団をある基準に基づいて分類, 整理しその特質を明らかにする集団類型学の知見によれば次の様な集団の型が観察される。

- ① 第一次集団, 第二次集団
- ② 準拠集団 (reference group), 所属集団
- ③ 共同社会, 利益社会
- ④ 基礎的集団, 機能的集団
- ⑤ 内集団, 外集団
- ⑥ 心理集団, 社会集団 (インフォーマル・グループ informal group)

(2) 地位と役割

地位 (status) 及び役割 (role) の概念を定義し

- ① 役割期待 (role expectation)
- ② 役割行動 (role behavior)
- ③ 役割葛藤 (role conflict)

について解説する。これら概念はリーダーシップの問題, 二重の集団成員性 (overlapping membership) の問題に必要である。

(3) 集団規範 (group norm)

(a) 集団規範とその影響

集団規範を定義しそれが成員の行動に及ぼす効果について説明する。

- ① 集団圧力
- ② 凝集性—士気説 (cohesiveness-morale formation)

③ 凝集性—索引説

④ 集団規範への反応類型

- 一致型
- 順応型
- 抵抗型
- 反動型
- 矛盾型

(b) 集団規範の成立過程

所属集団の場合、準拠集団の場合

(4) リーダーシップ

権力、權威 (authority)、威信 (prestige) の概念を解説し

(a) 支配について

- ① カリスマ的支配
- ② 伝統的支配
- ③ 合法的支配

(b) リーダーシップ (指導) について

- ① 民主型
- ② 独裁型
- ③ 自由放任型

の各項目を解説する。又リーダーシップに関し、リーダーの持つ2つの機能

- 目的達成機能
- 集団維持機能

及び、リーダーシップのあり方に影響する

- リーダーとフォロアとの感情的関係
- リーダーに与えられる権限
- 達成すべき目標の構造化の程度

の3つの要因について述べる。

(5) 分派形成 (coalition formation)

集団の発展過程で分派が形成される現象について、分派形成の原因、分派形成の型に効果を及ぼす条件を説明する。

(6) グループダイナミックス

比較的明確でないこの語の定義を集団についての科学知識獲得の社会科学の一分野と定義し、

組織構造と作業能率との関係等のこの分野の成果例を挙げる。

3.5 組織の管理

管理者に必要とされる技能には

- ① 技術的技能：専門分野での知識，技術手法で経験，訓練で得られる。
- ② 人間関係技能：人間の心理，動機についての理解を持ち，リーダーシップを行使する能力
- ③ 概念的技能：組織全体の複雑さを理解し，各組織に適合した人間を選択できる能力があり，上級の管理者程，後の方の技能をより多く必要とする。本節では管理上での人間関係技能の基礎となる知識について解説する。

- (1) 管理に必要な動機についての知識と管理論
- 人間の行動の動因となる欲求及びその解説

6つの基本的欲求

- ① 生理的欲求
- ② 安定への欲求
- ③ 親和への欲求
- ④ 尊敬への欲求
- ⑤ 自己実現への欲求
- ⑥ 金銭への欲求

代償性の強い⑥を除いた5つの欲求に対し A: Maslow の欲求5段階説を紹介する。

- (2) 人間観と動機づけについての学説

- ① D. McGregor の X 理論，Y 理論
- ② C. Argyris の成熟-未成熟理論
- ③ F. Herzberg の動機づけ-衛生理論

の管理論を紹介し，職務充実 (job enrichment) の具体的方向を応用例として解説する。

- (3) 管理者のリーダーシップ

- (a) リーダー行動の次元

リーダーとしての成功している者達が，共通に所有している特性を探究する方向の研究は失敗に終り，現在の研究はリーダーとしての行動様式がどの様なものであり，その望ましい行動様式の訓練に向けられている事，を述べる。

又，リーダーシップの概念を

と定義し， $E = f(I, f, s)$ 。E：リーダーシップの有効性

l : リーダーの行動

f : フォロアーの行動

s : 種々の状況

のリーダーシップの有効性のモデルを利用して解説し、3.4.(4)での解説を組織管理的立場から補う。

リーダーとしての行動に対し、オハイオ州立大学の研究、ミシガン大学の研究、グループ・ダイナミックスの研究から次の二つの側面が指摘され、リーダー行動の独立した二つの次元とされている事を述べる。

① 課業志向（組織づくり）、生産性志向、集団目標の達成

② 関係性志向（配慮）、従業員志向、集団そのものの維持、強化。

(b) マネジリアル・グリッド

リーダー行動の2つの次元を総合してリーダーシップの型を位置づけするマネジリアル・グリッド（管理の格子図）と代表的な5つのリーダーシップの型

無気力型、カントリークラブ型、課業型、中道型、チーム型。

について説明する。

最適なリーダーシップの型は無条件に決まるのではなく、管理者が自分の行動の型を状況とフォロアーの欲求に合わせたものにする必要がある事を述べる。

リーダー行動の型を選択する場合の手がかりを与えるために、F. E. Fiedler のリーダーシップの関連性モデルについて、3.4.(4)の項を再掲し、リーダーにとっての状況の有利さとその時に取るべきリーダーシップの型について述べる。

又マネジリアル・グリッドの4つの端点における型式とそれにふさわしい状況を解説する。

(c) リーダーシップの評価

リーダーシップの評価はその管理した組織の有効性に依存している事。

有効性の判定にはその組織の産出量、本来の課業の達成度を用いる事が多い事。

産出物による評価は組織内の現状を表わす諸要素を無視している問題があり、短期的目標と同時に長期的目標をも考慮した評価が必要となる事。

(4) 組織構造と作業効率

組織を情報の伝達構造によって類別したとき見られる基本型

- ・ 直線連結（serial linkage）
- ・ 放射連結（radial linkage）
- ・ 網状連結（circular linkage）

とその性質について解説し、この型式と作業効率の関係、作業の質との適合性、発生する相互

作用の性質について述べる。

又相対的中心性指数の様な数量的指標との関係を論じる。

指導上の留意点

(3.1 社会的行動) について

本節の基礎概念の紹介は第1章と重複する部分が多いので、やや社会学的色彩の概念を多く紹介している。第1章との関連でもし必要とあれば、性格、態度、情操、動因、誘因等の心理的な基礎概念を解説してもよい。

本章の後続の節の内容とは直接の関連性は持たないが、この様な社会学的概念も対人関係、組織運営等の社会的行動の問題には重要であると思われる。

本節に対する時間配分は、第1章内容との関連もあるが2時間以内とするのが適当である。

本節でのキーコンセプトは「社会的相互作用」の概念であるが、これについては直接の定義、解説の他に社会的行動についての種々の側面からの解説によって周辺からも理解が得られるようにする。

欲求、動機に関しては、幾つかの行動の概念モデルがあって、欲求、動機の扱い方も多少異なるので、第1章での取り上げ方に合わせる。

(3.2 対人関係) について

組織管理上で人間の心理的要素（感情、動機、意欲等）の重要性の認識は本章全体の基調を成すものであるから、幾つかの事例（歴史的な解説をするのならこの様な研究の端緒となったホーソン工場実験の例）を用いて本節の開始にあたり充分にその影響、問題点を説明しておく。

本節ではその中で、最も基本的な社会的相互作用過程である対人関係について、諸問題を解説する。

対人関係については、F. Heider の均衡モデル等の様に比較的整理された概念モデルがあったり、関係の把握手法としてソシオメトリーの様な具体的手法があって教示しやすい面がある。教育対象の層によっては、グラフ理論を利用した数学的構造モデルの紹介を行ってもよい。

本節に対する時間配分は3時間程度が適当である。

ソシオメトリーについての解説の演習としてもし受講者間にある程度の社会的相互作用がすでにあれば受講者間の対人関係についてのソシオメトリックテストを実施、解析させて手法についての理解を深めさせてもよい。

組織内で制度上の必要から生じる集団以外の集団（非公式集団：インフォーマル・グループ）については3.4で解説するが本節でソシオメトリーと関連させてその存在、性質を紹介しておいてもよい。

。猶ソシオメトリーは本節では単に対人関係の測定手段としてのみ組み入れてあるが、一般にはより広い社会心理学的立場から種々に利用される方法である事を補足する。

（ 3.3 態度 ）について

態度が社会的相互作用において性格と共に大きな要因を成しているので、前節の対人関係で述べた対人関係の影響要因についての事項は大部分態度についても又あてはまる。

従って本節は前節と大きく関連を持っており解説する場合、3.2 節、3.3 節とを併せて計画すべきである。

本節には2時間程度の時間配分が適当である。

測定手法については前節と同様に各人の共通経験を持つ対象についての態度測定の実習を行わせてもよい。この場合割当てる時間の長さによって、等現間隔法の様なデータ分析の簡便な方法とSD法の様な多量の統計計算を必要とする方法を適宜選択する。SD法の場合当然解析用のパッケージプログラムは用意する。

調査測定を行わせる場合、調査の立案段階から行わせる事もあるが、時間の都合上ここでは調査の実施と解析（時にはその一部）段階のみに限定する必要がある。

（ 3.4 集団とその問題 ）について

前節までの個人の1対1の関係、個人のある対象についての関係から、より多人数の集団における社会的行動の問題を本節では考察する。

社会的相互作用の結果形成される集団についての解説、集団と個人の関係、そして当然生じてくる集団指導の問題（リーダーシップ）を解説して3.5 節へ移行するのが目的である。その内容から社会学的要素が濃くなっている。

本節への時間配分は3.5 節との関連を配慮しながら2時間を当てるのが適当であろう。

グループダイナミックスについては人によると本節で取り扱い内容すべてを含むものであると見る人もあるが、ここでは比較的小集団について集団成員の社会的相互作用の実践的效果について研究を行う分野としてその成果の一部、組織の情報構造と社会的相互作用の関係、競争と協力について紹介する。

（ 3.5 組織の管理 ）について

組織の管理者として必要な人間行動の動機づけの認識と指導性の発揮の仕方についての理解を与える。

本節へは3時間程度を当てる。

前半の動機づけに関する部分は比較的周知の管理論と内容的に一致するので受講対象者の層によってはこの部分を省略し、他節へ時間を譲ってもよい。

参 考

各節、各内容毎に参考文献を挙げる。

3.1 社会的行動

社会学の入門、解説書に適切なものがある。

例えば[28],[11]である。その他社会心理学、又心理学一般の入門書である[25],[17]の一部が利用できる。

3.2 対人関係

ホーソン工場実験の内容とその問題については[29]が最も基本となるが紹介であれば数多くの行動科学関係の書[9],[23]に見られる。

対人関係については邦書では[8],[22]、原著では[6],[18]がある。

社会的勢力については[4]がくわしい。

対人関係のモデルについては[6],[14],[4]がある。

対人関係の発展については[4],[14]に比較的詳しい。

ソシオメトリーについてはJ.L.Moreneの原著よりも[20]の様なかなり包括的な邦書がある。これには調査手法、解析法、適用例等が詳しい。

3.3 態 度

態度一般に関しては心理学の一般書[25]、及び[10],[12],[19]にある。

態度の変容に関しては説得的コミュニケーションの関連して[7],[24]に比較的詳しい。

態度変容のモデルには[6],[14],[5],[15]等がある。

態度測定法については[1],[21],[27]がある。

3.4 集団とその問題

この節には社会学、社会心理学の一般書[25],[28]が役立つ。

リーダーシップに関しては[2],[16]がある。

グループダイナミックスは[8],[11]の紹介的記述以上を求めたければ[13]を参照する。

3.5 組織の管理

動機及びそれに関連する管理論については〔9〕が紹介として最適である。リーダーシップについては前節の〔2〕,〔16〕が利用できる。

組織の情報構造と作業効率については〔13〕,及び〔26〕がある。

参考文献

- 〔1〕 鮎戸弘 「イメージの心理学」 潮出版, 1970
- 〔2〕 青井他 「集団, 組織, リーダーシップ」 培風館, 1970
- 〔3〕 馬場・早川訳 「ヒューマン・グループ」 誠信書房, 1959
- 〔4〕 干輪訳(ホムズ著), 「社会的勢力」, 誠信書房, 1962
- 〔5〕 Festinger, L. A., Theory of cognitive dissonance, Harper and Row, 1957
- 〔6〕 Heider, F., The psychology of interpersonal relations, John Wiley, 1958
- 〔7〕 原谷訳(オールポート著) 「偏見の心理学上・下」 培風館, 1961
- 〔8〕 兼子宙編 「人間関係の心理」 中山書店, 1958
- 〔9〕 松井他訳(ハーシィ・ブランチャード著) 「管理者のための行動科学入門」 日本生産性本部, 1971
- 〔10〕 森, 万成訳(ニューカム著) 「社会心理学」 培風館, 1960
- 〔11〕 水原編 「社会心理学」 東大出版会, 1971
- 〔12〕 南他訳(ベレルソン, スタイナー著) 「行動科学事典」 誠信書房, 1966
- 〔13〕 三隅他訳(カートライト, ザンダー著) 「グループダイナミックス」, 誠信書房, 1959
- 〔14〕 Newcomb, T. M., The acquaintance process, Holt, Rinehart and Winston, 1961
- 〔15〕 Osgood, C. E. & Tannenbaum, P. H., "The principle of congruity in the prediction of attitude change", Psychol. Rev Vol. 62 pp. 42~55
- 〔16〕 産業能率短大監訳(タンネンバウム他著), 「リーダーシップと組織」, 池田書店
- 〔17〕 瀬谷・三浦 「行動理解の心理学」 垣内出版, 1971
- 〔18〕 Schutz, W. C., Three dimensional theory of interpersonal behavior, 1958
- 〔19〕 未永訳(ランバート著), 「社会心理学」, 岩波書店, 1966
- 〔20〕 田中惣次郎, 「ソシオメトリの理論と方法」, 明治図書, 1959
- 〔21〕 田中良久 「心理学的測定法」 東大出版会, 1961
- 〔22〕 豊原他編 「人間関係の心理学」 ダイアモンド社, 1972
- 〔23〕 豊原他編 「組織行動の心理学」 ダイアモンド社, 1972
- 〔24〕 辻, 今井訳(ホブランド他著) 「コミュニケーションと説得」 誠信書房, 1970

- [25] 八木 「心理学(I), (II)」 培風館, 1967
- [26] 山田 「組織科学の話」 日経文庫, 1973
- [27] 吉田 「心理統計学」 丸善, 1976
- [28] 福武編 「現代人の社会学」 河出書房新社, 1963
- [29] Mayo, E., "The human problems of an industrial civilization" in Roethlisberger, F. J. et Management and the Worker, Harvard Univ. Press, 1939

第4章 組織の構造と行動

キーワード

組織の有効性 (organizational effectiveness), 合理的モデル (rational model), 自然システム・モデル (natural-system model), システム・アプローチ (systems approach), 古典的モデル (classical model), 参加モデル (participative model), 認知モデル (cognitive model), 社会-技術モデル (socio-technical model), 条件適合モデル (contingency model), 分化と統合 (differentiation and integration), コンフリクト解決 (conflict resolution), 組織の成長-進化と改革の螺旋的過程 (evolution and revolution as organizations grow), マネジメント・コントロール (management control), 権限の階層化 (hierarchy of authority), 多階層組織と文鎮組織 (tall organization and flat organization), 集権化・分権化・再集権化 (centralization, decentralization and recentralization), 統合(調整)の仕組み (integrating devices), 縦割関係構造, 横割関係構造, 集団結合型組織と連結ピン機能 (group pattern of organization and linking pin function), ビューロクラシイ的組織 (bureaucratic organization), 組織ストレス (organizational stress), 公的組織と非公的組織 (formal organization and informal organization), 組織風土 (organizational climate), 文化的文脈 (cultural context), 日本の経営 (Japanese way of management), 組織のコンフリクト (conflict in the organization)

目 標

組織研究の歴史は古いが、いまだ組織に関する統一理論は確立されていない。各種の立場や方法論に基づいて、異ったアプローチや理論が提唱されている。そのどれが正しい理論であるとはいちがいに云いきれない。各理論やアプローチはそれぞれに長所を持ち、また短所を具えている。実務にどの理論やアプローチを利用したらよいかは、自分の扱う組織問題の性質や目的によって異ってくる。

情報処理技術者は、経営システムや組織の設計に直接的、間接的に関与することが多い。その際、このような組織問題に対する感度と判断力を具えておくことは、きわめて重要なことである。この種の感度と判断力は、組織理論の十分な理解と、その実務への豊富な活用経験を基礎として

出来上ってくる。

組織の理論に関する最も基礎的な概念や理論については、すでに「中級情報処理技術者育成指針」に沿って学習が完了している。

そこで、この章においては、組織問題、とくに組織の設計を考えるに当たって、上級情報処理技術者が身につけておかなければならない組織と人間行動に関するより高度な概念、理論、アイディアを学習させる。また、ケース・メソッドなどの教授法を用いて、それらの知識を実際の組織設計の問題に活用する際に必要とされる直感と叡智ならびにスキルを体得させる。

なお、この章で学習した概念、理論、アイディアは、次章で取扱われる「組織変化のプロセス」を考える際の有効な知識となる。

内 容

4.1 組織の有効性

組織を設計するに当たって、まず、組織設計の最終的目標は何か、組織的成功とは何を意味するのか、どんな結果 (outcomes) を生み出す組織が望ましい組織なのか、また、それを測る基準は何に求めるべきかをはっきりさせておくことは大事なことである。

これまで、多くの研究者や実務家が、この主題の解明、つまり、組織の有効性 (organizational effectiveness) の概念化とその基準の確立に多大の努力を払ってきた。効率、生産性、労働移動率、収益性、モラル、組織内の緊張などといったさまざまな要素が、独立的にあるいは組み合わせられて、組織の有効性を表わす基準として用いられてきた。だが、残念なことに現在までのところ、普遍的に受け入れられるような、組織の有効性を評価するための概念枠や方法論は確立されていない。

しかし、経営システムや組織の設計に携わる者にとって、事前にこの点を明確にしておくことは重要なことである。そこで、何をもって組織の有効性と考えたらいいか、またその基準をどんな要素に求めたらよいかを、研修生に考えさせ議論させるとよい。その際、従来の研究者の考え方をいくつか紹介することは効果的である。例えば、組織の有効性を以下のような概念枠で捉えようとするカッツとカーン (Katz, D. & Kahn, R. L.) の考え方は参考になる。

(1) 組織それ自体の観点からの組織の有効性

組織の有効性を「経済的、技術的手段 (効率) および政治的手段による組織への報酬 (return) の最大化」と定義し、組織の有効性の構成要素について次のような区別と説明を行っている。

- (a) 効率 (efficiency) : 投入されたエネルギー (人、資材、資金等) に対する産出されたエネルギー (製品、サービス等) の比率

① 現実的効率 (actual efficiency) と潜在的効率 (potential efficiency) の区別: 前者は組織運営面に実際に現われてくる効率であり、後者は潜在的には存在するが、具体的には実現されていない効率である。効率というものを考えるときは、この両側面を考慮することが必要。

② 効率と収益の区別: 効率は即収益性ではない。収益性には効率にあまり関係のない要因 (例えば会社の規模やブランド・イメージなど) が影響する。

③ 効率の短期的効果と長期的効果の区別: 効率は利益を増大させ、その結果として、組織に関与するメンバー (株主や従業員など) に対する報酬を増大させる (短期的効果)。他方、それは、エネルギーの蓄積 (事業拡張資金、資材の貯蔵、設備取替資金など) を増大させ、組織の成長と生存力の強化をもたらす (長期的効果)。両効果の葛藤が、組織の有効性を考える上で、一つの問題点となる。

(b) 政治的有效性 (political effectiveness): 効率は組織の当面の利益を増大させ、また、エネルギー蓄積の可能性を高めて組織の長期的成長と生存に貢献するが、それは組織の有効性の一側面にすぎない。それは組織の内的処理に関するものであって、組織の経済的、技術的側面に関連している。

ところが、組織がオープン・システムである以上、それは必要な投入エネルギー (労働力、資材、資金、その他) を手に入れ、産出された産物 (製品やサービス) を処分するために、環境内の外的力に依存しなければならない。このことは、組織がつねに環境の処理にかかわっていることを意味する。

組織の利益や安定性や生存は、ある部分、組織の内的システムの効率とは全く独立的に、環境処理 (例えば、人的資源の潜在供給源の調査、組織にとって非常に有利な顧客の開発、競争会社間の価格協定、特別減税や奨励金制度に関する政府への働きかけ等) の仕方によって規制されてくる。このような環境処理は、交渉や説得や影響力の行使を必要とする。従って、環境処理はある程度「政治的」な性質を持つといえる。他の組織や個人をある程度犠牲にして組織への報酬を最大にするような政治的策略を展開することによって、組織の有効性は増大する。

組織の有効性を獲得するための政治的手段の利用は、いつも組織の外部にのみ向けられるものではない。それは組織の内部にも向けられることがある。年功序列制や退職金制度は、労働力確保のために利用された組織内部に対する政治的手段の一例といえよう。

以上のように、政治的有效性は、さまざまな外的 (環境的) 力や外部集団を、さらに組織のメンバーを有効に処理することによって、組織への報酬を最大化することから成り立つ。効率と同様、政治的有效性も、組織の収益性、エネルギーの蓄積、成長と生存力の強化に貢

献している。

上述のような構想から、組織それ自体の観点からの「組織の有効性」の理論的關係枠を次のように図示している。

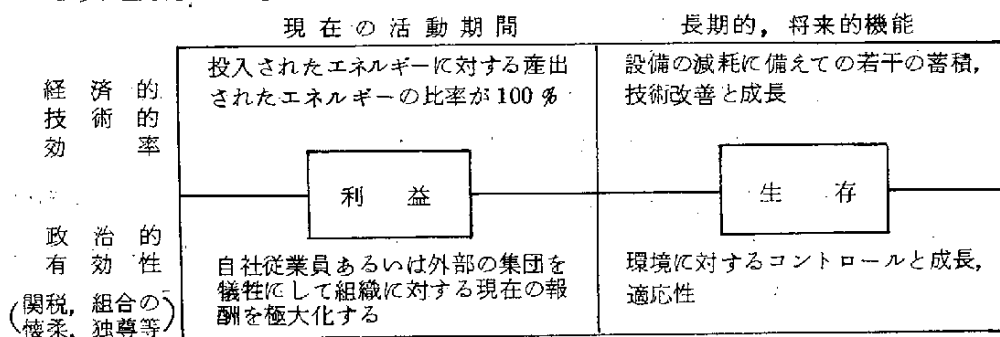


図4-1 組織の有効性の関係枠

(2) 組織メンバーの観点からの組織の有効性

組織のメンバーに最大の総合的報酬 (aggregate return) をもたらすことを組織の有効性と定義する。この場合も短期的有効性と長期的有効性の区別が考えられる。

