

コンピュータ
サイエンス
シリーズ

マネジメント・サイエンスとコンピュータ

水野幸男編著

マネジメント・サイエンスとコンピュータ

水野幸男編著

産業図書

＜編著者略歴＞

昭和27年 東京工業大学工学部卒
同 年 日本電気株式会社入社
昭和35年 工学博士
現 在 同社データ通信システム事業部
プログラム開発部長

マネジメント・サイエンスとコンピュータ

定価 2600 円

昭和 45 年 12 月 23 日

初 版

© 1970



編 著 者 水 野 幸 男

発 行 者 江 面 竹 彦

発 行 所 産 業 図 書 株 式 会 社

東京都千代田区外神田1-4-21

郵便番号 101-91

電 話 東 京 (253) 7 8 2 1 (代)

振 替 口 座 東 京 2 7 7 2 4 番

乱丁本・落丁本はお取り替え致します

公和印刷・関口製本

執筆者 [執筆順]

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部長、工博

水 野 幸 男

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部技術主任

内 藤 義 輝

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部

山 口 治

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部

松 木 顯 一

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部

岡 野 真 治

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部

佐 藤 誠

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部

鬼 頭 克 彦

日本電気(株) データ通信システム事業部プログラム開発部調査役

酒 卷 恒 一

日本電気(株) データ通信システム事業部第3システム技術部

沼 本 康 明

日本電気(株) データ通信システム事業部第3システム技術部

永 井 謙 次

通産省工業技術院総務部研究開発官室、工博

坂 倉 省 吾

装幀 広橋桂子

まえがき

企業経営におけるコンピュータの利用は、事務の機械化から出発し、最近では業務管理から企業における意思決定問題の解決のために利用されるまでに進展した。企業経営とは意思決定であるとさえいわれているように、意思決定問題は企業にとって最も重要な問題である。

従来、この意思決定問題はすべて経営者の経験と能力によって解決されており、また今後も経営者の経験と能力に依存することは間違いないが、コンピュータとマネジメント・サイエンスの発展は経営者の意思決定の過程を大きく変えようとしている。一方、最近の意思決定問題の規模と決定速度がコンピュータとマネジメント・サイエンスを必要とするように変化してきたといえよう。たとえば、最近の意思決定においては国内の情報ばかりでなく海外の情報が必要となり、その情報量は昔にくらべて何倍、いや何十倍にもなっており、さらに技術革新のはげしい今日においては、決定の速度が企業の将来を左右する度合いがきわめて強くなっている。このような意思決定問題に対してコンピュータとマネジメント・サイエンスは有力な道具であり、今後の経営が自らを守り発展するための武器といえよう。

従来より、コンピュータについて、また、マネジメント・サイエンスについてそれぞれ単独には多くの書物が発行されている。しかし、これらの両者を結合し、経営の意思決定に役立つ道具として、また、武器として利用できるようにまとめられた手引書は見当らない。このことはコンピュータの最も有効な利用領域である意思決定問題へコンピュータがなかなか利用されない1つの原因といえよう。筆者らはこれらの点を考慮して、本書がこれからコンピュータを意思決定問題へ利用せんとする人々の手引書になることを目的とし、コンピュータとマネジメント・サイエンスを総合的に取り扱うことを試みた。この目的が十分成功しているかどうかは、読者のご批判を待たねばならないが、長年この道を歩み、コンピュータの経営への高度利用を願う者の1人として、本書が多少なりともこの面

に役立つことがあれば幸甚である。本書は、全体を8章にわけ、各章それぞれを独立に、読者のおおの目的とする所が他を読まなくても利用できるように編集したつもりである。また、マネジメント・サイエンスの領域の中でも最も基本的な手法となるものから順次応用的なものへと通読する読者の便宜を考えて配列したつもりである。

第1章では、まず、マネジメント・サイエンスの意味とその目的を明確にするために、マネジメント・サイエンスの定義、目的と役割、その歴史的な発展過程について述べた。また、マネジメント・サイエンスの適用領域を手法別に概説することによって、マネジメント・サイエンスの適用領域の理解と後の章へのスムーズな導入を試みた。