(3) 社会のサブシステムとしての組織という観点からの組織の有効性

組織はそれ自体社会のサブシステムを成している。この観点からすれば、組織の有効性を、「社会に対する報酬の最大化」と定義することができる。このレベルにおいては、組織の有効性は、社会システム全体の効率、生存力、成長力、環境コントロール力を増大させることに對する組織の貢献ということによって、評価される。この場合、組織それ自体の利益、生存力、成長力は2次的なものになる。

組織の有効性は上述の三つの側面から検討、評価されなければならない。しかし、これら3種類の有効性はいつも矛盾なく調和の方向を目指しているものでなく、ときには、それがたがいに矛盾し、対立状況にある。独占、公害問題、作業システムの合理化といった問題状況はその一例である。

組織の有効性に関する以上のような考えを紹介し、再び研修生に、①組織の有効性というものをどう考えたらよいか、②この3種類の有効性をどのように調和させていったらよいか、③短期的有効性と長期的有効性の葛藤をどう解決していったらよいかを、みずから考えさせ議論させる。それを通して、組織設計の終極的目標を、彼等なりにはっきり認識させる。

4.2 組織モデルとシステム・アプローチ

(A) 組織分析の基本モデル

(1) 基本モデル

組織問題に携わる者にとって、組織分析の適切な道具を身につけることは必要なことである。それは、直面する組織問題を考察し、利用可能な解決策を考え出す方法をわれわれに提供してくれる。これまで多くの研究者や実務家が、組織の分析道具としてさまざまな組織モデルを提唱してきた。組織問題に携わる人びとは、組織を設計し、運営するに当って、また組織に変革を導入するに際して、暗黙のうちに、ときにはかなりはっきりと、組織の理論モデルを頭に描きながら作業を進めている。

研修生に、このような組織モデルについての十分な理解をもたせることは、

- ① 組織というものがどういうものであるか、また、どういうものと考えていったらよいか
- ② 人によって、組織がどのような観点から記述され、分析されているか
- ③ 問題となっている組織をどのように記述、分析し、そこにどのように解決策を編み出していくのが適切か
- ④ 組織設計の基本的目標と方針をどのように打ち建てたらよいか。また、組織変革の方向とそのプロセスをどう設定したらよいか

といったようなことを明確に認識、思考させるための助けとなる。

今日、比較的整った形で構築され、広く人びとに利用されているいくつかの代表的な組織モデルが存在する。しかし、それらのモデルは一様なものでなく、むしろ、たがいに矛盾しているように思われる。このような矛盾は、それらのモデルが拠って立つ理論的前提が異なっていることから生まれている。

研修生に各種の組織モデルを解説する前に、まず、それらのモデルの基礎となっている基本モデルについて説明を加えておくことは大事である。

例えば、ゴウルドナー (Gouldner, A.W.) が指摘した次の2つのモデルについて説明する。

- ・ 合理的モデル
- ・ 自然システム・モデル

ゴウルドナーは、この2つのモデルを、組織分析の歴史的発展の中で生まれてきた全く異なる2つのアプローチであると論じている。そして、合理的な官僚組織としての現代組織のもつ特性と、さまざまなニーズに関連して自然発生的に生まれてくる社会システムとしての現代組織のもつ特性、さらにこの2つの特性の相互関係を、総合的に分析するための助けとなるような単一の統合モデルの開発の必要性を説いている。

基本モデルに関連して、研修生に次のことを考えさせ、討議させるとよい。

- ① 現代組織の適切な分析という点からみて、上述の2つのモデルの長所と欠陥はどういうところにあるか

- ② この2つのモデルの長所を融合した統合モデルというのは、どんなモデルになるだろうか。

(2) 組織分析

現代組織を社会システムとしてとらえ、そのシステムの構造と機能関係を分析することによって、組織現象を解明していこうとするアプローチは、非常に重要であり、かつ実務的にも有効である。

したがって、研修生に、組織現象のシステム分析に関する基本的考え方や分析枠組を理解させることはよいことである。その場合、研修生の性格からみて、なるべく経営組織を念頭においてシステム分析の概念と分析枠組を説明した方がわかりやすい。例えば以下のようなサイラー (Seiler, J.A.) の提示した基本的概念や分析枠組を説明する。

(a) 環境の諸力 (要因)

- ① 人的諸力 (要因) ……人口密度、利用可能な人間のスキル、文化的価値観等
- ② 技術的諸力 (要因) ……利用可能な技術や知識、財源、マーケット、資材供給等
- ③ 組織的諸力 (要因) ……組織理論、政治的要請 (例えば法律や政府の規制)、競争状況等

(b) 環境諸力の組織への影響過程

- ① 強制 ……環境諸力の組織への強制
- ② 選択 ……組織の環境への働きかけ

(c) 組織システム

① 組織のインプット

- 人的インプット ……組織にインプットされた人的量や質
- 技術的インプット ……組織にインプットされた技術的要素 (機械、作業システム、レイアウト等)
- 組織的インプット ……組織にインプットされた組織的要素 (組織構造、リーダーシップの型、就業規則、昇進制度、賃金制度、組合の性格等)
- 社会的インプット ……組織にインプットされた規範、価値観

② 現実行動

組織の中に現実に現われてくる行動。現実行動は次の3要素からなる。

- 活動 ……人間の環境や他人への働きかけ
- 相互作用 ……人間相互の働きかけ
- センチメント ……人間の内的状態 (感情、態度、信念、価値観等)

③ 組織のアウトプット

- 生産性……組織活動の結果として現れた生産性
- 満足感……組織活動の結果として現れたメンバーの満足感
- 成長……組織活動の結果として現れたメンバー、職場集団、組織の成長

(d) 機能と逆機能

(e) 均 衡

(f) フィードバック

サイラーは、以上のような組織システムにおける諸要素の基本的概念について説明し、ついで、それらの諸要素の関係を下図のように図示することによって、組織現象、とくに組織における人間行動に対するシステム分析の枠組を提供している。

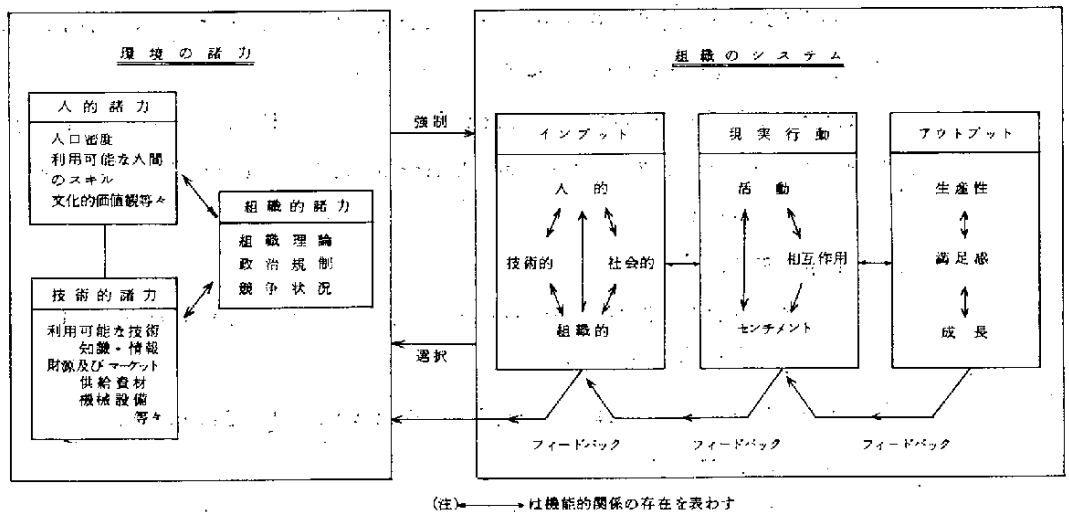


図 4-2 組織行動の基本的分析枠組

研修生にこの分析枠組を十分理解させ、その分析枠組を実際に用いて、現実の組織問題を分析させる練習をさせてみるのもよい。その場合、ハーバード大学で作成されたケースを利用するのも一つの方法である。

(B) 現代の組織モデル

(1) 組織モデル

前項の [A] において、研修生に組織分析の基本モデルについての一般的理解をもたせた後で、さらに、これまで組織現象の研究のみならず、実務においても広く利用されてきた、より具体的な組織モデルについて解説してやることは大事なことである。その場合、すべての組織モデルについてふれることは、時間的に不可能であるし、また混乱を招く。そこで、①

今日、組織の研究者や実務家によって広く利用されている、②おたがいに互換性がなく、むしろ相矛盾しているところがある、③それらのモデルを検討することによって、自分なりの有効な概念モデルを考え出す際に、重要と思われる諸要因に関する認識と理解がもたらされる、④そのモデルを利用することによって、自分が直面している実際の組織問題を浮彫にできる、といったような基準で、適切な組織モデルを選択することが必要である。

例えば、次のようなモデルが、上述の基準に適うものとして考えられる。

- (a) 古典的モデル… 例えば, Fayal, H., Gulick, L., Mooney, J. D., Urwick, L., Koontz, H., O'Donnell 等のモデル
- (b) 参加モデル……例えば, Likert, R., Argyris, C. などミシガン・グループのモデル
- (c) 認知モデル……例えば, Barnard, C., March, J. G., Simon, H. A., Cyert, R. M. などカーネギー・グループのモデル
- (d) 社会一技術モデル……例えば, Trist, E. L., Miller, E., Rice, A. K., Emery, F. E. 等タヴィストック・グループおよび Homans, G., Seiler, J. A. 等ハーバード・グループのモデル
- (e) 条件適合モデル※
 - ① 人的資源と組織の条件適合理論……例えば, Pelz, D. C., Andrews, F. M., Morse, J. J. などのモデル
 - ② 技術と組織の条件適合理論……例えば, Woodward, J., Thompson, J. D., Perrow, C. などのモデル
 - ③ 環境と組織の条件適合理論……例えば, Lawrence, P. R., Lorsch, J. W., Chandler, A. D., Jr., Burns, T., Stalker, G. M. 等ハーバード・グループのモデル

※ 条件適合理論は、社会一技術モデルおよび認知モデルを基礎として構築されたモデルである。それは、条件要因として何に焦点をおくかの違いによって、3種類（①～③）に分けられるだろう。

(2) 組織モデルの検討

以上の各組織モデルの概要とその応用例を説明した後で、研修生に次のような点を考えさせ、討議させるとよい。

- ① 各モデル間の共通点は何か。また相異点、矛盾点は何か。
- ② 各モデルの長所および短所はどんなところにみられるか。
- ③ 各モデルの根底にある人間および人間のモチベーションに関する考え方はどうか。そ

これは妥当といえるだろうか。

- ④ 各モデルにおける組織現象ならびに対人関係現象に関する主要な命題は何か。
- ⑤ 各モデルは、実務家にとって有用なモデルだろうか。実務家にとって有用な組織モデルとは、どんなモデルをいうのだろうか。
- ⑥ これらのモデルに代りうるもっと適切なモデルはないだろうか。

4.3 組織成長の過程

(1) 分化・統合とコンフリクト

組織は成長にともなって単にその規模が拡大するだけでなく、遂行される課業も複雑、多岐になり、高度化してくる。したがって、わずかな種類の人間で、また、わずかな部門でこれらの複雑多岐にわたる課業を効率的に遂行していくことは不可能になってくる。人間の認知の限界や学習能力の限界が、さらにそれを困難にさせている。それ故、組織の拡大・成長にともなう、必然的に分業、専門化、部門化といったことが起ってくる。いいかえるならば、分化が生じてくる。

他方、組織が最終的には一つの全体的組織目標に向かって効率的に活動することを目的としている以上、分化された各ユニットの機能や活動は、組織の全体目標に一致するように統合されなければならない。ここに調整あるいは統合ということが必要になってくる。組織の分化が進めば進むほど統合の必要性は高まり、その困難度は増してくる。分化と統合は裏腹の関係であり、組織の成長過程は、いうならば、分化→統合→分化→統合の螺旋状の連続過程といえる。

分化は、単に課業を分割し、専門化させるという意味だけではなく、各部門のメンバーの目標、認知、関心、態度、価値観、行動様式等に差異を生じさせる。そしてこれらの差異のために、統合の過程でさまざまなコンフリクトが発生してくる。それ故、このコンフリクトの解決の仕方が統合の質を決定する。

(2) コンフリクト解決の検討

そこで、研修生に、組織の成長過程における分化、統合、コンフリクトの解決の様態について理解を深めさせることは大事である。その方法として、研修生に次のような点について討議させ、その後で締めくくりとして、それらの点について講義をしてやるとよい。

- ① 現実の企業組織において、分化、統合、コンフリクトの解決がどのようにおこなわれているか。
- ② 前節で解説した各組織モデルにおいて、この問題がどのように取り扱われているか。各モデルの取り扱い方の長所はどこにあるか。また、短所はどこにあるか。
- ③ 分化の様態を規制する要因は何か。組織の外的環境要因としてどんな要因がどんな形で、

分化に影響を与えているか。一方、組織の内的要因としてはどんな要因がどんな形で、それに影響を与えているか。

④ 統合の在り方を方向づけ、規制する要因は何か。組織の外的環境要因や内的要因がどのような形で統合の様態に影響を与えているか。

⑤ コンフリクト解決の仕方を規制する要因は何か。組織の外的環境要因や内的要因がどのようにコンフリクト解決のパターンに影響を与えているか。

⑥ 分化、統合、コンフリクト解決の仕方は、相互にどのようなかわりあいをもっているか。

⑦ 現実の企業組織において発生するこの種の問題を解決するために、もっと有効な「分化—統合—コンフリクト解決」の関係モデルは考えられないだろうか。

(3) 討議の検討の参考

以上の諸点に関する討議および講義の参考資料として、ローレンスとローシ(Lawrence, P.R. & Lorsch, J.W.) が示した「効果的なコンフリクト解決を規定する要因表」(表4-1)とマーチとサイモン(March, J.G. & Simon, H.A.) が示した「組織内の集団間コンフリクトに影響する諸要因図」(図4-3)は役に立つだろう。

表4-1 コンフリクト解決の効果性を規定する要因のまとめ

—— 分化、統合、業績との比較 ——

組織	統合担当部門の媒介的位置(a)	統合担当者のテクニカルな適性能力にもとづく影響力(a)	統合担当者が全体業績につなげる報酬を認知する度合(a)	組織が有する影響力の総量(a)	必要段階への影響力の集中度(a)	コンフリクト解決の行動様式	分化の程度	統合の程度	組織の業績
高業績社 A	高	高	中	高	高	高	高(9.4)	高(5.7)	高
高業績社 B	中	高	高	高	中	高	高(8.7)	高(5.6)	高
中業績社 A	中	低	高	高	中	中	低(7.5)	高(5.3)	中
中業績社 B	中	低	中	高	中	中	高(9.0)	低(5.1)	中
低業績社 A	低	低	低	低	低	低	高(9.0)	低(4.9)	低
低業績社 B	中	低	低	低	低	低	低(6.3)	低(4.7)	低

注：表中の“高”，“中”，“低”はそれぞれの組織が各要因に適合していた相対的な程度を示す。

出所：ローレンス&ローシ。著（吉田博訳）「組織の条件適応理論」の94頁より引用

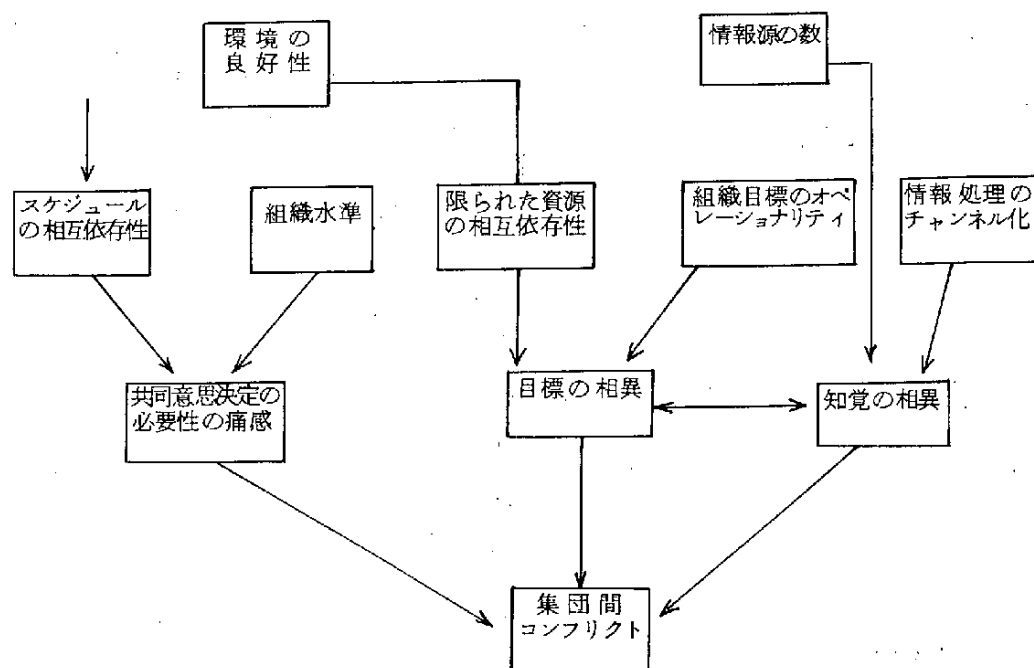


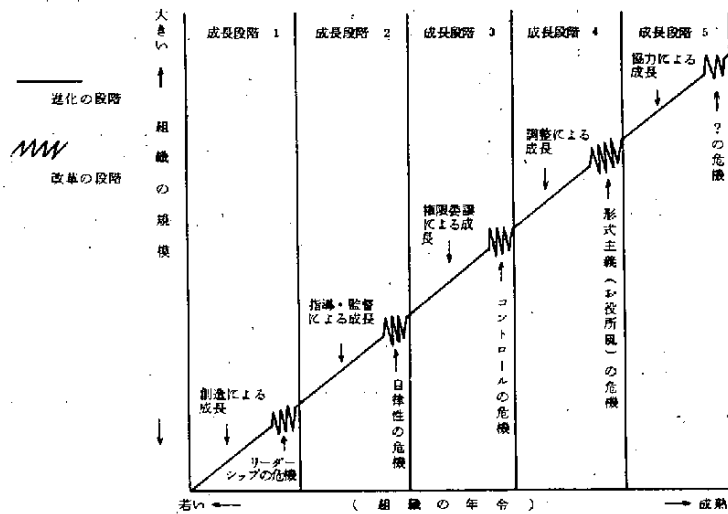
図 4-3 組織内の集団間コンフリクトに影響する諸要因
(March & Simon, Organization の 128 頁より引用)

分化-統合-コンフリクトの解決の過程は、組織の成長につれて、螺旋状の循環で繰返し起っている。同じ分化-統合-コンフリクトの解決の問題でも、組織の成長段階の違いによってその性質はかなり異なる。このことを研修生に理解させるため、グライナー (Greiner, L.E.) の「組織成長にもなる進化と改革」の理論を解説するとよい。研修生には、①果して日本の企業組織で同じような成長段階がみられるか、②各成長段階の末期に同じような危機が現れるか、③各成長段階の進化を支える要因、危機をもたらす要因の違いは何か、④危機解消のための対策やアクションは同じものか、⑤各成長段階にみられる分化-統合-コンフリクト解決の様態はどのようなものか等について検討させ、討議させる。

表 4-2

成長の 段階 カテゴリー	1	2	3	4	5
マネジメント の 焦 点	作って売ること	オペレーション の 効 率	マーケットの張 地	組織の統合	問題解決と イノベーション
組織の構造	インフォーマル	集 権 的 職 能 的	分 権 的 地 域 重 視	ライン・スタッフ プロダクト・ グループ	チーム・ マトリックス 構 造
トップ・ マネジメント のスタイル	個人中心の 事業家の	指導・監督的	権限委譲的	目付役利用	参 加 的
コントロール ・システム	市場における 反応・結果	標準化 コスト中心	報告書 利益中心	計画 インベストメント 中心	相 互 的 目 標 設 定
マネジメント 報酬の強調点	オーナーの利益	給 養 加 給 業 績 加 給	個人単位の ボーナス	プロフィット・ シェアリング 持株制度	チーム単位の ボーナス

図4-4



4.4 組織デザイン

組織をデザインするに当っては、前節までに述べてきたような組織に関する基本的な理論や考えを、しっかり頭に入れておくことが大切である。研修生にそれについて十分な理解をもたせた後で、組織デザインに関するもう少し具体的、実務的な概念や理論を学習させることも大事である。この辺の概念や理論については、すでに「中級情報処理技術者育成指針 第4章組織」のところで若干ふれられているので、ここでは、組織デザインという観点から重要な概念と理論を拾い上げて、再度説明を加えておくとよい。例えば、つぎのような事項については、研修生に再認識させておくことは必要であろう。

- ① 管理過程と組織デザイン
- ② 地位、役割、責任権限
- ③ 権限の階層化
- ④ 多階層組織（トール・オーガニゼーション）と文藝組織（フラット・オーガニゼーション）
- ⑤ 集権化、分権化、再集権化
- ⑥ 権限委譲
- ⑦ 集団の規模とコントロールの範囲
- ⑧ 統合（調整）の仕組み
- ⑨ 縦割関係構造
 - ・職能組織 ・ライン組織 ・ライン&スタッフ組織 ・事業部制組織
- ⑩ 横割関係構造

- ・タスク・フォース ・プロジェクト・チーム ・プロダクト・チーム
- ・マトリックス組織 ・委員会

⑪ 集団型結合組織と連結ピン機能

以上にあげたような概念、およびそれらのことがらに関する諸理論を、具体的な組織設計の作業に適用していく際には、前節までに述べてきた組織の基礎理論をつねに念頭において作業を進めていくことが大事であることを、研修生に強調しておく必要がある。