その他、第1章の最後の所には、コンピュータとマネジメント・サイエンスとの関係、マネジメント・サイエンス用のプログラム作成の際の注意事項を整理し、読者の参考にした。

第2章においては、コンピュータの意思決定領域の中でも最も有効な手法の1つである数理計画法について述べた。まず、数理計画法の基本概念を明らかにし、いくつかの代表的な線型計画法の解法についてのアルゴリズムをコンピュータ・プログラムと関連させて述べ、つぎに、その拡張の1つとして、感度分析とパラメトリック・プログラミング、双対性について述べた。以上の基本知識を述べたあとで、実際の応用例を説明している。また、現在開発されているいくつかの代表的なコンピュータ・プログラムについて述べ、読者の参考に供した。数理計画法の第2の分野である非線型計画法については、2次計画、セパラブル・プログラミング、グラジェンド・メソッドについて、その基本アルゴリズムを明確にし、コンピュータ・プログラムの例を説明した。数理計画法の第3の分野である整数計画法については、Gomory 法、ブランチ・アンド・バウンド法を解説し、その応用例をあげて理解を深めることを試みた。最後に、実際に、コンピュータ・プログラムを作成する際に注意すべき諸事項を著者の経験に基づいて整理し、よりよい数理計画法のプログラム開発の参考になることを期待している。

第3章では、最近、意思決定問題に対する解法の強力な道具として活用されているシミュレーションを取り上げ、まず、シミュレーションの定義、コンピュータ・シミュレーションの特徴を明らかにし、シミュレーションの役割を明確にした。つぎに、その基礎技術である乱数の発生方法を FORTRAN 言語を用いて説明し、検定問題についての代表的な方法を解説した。つぎに、シミュレーションの基本的な問題でありながら他の書物ではあまりふれられていない実行回数と精度、乱数の影響についていくつかの問題点を指摘し、

シミュレーションを行なう際の参考になるようにした。その他本章において、シミュレーションの進め方、手順、実行上の注意事項を整理し、読者がシミュレーションを行なう際に具体的に役立つようにまとめた。

最後にいくつかのシミュレーション言語について、その使用法と概要を述べ、言語の選定の参考にしていく。

第4章では、ネットワーク分析とコンピュータについて、基本技法と応用技法を解説し、ネットワーク分析の具体的な応用の方法を述べた。特に、本章では、プラント建設プロジェクトを例として、コンピュータを用いたマン・マシン管理システムについて詳説し、読者が実際にネットワーク分析手法を利用する際の手引になることを試みた。今後の手法として、一般のネットワーク分析以外にマルチプロジェクト・コントロール、CPMと線型計画との関連について述べておいた。

第5章では、第2、3、4章で述べている基本技法を用いた経営計画問題に対する応用例として、設備投資シミュレーション・モデル、予算編成シミュレーション・モデル、長期経営計画モデルを取り上げ、そのモデル構造、計算例について説明し、読者が自己の問題のモデル化と解決に役立てることができるように心がけた。また、ここで取り上げたモデルが若干の修正によって、読者の固有な問題へ接近できるように問題の経営上での意義をもあわせて説明しておいた。

第6章では、マネジメント・サイエンスの重要な技法である統計的手法について、その基本理論とコンピュータ・プログラムを整理し、読者が必要とする統計プログラムの開発が容易にできるように試みた。また、統計用の汎用パッケージについて、その基本構成を説明し、作成上の諸問題をまとめて読者の参考になるようにした。

第7章では、意思決定の際、最も重要な予測問題について、予測の意義、予測の種類、方法を解説し、その適用領域を明らかにすることを試みた。また、予測用の代表的なプログラムをまとめ、読者の参考になるようにした。