4.5 公的組織のインパクト：組織行動に影響を及ぼす構造的要因

組織をデザインする人びとにとって、公的組織の組織行動に対するインパクトについて、十分な知識をもつことは大事である。

そこで、研修生には、少なくとも次のような点を認識、理解させることが必要であろう。

(1) 階層化とコントロール

組織の階層化および定まった計画・コントロールの必要性と、それがもたらす利点についての認識と理解。

階層化、コントロール、予測性ということは、組織の効率化にとって欠かすことのできぬ要件である。

組織の構造化、固定的計画・政策・手続といったものは、組織目標を効率よく達成するための不可欠の手段であり、それは組織メンバーの行動や業績遂行に、いい意味で大きな影響を与えている。以上のような利点をまず最初に、研修生に十分認識させる。

(2) 固定的マネジメント・コントロールの問題点

この公的組織の階層化と固定的マネジメント・コントロールが産み出す問題について、目を向けさせる。とくに、つぎの3点について認識と理解を持たせることは大事である。

- (a) 組織目的達成の手段としての構造化・階層化、マネジメント・コントロールそれ自体が、いつの間にか目的に変わってしまい、やがて組織そのものが目的や方向性を失ってしまうこと（ビューロクラシー的組織の弊害）

組織の構造化・階層化が進み、定まった計画やコントロールが確立してくると、組織のメンバーやマネジャーはいやおうなくそれから強い影響を受け、いつの間にか、自分等の行動が組織の本来の目的に本当に貢献しているのかどうかを考えることなく、ただ定まった計画やコントロールに従うことだけが目的になってしまう。このような組織では、彼等のイニシアティブや柔軟性が失われてしまい、また、それを介入させる余地もきわめて少ない。ここにヒューマン・ニーズとの葛藤が生じてくる。この葛藤はやがて、組織が押しつける固定的な計画やコントロールに対する無感動で盲目的な追従を産み出し、ついには組織それ自体

が目的と方向性を見失ってしまう。

他方、組織が定めた計画、政策、手続、コントロールを、つねに今日の状況に適応できるような形に維持しておくことは、なかなか難しい。時間の経過とともに、普通、それらは陳腐化し、最早や新しい状況に適応できなくなる。そして、ついにそれらは、組織本来の目的の達成を妨げるよう作用する。ここにおいて計画されていない仕事や自発的な行動が必要とされてくる。だが、定められた計画、政策、手続、コントロールに盲従することに慣れ、それらを手段と認識するよりは目的と考えるようになってしまった組織メンバーには、なかなかそれを望めない。そのため、本来、組織を効率化するために作られた階層化やマネジメント・コントロールが、組織効率にとって逆に有害となってくる。

以上のようなビューロクラシー化した組織の弊害を研修生に十分理解させ、それへの対応策を考えさせ、討議させるとよい。

(b) ビューロクラシー的組織やマネジメント・コントロールに対する組織メンバーの敵対的反応パターンの出現

組織メンバーは、組織が定めた計画、政策、手続、コントロール等にもいつも忠実に従い、盲目的に反応するばかりではない。そこに多少自発性を発揮した独自の行動をとることもある。しかし、それらは、組織の目的や方向性を見失った非生産的な行動であり、マネジメント・コントロールに対する敵対的反応であることが多い。それらの行動は組織の効率に必ずしも貢献しない。数字のつじつま合わせや書類上の作為的報告などはその良い例であろう。また、表にあらわれないコストを莫大にかけて業績遂行基準をむりやり満たすというようなおかしい対応をする。このような誤った適応行動や敵対的反応は、組織活動にとって有害となる。

そこで、研修生に、現実の企業組織において、この種の行動がどのような形を成して現れてくるか、それが組織の効率にとってどのような悪影響を及ぼしているか、そのような反応や行動の出現を防ぐにはどうしたらよいかを考えさせ、討議させることは、大変有益である。

(c) ビューロクラシー化した組織のもたらす組織ストレス

ビューロクラシー化した組織は、組織内部にさまざまな緊張をひき起す。セクショナリズムから生れる縄張り争いや葛藤、コミュニケーションの不徹底などはその好例であろう。また、高度の階層化や固定的なマネジメント・コントロールは、高次のニーズを求めて生きている組織メンバーとの間に避け難い葛藤をひき起す。メンバーの欲求不満や無気力や攻撃性は、このような葛藤の結果として生れてくる。さらに、ビューロクラシー化した組織は、強い達成動機をもったメンバーに強度の緊張と組織ストレスを課してくる。そして、彼等の肉体的精神的健康を蝕んでいく。

効率的生産と効果的人間関係および部門関係を維持するためには、組織は大方の時間安定

状態になければならない。このような安定性が欠けていると、分業の利点も現われないし、協調的な人間関係も阻害されてしまう。また、組織的コントロールも効果をあげえない。組織内の各職務は相互依存的に組立てられており、人びとは相互作用をおこなう相手方の地位からその人の行動を予測できる。もし組織が不安定で、そのように相手の行動を予測できないとなると、連動した仕事の流れは混乱した個々ばらばらの行動に分解されてしまう。職務要求への同調、予測可能な行動、反復性、安定性ということは、組織にとって欠かすことのできない要件である。

ビューロクラシー的組織は、ある意味ではこれらの要件を非常によく満たしている。しかし、先にも述べたように、組織はオープン・システムとしての存在である以上、環境変化を前向きに吸収して絶えず変化を遂げていかなければならない。ここに安定性と変化との絶え間ない緊張が発生し、組織のストレスを作り出していく。組織がビューロクラシー的になればなるほど、この種の緊張とストレスは高まっていく。

そこで、研修生に、組織のビューロクラシー化がひき起す、①部門間および個人間の縄張り争いと葛藤、②組織とパーソナリティとの葛藤、③組織ストレスの肉体的精神的健康への影響、④安定性と変化との間の絶え間ない緊張、といった問題について十分な理解をもたせ、その対応策を考えさせることは、非常に有益である。

4.6 非公的組織および組織風土のインパクト：組織行動に影響を及ぼす社会的要因

公的組織が組織行動に与えるインパクトについての認識と理解をもつと同時に、非公的組織、組織風土、文化的要因といったものが組織行動に与えるインパクトに関しても、十分な認識と理解をもつことは、組織設計を担当する者にとって大事なことである。

後者については、以下の3側面について講義し、討議させるとよい。

(1) 非公的組織の発達と組織行動への影響

公的組織の構造と定められた計画、政策、規則、手続、その他のコントロールは、組織メンバーの行動を規制する。しかし、組織のメンバーは、ただ受身的にそれらの規制に従うだけではない。組織内で実際に一緒に働き、相互作用を展開していく過程の中で、彼等はそれを自発的に加工 (elaborate) していく。そして、公的には規定されない多くの活動、相互作用を展開し、別のセンチメントを創り出していく。そこには、非公的組織あるいは非公的集団と呼ばれるものが発達してくる。非公的組織あるいは非公的集団は、そのメンバーの行動および態度に関する独自の規範を発達させる。それは必ずしも公的組織が求めるものと同じものではない。組織のメンバーは、この非公的組織・集団の規範と価値観を共有し、その影響を受けて組織行動を展開する。

非公的組織あるいは非公的集団に関する概念や理論については、すでに第3章で詳しく論じられ、学習されているので、ここでは、非公的組織・集団の組織行動に与えるインパクトという面に限って、再度、その重要性を認識させるだけでよい。

(2) 組織風土の組織行動に与える影響

それぞれの組織は、その組織特有の組織風土 (organizational climate) というものを作り上げている。この組織風土は、公的組織や定められた計画、政策、手続などと同じように、組織メンバーのニーズ、満足感、目標、態度、行動、業績遂行等に重要な影響を与えている。

組織風土の研究が始まってからまだ日は浅い。それが「組織風土」という概念のもとに本格的に研究され出したのは、1960年代になってからである。したがって、それにはまだ確定的な定義が下されておらず、それをを用いる学者によって、いろいろな意味が含まれている。

そこで、研修生には、次のようなステップで、この問題に対する理解を深めさせていくとよい。

- (a) 組織風土に関するさまざまな学者の定義を紹介し、それぞれの特徴と長所、短所を解説してやる。
- (b) この概念と似通った、あるいは混同され易い他の概念を取り上げ、それらと組織風土の概念との違いを明確にしてやる。とくに、次のような概念との相違を説明してやることは大事である。

- ① 組織構造 (organizational structure)
- ② 環境 (environment)
- ③ 生態 (ecology), ミリュー (milieu), 社会システム (social system), 文化 (culture), 雰囲気 (atmosphere)
- ④ 場 (field), 場面 (setting), 状況 (situation), 状態 (conditions), 事情 (circumstances)

- (c) 組織風土をどのような次元 (dimensions) でとらえているか、また、組織風土を定義するためにどのような操作や変数が用いられているかについて、これまでの諸研究を紹介してやる。

- (d) 組織風土を測定するための客観的尺度と主観的尺度の区別と、それぞれの内容および方法について解説してやる。

- (e) 最後に、測定、調査された組織風土と、組織メンバーの個人的要因 (ニーズ、満足感、目標、態度、行動、業績遂行など) や組織の他の組織あるいは環境に対する行動との関係について、これまでの研究を解説してやる。両者は相互依存の関係にあり、一方的な因果関係に

はないが、ここでは組織風土の組織行動へのインパクトという観点から、解説を加えてやるとよい。

以上の説明をおこなった後で、組織風土を変革するにはどうしたらよいかを、研修生に考えさせ、討議させるとよい。

(3) 組織行動への文化的要因の影響

欧米において開発された組織および組織行動に関する概念や理論は、そのままの形であらゆるその組織現象に適用しうるものでないことはいうまでもない。それぞれの国には独自の文化が存在し、その影響を受け組織現象はいろいろと様相を変えてくる。

組織行動もまた文化の影響から独立ではありえない。文化的要因は、組織の機能、行動、有効性に大きなインパクトを与えている。とくに、組織の重要な構成要素であり、また、組織現象の根幹となる人間素材は、それぞれの文化の中で作り上げられており、その人間素材の文化的特質から組織行動はさまざまなインパクトを受ける。

そこで、研修生に次のような点について講義し、文化的要因のインパクトについての認識と理解を深めさせるとよい。

- (a) 文化的要因が、組織的慣行、行動、有効性に対して、どの過程で、どのような影響の与え方をしているか。
- (b) 文化的要因あるいは変数をどのようにおさえたらいのか。また、それをどのように組織現象と関係づけたいのか。

文化的変数の概念化や操作の仕方に関する研究は、まだ満足のいく成果を上げる段階にきていないが、この面に関する研究努力は重要であり、それは組織理論の新しい領域を開発することを、研修生に強調しておく。

- (c) 文化的文脈(cultural context)の異なる組織に関する比較事例研究。
- (d) 日本文化という文化的文脈における組織現象、とくに、日本の経営における組織現象の特質(欧米のそれとの比較)。
- (e) 日本の経営組織の欧米化の可能性(convergent theory が正しいか, divergent theory が正しいか)。

研修生には、一方的な講義を与えるだけでなく、みずからの組織体験をもとに、これらの諸問題を考えさせ、討議させるとよい。

4.7 組織におけるコンフリクト

個人や小集団はそれぞれ異ったニーズや目標をもっている。従って、それらが公的組織の中で一緒になったとき、ストレスやコンフリクトは、避け難い現象として現れてくる。公的組織にせ

よ、非公的組織にせよ、組織は、それを構成する要素の相互依存関係から成り立っている。それ故、組織のメンバーは、個人間のあるいは集団間の壁を越えた関係を作り出していかなければならない。この過程は、互いの相互依存関係の在り方を定義あるいは再定義しようとする相互作用の過程であるともいえる。このような相互作用は、しばしばストレスとコンフリクトを伴う。社会的コンフリクトは、片方の利得が他方の損失をひき起すという形で、両立し難い、あるいはし難いと思われる目標を追求するときに現われてくる現象である。

このようなコンフリクトは、組織の効率的な活動にとっても、メンバーの精神的安定にとっても大きなマイナスとなる。それ故、組織の設計に携わる者は、このようなストレスやコンフリクトの発生を最小限に止めるような組織を設計しなければならない。それには、コンフリクト発生の原因やその現れ方に関する十分な知識と理解をもつことが必要である。

組織内に発生するコンフリクトについては、次の5つの側面を取り上げ、説明してやるとよい。

(1) 作業システムから生れるコンフリクト

組織構造とは、組織図、権限の配り当て、政策や手続の確立、職務記述、材料の流れ等々の事柄を含む仕事の流れに関する公的なデザインである。この組織構造は、組織内における人びとの相互作用のパターンを規制する。この規制された相互作用のパターンが個人のパーソナリティ特性と相矛盾するときに、人びとはストレスを感じ、そこにコンフリクトが発生してくる。

また、人びとは、おのれのパーソナリティに合った相互作用のパターンを作り上げている。組織のメンバーは、最初、仕事の過程や他のメンバーの行動と、自分自身のパーソナリティとを調和させるように、相互作用のパターンを作り上げる。そして、それを安定化させる。仕事の流れや他のメンバーの行動の変化に直面したとき、その安定性は崩れ、ストレスやコンフリクトを感じるような状況が創り出されてくる。

さらに次にあげる3種の相互作用のパターンは、組織のメンバーにストレスとコンフリクトを感じさせる。

(a) 一方通行的な相互作用やコミュニケーションのパターン：受身的でイニシアティブをとる機会のない相互作用のパターン

(b) 予期しない相互作用パターン：予期しない、また、自分がコントロールすることのできない相互作用パターン

(c) 間断的な、不十分な相互作用パターン：通常、相互作用の少ない人からの反応、とくに一方的な働きかけ

(2) 対人コンフリクト

人は組織生活において、組織が定めた目標を追求するだけでなく、個人的ニーズや目標を満そうとする。他方、人間はそれぞれに違ったニーズや目標をもち、違ったパーソナリティを具

えている。こういった人びとが組織の中で相互作用をおこなうのだから、しばしば利害関係の対立が生じてくる。この対立が彼等を欲求不満に陥れ、対人コンフリクトを発生させる。

研修生には、対人コンフリクトの発生原因、その現れ方、その解決方法について解説する。

(3) スタッフとマネジャーのコンフリクト

現代の組織はスタッフ・スペシャリストの役割をますます増大させてきている。技術革新の加速化は、最早やライン・マネジャーの追従を許さなくなってきた。ライン・マネジャーは意思決定の権限を有しながら、それを行う力が不足してきている。つまり、権限と能力の不均衡が生じている。そのため、自然とスタッフ・スペシャリストの介入が強まってきている。このような状況は、ライン・マネジャーに欲求不満とストレスを感じさせ、ライン・マネジャーとスタッフ・スペシャリストの間にコンフリクトを発生させている。

研修生には、自分の企業において、この種のコンフリクトがどのような形で発生しているか、また、それを解決するためにどのような方法が考えられるかを考えさせ、討議させるとよい。

(4) 部門間コンフリクト

上司と部下、本社と支店、ラインとスタッフといった垂直関係におけるコンフリクトに関して理解をもつことが必要であると同様に、各職能部門間のような水平的関係におけるコンフリクトについても理解を深めることは、大事なことである。

そこで、研修生に、①水平的関係にある各部門間のコンフリクトがなぜ起るのか、②それがどのような形で表に現われるのか、③このようなコンフリクトに、どのように対応したらよいかについて、これまでの研究を紹介し、この問題に関する認識を高めさせるとよい。

その場合、①と②については、Walton, R. E. & Dutton, J. M. の論文はよく整理されており、③については、多少限られた部門間コンフリクトのケースであるが、Strauss, G. の研究は示唆に富んでいるので参考にするとよい。それらを要約すると次の通りである。

(a) コンフリクトの原因

- ① 部門間の相互依存的な仕事
- ② 部門間の不均整な相互依存関係
- ③ 部門間にみられる業績遂行基準および報酬方法の違い
- ④ 組織の分化
- ⑤ 部門に賦与された役割に対する不満感
- ⑥ 責任権限、職務、方法、評価などにみられる曖昧さや不確定さ
- ⑦ 乏しい組織資源（設備、資金、要員、サービス等）の共同利用
- ⑧ 部門間に存在するさまざまなコミュニケーション障壁
- ⑨ 部門メンバーのパーソナリティとスキル

(b) コンフリクトの結果として現れる現象

Walton と Dutton は、表 4-2 のような現象をあげている。

表 4-2 部門間コンフリクトの結果として現われる現象

コンフリクト状態にある横断関係の特質	現われる現象の実例
◦競争一般 ◦隠蔽と歪曲 ◦チャネルを通しての部門間接触 ◦意思決定手続の硬直化と形式化 ◦意思決定に関する上司への訴え ◦部門間相互作用の頻度の減退 ◦信頼感の低下、邪推、敵愾心	◦動機づけるか；萎縮させる ◦チェック・アンド・バランスを与える ◦意思決定の質を下げる ◦システムの安定性を高める ◦変化への適応性を低める ◦上司に対しより多くの接触を保つ ◦意思決定の質を高めるかあるいは低める ◦仕事の調整と履行を妨げる ◦心理的緊張、労働移動の増大、個人業績の低下

(c) コンフリクトへの対応の仕方

Strauss は、コンフリクトへの対応方法を次のように整理、分類している。

① 規則にのっとった戦術

例えば、両部門の共通の上司に解決のための指示を仰いだり、他の規則を流用して相手をごまかすような解決を計るなど。

② 規則を回避した戦術

例えば、相手方の要求に見せかけ上の応諾をして実際にはやらなかったり、越権行為を行って相手の要求を無視してしまうなど。

③ 人間的、政治的戦術

例えば、友情や人間関係に訴えたり、恩の貸借を行ったり、他の部門同志の衝突を自己部門にとって有利になるように政治的に利用したりするなど。

④ 教育的戦術

例えば、直接的、間接的に相手を説得するなど。

⑤ 組織的・相互作用的戦術

例えば、コンフリクトを起し難くするよう公的組織や権限関係の変更を求めたり、相手方がアクションのイニシアティブをとるよう相互作用のパターンを再調整するなど。

研修生に、以上のようなさまざまなタイプのコンフリクトに関して十分な認識と理解をもたせた後で、そのような知識を具体的な組織設計にどのように生かしていくかを考えさせ、

討議させるとよい。

なお、組織におけるコンフリクトがどのような組織変革をもたらすかについては、次章の「組織変革のプロセス」において扱われることになっている。本章では省略する。

指導上の留意点

- (1) この章で取り上げられている組織問題は、かなり高度のレベルのものである。したがって、ともすると抽象的な概念や理論の解説に終わってしまう恐れがある。講師は、その点をよく注意して必ず具体的な組織現象と結びつけて、その概念や理論を説明していくことを心がけねばならない。
- (2) 講師による概念や理論の解説が終わった後では、必ず、研修生に自分が関係している組織の実例を思い浮べさせ、それを教授した概念や理論に従って分析させ、整理させてみる必要がある。
- (3) 本章で取り扱っているような組織問題に関しては、まだ統一的概念や理論が確立しているものは少ない。それには多様な見方や考え方が存在する。従って、講師はまず公平な立場からさまざまな見解や立場を紹介することが大事である。ついで、なぜそのように多様な見方や考え方があるのか、また、それぞれの考え方や立場の長短はどこにあるのかを研修生に理解させ、最後に講師自身の考え方や立場を明確にしてやる必要がある。
- (4) この種の問題について学習させる場合、講義だけに頼るのは危険である。研修生は単なる抽象的な知識の学習で終わってしまう。それらの知識を実際の組織問題や組織設計に活用できる応用力を身につけさせるためには、ケースの利用が有効である。ハーバード・ビジネス・スクールのケースには、これに役立つようなよいケースが沢山ある。
- (5) 最後の段階で、研修生に実際の企業の組織設計の実習をおこなわせてみるのも一つの方法である。

参考文献

本章の参考文献として最小限必要なものだけを、各節ごとにまとめて挙げておく。

4.1 組織の有効性

- (1) Ghorpade, J., (ed.), "Assessment of Organizational Effectiveness", Goodyear Publishing Co, 1971
- (2) Price, J.L., "Organizational Effectiveness: An Inventory of Proposition", Richard O. Irwin, 1968.

森本三男訳「組織効率」 産業能率短大, 1970

4.2 組織モデルとシステムズ・アプローチ

〔A〕組織分析の基本モデル

- 〔3〕Buckley, W., "Sociology and Modern System Theory", Prentice-Hall, 1967
- 〔4〕Cleland, D.I. & King, W.R, Management: A Systems Approach, McGraw-Hill, 1972
- 〔5〕Cleland, D.I. & King, W.R, "Systems Analysis and Project Management", McGraw-Hill, 1968
上田淳生訳「システム・マネジメント」ダイヤモンド社, 1969
- 〔6〕Gouldner, A.W., "Organizational Analysis, Merton, R.K., Broom, L. and Cottrell, L. S., Jr.(eds.) Sociology Today, Basic Books", 1959
- 〔7〕Litterer, J.A., "Organizations: System Control and Adaptation", vol.2, (2nd ed.), John Wiley & Sons, 1969
- 〔8〕Melcher, A.J., "A System model", in Negandhi, A.R. (ed.) Modern Organizational Theory: Contextual, Environmental and Cross-cultural Variables, Kent State University Press, 1969
- 〔9〕Seiler, J.A., "Systems Analysis in Organizational Behavior", 1967
小林肇訳「組織と人間行動」丸善, 1969

〔B〕現代の組織モデル

(1) 古典的モデル

- 〔10〕Fayol, H., "Industrial and General Administration(1916)", Pitman, 1949
- 〔11〕Gulick, L. and Urwick, L.(eds.), "Papers on the Science of Administration", Institute of Public Administration, 1937
- 〔12〕Koontz, H., and O'Donnell, C., "Principles of Management", McGraw Hill, 1959

大坪檀訳「経営管理の原則(I): 経営管理と経営計画」ダイヤモンド社, 1965, 高宮晋・中原伸之訳「経営管理の原則(II): 経営組織」ダイヤモンド社, 1965, 高宮晋・中原伸之訳「経営管理の原則(III): 経営人事」ダイヤモンド社, 1966, 大坪檀訳「経営管理の原則(IV): 経営統

制」ダイヤモンド社, 1966

[13] Mooney, J.D., "Principles of Organization", Harper and Brothers Publishers, 1947

[14] Blau, P.M. & Scott, W.R., "Formal Organization: A Comparative Approach", Routledge & Kegan Paul, 1963.

(2) 参加モデル

[15] Argyris, C., "Personality and Organization", Harper & Row, 1957

伊吹山太郎, 中村実訳「組織とパーソナリティ」 日本能率協会, 1970

[16] Lickert, R., "New Patterns of Management", McGraw-Hill, 1961

三隅二不二訳「経営の行動科学」 ダイヤモンド社, 1969

[17] Lickert, R., "The Human Organization", McGraw-Hill, 1967

三隅二不二訳「組織の行動科学」 ダイヤモンド社, 1970

[18] McGregor, D.M., "The Human Side of Enterprise", McGraw-Hill, 1960

(高橋達男訳「企業の人間的側面」 産業能率短大, 1966)

(3) 認知モデル

[19] Cyert, R.M. and March, J.G., "A Behavioral Theory of the Firm", Prentice-Hall, 1963

松田武彦, 井上恒夫共訳「企業の行動理論」 ダイヤモンド社, 1967

[20] March, J.G. and Simon, H.A., "Organizations", John Wiley and Sons, 1958

(土屋守章訳「オーガニゼーションズ」 ダイヤモンド社, 1972)

[21] Simon, H.A., "Administrative Behavior", Mcmillan, 1945

(松田武彦・高柳暁・三村敏子訳「経営行動」 ダイヤモンド社, 1965)

(4) 社会 — 技術モデル

[22] Miller, E.J., "Technology, territory and time - The internal differentiation of complex production systems", Human Relations vol. 12, No.3, pp.243-272, 1959

- [23] Miller, E.J. & Rice, A.K., "Systems of Organization", Tavistock Publication and Trinity Press, 1967
- [24] Rice, A.K., "Productivity and Social Organization", Tavistock Publication, 1958
- [25] Rice, A.K., "The Enterprise and Its Environment", Tavistock Publication, 1963
- [26] Seiler, J.A., "Systems Analysis in Organizational Behavior", 1967
(小林肇訳「組織と人間行動」 丸善, 1969)
- [27] Trist, E., "Organizational Choice.", Tavistock Publication, 1963
(5) 条件適合理論
- [28] Chandler, A.D., "Strategy and Structure, : Chapters in the History of the Industrial Enterprise", The MIT Press, 1962
三菱経済研究所訳「経営戦略と組織」 実業之日本社, 1967
- [29] Lawrence P.R. and Lorsch J.W., "Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration", Harvard University, 1967. 吉田博訳「組織の条件適応理論：コンティンジェンシー・セオリー」 産業能率短大, 1977
- [30] Lorsch, J.W. and Morse, J.J., "Organization and Their Members: A Contingency Approach", Harper & Row, 1967
服部・馬場・上村訳「組織・環境・個人：コンティンジェンシー・アプローチ」東京教学社, 1977
- [31] Morse, J.J., "Organizational characteristics and individual motivation", in Lorsch, J.W. & Lawrence, P.R. (eds.) Studies in Organizational Design, Richard D. Irwin and The Dorsey Press, 1970
- [32] Pelz, D.C., "Scientists in Organizations: Productive Climates for Research and Development", John Wiley & Son Inc., 1966
- [33] Thompson, J.D., "Organizations in Action", McGraw-Hill, 1967
- [34] Woodward, J., "Management and Technology", Her Majesty's Stationery office, 1958
- [35] Woodward, J., "Industrial Organization: Theory and Practice",

Oxford University Press, 1965

矢島鈞次・中村寿雄訳「新しい企業組織」日本能率協会, 1970

- [36] Woodward, J. (ed.), "Industrial Organization: Behavior and Control",
Oxford University Press, 1970

都筑・宮城・風間訳「技術と組織行動」日本能率協会, 1971

4.3 組織成長の過程

- [37] Greiner, L.E., "Evolution and revolution as organizations grow",
Harvard Business Review, July-August, 1972

- [38] Lawrence P.R. and Lorsch, J.W., "Organization and Environment:
Managing Differentiation and Integration", Harvard University,
1967

吉田博訳「組織の条件理論：コンティンジェンシー・セオリー」産業能率短大, 1977

- [39] March, J.G. and Simon, H.A., "Organizations", John Wiley and Sons,
1958

土屋守章訳「オーガニゼーションズ」ダイヤモンド社, 1972

4.4 組織デザイン

4.2の項であげた文献のほかに次のような文献が参考になる。

- [40] Argiris, C., "Integrating the Individual and the Organization",
Wiley, 1964

- [41] Burns, Tom and Stalker, G.M., "The Management of Innovation",
London: Tavistock Publications, 1961

- [42] Carzo, Rocco, Jr., and Yanouzas, John N., "Formal Organization:
A Systems Approach", Homewood, Illinois: Richard D. Irwin,
Inc., 1967

- [43] Crozier, Michel, "The Bureaucratic Phenomenon", Chicago: The
University of Chicago Press, 1964

- [44] Galbraith, J.R., "Organizational design: An information
Processing view", in Lorsch, J.W. and Lawrence, P.R. (eds.)

Organization Planning: Case and Concepts, Richard D. Irwin, Inc. and The Dorsey Press, 1972

- [45] Hickson, D.J., "A convergence in organization theory", Administrative Science Quarterly, Vol 11, No.2, pp.224-237, 1966
- [46] Lawler, E.E. III. & Hackman, J.R., "Corporate profits and employee satisfaction: Must they be in conflict?", California Management Review, Vol. 14, No.1 pp.45-55, 1971
- [47] Porter, L.W., Lawler, E.E. III. and Hackman J.R., Behavior in Organizations, (Part III. Influence on work behavior: Structural Factors) McGraw-Hill, 1975
- [48] Stieglitz H., "What's note on the organization chart", The Conference Board Record, pp.7-10, November 1964

4.5 公的組織のインパクト

- [49] Argyris, C., "Personality and Organization", Harper & Row, 1952
伊吹山太郎, 中村実共訳「組織とパーソナリティシステムと個人との葛藤」日本能率協会, 1970
- [50] Blau, P., "The Dynamics of Bureaucracy", University of Chicago Press, 1955
- [51] Blau, P.B. & Scott, W.R., "Formal Organization: A Comparative Approach", Routledge & Kegan Paul, 1963
- [52] Jasinski, F.J., "Use and misuse of efficiency controls", Harvard Business Review, Vol.34, No.4, pp.105-112, July-August, 1956
- [53] Kahn, R.L. et. al., "Organizational Stress: Studies in Role Conflict and Ambiguity", John Wiley & Son, 1964
奥田俊介・岡田充雄・篠塚真吾訳「組織のストレス：葛藤にさらされた現代組織の歪み」産業能率短大, 1973
- [54] Mills, C.W., "White Collar", Oxford University Press, 1951
杉正孝訳「ホワイト・カラー」東京創元社, 1957
- [55] Ridgway, V.F., "Disfunctional consequences of performance

measurements", Administrative Science Quarterly, Vol.1, No.2,
pp.240-247, September 1956

[56] Sales, S.M., "Organizational role as a risk factor in coronary
disease", Administrative Science Quarterly, vol. 14, pp.
325-336, 1969

[57] Strauss, G., "The Personality vs. Organization Theory", in
Sayles, L.R. (Ed.), Individualism and Big Business, McGraw-
Hill, pp. 67-80, 1963

[58] Thompson, J.D., "Organizations in Action, Social Science Bases
of Administrative Theory", McGraw-Hill, 1967

[59] Thompson, V.A., "Modern Organization", Alfred A. Knopf, 1961
大友立也訳「組織一般理論」 好学社, 1971

[60] Whyte, W.H. The Organization Man, Simon & Schuster, 1956
岡部慶三等訳「組織のなかの人間」 創元新社, 1969

4.6 非公的組織および組織風土のインパクト

(1) 非公的組織の発達と組織行動への影響

[61] Cartwright & Lippitt, "Group dynamics and the individual",
International Journal of Group Psychotherapy, Vol.7, pp. 86-
102, January 1957

[62] Cartwright, D. and Zander, A., "Group Dynamics", (3rd ed.) Harper
& Row, 1968

[63] Hampton, D.R., Summer, C.E & Webber, R.A., "Organizational Behavior
and Practices of Management", Scott, Foresman and Company, 1968

[64] Katz, F.E., "Explaining informal groups in complex organizations:
The case for autonomy in structure", Administrative Science
Quarterly, Vol.10, No.2, pp.204-221, September 1965

[65] Roy, D.F., "Banana time - Job satisfaction and informal interac-
tion", Human Organization, Vol.18, pp.158-168, 1960

[66] Walker, C.R. Guest, R.H. & Turner, A.N., "The Forman on the
Assembly Line", Harvard University Press, 1956

[67] Walker, C.R., "Life in the Automatic Factory", Harvard Business Review, pp.111-119, Jan.-Feb. 1958

〔2〕 組織風土の組織行動に与える影響

[68] Campbell, J.P., Dunnette, M.D., Lawler, E.E. III, & Weick, K.E., Jr., "Managerial Behavior, Performance and Effectiveness", McGraw-Hill, 1970

[69] Dieterly, D. & Schneider, B., "The effect of organizational environment on perceived power and climate: A laboratory study", Organizational Behavior and Human Performance, pp. 316-337, 1974

[70] Forhand, G.A. & Gilmer, B.H., "Environmental variation in studies of organizational behavior", Psychological Bulletin, pp. 361-382, 1964

[71] Friedlander, F. & Margulies, N., "Multiple inputs of organizational climate and individual value system upon job satisfaction", Personnel Psychology, Vol.22 pp. 171-183, 1969

[72] George, J.R. & Bishop, L.K., "Relationship of organizational structure and teacher personality characteristics to organizational climate", Administrative Science Quarterly, pp.467-475, 1971

[73] Hellriegel, D. & Slocum, J.W., Jr., "Organizational climate: Measures, research and contingencies", Academy of Management Journal, pp.255-280, 1974

[74] James, L.R. & Jones, A.P., "Organizational climate: A review of theory and research", Psychological Bulletin, pp. 1096-1112, 1974

[75] Likert, R.A., "The Human Organization", McGraw-Hill, 1967

[76] Litwin, G.H. & Stringer, R.A., Jr., "Motivation and Organizational Climate", Harvard University, 1968

[77] Pace C.R. & Stern G.G., "An approach to the measurement of

- psychological characteristics of college environment",
Journal of Educational Psychology, Vol.49, pp.269-277, 1958
- [78] Payne, R.L. and Paugh, D.S., "Organization structure and organizational climate", in Dunnette, M.D. (Ed.), Handbook of Industrial-organizational Psychology, Rand McNally, 1975
- [79] Pritchard, R.D. & Karasick, B.W., "The effects of organizational climate on managerial job performance and job satisfaction", Organizational Behavior and Human Performance, pp.126-146, 1973
- [80] Schneider, B., "The perception of organizational climate: The customer's view", Journal of Applied Psychology, pp. 248-256, 1973
- [81] Schneider, B., "Organizational climate: Individual preferences and organizational realities revisited", Journal of Applied Psychology, pp. 459-465, 1975
- [82] Tagiuri, R. and Litwin, G.H. (ed.), "Organizational Climate: Exploration of a Concept", Harvard University, 1968

(3) 組織行動への文化的要因の影響

- [83] Barrett, G.V. and Bass, B.M., "Comparative survey of managerial attitudes and behavior", in Boddewyn, J. (ed.), Comparative Management: Teaching, Research and Training, New York: Graduate School of Business Administration, 1970
- [84] Negandhi, A.R. & Estafen, B.D., "Comparative Management", Appletion - Century - Crafts, 1971
- [85] Negandhi, A.R., "Modern Organization Theory: Contextual, Environmental, & Socio-cultural Variables, Part III Socio-cultural Variables", Kent State University Press, 1969
- [86] 十時厳周, 「組織現象と国際比較: マクロ組織論の構想」, 組織科学, Vol.11, No.1 pp.2-11, 1977

(4) 日本的経営組織について

- [87] Abegglen, J.C., "Japanese Factory : Aspects of Its Social Organization", MIT, 1958
占部都美・森義昭訳「日本の経営」ダイヤモンド社, 1958
- [88] Abegglen, J.C., "Management and Worker: Japanese Solution", 1973
占部都美訳「日本の経営から何を学ぶか」ダイヤモンド社, 1974 上著の新版
- [89] 岩田龍子 「日本の経営の編成原理」 文真堂, 1977
- [90] 津田真澄 「日本の経営の擁護」 東洋経済新報社, 1976
- [91] 津田真澄 「日本の経営の論理」 中央経済社, 1972
- [92] 間 宏 「日本の経営の系譜」 日本能率協会, 1963
- [93] 間 宏 「日本の経営：集団主義の功罪」 日本経済新聞社, 1971
- [94] Van Zandt, H.F., "Japanese culture and the business boom",
Foreign Affair, Jan. 1970
- [95] Levin, S.B., "Industrial Relations in Postward Japan", University
of Illinois Press, 1958
藤林敬三・川田寿訳「日本の労使関係」ダイヤモンド社, 1959

4.7 組織におけるコンフリクト

- [96] Belasco, J.A. & Alutto, J.A., "Line staff conflicts: some
empirical insights", Academy of Management Journal, vol.
12, No.4, pp. 469-477, 1969
- [97] Berne, E., "Games People Play", Grove Press, 1964
- [98] Dalton, M., "Conflicts between staff and line managerial officers",
American Sociological Review, Vol.15, pp. 342-351. June 1950.
- [99] Dutton, J.M. and Walton, R.E., "Interdepartmental conflict and
cooperation: two contrasting studies", Human Organization,
pp. 207-220, 1962
- [100] Leavitt, H., "Frustration: The roadblock", in Leavitt, H.,
Managerial Psychology, The University of Chicago Press, 1964
Mechanic, D., "Sources of power of lower participants in
complex organizations", Administrative Science Quarterly

Vol.7, No.3, pp. 349-364, December 1962

[102] Miller, D.C. & Shull, F.A., Jr., "The prediction of administrative role conflict resolutions", Administrative Science Quarterly, Vol.7, No.2, pp. 143-160, 1970

[103] Strauss, G., "Tactics of lateral relationships: The purchasing agent", Administrative Science Quarterly, Vol.7, No.2, pp. 161-186, September 1962

[104] Walton, R.E. & Dutton J.M., "The management of interdepartmental conflict: a model and review", Administrative Science Quarterly, Vol.14, No.1, pp. 73-84, 1969

[105] Webber, R.A., "Innovation and conflict in industrial engineering", The Journal of Industrial Engineering, May 1967

第5章 組織変革のプロセス

キーワード

イノベーション (innovation), 組織変革 (organization change), イノベーション特性 (innovation attributes), イノベーションタイプ (types of innovations), 変革への抵抗 (resistance to change), イノベーション・コンフリクト (innovation conflict), 参加 (participation), イノベーション導入定着過程 (integration process of innovation), 変革推進者 (change agent), 顧客 (client), 革新者 (innovator), ゲートキーパー (gate keeper), パワーエリート (power elite), イノベーション意思決定過程 (innovation decision process), 協同的イノベーション意思決定 (collective innovation decision), 権威的イノベーション意思決定 (authoritative innovation decision), 非定型イノベーション (non-programmed innovation), 計画的変革 (planned change), 組織開発 (organization development), 計画的変革技法 (techniques of planned change)

目 標

組織体におけるイノベーションの導入及びその過程に関して必要と考えられる諸概念及び用語について解説する。その内容及び教育方法は単にイノベーションの理論を理解させるだけにとどまらず、実際の企業の活動、特にコンピュータ、ORの活動に有効に活用しえる知識とその理解を研修生に与えることを目的とする。具体的には次の内容に重点をおいて解説する。

- ① イノベーションの諸理論のうち、組織体内においてなされるイノベーション活動の行動科学的側面の理論に重点を置く。
- ② イノベーションの個々の事象についてだけでなく、その動的過程のメカニズムについても研修生に理解させる。
- ③ 諸概念の説明においては、コンピュータおよびORに関する実際の事例を多くとり入れ、研修生に具体的イメージをもたせるように努める。

内 容

5.1 組織体におけるイノベーション

(1) イノベーションの概念

まずイノベーションの概念について解説する。イノベーションに関する研究は、社会科学の

諸分野でそれぞれ独自に発達してきた概念の集積である為、その概念には種々の見解が存在している〔37〕〔5〕。ここではイノベーションの採用に伴う組織変革の問題を中心にとりあげて解説する。この目的にあったイノベーションの概念規定及び内容を研修生に紹介する。K. ナイト〔15〕, E. ロジャース〔23〕, G. ザルツマン他〔37〕等による概念規定が参考になる。イノベーション (innovation) とは、ここでは「採用する個人又は組織体にとって新しいものと認知されたアイディア、製品、プロジェクト、業務」と定義する。

(2) イノベーションのタイプ

イノベーションのタイプについて具体的に解説する。組織体におけるイノベーションには様々なタイプのイノベーションが存在しており、まずそれを整理分類して、タイプ毎にイノベーションの特徴、問題点について研修生に解説することが大切である。その分類基準は研究者により異なるが、ここでは次のK. ナイト〔15〕とG. ザルツマン〔37〕の分類になるイノベーション・タイプを採用し解説する。

- ① 製品・サービスのイノベーション
- ② 生産工程および業務手順のイノベーション
- ③ 組織構造のイノベーション

課業構造、意思決定構造、コミュニケーション・システム・・・

- ④ 人的側面のイノベーション

態度変容、人事移動

- ⑤ 政策のイノベーション

これらのイノベーション・タイプについて解説するときに、適切な具体例をそえることが望ましい。これらイノベーション導入による組織変革は通常他のタイプのイノベーションをも同時に引き起す。その相互関連が研修生にわかるように説明することが大切である。

イノベーション・タイプの他の分類方法ならびに具体的な事例に関しては参考の補足説明を参照のこと。

(3) イノベーションの特性

組織体へのイノベーションの導入定着には、そのイノベーションの特性が大きく影響する。それぞれの特性の内容とイノベーションの実施度や採用率等の関係について具体的に解説する。この特性項目としてはG. ザルツマン〔37〕が整理した次のものがある。但しこのリストは研究者によって異なり、G. ザルツマンのこのリストも完全なものではない。

- ① 経済コスト
- ② 社会コスト
- ③ 投資への見返り

- ④ 効 率
- ⑤ リスクと不確実性
- ⑥ 伝達性
- ⑦ 結果の明確性
- ⑧ 適合性
- ⑨ 普及力
- ⑩ 複雑性
- ⑪ 認知された相対的有利性
- ⑫ 示威性
- ⑬ タイミング
- ⑭ 可逆性
- ⑮ 可分性
- ⑯ コミットメントの度合
- ⑰ 対人関係への影響度
- ⑱ 公共性
- ⑲ ゲート・キーパーの人数
- ⑳ 継続・修正への懐疑
- ㉑ ゲート路の容量

上記の項目すべてについて解説する必要はない。しかしこの項目のリスト全体を研修生に提示する事は大切である。なぜなら、この特性要因の一覧表はこれから導入しようとするイノベーションを評価する為のチェックリストとして利用することが可能であり、イノベーションの導入に伴う種々のトラブルを予測する道具として実際に利用できるからである。時間的余裕があれば、演習のところで研修生に特性要因リストを工夫して自作させたり、特性要因リストを用いて、実際のイノベーションを評価させることが望ましい。

5.2 イノベーション導入の人間の側面

(1) イノベーション導入活動に従事する人々

イノベーションの導入定着過程において、大きな役割を演じたり、変化の影響を受ける人々に関して、その役割及び彼等の間にみられる相互作用について解説する。

(a) 機能的分類

次の人々について定義し、彼等の役割について説明する。このなかで変革推進者の役割の重要性について強調することが大切である。変革推進者及び革新者については参考で詳しく

解説する。

① 変革推進者 (change agent)

イノベーションの導入を中心になって行う人又はグループをいう。これは外部変革推進者と内部変革推進者とにわけられる。両者の果たす機能は一般には異なる。

② 顧客 (client)

イノベーションの結果を利用したり、その利益にあずかるマネジメント又は組織体をいう。顧客の態度はイノベーションの採用に大きな影響を及ぼす。

③ ゲート・キーパー (gate keeper)

イノベーションの導入経路上に位置し、その導入に大きな影響力を有するマネジメントをいう。

④ 中継者 (linkage person)

変革推進者と顧客又はパワー・エリートとの間に立って、両者をうまく結合させるマネジメント又はスタッフをいう。

⑤ パワー・エリート (power elite)

イノベーション採用の可否についての意思決定に大きな権限を有するトップマネジメントをいう。

⑥ 革新者 (innovation)

新しいアイディアを最初に採用し、その試行をおこなう人をいう。組織内に普及、伝播を図ろうとする時、彼は変革推進者となる。

(b) 地位別分類

組織体においては、その階層構造における地位、権限が人々の行動様式を規制し、イノベーションの導入にも大きく影響する。次に示す各レベルのマネジメントの権限、役割について解説する。J. ボワァーとJ. セファート^[8]の研究が参考になる。

① トップ・マネジメント

② ミドル・マネジメント

③ ローワー・マネジメント

④ 研究開発担当スタッフ

(c) 関係者間の相互作用

イノベーション導入にみられる上述の関係者間で展開される相互作用について、簡単な図式でもって解説する。研修生に具体的なイメージをもたせる事が大切である。そしてリーダーシップ、役割期待、影響力等の社会心理学の概念を用いて、その相互作用の機構を解説する。

(2) 変化への抵抗

イノベーション導入において、多くの場合、個人及び組織体から変化への抵抗(resistance to change)を生ずる。この変化への抵抗をうまく解決しえるかどうかが成功・失敗の鍵となる。このことを研修生に特に強調することが必要である。変化への抵抗については更に、参考で具体的に解説する。

(a) 抵抗のメカニズム

個人及び組織体による変化への抵抗のメカニズムについて解説する。図5-1は個人の抵抗のメカニズムについてのG. ザルツマン他^[37]による概念モデルである。抵抗の原因となる諸項目についてはG. ワトソン^[34]のまとめが参考になる。