最後の第8章では、コンピュータを利用した経営問題に対する解決の手段として有名なインダストリアル・ダイナミックスを取り上げ、その基本概念とコンピュータ・プログラム（ダイナモ）を解説し、さらに、その実例について内容を詳説し、インダストリアル・ダイナミックスの適用方法が容易に理解できるようにした。また、インダストリアル・ダイナミックスによって経営問題を分析する際の手順とチェック・ポイントを整理し、読者が実際にインダストリアル・ダイナミックスを利用する際の手引書になるようにまとめた。

みた。

以上、はじめに述べたように全部通読しなくてもよいように独立に編集してある。本書は、編著者以下11名の共同執筆であるが、それぞれ多忙にもかかわらず努力して分担を完遂していただいたことを心から感謝する次第である。主な担当はつぎの通りである。第1章（内藤義輝）、第2章（山口治）、第3章（松木顯一）、第4章（岡野真治）、第5章（鬼頭克彦）、第6章（酒巻恒一）、第7章（沼本康明）、第8章（坂倉省吾）。編著者は各章の編成、加筆、追加、修正を担当した。なお、第2章の一部を担当いただいた岩本博資氏、第4章の一部を担当いただいた佐藤誠氏、第7章の一部を担当いただいた永井謙次氏、特に全体のまとめを援助いただいた内藤義輝氏に謝意を表したい。

最後に、本シリーズ監修山下、雨宮両先生はじめ、本書の作成にお世話をいただいた関係者各位に心から謝意を表する次第である。また、日頃社内においてご指導いただいている山本事業部長に厚くお礼を申し上げる次第である。

1970 年 師 走

編著者しるす

目 次

1. マネジメント・サイエンスとは.....	1
1.1 マネジメント・サイエンスの意味と目的.....	1
1.1.1 マネジメント・サイエンスとは何か.....	1
1.1.2 マネジメント・サイエンスの目的と役割.....	3
1.1.3 マネジメント・サイエンスの発展過程.....	9
1.2 マネジメント・サイエンスの適用.....	15
1.2.1 手法別の利用.....	15
1.2.2 問題領域別の利用.....	21
1.2.3 経営階層よりみた利用.....	23
1.2.4 業種別の利用.....	24
1.3 マネジメント・サイエンスとコンピュータ.....	25
1.3.1 マネジメント・サイエンス実用化のツール.....	25
1.3.2 経営情報システムとの関係.....	27
1.3.3 アプリケーション・システムの作成.....	29
2. 数理計画法とコンピュータ.....	33
2.1 数理計画法とは.....	33
2.2 線型計画法 (Linear Programming : LP).....	35
2.2.1 概要.....	35
2.2.2 解法.....	36
2.2.3 適用例.....	51
2.2.4 コンピュータ・プログラム.....	53
2.3 非線型計画法.....	55
2.3.1 概要.....	55
2.3.2 解法.....	56
2.3.3 コンピュータ・プログラム.....	62
2.4 整数計画法.....	63
2.4.1 概要.....	63
2.4.2 解法.....	64

2.4.3 適用例	70
2.4.4 コンピュータ・プログラム	72
2.5 数理計画用プログラム・システムのデザイン	73
2.5.1 概要	73
2.5.2 コントロール言語	73
2.5.3 割込み処理	74
2.5.4 コア・メモリーの配分	74
2.5.5 モジュール化	75
2.5.6 アルゴリズム	75
2.5.7 精度	77
2.5.8 許容限度値	77
2.5.9 レポート・ライター	78
2.5.10 マトリックス・ジェネレータ	79
2.5.11 その他	79
3. シミュレーションとコンピュータ	83
3.1 コンピュータ・シミュレーション	83
3.1.1 シミュレーションとは	83
3.1.2 コンピュータ・シミュレーションの特徴	85
3.2 モンテカルロ法	86
3.2.1 モンテカルロ法	86
3.2.2 乱数の発生	88
3.2.3 分布関数	92
3.3 シミュレーションの基本的な問題点	103
3.3.1 シミュレーションの実行回数の問題点	103
3.3.2 理論値との比較	108
3.3.3 乱数とモデルについて	111
3.3.4 待合せ系モデルの作り方	113
3.4 シミュレーションの計画	116
3.4.1 コンピュータ・シミュレーションの進め方	116
3.4.2 コンピュータ・シミュレーションの実行上の注意	128
3.5 シミュレーション言語	130
3.5.1 シミュレーション言語の使い方	130
3.5.2 シミュレーション言語	137