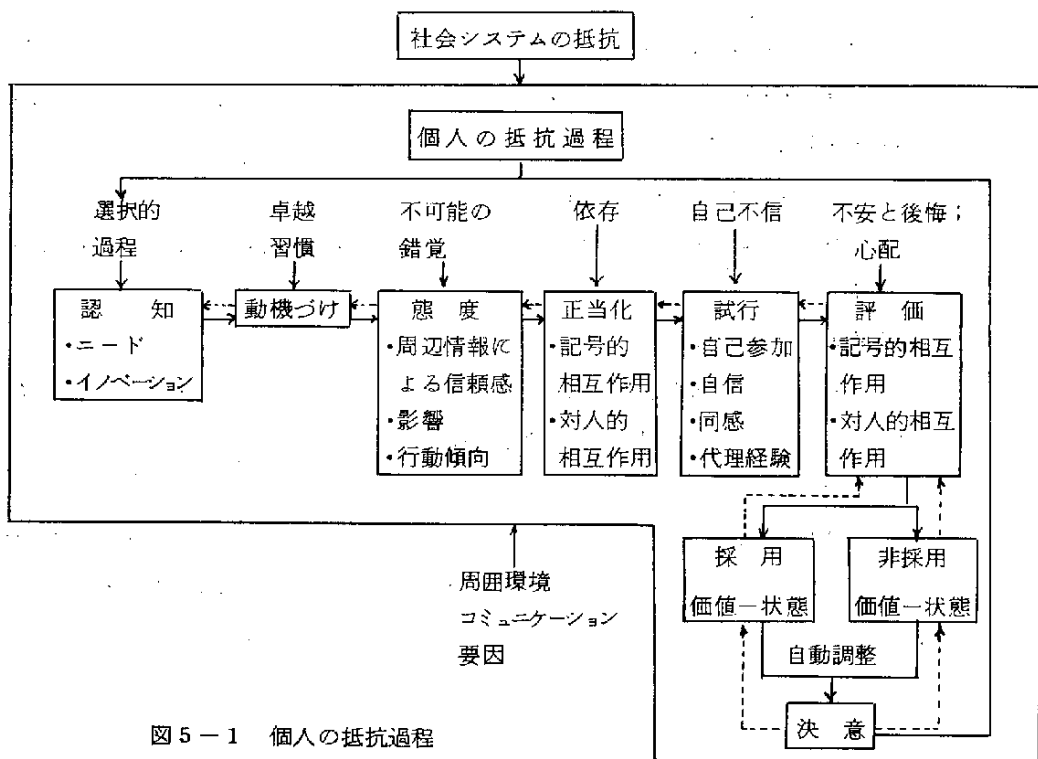


図5-1 個人の抵抗過程

(出典：G. ザルツマン他，文献〔37〕p.95)

(b) 抵抗への対策

まず変化への抵抗によってもたらされるイノベーション阻害の内容について解説する。次に変化への抵抗に対する対策について解説する。これについてはG. ワトソン^[34]が次の4項目(13要因)についてまとめている。

- ① 変革の主体についての主観的認知
- ② 変革の内容

③ 変革導入の手続き

④ 変革に対する奮意

(3) イノベーションとコンフリクト

イノベーションの導入・実施にともない生ずる変革推進者及び顧客等のコンフリクトについて解説する。

(a) コンフリクトの概念

イノベーション・コンフリクト (innovation conflict) とは「個人ないし集団が、主体内部の状態や外部環境からの影響によってイノベーションの代替行動の選択に困難を経験する状態」と一般的に定義することができる。変革にともなうコンフリクトは心理学においては役割概念と結びつけて論じられることが多い〔17〕。次の3つの概念について説明をおこなう。

① 役割期待

② 役割あいまいさ

③ 役割コンフリクト

F・ルーサンス〔17〕が示したコンフリクトについての近代の見解である4つの基本的前提は非常に大切であるので研修生によく理解させる。

- ・ コンフリクトは変革導入において不可避である。
- ・ コンフリクトの原因は全体の状況のなかで見いだされる。
- ・ コンフリクトは変革における主要な要因である。
- ・ コンフリクトは組織体にとってプラスの効果をもたらすこともある。

(b) コンフリクトのタイプ

階層構造を有する組織体において特に重要なコンフリクトに焦点をあてて解説する。ここでは次の3つのタイプについて説明する。

① 階層間コンフリクト

② システム間コンフリクト

③ 変革コンフリクト

(c) 関係者のコンフリクト

イノベーション導入に主要な役割を演じる者のコンフリクトについて解説する。

① 変革推進者のコンフリクト

② マネジメントのコンフリクト

③ 顧客のコンフリクト

コンフリクト全般については文献〔14〕が参考になる。コンピュータ導入に関しては文献〔18〕に詳しい。MIS導入において生じるコンフリクトとその影響については文献〔1〕が

参考になる。

5.3 イノベーションの導入定着過程

(1) イノベーションの導入定着過程

前節まではイノベーションのイベントの側面を中心に解説した。この節ではプロセスの側面を中心に解説する。ここではイノベーションの導入定着過程(integration process of innovation)の全体的図式を研修生に理解させると共に、その導入定着過程の諸段階でどのような現象が生じし、どのような問題が生じるかを理解させる。この節で紹介する諸概念は次節でも利用するので、その関連に注意して説明を行うことが必要である。

(a) 導入定着過程に関する研究

イノベーションの動的過程に関する研究はいまだ発展の途上にある。従ってここではこれまでに提唱されてきたそれぞれの研究者の概念モデルを紹介することにより、動的過程の概念の解説をする。それぞれの概念の基本的思想を研修生に理解させることが大切である。それぞれのモデルを比較して紹介するとこの理解が容易となる。

① イノベーション一般

- ・ G. ザルツマン他のモデル [37]
- ・ W. ベニスのモデル [2]
- ・ E. シャインのモデル [29]
- ・ E. ロジャーとF. シュウメーカーのモデル [24]

② OR, コンピュータ

- ・ E. マンフォードとA. ペティグラーのモデル [18]
- ・ A. ルービンスタイン他のモデル [26]
- ・ N. ベイカーのモデル [26]
- ・ I. ヴァーティンスキーとR. バースのモデル [33]

(b) 導入定着過程のフェーズ

イノベーションの導入定着過程のフェーズの概念について解説する。この概念は動的プロセスを理解する鍵となるものである。下記に示すフェーズを意識し、時間的要素の役割の重要性を特に強調する。フェーズ区分の仕方は研究者により、又目的により異なる。これまでに紹介されているもののうち代表的なものとして以下のものがあげられる。

① イノベーション一般

- ・ G. ザルツマン他のフェーズ区分 [37]
- ・ E. ロジャーとF. シュウメーカーのフェーズ区分 [24]

- ・ J. ヘイグとM. エイキンのフェーズ区分^[10]
- ② OR; コンピュータ
 - ・ R. ヘドレーのフェーズ区分^[11]
 - ・ A. ルービンスタインとJ. マッコリーのフェーズ区分^[25]
 - ・ M. ラドナーとR. ニールのフェーズ区分^[22]

具体例としてE. ロジャースとF. シュウメーカーのフェーズ区分を次に示しておく。

I. 知識フェーズ

イノベーションの存在およびその内容について何等かの関心をもつ段階

II. 説得フェーズ

イノベーションの効用を説き、その採用を意思決定者にうながす段階

III. 意思決定フェーズ

イノベーションの採用又は非採用に至る一連の具体的選択の意思決定をおこなう段階

IV. 確認フェーズ

採用されたイノベーションの結果を評価し、効用を確認する段階

図5-2はこのフェーズ区分を用いてイノベーションの意思決定プロセスを概念化したR.

ロジャースとF. シュウメーカーのモデルである。

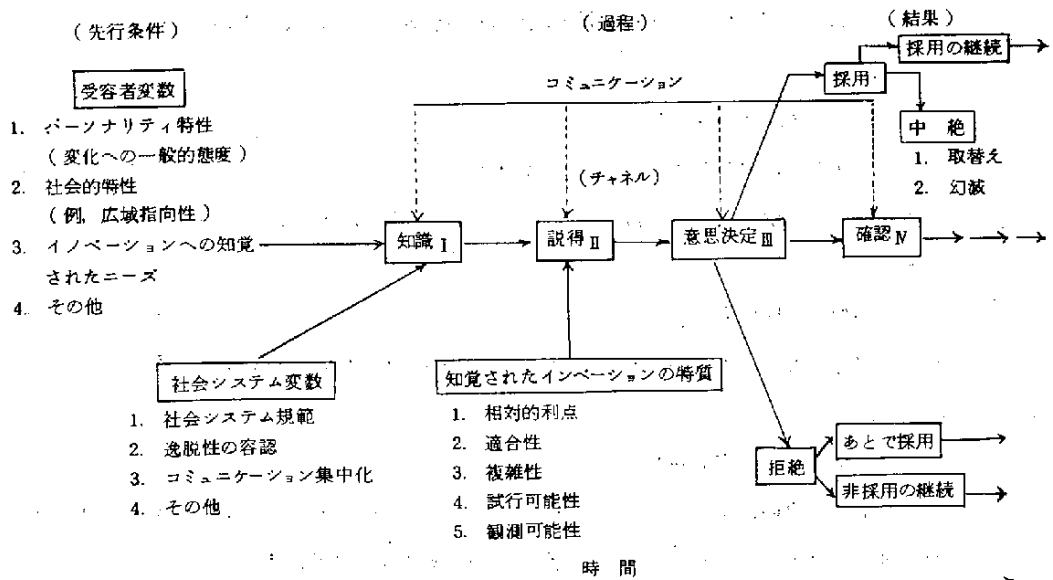


図5-2 イノベーションの意思決定過程

(出典: E. ロジャースとF. シュウメーカー, 文献[24] p.102)

(2) イノベーションと意思決定

イノベーション導入に関してなされる意思決定の特徴と内容について解説する。その意思決定の内容は、イノベーション・タイプや参加の形態の違いにより大きく変わってくる。意思決定における参加の重要性とその限界について研修生に特に理解させることが大切である。

(a) イノベーションの意思決定

イノベーションの意思決定 (innovation decision) の特徴と問題点について解説する。K. ナイト [15] はイノベーションを次のように分類している。それぞれのタイプにおける意思決定の違いについて適切な例を用いて説明する。

- ・ 定型イノベーション (programmed innovation)
- ・ 非定型イノベーション (non-programmed innovation)
 - ・ スラック・イノベーション (slack innovation)
 - ・ ディストレス・イノベーション (distress innovation)

(b) イノベーションと参加

イノベーションにおける参加 (participation) は非常に大切である。ここでは、イノベーションの意思決定への参加形態の特徴について解説する。参加形態については E. ロジャーと F. シュウメーカー [24] が次のように分類している。

- ・ 協同的イノベーション意思決定 (collective innovation decision)
- ・ 権威的イノベーション意思決定 (authoritative innovation decision)
 - ・ 参加的アプローチ
 - ・ 専制的アプローチ

これらの意思決定の参加形態について、次の2点に重点をおいて説明する。特に参加形態がイノベーション採用の成功・失敗とどのような関係にあるかを研修生に考えさせることが大切である。

① 参加形態と採用度

参加形態により、イノベーションの採用率、採用速度等がどのように違うかについて説明する。

② 参加形態と導入定着過程

参加形態の違いにより、イノベーション導入の各フェーズにおける関係者の役割、コンフリクト、コミュニケーション等がどのように異なるかを説明する。

5.4 計画的変革

(1) 計画的変革の概念

計画的変革の基本的概念は行動科学における諸成果をそのうちに含んでおり、又それを前提

としている。組織開発の概念とも密接な関係にある。従ってそれらの知識を事前に予備知識として研修生に与えておくことが必要である。ここでは以下の内容について解説を行う。

(a) 行動科学の概念

行動科学の内容は多岐にわたり、統一された理論体系というものはいまだない。ここでは次に示す代表的な行動科学者の理論^{〔28〕}を紹介し、行動科学における基本的概念を研修生に理解させる。

① D. マグレガー

X理論・Y理論

② A. マズロー

欲求の階層構造

③ F. ハーズバーグ

満足要因と不満要因

④ R. リカート

連結ピン、支持的関係

⑤ C. アージリス

混合モデル、個人目標と組織目標の統合

⑥ R. ブレークとJ. モートン

マネジリアル・グリッド

(b) 組織開発

① 組織開発の概念

組織開発の目的は、効率的、健康的な組織をつくることにある。この組織の理想像については参考で更に説明をする。組織開発(organization development)の概念の解説には次の5つの内容^{〔6〕}を含むことが必要である。

① 計画的であること

② 組織全体にかかわること

③ トップが管理すること

④ ⑤をつうじて組織の効率と健康を増進すること

⑤ 行動科学的知識を駆使して、組織の“働き”に計画的に介入すること

② 組織開発における技法

組織開発においてこれまでに紹介されている次の技法について解説する。

① チームづくり

② グループ間のコンフリクト処理

- ㊦ 特定テーマの討議・討論
- ㊧ 目標による管理の効果的展開
- ㊨ ファミリー・トレーニング
- ㊩ 目標設定と計画立案
- ㊪ 人間の能力育成開発

後述の計画的変革の技法と重複するものが多い。ここではその技法の基本的概念を理解させることに重点をおく。

(c) 計画的変革

計画的変革の基本的概念について解説する。

① 計画的変革の基礎概念

計画的変革(planned change)の概念には基本的に次の4つの要素が含まれている。この事を研修生によく理解させることが大切である。

- ㊫ 変革推進者
- ㊬ 顧客
- ㊭ 協調的關係
- ㊮ 行動科学の活用

図5-3はこれらの要因を取り入れたH・ピーター〔2〕による計画的変革の概念図である。

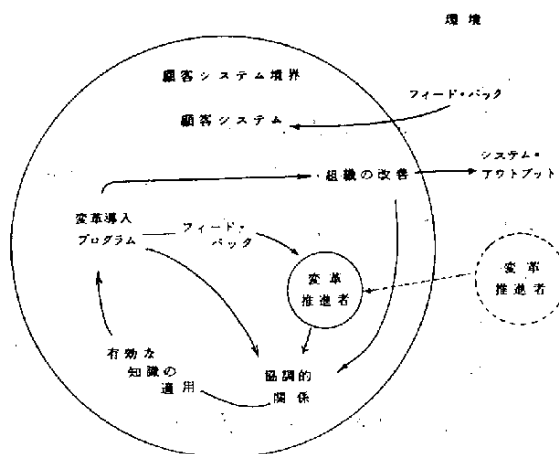


図5-3 計画的変革の概念モデル

(出典: W. ベニス, 文献〔2〕 p. 16)

計画的変革の概念を理解させる上で、伝統的な変革概念との比較は有効な方法である。これにはW. ベニス〔3〕による伝統的変革プログラムのそれまでの8つのアプローチについて

での批判が参考になる。

② 計画的変革の概念モデル

計画的変革のなかにもいくつかの異なるアプローチがある。それぞれのモデル及びその特徴について解説する。W. ペニスはこれまでの計画的変革のアプローチを整理して次の3つのタイプにまとめている^[4]。

- ・ 平衡モデル
- ・ 有機的モデル
- ・ 開発モデル

(2) 計画的変革の手続

ここでは計画的変革を行うための具体的手続について解説する。この節の内容は特に重要なので参考の節で更に詳しく解説を加えておく。

(a) 計画的変革の手続の概要

次の3つの内容について解説をする。

① 問題の診断

顧客の性質、顧客が悶着を起している過程、問題の性質等の問題について、変革推進者がおこなうべき診断内容について説明する。

② 顧客の動機づけ

顧客に変革を導入させる際の、顧客の動機づけの問題について説明する。5.2の(2)節の変化への抵抗の内容がここで参考になるので、研修生にその点を指摘しておくことが必要である。

③ 組織変革の計画と統制

診断の結果をもとにつくられる組織変革の具体的推進計画とその管理・統制のあり方について説明する。

(b) 計画的変革の導入プロセス

計画的変革の導入過程のフェーズについてまず定義をおこない、次に各フェーズにおいてみられる問題の性質、変革推進者の役割、変革推進者と顧客の協力のあり方等について解説する。計画的変革過程のフェーズ分けとしては、R. リピット他^[16]による次の7つのフェーズ分けがある。

- I. 変革要求の発展のフェーズ
- II. 変革関係の確立のフェーズ
- III. 顧客システムのもつ問題の明確化あるいは診断のフェーズ
- IV. 代替的な目標および手段の検討のフェーズ

V. 意図及び現実の変革努力への変換のフェーズ

VI. 変革の普及と定着のフェーズ

VII. 最終関係の達成のフェーズ

(3) 計画的変革の諸技法

計画的変革の導入・実施には、その為の教育、訓練が大きな役割を演じる。その教育・訓練に用いられる計画的変革の技法のうち、代表的なものをいくつか選んで解説する。

(a) 計画的変革技法の特徴

計画的変革の技法 (techniques of planned change) に共通する特徴およびその基本的思想についてあらかじめ研修生に十分理解させておくことが大切である。なぜなら計画的変革技法については多くの誤解が現在もなお存在しているからである。決して諸技法の効用のみを強調してはならない。W. ベニス^[3]は次の特徴を指摘している。

- ① 使用されるプログラムが多様である。
- ② トップマネジメントや親会社の協力を必要とする。
- ③ 組織体を、個人の集合体としてではなく、システムそのものとして把握する。
- ④ プログラムの内容は、個人からグループ、グループ相互間、そして組織体全体へと段階的に発展していく。
- ⑤ プログラムの内容は、知性的なものと感情的なものの両方を含んでいる。

(b) 計画的変革の諸技法

計画的変革の技法と用いられるものとして稲葉^[12]は次の6つをあげている。これら各技法について具体的に解説する。

- ① チーム開発の技法
 - ・ グリッド・アプローチ
 - ・ アクション・リサーチ
 - ・ ファミリー・チーム
 - ・ 職能別チーム
- ② 部門間コンフリクト解消の技法
 - ・ ラボラトリー・アプローチ
 - ・ 対決ミーティング
 - ・ 組織ミラー
- ③ 組織改善技法
 - ・ 職務充実

・ ソシオ・テクニアル・アプローチ

④ 調査フィードバック技法

⑤ プロセス・コンサルティング

⑥ 教育と訓練

指導上の留意点

- (1) イノベーション理論の基本的概念について理解させる。特に計画的変革の概念は人間性に対する行動科学の新しい価値観を前提としているので、その基本的概念についてはっきりと研修生に理解させることが大切である。
- (2) 計画的変革の一部の技法については、そのアプローチの効果を疑問視したり、アプローチそのものに批判的な人も少なくない。その技法の説明においては、その基礎になっている考え方や、技法の用い方及び効用の限界についても十分に時間をさくことが必要である。
- (3) 実際の企業の活動の場において、イノベーションの理論及びその知識が生かされるように努めなければならない。しかし実際のイノベーションの現象は、これまでに作りあげられた理論に比して、はるかに複雑である。従ってノーハウ的な知識の提供は実用上あまり役にはたさない。講義担当者は、実例やケースを用意し、研修生みずから考えさせる工夫をすることが必要である。
- (4) 情報処理技術者育成の為の教育コースであるから、講義資料に用いる実例やケースはコンピュータ、MIS、ORに関連したものが望ましい。しかし行動科学的側面から研究した資料はその数がまだ少なく、かつその大部分は英文である。その為講義担当者は事前に十分な用意をしておく必要がある。
- (5) ケース・スタディによる演習を行う場合は、グループ制による討論形式を採用することが望ましい。そして研修生のなかから、いろいろな問題提起させることが大切である。問題点の抽出や、要因の整理等については、グループでKJ法を利用する等もひとつの方法であろう。

参 考

1. 演習について

内容におけるイノベーションに関する知識をもとに、イノベーションの実際のケースを用いて、ケース・スタディをおこなう。イノベーションの実際の現象は、イノベーションの理論よりも研修生にイノベーション導入の過程における諸問題を検討させると共に、成功裡にイノベーションを導入する為の方策を検討させる。検討においてはグループ討論形式をとり入れることが望ましい。課題として用いるケースは講義担当者が適切なものを、十分な計画のもとに用意し作成する

事が必要である。そのケース作成の参考資料（具体的なケースを扱っている文献）としては次のものが役立つ。なお、課題訓練のやり方については、第6章6.2参照のこと。

① 組織変革一般

- ・ R. ベックハートの著作〔6〕

② コンピュータ

- ・ E. マンフォードと A. ビティグレーの著作〔18〕
- ・ R. ヘドレーの論文〔11〕
- ・ F. ウィンガトンの著作〔35〕

③ OR

- ・ 根本の論文〔19〕
- ・ C. ギブソンの論文〔30〕

2. イノベーションについての補足説明

(1) イノベーションのタイプ

現実のイノベーションはその内容が複雑で、いろいろな要因がそのうちに含まれている。何らかの基準で概念的にこれを整理、分類することが必要である。分類の仕方は研究者によってもまちまちであり、講義の目的にそった分類法を採用することが必要となる。これまでの代表的なイノベーションの分類について G. ザルツマン他〔37〕がまとめている。これを示したのが図5-4であり、それぞれの内容については同書に詳しい。又コンピュータのイノベーションに関しての具体的事例としては、F. ウィンガトン〔35〕、J. オブライエン〔20〕、R. ヘドレー〔11〕等の著作の事例のうちから、適切なものを選び、講義資料として用いることができる。

(2) イノベーションの採用者

イノベーションをいつ採用するかは、採用者の特性に影響される。この採用者の特性に関する知識はイノベーションの導入をすすめる上で役立つ。イノベーション一般に関しては E. ロジャース〔23〕の採用者カテゴリーがあり、又 OR 活動については、H. ルービンシュタイン他〔27〕の研究がある。そして、OR のイノベーションの導入定着の各フェーズにおいて、どのような資質が変革推進者に必要とされるかについては川瀬・根本〔13〕の研究がある。

(a) 採用者カテゴリー

イノベーション採用者に関する理念型として、E・ロジャースは次の五つのタイプを提唱している。これはマーケティング、イノベーションの論文に広く引用されている。

A. システムの状態別のイノベーション・タイプ

- | | | |
|-------------------|---|--------------|
| 1. 定型イノベーション | } | K. ナイト(1967) |
| 2. 非定型イノベーション | | |
| (a) スラックイノベーション | | |
| (b) ディストレスイノベーション | | |
- J. サイアートと
R. マーチ(1963)

B. 発生経過別のイノベーション・タイプ

- | | | | | | |
|--------------------|---|--------------------|-------------------|---|------------------------|
| 1. 技術イノベーション | } | G. ダルトン他
(1968) | (a) 目標
イノベーション | } | J. グロス
マン
(1970) |
| 2. 価値中心的イノベーション | | | | | |
| 3. 構造的(管理的)イノベーション | | | | | |
| 1. 製品・サービスイノベーション | } | K. ナイト
(1967) | (b) 手段
イノベーション | | |
| 2. 生産工程イノベーション | | | | | |
| 3. 組織構造イノベーション | | | | | |
| 4. 人イノベーション | | | | | |

C. 結果、効果別のイノベーション・タイプ

- | | | | | | |
|------------------|---|---------------|--------|---|--------------------------|
| 1. 業績画期性 | } | K. ナイト(1967) | 1. 大規模 | } | E. ハーベイと
R. ミルズ(1970) |
| 2. 構造画期性 | | | 2. 小規模 | | |
| 1. 部分的変更(小変革を含む) | } | R. ノーマン(1971) | | | |
| 2. 志向的変更(大変革を含む) | | | | | |
| (a) 組織的志向的変更 | | | | | |
| (b) 特異的志向的変更 | | | | | |
| (c) 周辺の志向的変更 | | | | | |

図5-4 イノベーション・タイプのまとめ

(出典: G. ザルツマン他, 文献〔37〕p. 31)

① 革新者

イノベーションを最初に採用する者。彼の主要な価値は投機性にある。また組織にとて逸脱的傾向を有する。

② 初期採用者

革新者に次いでイノベーションを採用する人。社会において尊敬される立場にあり、オピニオン・リーダーシップを発揮する。

③ 前期追随者

社会における平均的メンバーが採用する少し前に新しいアイデアを採用する。新しいアイデアを完全に採用するまでに慎重に行動する。

④ 後期追随者

社会における平均的メンバーが採用した後で新しいアイデアを採用する。周囲の圧力で採用にいたることが多い。

⑤ 遅滞者

イノベーションを最後に採用する者。周囲から孤立した地位にいることが多い。

E. ロジャース〔23〕は、この採用者カテゴリーと、価値観、個人的特性、コミュニケーション行動、社会関係等の関係について論じている。これをまとめたのが表5-1である。この採用者の理念型は地域社会の調査・研究より導かれたものであるが、企業という組織体においても有効であると思われる。

(b) 革新者の逸脱性

革新者が変革推進者の役割を引きうけることが実際には多い。革新者はイノベーションに素早く注目し、導入を試みるという点においては秀でているが、組織体にとって逸脱的傾向を有するという問題点がある。E. ロジャース〔23〕がこの逸脱性について論じている。OR活動においても、A. ルービンシュタイン他〔27〕により指摘されている。

(3) 変化への抵抗

イノベーションの導入をいざ実施しようとする段階に至って、顧客やマネジメントの抵抗が表面化して、イノベーションの導入が中断されるケースは少なくない。変化への抵抗の原因となる要因を整理すると、次の諸要因を指摘することができる。

① 個人的反発による抵抗

- ・ 地位・既得権の喪失の不安
- ・ 意思決定に伴うリスクの不安
- ・ 職務侵害への反発
- ・ 新しい課業に対する不安
- ・ 新しい課業の学習に伴う負担への反発
- ・ 変革推進者への不信任
- ・ 関係者の予期される不利益の補償対策の欠除への反発

② 組織変化に帰因する抵抗

- ・ インフォーマルな人間関係の破壊
- ・ 構力構造の変化

表5-1 採用者カテゴリーの合成図

採用者 カテゴリー	顕著な価値	個人的特性	コミュニケーション行動	社会関係
革新者	「投機」；危険を進んでうけいれる	もっとも若い年代；もっとも高い社会的地位；最大の規模の、そしてもっとも専門化した経営；富裕	科学的な情報源との頻繁な接触；他の革新者との相互作用；インパーソナルな情報源の比較的大規模な使用	ある程度のオピニオン・リーダーシップ；非常に広域志向的
初期採用者	「尊敬」；社会体系におけるたくさんの人びとによって、役割モデルとしてとらえられる	高い社会的地位；大規模の、そして専門化した経営	地方の普及促進者との接触がきわめて高い	ほとんどの社会体系において、どの採用者カテゴリーよりも最大のオピニオン・リーダーシップをもつ；非常に地域志向的
前期追随者	「慎重」；仲間が採用したあとで、はじめて、イノベーションについての考察をはじめる	平均的な社会的地位より上；平均的規模の経営	普及促進者と初期採用者とかなりの接触	ある程度のオピニオン・リーダーシップ
後期追随者	「懐疑」；仲間からの圧倒的な圧力が採用を生ずる前に必要	平均的な社会的地位より下；小規模経営；専門化の度合いが低い；収入が少ない	主として後期追随者あるいは前期追随者である仲間からアイディアを獲得する；マス・メディアをあまり利用しない	オピニオン・リーダーシップに乏しい
遅滞者	「伝統」；過去を志向している	専門化の度合いが低い；最低の社会的地位；最小規模の経営；最低の収入；最年長	同じような価値をもっている隣人、友人、親戚が主なる情報源	オピニオン・リーダーシップにきわめて乏しい；半孤立者

(出典：E. ロジャース，文献〔23〕 p. 125 邦訳)

- ・ 部門間の利害の対立
- ・ 上司・部下の間の利害の対立

実際のイノベーションの導入定着過程は、R. ヘドレーのケース・スタディ（表5-2）にみごとく、試行錯誤が繰返される循環過程である。そしてこの過程において、これらの抵抗の原因が複雑にからみあって生ずる。従って変化への抵抗をコミュニケーションの欠除とか、変革推進者の努力の不足というように、問題を単純化してとらえてはならない。変革推進者はイノベーションの理論に関する十分な知識と、変化の抵抗への経験と理解を持つことが必要とされる。実際のイノベーションの導入に際しては、変革推進者は次の2点に注意する事が大切である。

- ① イノベーションの導入には用意周到な計画と十分な検討期間を設け、予期される変化への抵抗に対しては十分な対策を講じておく。
- ② イノベーションは未知の要素が多く、事前の対策だけでは不十分である。変化への抵抗が表面化した時には、その抵抗をすみやかに除去する準備を整えておく。

(4) 組織の有効性

組織開発の目標は、組織の有効性を高めることにあるといえる。これまでに提唱されている組織の有効性の基準は次の4つにまとめられるとE. シェイン^[29]は指摘している。

- ① 環境への順応性
- ② 組織目標への一致感
- ③ 現実を見きわめる能力
- ④ 組織のサブシステムの統合性

このような組織の有効性を高める為に必要な組織の条件については、R. ベックハート^[6]、E. シェイン^[29]により紹介されている。次に示す4つの条件はE. シェインによるものである。

- ① 信頼性と妥当性のある方法で情報をとり入れ、かつ伝達する能力がなければならない。
- ② その情報が要求する変化をとげるだけの内部的な柔軟性と創造性がなければならない。
- ③ 組織目標に対する統合と信頼感がなければならない。というのは、そこから変化しようとする意志が生まれるからである。
- ④ 支持及び、おびやかされないといった内部的雰囲気が必要でなければならない。というのは、おびやかされると意思の疎通の基盤がくずれ、柔軟性が少なくなり、全体系への関心よりも自己防衛が先に立つようになるからである。

(5) 変革推進者

変革推進者はイノベーションの導入において重要な役割を演じる。特に計画的変革の理論のなかで中心的な位置を占めている。変革推進者とは、ここでは個人、チーム、常設のスタッフ部門をすべて含むが、それぞれの違いについてはここでは扱わない。但しそれを区別する事は実際には大切である。

(a) 変革推進者に必要な資質

変革推進者が果たすべき役割は、E. ロジャースとF. シューメーカー^[24]、W. ベニス^[3]、R. リビット^[16]等によって紹介されている。次の(6)節の“計画的変革の手続”で具体的に説明する。イノベーション導入が成功するかどうかは、変革推進者の能力や彼の採用するアプローチ等に大きく依存する。E. ロジャース他^[24]は次の項目を指摘している。

- ① 変革推進者の努力
- ② 変革推進者の顧客重視の度合
- ③ 変革推進者と顧客との同質性
- ④ 変革推進者がオピニオン・リーダーを採用する度合
- ⑤ 変革推進者の信頼性
- ⑥ 顧客の評価能力

(b) 変革推進者の採用

変革推進者として誰を採用するかということは、イノベーションを導入しようとする組織体にとって大きな問題である。組織体のかかえているいろいろな状況を考慮して、組織内から採用するか、組織外から採用するかを決定しなければならない。変革推進者は次のように分類できる。

- | | | |
|-----------|---|-----------|
| ① 内部変革推進者 | { | ・ 専門家 |
| | | ・ 組織人 |
| ② 外部変革推進者 | { | ・ 技術専門家 |
| | | ・ コンサルタント |
| | | ・ 行動科学専門家 |

外部変革推進者を採用する場合、経験、技術において優れているが、その顧客の内部事情にうとく、又協力体制づくりが難しい等の問題点がある。採用する顧客の主体性が大切である。どのような援助を求めるのかについて、顧客ははっきり決めておかなければならない。R. ベックハート^[6]は外部変革推進者との援助の契約内容として次の項目をあげている。

- ・ 長期協定
- ・ 定期診断

- ・ 企画協定
- ・ 訓練協定
- ・ 統合的組織作り
- ・ コンサルティング・チーム
- ・ 組織全体の評価
- ・ 教育指導

(c) 変革推進者の受け入れ体制

変革推進者が有効に活動できる為には、変革を導入しようとする顧客の受け入れ体制が整っていないなければならない。変革推進者の援助に影響する顧客側の要因として、R. リビット〔16〕は次の5項目をあげている。

- ① 顧客システムの性質
- ② 顧客システムの技能と過去の経験
- ③ 顧客システムの変革への準備状態
- ④ 変革過程に対する顧客の期待
- ⑤ 変革推進者との近接性

(6) 計画的変革の手続

変革推進者の採用する計画的変革の具体的手続について解説する。これについてはR. リビット他〔16〕により詳しく論じられているが、稲葉〔12〕により要領よくまとめられたものがあるので、それをここに引用して紹介する。

- ① クライアント・システムの、変化に対する要求を明らかにする。
- ② 次のような諸点に留意しつつ、チェンジ・エイジェントの援助能力を評価すること。
 - ㉠ クライアントの要求に対する彼の能力および関心のもち方。
 - ㉡ クライアント・システムとの関係における、彼の職位上の安定性。
 - ㉢ チェンジ・エイジェント・チームの各メンバー間の関係。
 - ㉣ 相異なる諸目的相互間の両立可能性。
 - ㉤ 利用可能な時間。
- ③ 次の諸点に留意しつつ、チェンジ・エイジェントとクライアント・システムとの間に効果的な関係をうちたてること。
 - ㉠ プログラムの編成および実施に際しての各々の役割。
 - ㉡ チェンジ・プログラムにおいて要求される努力の量と質に関する各々の期待
 - ㉢ 変化させうるものの内容についての制約

- ㊟ 誰がクライアントなのか、またチェンジ・エイジェントは誰とかがわりをもつのか
- ㊦ チェンジ・エイジェントが提供する援助の役割あるいは種類についての期待
- ④ 次の諸点に留意しつつ、クライアント・システムについて問題点の診断を行なうこと。
 - ㊱ 診断の際に用いられる諸概念
 - ㊲ 情報収集の進め方
 - ㊳ 診断に際してのデータの使用
 - ㊴ 当該システムのメンバーの診断能力の開発
 - ㊵ クライアント・システムの境界の設定
- ⑤ 変革目標の設定。
 - ㊶ 次の諸点に留意しつつ、変革実施計画を定式化すること。
 - ㊱ 内部システム内の諸部分の関連
 - ㊲ システムと外部との関連
 - ㊳ タイム・スケジュールの作成
 - ㊴ 計画遂行手続きの作成
 - ㊵ 計画についての再検討
 - ㊶ 実施にたずさわる人々の能力開発
 - ㊷ 計画遂行意欲の開発
 - ㊸ 次の諸点に留意しつつ、計画を実施にうつすこと。
 - ㊱ 外部システムから与えられる支援と理解との確保
 - ㊲ 以前の段階でなされた行為の結果のフィードバック
 - ㊳ 参加する各個人あるいは各集団相互間の努力の調整
- ⑧ 次の諸点に留意しつつ、変革を普遍化し、安定させること。
 - ㊱ 関連諸領域への変革の普及
 - ㊲ トータル・システムに対する変革効果の測定
 - ㊳ “後退”現象への注目
- ⑨ 次の諸点に留意しつつ、自己革新体制を制度化すること。
 - ㊱ システム構成員全体に対する問題探知能力および問題解決能力の開発
 - ㊲ 革新を促すような報酬制度の確立
 - ㊳ システム内チェンジ・エイジェントの設定

3. コンピュータ、ORのイノベーション文献の紹介

コンピュータ、ORに関する行動科学的側面に関する研究は比較的少なく、又あまり知られて

いない。その為ここでは、本章および第6章の資料として役立つと思われる著作、文献の内容について簡単に紹介する。

(1) コンピュータ関係の論文

① E. マンフォード, A. ベティグラーの著作(文献〔18〕, 1975年)

大型コンピュータの導入に伴う、様々な意思決定問題を、4社のケース・スタディーをもとに、政治学及び心理学の諸概念を駆使して体系的に分析している。特にトップマネジメント、コンピュータ専門家、ユーザー部門の三者間での合意達成の過程を、役割期待、役割あいまいさ等の役割概念を用いて詳しく分析している。

② R. ヘドレーの研究(文献〔11〕, 1970年, 邦訳あり)

この研究は、ある製造会社における10年間にわたるコンピュータ(IBM 360)の導入定着プロセスに関する詳細なケース・スタディーである。この分析には心理学的な概念的フレーム・ワークを用いている。その導入定着過程においては、探索-強化-葛藤・変化という三段階の循環サイクルが繰返して生じることを指摘している。邦訳もあり、コンピュータ導入の具体的状況を理解する資料として役立つ。表5-2はこの循環サイクルの要約である。

表5-2 コンピュータの導入定着過程

循環 サイクル		できごとの発生過程
循環 I	探 索	1956~59 組織目標の探索 — 「コンピュータの利用に踏み切ること」
	強 化	1960~62 X事業部傘下各社におけるコンピュータ・プログラムの開発
循環 II	葛藤・変化	1963~65 既存の人為的生産管理システムの利用の失敗が原因となって生じた、変化を促す葛藤と圧力
	探 索	1964~65 製造の論理の探索 — 適切な組織構造の探索
	強 化	1965 修正されたプログラム用の、情報の慎重な収集
	葛藤・変化	1965 現在の装置は、循環IIの探索過程が原因となって、負担過重になったという認識
循環 III	探 索	1965 「リアル・タイム・コンピュータ」の導入勧告を実現するためのデータ・プロセッシング問題の調査
	強 化	1965~7 マネジメント・コンピュータ・コース — プログラムの書き換え

(出典: R. ヘドレー, 文献〔11〕, p. 234 邦訳)

③ F. ウィンセントの著作(文献〔35〕, 1969年)

コンピュータの導入がもたらす具体的な組織体の変化及び影響の内容について豊富な事例を用いて解説している。そのなかで特に、作業内容の変革、マネジメント及び計画に関する変革、変革によって影響を被るマネジャー及びスタッフの問題等を取扱った各章の内容が講義の事例資料として役立つ。

④ J. オブライエンの著作(文献〔20〕, 邦訳あり)

銀行におけるコンピュータ導入の組織への具体的影響について第5章(pp.141~187, 邦訳)で紹介している。職制上の影響、人事面への影響、作業員のコンピュータに対する反発・モラルの変化等について具体的に説明している。講義の事例の資料として役立つ。

⑤ L. ウィリアムズの論文(文献〔36〕, 1967年, 邦訳あり)

システム変化に伴うマネジメントの抵抗について、その問題点と解決策を提言している。システム・アナリストは、非公式組織を重視し、参加的アプローチを採用する事の重要性を強調している。

⑥ R. シュロサーの論文(文献〔31〕, 1967年, 邦訳あり)

システム変化に伴うユーザー及びシステム・アナリストの欲求不満、葛藤について論じている。システム・アナリストは、この心理的問題に対処する為に、モチベーションの概念と学習の概念とを良く理解していなければならないと指摘している。

⑦ C. アーギリスの論文(文献〔1〕, 1971年)

MISの設計と導入においてORチームとマネジャーとの間にみられる相互不信感、ストレスについて分析している。それを克服するには、両者が互いに対人関係能力を高める事が必要であり、それには行動科学知識の活用が役立つとしている。

⑧ B. ボワーズとJ. セファートの論文(文献〔8〕, 1965年)

顧客部門の各階層のマネジメントの行動様式やその権限が、新システムの導入に及ぼす影響について分析している。そして新システムの導入定着の各フェーズにおいて、システム・アナリストがそれぞれのマネジメントとどのように協働をなすべきかについて論じている。よくまとまった論文である。

(2) OR関係の論文

⑨ A. ルービンシュタイン, M. ラドナー他(文献〔22〕,〔25〕,〔26〕,〔27〕)

ノースウェスタン大学の研究グループによる一連の研究である。彼等はOR活動に関して最も組織的な研究活動を行ってきた。その研究目標は次の2つに要約される。

① OR導入定着過程において、フェーズから次のフェーズに移る為に必要な条件を見い

出す事。

- ㊤. おのおののフェーズにおいてORグループの活動の有効性に影響する要因を抽出する事。

この為にいろいろな調査、分析がおこなわれ、一連の概念モデルが提唱されている。図5-5はこれらを総合したOR活動のモデルである。OR活動の発展に影響する大きな要因として次のものが指摘されている。

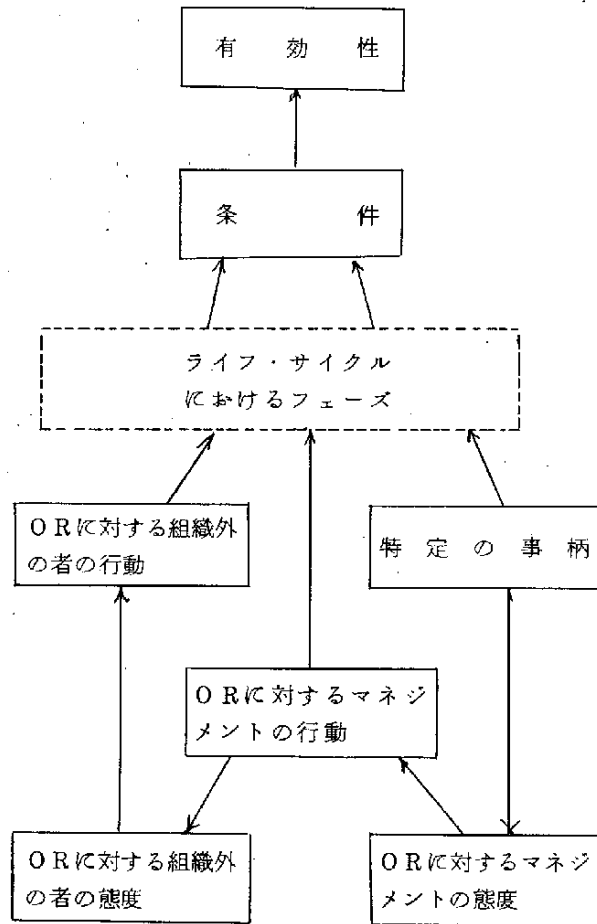


図5-5 OR活動導入の一般化モデル

(出典：M. ラドナーとN. ベイカー，文献〔26〕，p. B-510)

- ㊦ マネジメントの支持レベル
- ㊧ 顧客の受容性
- ㊨ OR/MSグループ・メンバーの組織的・技術的能力
- ㊩ OR/MSグループの組織上の位置

- ㊦ OR/MSグループとそのリーダーシップの組織への影響
- ㊧ OR/MS活動の評判
- ㊨ リソースの適切さ
- ㊩ プロジェクトの組織ニーズに対する適切さ
- ㊪ 組織内におけるOR/MS活動の反対レベル
- ㊫ 組織におけるOR/MS活動の成功レベルについての一般的認識
- ⑩ L. シュルツとD. スレビン編書(文献[30], 1973年)

OR活動の実施化に関する15編の論文を収録している。論文内容は、理論、調査研究、実験、ケース・スタディの4つの章で構成されており、OR活動の研究の概要を知る事が可能である。

- ⑪ 川瀬・根本の研究(文献[13], 1977年)

OR導入定着過程の各フェーズにおいて、ORリーダーに必要とされる諸能力の相対的重要性度を分析し、導入期では技術的能力が、過渡期、成熟期とすすむにつれ組織的能力がより大切になるという結論を導びいている。

- ⑫ 根本の研究(文献[19], 1977年)

日本の石油会社2社におけるOR導入定着過程に関する実際のケース・スタディの成功例を紹介している。そしてその2社を一定の概念的フレームワークのもとで比較分析を行ない、OR活動の望ましい導入のあり方についていくつかの提言を行っている。

- ⑬ I. ヴァーティンスキーとR. バースの研究(文献[33], 1972年)

発展途上国におけるOR活動の普及と実施化における実証的な研究である。マネジメントを中心としたイノベーション・モデルが紹介されており、そのモデルの各要因毎に分析・検討が加えられている。

参考文献

- [1] Argyris, Chris, "Management Information Systems: The Challenge to Rationality and Emotionality," Management Science, Vol. 17, No. 6, 1971, pp. B275-292.
- [2] Bennis, W. G., Organization Development: Its Nature, Origins, and Prospects, Addison-Wesley 1969
- [3] Bennis, W. G., Changing Organizations, McGraw-Hill, 1966
(幸田一男訳「組織の変革」産業能率短期大学出版部, 1968)
- [4] Bennis, W. G., "A New Role for the Behavioral Sciences: Effecting Organizational Change," Administrative Science Quarterly, Vol. 8, 1963, pp. 125-165.