4. ネットワーク分析とコンピュータ	153
4.1 ネットワーク分析とは	153
4.1.1 ネットワーク・モデル	153
4.1.2 日程計画の手法	154
4.2 解法	154
4.2.1 日程計画と管理	154
4.2.2 PERT の拡張	167
4.3 適用方法と適用領域	181
4.3.1 PERT 手法の導入手順	181
4.3.2 PERT の適用領域	186
4.4 コンピュータ・プログラム	187
4.4.1 PERT/TIME プログラム	187
4.5 適用例	189
4.5.1 PERT の導入に先立って	190
4.5.2 PERT 手法の導入	192
4.5.3 プラント建設プロジェクトの計画と管理	202
5. 経営計画とコンピュータ	229
5.1 設備投資のシミュレーション・モデル	229
5.1.1 設備投資問題へのアプローチ	229
5.1.2 設備投資モデルの構成	231
5.1.3 コンピュータ・シミュレーション・モデル	233
5.1.4 例題	238
5.2 予算編成のシミュレーション・モデル	243
5.2.1 予算管理と予算編成	243
5.2.2 予算編成モデルの構成	247
5.2.3 適用領域と適用方法	249
5.2.4 アプリケーション・プログラム	250
5.2.5 適用例	257
5.3 長期経営計画システムのシミュレーション・モデル	258
5.3.1 経営計画へのシステムの接近	258
5.3.2 長期経営計画システムのシミュレーション・モデル	264
5.3.3 POESY	280

6. 統計的手法とコンピュータ	293
6.1 統計データのコンピュータ処理	293
6.2 データの記録	294
6.2.1 母集団と統計量	294
6.2.2 データのまとめ	295
6.2.3 度数分布	295
6.3 相関分析と回帰分析のプログラム	296
6.3.1 相関分析とは	296
6.3.2 相関係数	296
6.3.3 偏相関	297
6.3.4 重相関	298
6.3.5 回帰分析とは	298
6.3.6 直線回帰	299
6.3.7 多重回帰	301
6.3.8 直交多項式による曲線の当てはめ	304
6.4 実験計画法のプログラム	306
6.4.1 実験の計画	306
6.4.2 分散分析法	307
6.4.3 共分散分析	312
6.4.4 直交表による実験計画	318
6.5 多変量解析のプログラム	322
6.5.1 多変量解析とは	322
6.5.2 主成分分析と成因分析	323
6.5.3 因子分析法	327
6.5.4 判別分析法	334
6.5.4 正準相関分析	339
6.6 要因分析パッケージ	342
6.6.1 要因分析とは	342
6.6.2 要因分析パッケージの例	345
6.7 汎用統計プログラム・パッケージ	346
6.7.1 STAT-K の特徴と適用分野	347
6.7.2 STAT-K の処理体系と分析手法の内容	348
6.8 統計プログラム・パッケージの作成および利用方法について	350
6.8.1 統計プログラムの種類と機能	350