- [5] Becker, S.W., and T.L. Whisler, "The Innovative Organization: A Selective View of Current Theory and Research", *Journal of Business*, Vol. 40, No. 4, 1967, pp. 462-496
- [6] Beckhard, Richard, *Organization Development: Strategies and Models*, Addison-Wesley 1969
- (高橋達男・鈴木博訳「組織づくりの戦略とモデル」産業能率短期大学出版部, 1972)
- [7] Blake, R. R., and J. S. Mouton, *Corporate Excellence through Grid Organization Development*. Houston: Gulf Publishing 1968
- (上野一郎訳「動態的組織づくり」産業能率短期大学出版部, 1969)
- [8] Bower, James B. and J. Bruce Siefert, "Human Factors in Systems Design", *Management Services*, Vol. 2, No. 6, 1965, pp. 39-50
- [9] Greiner, L. E., "Patterns of Organization Change", *Harvard Business Review*, May-June, 1967, pp. 119-130
- [10] Hage, Jerald, and Michael Aiken, *Social Change in Complex Organizations*, Random House, 1970, pp. 113
- [11] Hedley, R. A., "Organizational Objectives and Managerial Controls-A Study of Computerization", in J. Woodward, Eds., *Industrial Organization Behavior and Control*, Oxford University Press, 1970
- (R.ヘドレー, "組織の目標と経営管理——コンピュータ化の研究" J・ウッドワード編, 都築栄・宮城浩祐・風間禎三郎訳「技術と組織行動」日本能率協会, 1971)
- [12] 稲葉元吉, "組織開発論(上)とその主要内容", *組織科学* Vol. 7, No. 4, 1973, pp. 4~14
- [13] Kawase, Takeshi and Tadaaki Nemoto, "Perceived Personal Characteristics of OR/MS Leaders and the Growth of OR/MS Activity-An Empirical Study", *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 20, No. 3, 1977, pp. 243-258
- [14] Kahn, R. L., D. M. Wolfe and Others, *Organizational Stress: Studies in Role Conflict and Ambiguity*, John Wiley & Sons, 1964
- (奥田俊介・岡田充雄・篠塚真吾訳「組織のストレス(上)・(下)」産業能率短期大学出版部, 1973, pp. 204-218)
- [15] Knight, K. E., "A Descriptive Model of the Intra-Firm Innovation Process", *Journal of Business*, Vol. 40, No. 4, 1967, pp. 478-496
- [16] Lippitt, R. J. Watson, and B. Westley, *The Dynamics of Planned Change*, Harcourt,

- Bruce & World, 1958
- (伊吹山太郎訳「変革のダイナミックス」ダイヤモンド社, 1970)
- [17] Luthans, F., *Organizational Behavior*, McGraw-Hill, 1973 pp. 461-481
- [18] Mumford, E., and A. Pettigrew, *Implementing Strategic Decisions*, Longman, 1975
- [19] 根本忠明, "石油会社におけるORの導入定着過程に関するケース・スタディ," 青山経営論集 Vol. 12, №1, 1977, pp. 52-69
- [20] J・A・オブライエン著, 栗原一郎監訳『銀行のコンピュータ経営』東洋経済新報社, 1970 pp. 141-187
- [21] O'Connell, Jeremiah J., *Managing Organizational Innovation*, Richard D. Irwin, Inc., 1968
- (清水勤訳「組織をエンジニアリングする」産業能率短期大学出版部, 1970)
- [22] Radnor, Michael and Rodney D. Neal, "The Relationship between Formal Procedures for Pursuing OR/MS Activities and OR/MS Group Success", *Operations Research*, Vol. 21, №2, 1973 pp. 451-474
- [23] Rogers, E. M., *Diffusion of Innovations*, The Free Press, 1962
- (藤竹暁訳「技術革新の普及過程」培風館, 1966)
- [24] ——— and F. F. Shoemaker, *Communication of Innovations*, The Free Press, 1971
- [25] Rubenstein, Albert H., and John B. McColly, "Phases in Life Cycle of Industrial Operations Group," Department of Industrial Engineering and Management Science, Northwestern University, 1961
- [26] Rubenstein, Albert H., and John B. McColly, Michael Radnor, Norman Baker and David Heiman, "Some Organizational Factors Related to the Effectiveness of Management Science Groups in Industry," *Management Science*, Vol. 13, №8, 1967, pp. 508-518
- [27] Rubenstein, Albert H., and John B. McColly, Alden S. Bean and Michael Radnor, "Integration and Utilization of Management Science Activities in Organizations", *Operational Research Quarterly*, Vol. 19, №2, 1968, pp. 117-14
- [28] Rush, Harold M. F., *Behavioral Science, Concepts and Management Application*, National Industrial Conference Board, 1969
- (日本能率協会, N I C B 研究委員会訳「行動科学——その概念とマネジメントへの適用」日本

能率協会, 1970)

[29] Schein, E. H., *Organizational Psychology*, Prentice-Hall, 1965

(松井 夫訳「組織心理学」岩波書店, 1966)

[30] Schultz, Randall L. and Dennis P. Slevin, Eds., *Implementing Operations Research/Management Science*, American Elsevier, 1973

[31] Schlosser, Robert E., "Psychology for the Systems Analyst", in Peter P. Schoderbec, Eds., *Management Systems: A Book of Readings*, John Wiley & Sons, 1967

(穴吹義教・井上恒夫・藤沢忠・本多正久訳「マネジメント・システム」産業能率短期大学出版部, 1971, 第22章「システム・アナリストのための心理学」pp. 449-465)

[32] Utterback, J. M., "The Process of Technological Innovation Within the Firm", *Academy of Management Journal*, Vol. 14, No. 1, 1971, pp. 75-88

[33] Vertinsky, Ilan and R. T. Barth, "A Model of Diffusion and Implementation: An Exploratory Study of Managerial Implementation in Columbia", *Socio-Economic Planning Science*, Vol. 6, No. 2, 1972, pp. 153-171

[34] Watson, G., "Resistance to Change," *American Behavioral Scientist*, Vol. 14, 1971, pp. 745-766

[35] Withington, F. G., *The Real Computer: Its Influence, Uses, and Effects*, Addison-Wesley 1969

[36] L. K. ウィリアムズ, "システム変化の人間の側面" 上掲書(文献[31], 翻訳), 第20章, pp. 425-435

[37] Zaltman, G., R. Duncan and J. Holbek, *Innovation and Organizations*, John Wiley & Sons, 1973

第6章 情報処理における人間的諸問題

キーワード

人間的問題(human factors in data processing field), 情報処理部門の特質(features of data processing division), 課題訓練のやり方(method of case-training), グループ内組織(group organization for case-training), 輪講のやり方(reading assignment), 事例紹介のやり方(case presentation)

目 標

前章までに解説してきた事柄と、情報処理の実務とを、具体的に結びつけて理解させ、実際の場面で、その知識を役立たせられるようにすることである。

勿論、さらに学ぶべきことが沢山あり、ここまで学んだことは、ほんの入口にすぎないことも自覚させる。そのためには、人間的な事に対する関心、すなわち人間を大切にするという態度を養い保つようにしむけることが大切である。

情報処理システムは、他の技術以上に日常人間に積極的に関係を持ち、働きかけてくるものである。だから、情報処理では一見コンピュータが主役であるような錯覚に陥りやすい。しかし、そのシステムを作るのも、運用するのも、使用するのも人間である。

そういう人達の間やシステムとの間に生ずる人間的問題は、沢山ありまた多様で変化もしている。そういう問題は難しく、解決の努力をしなければならない。しかし解決できるものだ、という感じを持ってもらうことである。そのために、心理学ないしは行動科学のアプローチが有力な手段のひとつとなることを知ってもらえれば、成功と言える。

内 容

6.1 人間的諸問題への理解

実務上のいろいろな人間的問題をとりあげ、心理的な分析および理解が、どのような点で必要なのかを具体的に示す。実際の解決の手段を、未だ明確に提供できないものの方が多いかもしれないが、心理学的なアプローチが、正しい解決方向に導くものであることを強調しておくべきである。

また、将来の情報処理部門が遭遇すると思われる人間的問題についても指摘し、何らかの準備を開始することの必要性を示唆する。

(1) 人間的諸問題の重要性

(a) 情報処理部門の特質

情報処理部門は、おおよそ次のような特質を持っていると言える。これらについて、少し具体的に説明を加えておくこと。

- ① 情報処理システムの機能は、企業（組織）全体に組織体にも個人にも、そしていろいろなレベルで直接的に影響を与える。四六時中継続的である場合も多い。
- ② 情報処理システムを企画してから、運用・維持していくまでには、数多くのステップがあり、そこでは多様な職務を乱れることなくきちんと遂行していかなければならない。
- ③ 情報処理部門の要員は、したがって、資質においても果すべき機能においても、極めて多様である。
- ④ 少数の要員で、これらの職務を適確に行っていくためには、多くの主要業務について通曉している必要があり、また強力なチームワークを維持できなければならない。
- ⑤ ソフトウェア、ハードウェアの両面において、技術進歩は著しく行われ続けており、これに絶えず追従できていなければならない。

(b) 最近クローズアップされつつある問題

情報処理システムに期待されるものは、時代的背景や企業環境によって違う。ここ数年来一般的傾向として出てきた問題点を、ひとつの見解（例）として示しておく。実際には、その研修の場に適した事項を選んで表現する必要がある。

- ① 情報処理システムも、経営管理の道具として有力なものであることが、はっきり認められるようになってきた。

それだけに、期待も大きいし、評価もきびしい。またそれだけ多くの組織や個人に影響を与えることになる。

- ② 基礎的データ処理のためのシステム開発は終り、既に定着してきた。最近、オンライン化・総合化あるいはデータベース化といった方向への仕上げが急がれている。

しかし、この次に来るものは何か、それをどう評価し、いかに開発・導入していくか。

- ③ 要員の増加と、質・量のアンバランスが生じている所が多い。拡大に拡大を重ねてきたコンピュータ部門では、要員をかかえ込んでしまっていることがある。そこで成長してきた人々をどう扱っていくか。
- ④ 経済成長の鈍化は、データ処理の量的拡大の理由を無くした。
- ⑤ いわゆる合理化が持っていた正義性が危うくなってきた。

経済成長鈍化もその一因であるが、労働事情（高令化社会への急速な移行）の変化から、「コンピュータでできることは、何んでもコンピュータにやらせよう」あるいは、「コン

ピュータを使うことで、局部的にでも採算が向上する業務は、全てコンピュータ化の対象にしよう」という考え方は、そこに働いている人達にとって、いろいろな意味で危険を感じさせる。

(c) 問題の性質

上述したような問題は、いずれも人間的要因だけを取り除いただけで解決するものではないが、人間的要因を無視したら絶対解決できないものである。

特に、最近では時とともに、人間的要因の影響が強くなりつつあり、問題解決の中心は人間の問題であると言うこともできる。

そのような状況の中で、最も重要なのは、このような人間的問題にも関心を持ち、また解決の工夫ができる情報処理技術者および管理者の育成である（ここでもう一回、動機づけを強化すること）。

(2) 問題の具体的紹介

(a) 問題のリストアップ

第1章 参考1に掲げた問題について、それぞれ具体的な説明をつけて紹介する。

(b) いくつかの例についての詳細解説

問題テーマの中で、主要と見なされるものについては、相対的に詳細に解説をすること。

主要なものとは、次の観点から選択することができよう。

- ① その時の一般的世間情勢
- ② 研修者の所属している組織体の特質
- ③ 研修者の立場による興味および関心の方向

講師側は、事前に研修者のことを知っていなければならない。そうすることによって、アダプティブにテーマおよび内容を変えていくよう工夫する。

6.2 問題の解決について——課題訓練

課題訓練を、この単元のしめくくりの意味もこめて実施する。前章まででも、適当な機会をとらえて、討議および演習が行われるわけだが、ここではできるだけいろいろな要素が複合した問題を扱ってみる。

テーマは、前節で主要な問題として選択されたものの中から、さらに選ばれたものである。

方法はいろいろある（以下に述べる方法は、前章までの討議や演習のやり方にも適用する）。できれば以下の方法のうち、(1)の方法を実施するのが、最も望ましいが、研修の条件によっては、(2)、(3)の方法がとられるのはやむを得ない。

(1) 研修者自身の問題による方法

(a) テーマの選択

問題のテーマの選択は、予め研修者から提出された問題点リストから行う。

問題点リストを作成するためには、次のいくつかの方法がある。

① 事前にレポートを提出させる

この場合、レポートの目的・書き方などをよく知らせておくこと。

② 面接を行い、いろいろな会話から問題を聞き出す。適切な問題と思われた場合に、レポートの作成を依頼する。

③ 講師側が、いくつかのテーマ分野を指定し、その中にははまる経験および問題意識について、レポートを作成させる。

簡便法としては、関心のあるテーマをその中から選ばせ、数行のコメントをさせる。

問題の選択は、必ずしも多くの研修者が関心を持つことをその基準とすることはない。

講師側の問題意識による積極的判断にしたがってよい。

(b) 研修者の問題による課題訓練の手順

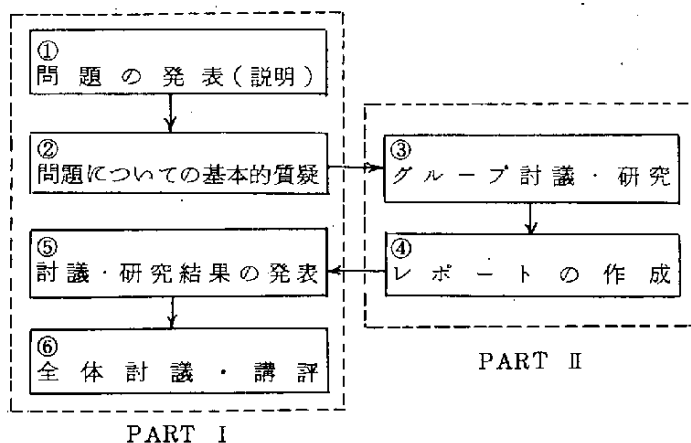


図6-1 課題訓練の一般手順

① 問題の発表(説明)

選択された問題の提供者に、自分が用意したレポートにしたがって、具体的にその内容を説明してもらう。

問題が、前項の③の簡便法によって作られたリストから選ばれた場合は、講師のオリエンテーションだけとなる。

② 問題についての基本的質疑

問題の整理がなされていない場合、その問題の解決の目的または方向づけができる程度

の質疑応答および講師のコメントを行う。

③ グループ討議・研究

これが主要部分である。使用可能な時間数によって、やり方が異なるから、時間ははっきり指定しておかなければならない。

グループの人数は、5名程度がよい。もし研修者の数が多ければ、いくつかのグループとなる。

グループが複数になる場合は、

- ・ 各グループとも同テーマ
- ・ 各グループがそれぞれ別テーマ

の二つの方法があるが、間接的にせよ、短期間にいろいろなことを知るには、後者の方がよいように思われる。何回か、この種の訓練のチャンスがある場合は前者の方法をとることになるろう。

後者の場合、各グループに問題提供者をメンバーとして加えるよう配分することが可能である。問題の内容について、上手にかつ偏らずに情報を出してもらえそうな場合は、グループごとにこの方法がとれる。そうでない場合は、問題提供者のレベルを越えた討議結果が出ないおそれがある。

④ レポートの作成

発表用のレポートおよびビラなどを用意させるのがよい。レポートは、後日のための蓄積（研修者にとっても、講師側にとっても）となる。

レポートのおよその分量は指定する。また発表時間もどれだけかを明示しておき、それに合った準備をさせるのも、訓練の重要課題である。レポートの書き方も同様。

⑤ 討議・研究結果の発表

準備された材料にしたがい、グループの代表者に発表を行わせる。発表の仕方も訓練対象の一つとしてよい。

⑥ 全体討議・講評

講師および他のグループのメンバー全体を加えて、質疑・討議を一定時間行わせる。

最後に、講評として簡単なアドバイスをを行う。その内容としては、学習効果が最も高まるよう心理的配慮がなされていることが望ましい。

(c) 注意事項

① 全体の時間配分

1テーマ・1グループの場合は、PART Iに2時間、PART IIに3時間から12時間が実行上適当な時間数である。

複数グループの場合は、PART Iの所要時間がその数に比例するので、かなりの圧縮をせざるを得なくなるだろう。

PART Iは、研修コースの通常時間帯（クラス時間）であるとすれば、PART IIはその外の演習ないし自習の時間に相当するよう配分しないと、時間数に対する圧迫が大きくなる。

② グループ討議・研究時間中の指導

講師は、1時間に1回程度グループの研修現場に顔を出すことが望ましい。その主な目的は

- ・ 研修者のパーソナリティ、能力などを観察する……講師の自己啓発
- ・ 研修者が積極的に要求した情報を、可能な限り研修をミスリードしたり甘くなったりしない程度に提供する。
- ・ なかなか討議・研究が軌道に乗らないグループに対しては、ある程度のしり押しもやむを得ない。たとえば、討議の進め方のステップ分け、討議の要点などについて。

③ グループ内組織について

理想的には、グループを編成するだけで、以後のやり方については、何もコメントをしない方がよい。

自然にグループ内がどのように組織化されていくかを観察し、その結果をまとめて最後に適切に説明できれば、極めて生きた例となる。

しかし、それが著しく非効率と思われる場合には、グループリーダーの役割をおおよそ決めておき、最初にグループリーダーを何らかの方法で選出するよう指導する。ただし、その場合は問題提供者がグループリーダー（および発表のときの代表者）とならないよう併わせて注意しておいた方がよいだろう。

④ 問題テーマが非常に大きい場合

あまり大きなテーマで、与えられた時間内では、ほとんど有益な結果が得られないようなものは、テーマとして選択してはならない。

このような大テーマは、数十時間以上を使うことのできる、本格的な研究が行えるときに扱うことにする。

(d) ポイント

課題訓練の意味は、問題となったテーマについて、なんらかの知見・経験・結果を得ることにある。しかし、これは表面的なねらいであって、グループ研修によって新たな人間関係を形成し、その中で一つのことをまとめていく過程を身をもって体験することにも大きな意義がある。

(2) 文献による事例研究——輪講

(a) テーマの選択

講師が予め準備した、文献または論文のリストから選択される。

選択および割当てには次の方法がある。

- ① 研修者またはそのグループに、ランダムに割当てる。
- ② たとえば(1)(a)③の簡便法のようなことを事前に行っておいて、研修者の個人またはグループの関心に合わせる。
- ③ リストを提示して、研修者の希望にしたがう。
- ④ 講師から見て、適切と思われるテーマを、グループまたは個人に割当てる。

それぞれ意味があるので、その時の雰囲気や準備したテーマによって、適切な判断を下す。

(b) 輪講による課題訓練の手順

① グループ（個人）による精読

時間的に余裕があれば、その文献の参考文献についても、ある程度あたらせることが望ましい。

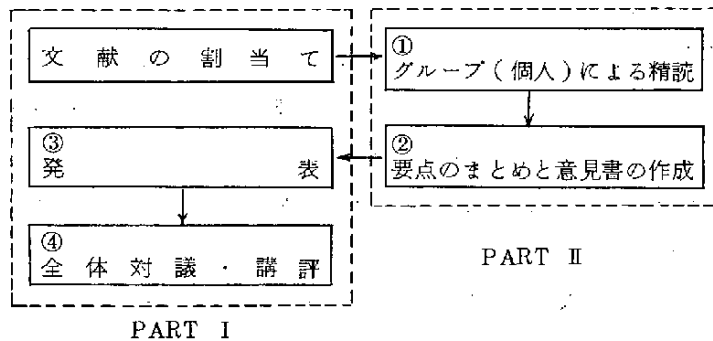


図6-2 輪講の一般手順

グループで行う場合には、少なくとも最初に割当てられた文献は全員が読まなければならない。

ステップ②以降については、前項(1)の(b)③～⑥を参照のこと。

(c) 注意事項

問題を生に経験している人がいないから、細部にわたっては論じられない。すなわち、隔靴搔痒を感じるようになる。またこれを補うための講師側の役割も、あいまいになることに注意しなければならない。

また、単に文献の表面的なまとめ作業として実施される傾向が生ずるので、これをいかに

して間接体験（二次体験）として身につけさせるかが、グループ討議時の講師側のチェックポイントである。何がどのように分ったのかははっきりさせる。

その他の注意点については、(1)の(c)参照。

(3) 事例紹介——講義と意見交換

講師が準備した事例を紹介する。どのようなテーマのものにするかは、前項(1)、(2)の場合と同様である。

この方法では、グループによる組織活動が体験できない点が、大きな欠点である。この欠点は他の機会に補うようになっていなければならないだろう（第Ⅱ部の中でなくてもよい）。

一方的な講義にしないため、他の講義以上に、研修者との、および研修者間での意見交換を活発に行わせるよう心がけること。

指導上の留意点

この章の前半は、問題の紹介であり、後半は課題訓練である。研修のスケジュールもこのようにして行う。

この章に関する留意点は次のとおり。

- (1) 研修者が自分で考えて結論を出してみる、ということが最も大切なこととして配慮すること。したがって、きちんと自分の問題による課題訓練ができない場合は、意見を出させるというのを積極的に行わなければならない。
- (2) 前半で紹介される問題点には、第5章までの説明でもとりあげられているものもあるので、それについては、ここでは省略してよい。

問題の紹介にせよ、課題訓練にせよ、第5章までに、適切な形で組み込まれ実施されていれば、ここで改めてとりあげなくてもよい。

- (3) 心理学の応用や行動科学の扱う問題には、常に前提と環境が大きくものを言う。我々にとって、最も基本的な前提と環境は、日本人としての生活および日本の風土である。

したがって、これらの理論およびその応用は、日本の実状に合ったものでなければならないことは明らかである。しかし、参考文献や参考書でも明らかなように、欧米のもの、またはその流儀にしたがったものが殆んどである。

日本独自のものを大切にしなければならない。日本人による日本の研究を第一に尊重することによって、なるべく日本の実情の理解とそれに適したアプローチをしたい。

また、我々も含め、研修者が心理学や行動科学に積極的に興味を持つことによって、日本人のためのいろいろな研究や建設的な事例が積み重ねられ、役立つようになることが期待される。

参 考

前の各章および本章末に、事例としてとりあげるのに参考になるものを載せた文献が、多数掲げられているので、ここでは改めて事例を紹介しない。主に、将来の情報処理および情報処理部門のあり方を考えるのに、参考になると思われる記事および資料を簡単に記した。

1. EDP部門管理者の心得

R. L. Nolan [25] は、EDP部門の管理者にも大きな悩みがあることを示している。これらの悩みの主な原因は、次の二つであると指摘している。

① トップマネジメントの誤った扱い

- ・ 少くとも技術者であるのと同程度に管理者であるべきだということを見落している。
- ・ これ以上昇進できない最終ポストだと見なしている。
- ・ ことがうまくいかなかったときの身代りにする傾向がある。

② EDP管理者の認識不足

- ・ 自分の開発したアプリケーションが、企業全体に大きな影響を与えるものだということを、よく認識していない。
- ・ 全体あるいは部分的に、組織運用のしかたを混乱させるようなことをやっている。
- ・ 自分が、変革の推進者であるということを自覚していない。