6.8.2 プログラム・システムの構成	351
6.8.3 統計プログラム・システム作成上の留意点	352
6.8.4 統計プログラム・パッケージの使用上の留意点	358
7. 予測とコンピュータ	361
7.1 予測とは	361
7.1.1 予測の意義	361
7.1.2 予測の種類	362
7.1.3 予測の方法	363
7.2 予測の理論	366
7.2.1 時系列分析	366
7.2.2 計量経済分析	376
7.3 予測の適用	388
7.3.1 予測の手順	388
7.3.2 企業経営での利用	389
7.3.3 経済計画での利用	391
7.3.4 予測の適用例ーシェアの予測	392
7.4 予測プログラム	395
7.4.1 時系列分析用プログラム	396
7.4.2 計量経済分析用プログラム	398
8. インダストリアル・ダイナミックスとコンピュータ	401
8.1 インダストリアル・ダイナミックスとは	401
8.2 インダストリアル・ダイナミックスの特徴	402
8.2.1 シミュレーション方式	402
8.2.2 インフォメーション・フィードバック・システム	403
8.2.3 簡単な数式とノンリニア性	405
8.3 インダストリアル・ダイナミックス・モデル	405
8.3.1 フロー・ストラクチャ	405
8.3.2 レベル・リード，意思決定機構	406
8.3.3 方程式	407
8.3.4 フロー・ダイアグラム	411
8.4 ダイナモ	412
8.4.1 基本ルール	413

8.4.2 特殊関数	419
8.5 シミュレーションの実例	422
8.5.1 システム	422
8.5.2 モデル方程式とフロー・ダイアグラム	422
8.5.3 シミュレーション	424
8.6 分析の手順	428
8.7 応用分野	429
8.7.1 ダイナモの応用	429
8.7.2 オープン・システム・モデル	429
8.7.3 クローズド・システム・モデル	431
索 引	433

1. マネジメント・サイエンスとは

1.1 マネジメント・サイエンスの意味と目的

1.1.1 マネジメント・サイエンスとは何か

マネジメント・サイエンスとは、「経営管理上の問題に対する解答を科学的に見出すための原理および手法の体系である。」と定義されている。このようにマネジメント・サイエンスを定義すると、まず第1に、マネジメント・サイエンスは経営管理上の問題を対象とする科学であり、第2に、その問題解決の立場は科学的接近であり、そして第3に、その接近を支える有効な手法がマネジメント・サイエンスに内包されていることがわかる。

経営管理上の問題は、よく知られている経営過程の観点から考えてみると、計画・実施・統制の各経営機能にかかわる問題としてとらえることができる。計画の機能は経営の目的とその達成手段の全体を決定する（意思決定する）ことであり、実施の機能は設定された計画を達成するために業務活動を行なうことであり、統制の機能は計画と実施の離反を発見し、必要な措置を講ずるとともに、最終的な経営成果を評価することである。ここに計画の機能は、他の2機能の基礎となる機能であることは明らかである。H. A. サイモンはこの点を強調して、「経営とは意思決定である」とさえいっている。それゆえ、マネジメント・サイエンスにおいて経営管理上の問題というときは、主としてこの経営計画問題のことをいう。また、マネジメント・サイエンスが、時には「意思決定の科学」であるといわれるゆえんもここにある。

ところで、経営計画には2つの段階がある。まず、企業は複雑な外部環境のもとで生存していくために、“何をやるべきか”をきめなければならない。すなわち、目的を設定しなければならない。この段階は戦略的計画といわれる段階である。つぎに設定された目的を達成するために、“どうしてやるべきか”をきめなければならない。この段階は戦術的計画といわれる段階である。従来、マネジメント・サイエンスはどちらかというとな戦術的

計画を多く取り扱ってきた。それは問題の構造が比較的確確になっており、意思決定のプログラム化が容易であったからである。しかし今日では、戦略的計画が企業の将来を左右するものであるという認識が高まってきて、重点は戦略的計画におかれてきている。マネジメント・サイエンスはこの構造の明確でない問題を志向して、問題分析の定型的方法を開発するために努力を重ねているのである。

つぎにマネジメント・サイエンスにおいて、問題解決の立場が科学的接近であるということは、マネジメント・サイエンスが経営に対してシステムズ・アプローチを行なうことを意味する。システム概念を問題解決に適用する場合、これをシステムズ・アプローチというが、企業はまさしくシステム概念を適用すべき問題の集合体なのである。すなわち、経営管理上の問題の解決にこのアプローチが重要な意味をもつのは、今日の企業の外的および内的複雑化、高度化に起因する。企業のおかれている環境は、すでに特定の部分的アプローチによる解決をこえ、総合的視野からの問題の発見と解決とを要求している。ここに複雑な企業システム構成要素の相互の諸関連をときほぐし、全体の仕組を把握し、総合的設計を行なうための科学的方法がシステムズ・アプローチであり、マネジメント・サイエンスの立場はこの意味で、「経営に対するシステムズ・アプローチ」と規定することができる。

第3のマネジメント・サイエンスに含まれる手法については、以下に詳述するが、単にそこに示す手法がマネジメント・サイエンス手法のすべてではない。また、特に定まった固定的な手法の集合があるわけでもない。むしろ経営意思決定問題に科学的な接近を行なうのに利用できる数学、統計、オペレーションズ・リサーチなどの諸手法の全体がマネジメント・サイエンスの手法なのである。したがって関連諸科学の領域で開発された、あるいは開発されつつある手法は、それが経営管理上の問題に応用できる潜在的可能性をもっているかぎり、将来マネジメント・サイエンス手法の範疇の中にはいつてくるものと考え

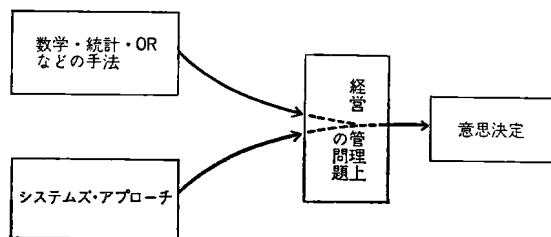


図 1.1 マネジメント・サイエンス・アプローチ

られる。上述のシステムズ・アプローチの観点よりこのことを考察すれば、経営管理のためにといって、単に料理手帳的に手法をさがし求めることは意味がない。すなわち、手法は問題が明確になってはじめて意味のあるものであり、手法中心の思考はマネジメント・サイエンスの真の有効性をそこなうものである。マネジメント・サイエンスは応用の科学として考える場合、マネジメント・サイエンス・アプローチという観点で考えるべきであり、それは問題を発見し、問題を解決する、問題中心のアプローチであることを忘れてはならない。

1.1.2 マネジメント・サイエンスの目的と役割

a. 経営近代化の背景

では、なぜこのように経営に対する科学的アプローチの重要性が生じたのかを考えてみよう。

わが国の経済は、戦後驚くべき成長をとげ、国民総生産においては、共産圏を除けば、アメリカにつくものになっている。特に造船・鉄鋼・自動車などの生産は、世界の上位にある。生産の向上につれて、その技術水準にも大きな進歩がみられる。わが国の経済力は、ここに先進国に匹敵するだけの規模と実力を有するようになったのである。そしてこの経済成長は、主として個々の企業の努力によるものであった。

わが国の企業の前途は、このように見てくるとまったく順調であるかのように見える。しかし、事態は必ずしもこのように楽観的ではない。

戦後の経済成長の過程において、1955年頃までは復興の過程であった。それ以後、1965年にかけては、大量消費の時代であり、わが国経済は高度成長を謳歌した。企業は、きそって外国先進企業と技術提携して技術導入を行ない、巨額の設備投資を行なって増設に増設を重ね、需要の拡大を誘導して発展した。この成長を支えたものは、生産技術を中心とする技術革新であった。また生産技術のみでなく、各種の経営管理技術も積極的に導入され、生産性の飛躍的な向上をもたらした。しかし1965年以後、高度成長期から安定成長期に移行すると同時に、貿易の自由化が行なわれ、現在では、資本の完全な自由化を迫られつつある。いまや、日本経済は温室育ちの経済から国際競争の嵐のなかに立たされることになったのである。国内においても、企業間の競争はますます熾烈化し、1つの政策の誤りが、直接、企業の盛衰につながるが多くなっている。

このような、企業のおかれている外的環境から、わが国各企業の経営の現状を見ると、