Nolanは、このような状況がどのようにして発生するのか、そしてそれを避けるにはどうすべきかを、実際的な方法で示している。

以下、主要点を紹介しておく。

(1) 革進の推進者（旗頭）として

新しいシステムの実施化は、既存の組織・機能に大きな変革を強いることである。システム開発チームは、革命の実行をまかされた部隊である。システム開発計画およびシステム運用管理は、この点を充分自覚した上で行わなければならない。

全てのアプリケーションは、関連する部署および個人の組織的变化が、円滑に仕上げられることによってのみ成功する。

EDP部門の管理者は、変革の旗頭として次のことに留意し、常に反省しておく必要がある。すなわち、システムを新たに実施化することは、次のことを意味する。

- ① 技術の適用による変革である。
- ② 新しい作業の発生と、古い作業の消滅をもたらす。
- ③ 情報の伝達と意思決定中枢の構造を変化させる。
- ④ 関係する人間に対して、機能・態度・働き方の変化を求める。

(2) リーダーとしての要件

① 新しい変化と傾向

- ・ 部下の持つ資質が多様である。
- ・ 運用の複雑性とスケールの拡張により、管理階層が多くなってきた。
- ・ 責任分野が拡大している。
- ・ 扱う予算額は、全社的にみても大きくなってきている（売上の1%にも及ぶ場合がある）。

これらの変化の結果、EDP部門のリーダーシップは複雑なものになってきた。しかし、上層部は、コンピュータ技術の予想以上の発展の勢いのため、この意味するところを十分に理解できていない。急速なコンピュータ技術による改善から戦略的な利点を得ようとする、他の多くの革新が与えるよりもずっと早いペースで、組織全体に変革を強制する。そして、その変化の影響が完全に組織によって吸収しきれないのが一般である。特に重要なのは上層部がそれについていけないことである。

② EDP管理者に要請されること

- ・ 技術が重視される時代は去った。
- ・ コンピュータ利用の技術の多様化にともない、システムの構成員とそのためのアプローチが求められるようになった。
- ・ いわゆる管理能力の重要性が増大してきた。多様な機能、多様な要員の管理のためには、他の部署以上にこれが必要となる。一般に部門の大きさが大きいほど、技術的能力に対する管理能力の比重が大きくなる。

勿論、コンピュータ技術の動向をよく理解することは、優秀なEDP管理者にとって本質的に必要なことであることに変わりはない。しかし、これは一つの要素にしかすぎない。コンピュータ・サイエンティストのような高度のエキスパートである必要はない。管理上の技術・能力要素の方が数も多く、それぞれの技術上のことと同じように重要である。

役割を効果的に果たするためには、EDP管理者は自分の会社についてよく理解していなければならない。変化に対する許容度、競争的環境などである。またビジネスにおいてコンピュータがいかに利用されるかについて、いろいろな機能を担当している他の分野の管理者に、手ぎわよく継続的に教育する必要がある。

このような仕事の大きさがよく認識されている企業では、EDP部門の管理者の位置づけは高い。そこではまたEDP業務も相対的により良く実施されている。

(2) 念頭に置くべきこと

① トップマネジメントの義務

- ・ EDP管理における課題をよく理解すること。
- ・ EDP管理者が始めなければならない変革が、適切に行えるような組織風土を創り出すこと。

② EDP管理者の義務

もっと広くもっと経営的な視野を持つことである。EDP管理者は組織体における変革の中核である。またどんな利用法があるかという実用的な目的とは無関係にコンピュータ技術は進歩する。このときEDP管理者の役割となるのは、次のことである。

- ・ 組織体のニーズと新しいコンピュータ技術を結びつけること。
- ・ 進歩した技術により可能とされる組織的な変革を、いかにうまく実現するかによって、彼の管理者としての評価が決まるということを自覚すること。ただし、これは技術の知識を自ら使用するという事ではない。
- ・ コンピュータ・アプリケーションが動き出したときに、必要となる組織的な変革を成就することが基本的な責任であること。
- ・ コンピュータ機能はサービス機能であり、利用されないサービスは無価値であること。
- ・ バランスのとれたアプリケーションのリストアップとその評価づけをしておくこと。

2. コンピュータ・システムの次代の形態

F. G. Withington [36] は、近い将来のコンピュータの利用形態と、それによる影響を、およその次のように述べている。

(1) 1974-82：第4世代 情報管理人の時代

情報の収集伝達網が完備してくると、データのやりとりは非常に早くなるが、処理そのものは基本的にはバッチ処理の結合であり、そのサイクルは短くなったとしても、本質は変わらずそれほど有効でもない。

そこで、データベースの開発と、データベースを基礎としたアプリケーションが求められるようになってきた。

ハードウェア面では、非常に融通のきくサテライトコンピュータやインテリジェント・ターミナルが、単端端末にとって替る。センターのコンピュータは、いわゆる仮想コンピュータのテクニックで、いろいろな使われ方をするようになる。すなわち、データの総合集中管理と、特に高度の処理を必要とする仕事を分担することになる。

マネジメント機能は再び分散される。ただし物量の管理は中央に集中されたままになるだろう。

このことは、必要な情報が必要な所に徹底することであり、いわゆる経験による管理上の判断の信用が低下し、かえってそのときそのときの状況を明らかにする情報にもとづく判断へウ

エイトが移っていくだろう。すなわち、現場の管理者の権威が次第に向上することを示すと同時に、トップマネジメントへの接近ともなる。

現場の管理者へまかされる取り扱い限度もより大きくすることが可能だ。だが、このことは中央のスタッフにとってあまり歓迎されない事態であろう。

(2) 1982～? : 第5世代・アクションエイドの時代

情報管理人の機能を、オペレーショナルな利用分野だけでなく、戦略的な利用分野にまで広げていくことになるだろう。

① Tailored information and alerting system

② Decision analysis system (経営科学手法の一般的利用)

現在の技法よりももっと使い易く、現実的なモデルの開発が必要。このようなモデルやシステムを準備するための要員の確保・育成も大切である。

企業間のデータ交換も、システムの相互結合によって可能になり、時間的にも費用的にも大きな節約となるだろう。

技術的には次のことが言える。

- ・ 個別ファイルとモデルのための大容量記憶装置
- ・ 分散しているユーザーのための network of distributed mini-computer (distributed data processing system)
- ・ 管理者のアクションに結びつけるための使い易いプログラミングとファイル処理の言語
- ・ ユーザ自身のためにユーザ自身が開発する単純で適応力のあるシステム

センターには、ネットワーク、ファイルおよび定常的なアプリケーションを開発維持する要員が残される。通常のアプリケーション開発のためのプログラムは少くなる。ユーザ自身が行う部分が多くなるからである。

管理上の権威や意思決定の仕方も、次第に分散化し平準化していくだろう。中央の権威はゆらぐ。

3. 予想される変化

SHARE "Data processing 1980-1985" Wiley, (シュル(株)訳「データ・プロセッシング1980-1985」日本ビジネスレポート社, 1976)によれば、次のようなことが指摘されている。

(1) 周辺の状況について

- ① プライバシーおよびデータ保護に関する立法化
- ② プログラマー等に関する免許制度の可能性

- ③ ハードウェア、ソフトウェアおよびインタフェースに関する総合的な標準化の推進
- ④ プログラムの保護に関する立法化
- ⑤ 労働倫理の変化

情報化およびオートメーション社会における新しい労働倫理が生まれてくるだろう。コンピュータ化により失業者が増すということではなく、労働時間の短縮という形がとられなければならない。

⑥ 環境変化の激化

高度の技術者が必要となる。また彼等が高度オートメーション社会を運営していくことになる。このことは、情報処理技術者だけでなく、いろいろな方面での教育のあり方、体系を変えていくことだろう。

(2) 技術的な問題

① 高性能・高信頼度のデータ処理システムが必要

オンライン化が徹底し、特にバッチ処理の代りというものよりもっと本質的な利用が拡大すると、僅かな時間の故障、トラブルも極めて大きな問題となる。

② ミニコンピュータによる低コストの処理システム

コンピュータの利用が隅々まで行きわたるためには、汎用のコンピュータおよびOSで、全てをまかなおうとすることによるオーバーヘッドのコスト高と、個々の使用者にとっての使い難さがクローズアップされてくる。ある程度限定された目的にかなったミニコンピュータを配置し、必要な程度にネットワーク化することが盛んになってくるだろう。

③ 大規模データベース技術

(3) 成長のための必要条件

① トップマネジメントの理解

② 情報の保全——機密の保護

③ 品質のよい製品の提供

メーカーからユーザへ、情報処理部門から利用者へ。コンピュータおよびソフトウェアについては、従来故障やエラーはつきものという常識があった。

これは、当然の費用増と機会損失を生んでいる。このままでは、この不都合は今後益々大きくなると信じられる。

すべてのメーカーおよび多くのユーザの情報処理部門は、自分達の顧客の真の要求に対する感受性と理解を、今よりもはるかに養う必要がある。

④ システム構成のための標準化

(4) 利用者からの要求

- ① 自然で使いやすく、首尾一貫したやり方でデータ処理システムを利用できるインターフェース
 - ② 人間のエラーを最小限にするように設計されたシステム
 - ③ 期待に合致した応答時間
 - ④ 信頼性と可用性の確保
- (5) アプリケーションについて
- ① データを中間管理者にタイムリーに提供し、一部はトップマネジメントに提供できること。
 - ② ORの技法が実際のデータ処理にタイムリーに利用され、ダイナミックな最適化、スケジューリングがなされ、業務に携わるスタッフにガイドライン情報を流すことができること。
 - ③ 中間管理者、販売および得意先サービスの部門に、データ処理適用業務のもつ潜在的利益の意識を充分浸透すること。
- さらにこれらを高度化していくためには、次のことが求められ、またそうなる方向に進展すると予測される。
- ・ オンライン・リアルタイム・システムのベースに合ったダイナミックなORの適用技術の開発
 - ・ データ処理におけるセンサーベース・システムの開発——オンライン・システムのより徹底した形態への進展

4. 関連技術の発展動向

科学技術庁計画局編「日本の技術」(科学技術と経済の会、1977)には、将来の技術開発の展望について興味深い報告がなされている。ここでは、この単位にかかわりがありそうなテーマを簡単に列挙しておく。

(1) 関連分野の技術予測

項目の後にあるカッコ内は、(重要と見た専門家の率%, 実現時期——西暦)が表示されている。

① 情報処理技術

- ・ 学習機能を有するコンピュータの開発——(30, '91~'97)
- ・ 連想処理のできるコンピュータの開発——(15, '91~'99)
- ・ 人工の複雑なパターンを人間並みの速さで認識できるパターン認識技術の開発——(81, '86~'94)
- ・ ユーザは、コンピュータに日常使っている自然語にほぼ近いプログラミング言語(文字)で命令することが可能——(71, '89~'96)

- ・ 問題自体を直接入力するだけでコンピュータが自動処理可能——(32, '99~?)
- ② 情報蓄積・変換技術
- ・ コンピュータ利用を容易にするため、音声入力によるプログラミングが可能
(16, '87~'92)
 - ・ 明確に記載された漢字混り文の手書文字を読み取ることのできる文字読取装置の実用化
——(61, '88~'96)
- ③ 情報処理の安全・信頼性向上
- ・ 自己修復機能を有するコンピュータの開発 ——(31, '91~'98)
 - ・ 個人や集団のプライバシーや機密がもれないような信頼度の高い保護システムの確立
——(78, '86~'92)
- ④ 教育システム
- ・ 授業等多様な教育場面の問題を映像として提示し、処置と結果の場面を連続的に提示することにより、指導法の訓練ができる教室シミュレータの実用化——(15, '88~'90)
 - ・ 企業の新人採用に当って、重要な判断資料を提供できるコンピュータ利用の職業適性診断システムの普及——(23, '84~'89)
 - ・ 音声と映像情報をコンピュータで制御しながら行うシミュレーション・ゲームを通して、チームワークやリーダーシップを育てることのできる訓練装置の開発——(6, '88~'95)
 - ・ 高度の技術を要し、しかも危険を伴う作業を安全に訓練するシミュレータの実用化——(75, '83~'88)
 - ・ 心身障害者の社会復帰を可能とする技術訓練用シミュレータの開発 ——(59, '86~'91)
- ⑤ 医療システム
- ・ 病院においては、コンピュータの大幅な導入により、臨床検査、病歴管理、問診、患者看護などの自動化、省力化が進み、事務作業量が軽減 ——(64, '87~'92)
- ⑥ 社会システム
- ・ 住民登録などの手続業務のほとんどはコンピュータ化され、窓口にはコンピュータ端末装置が設置され、大幅な省力化の実現——(19, '88~'94)
 - ・ 予算および人的・物的資源の適正配分を行うため、予算効果の科学的評価方式を導入した財政管理システムの確立——(16, '94~2000)
- ⑦ データバンク

⑧ 生産・商業システム

- ・ 量産製品工場などは、工場の無人化が一般化する——(18, '89~'96)
- ・ 高額単価製品の設計のために、ディスプレイ装置を用いた対話型コンピュータによる自動設計システムの普及——(24, '87~'93)

⑨ 交通システム

- ・ 大都市(人口100万程度)全域の交通をムラなく円滑に運用するため、面制御、経路誘導などを総合的に組み合わせた総合交通管理システムの確立——(67, '91~2001)

(2) ソフトサイエンスについて

ソフトサイエンスとは、高度な意思決定のための新しい科学技術であるので、我々にとって大きな関係がある。我々(人間)が主役にならなければならない。

① ソフトサイエンスが大きく貢献できると期待されている分野

- ・ 自然環境の保全
- ・ 安全の確保
- ・ 都市の再開発
- ・ 資源・エネルギーの安定的確保

② ソフトサイエンスの発展に最も必要な学問

- ・ 自然科学分野
数学, 生物学, 医学, 薬学, 電気工学, . . .
- ・ 社会, 人文科学分野
社会学, 心理学, 経済学, . . .
- ・ 境界領域の学問
システム工学, 情報科学, 環境科学(生態学), . . .

③ ソフトサイエンスの基礎研究と方法論の例

- ・ 人間集団における流行の現象を数理的に解析した理論を確立する——現象の数理化——(10, 1990)
- ・ 情報の価値に関する研究と高度な情報選択機能を持つシステムの開発によって、情報の洪水による弊害をかなり防止できるようにする——価値論の導入——(29, 1994)
- ・ 社会・経済諸事象の諸要因を迅速に抽出・分析できる手法の開発によって、価値観の展開を容易にする——分析手法の開発——(23, 1996)

④ ソフトサイエンスの活用事例

- ・ (環境)騒音・振動・日照障害等の生活環境のシビルミニマムの設定にともなう社会的損益の評価を行う手法の開発——評価手法の開発——(39, 1986)

- ・（工業生産）各製造会社におけるそれぞれの製品に関して、経済動向をふまえて需要量・価格等の短期的予測をかなりの精度で行い、かつ一貫した生産計画が可能になるシステムの普及——予測手法の開発——（23, 1987）
- ・（情報）多数の人間の要求に答え、かつ社会的評価の高い情報を提供、分配をはかるために、人間の基本的ニーズと情報の社会的価値との関連性を解明する手法の開発——情報の評価・価値等に関する解析——（21, 1992）
- ・（教育）人間の記憶等学習活動に関するシミュレータが作られ、学習活動を高めるための手法の開発——シミュレータの開発——（26, 1994）

参考文献

大部分の参考文献は、第5章までに掲げられているので、それぞれ積極的に参照すること。ここでは特に関係の範囲が広く、比較的アクセスしやすいと思われるものを少数掲げる。

- 〔1〕ピーター・P・ジョーダーベック編（穴吹他訳）「マネジメント・システム（上・下）」産業能率短期大学出版部，1971
 - 〔2〕R.A. ジョンソン，F.E. カスト，J.E. ローゼンツヴァイク（横山保監訳）「システムの理論とマネジメント」，日本生産性本部，1971
 - 〔3〕豊原恒男「経営心理学」経営学全書37，丸善，1971
 - 〔4〕斉藤雅彦「情報と組織」新管理者選書6，日本経営出版会，1976
 - 〔5〕ジョン・ウッドワード編（都築他訳）「技術と組織行動」日本能率協会，1972
 - 〔6〕ジェームズ・A・オブライエン（栗原一郎監訳）「銀行のコンピュータ経営」東洋経済新報社，1970
 - 〔7〕K. B. DeGreene, Systems Psychology, McGraw-Hill, 1970
 - 〔8〕F. G. Withington, The Real Computer: Its Influence, Uses, and Effects, Addison-Wesley, 1969
- 以下は比較的気楽に読める記事・論文。
- 〔9〕情報処理学会，“コンピュータ利用の実務上の課題特集号”，情報処理，Vol. 14，No. 11，1973
 - 〔10〕経営科学研究所，“特集：コンピュータ要員の管理と教育”，Computer Report，9月号，1973
 - 〔11〕C. Argyris, “Management Information Systems: The Challenge to Rationality and Emotionality”，Management Science, Vol. 17, No. 6, 1971, pp. B275-B292
 - 〔12〕R. D. Arvey, J. C. Hoyle, “Evaluating Computing Personnel”，Datamation, July,

- 1973, pp. 69-73
- [13] J. B. Bower, J. B. Siefert, "Human Factors in Systems Design", Management Services, Nov-Dec., 1965, pp. 39-50
- [14] J. Dearden, H. Krannert, "MIS Is a Mirage", Harvard Business Review, Jan-Feb., 1972, pp. 90-99
- [15] J. Diebold, "Bad Decision on Computer Use", Harvard Business Review, Jan-Feb., 1969, pp. 14-16, 27-28, 170
- [16] A. P. Erphov, "Aesthetics and the Human Factor in Programming", Datamation, July, 1972, pp. 62-69
- [17] A. Finerman, "Professionalism in the Computing Field", C. ACM., 1975, Vol. 18, №1, pp. 4-9
- [18] C. F. Gibson, R. L. Nolan, "Managing the four stages of EDP growth", Harvard Business Review, Jan-Feb., 1974, pp. 76-88 (邦訳 Computer Report 4月号, 1974 pp. 33-44)
- [19] T. R. Gildersleeve, "Organizing the Data Processing Function", Datamation, Nov., 1974, pp. 46-50
- [20] ジョン・A・グイン, "コンピュータにだいにしにされて", データ・プロセッシング, 11月号, 1972, pp. 9-17
- [21] C. L. Hall, "Evaluating Prospective Employees", Datamation, Aug., 1975, pp. 32-43
- [22] C. W. Hofer, "Emerging EDP pattern", Harvard Business Review, Mar.-Apr., 1970, pp. 16-22, 26-31, 169-170
- [23] L. B. Marienthal, "The Internal Isolation of the EDP Department", Datamation, Jan, 1971, p. 24-28
- [24] 三浦大亮, "情報処理大学院における管理者コースの教育・訓練(1)", 事務管理, 第10巻, 第10号, 1971, pp. 101-106
- [25] R. L. Nolan, "Plight of the EDP manager", Harvard Business Review, May-June, 1973, pp. 143-152
- [26] R. L. Nolan, "Effects of Chargeout on User/Manager Attitudes", C. ACM., Vol. 20, №3, 1977, pp. 177-184
- [27] J. N. Petroff, "Why Are DP Managers So Unpopular", Datamation, Feb, 1973, pp. 77-79

- [28] W. E. Reif, R. M. Monczka, “情報システム部門の位置づけの問題”, EDPリサーチ・リポート, 1974. 7. 1. ③ 74-39~46
- [29] W. J. Schroeder, “The EDP Manager — and the Computer Profit Drain”, Computers and Automation, Jan. 1971, pp. 14-18
- [30] ケイス・D・シュウェーダー, フレッド・A・ヴィエラ, “コンピュータ・マネジャーの横顔”, データ・プロセッシング, 1月号, 1973, pp. 17-22
- [31] C. Siegel, “Investing in New Employees”, Datamation, Sept., 1975, pp. 65-67
- [32] J. V. Soden, “Planning for the computer services spin-out”, Harvard Business Review, Sept.-Oct., 1972, pp. 69-79
- [33] T. D. Sterling, “Guidelines for Humanizing Computerized Information Systems: A Report from Stanley House”, C. ACM., Vol. 17, No. 11, 1974, pp. 609-613
- [34] T. D. Sterling, K. Landon, “Humanizing Information Systems”, Datamation, Dec., 1976, pp. 53-59
- [35] L. A. Tomaszewski, “Decentralized Development”, Datamation, Nov., 1972, pp. 61-64
- [36] F. G. Withington, “Five generations of computers”, Harvard Business Review, July-Aug., 1974, pp. 99-108
- [37] R. L. Nolan, “Business needs a new breed of EDP manager”, Harvard Business Review, Mar-Apr., 1976, pp. 123-133
- [38] 松井賢夫, “部下をいかに動機づけ組織改善に結びつけるか”, DIAMOND ハーバード・ビジネス, Sept.-Oct., 1977, pp. 33-42
- [39] “安宅産業崩壊にみるコンピュータ・マンの社会的評価”, 学習コンピュータ, 3月号, 1978, pp. 28-31
次のものは, 日本人のことその他についての参考書。
- [40] 会田雄次「日本人の意識構造」講談社, 1973
- [41] 稲葉・金井「人間のための労働」日経新書, 1974
- [42] 南博「社会不安 — その日本的構造」PHP研究所, 1974
- [43] 南博監訳「図説現代の心理学, 第6巻」講談社, 1977 pp. 187-210
- [44] 宮崎義一「現代の日本企業を考える」岩波新書, 1974
- [45] 毛主席語録, (沢山のものがある)
- [46] 中根千枝「タテ社会の人間関係」講談社現代新書, 1973
- [47] V. グルンヨフ, V. モーイェフ(田中雄三訳)「コンピュータと社会主義」岩波新書, 1976

本書は、日本自転車振興会の機械工業振興資金による補助金の交付を受けて実施した「昭和 52 年度情報処理教育に関する調査研究等補助事業」の一環として作成したものです。

昭和 53 年 3 月発行

財団法人 日本情報処理開発協会
情報処理研修センター

〒105 東京都港区浜松町 2 丁目 4 番 1 号
(世界貿易センタービル 7 階)

TEL 03 (435) 6511 (代)

許可なしに転載、複製することを禁じます。

返 却 期 限 票

- 最後にある日付があなたの返却期限です。
- 遅れないように期限内に返却しましょう。
- 続いて借りたいときは届け出てください。

○ 最後にある日付があなたの返却期限です。
 ○ 遅れないように期限内に返却しましょう。
 ○ 続いて借りたいときは届け出てください。

返却期限票

MARUZEN

7832

