



Bowmanの経営者係数理論について : ヒューリスティック・プログラミングの一つの方法

中橋, 国蔵

(Citation)

国民経済雑誌, 128(1):53-72

(Issue Date)

1973-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00171643>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00171643>



Bowman の経営者係数理論について

——ヒューリスティック・プログラミングの一つの方法——

中 橋 国 蔵

I Bowman の経営者係数理論

1. 生成の過程

Bowman の経営者係数理論 (The Management Coefficients Theory)¹ は、総合生産計画問題²において、決定変数 (各期の生産量と人員数) と、それを決定するにあたって現実の経営者が考慮に入れると思われる変数 (将来の各期の販売予測量、期末在庫量など) との間の関係を研究する過程で生まれたものである。この関係は、過去の一定期間における現実の決定とその基礎になったと思われる変数の値をデータとして、適切なかたちの回帰方程式を仮定して最小自乗回帰を行ない、未知係数を求めることによって推定される。

この回帰方程式とその係数の求め方を一般的にのべれば、つぎようになる。

まず、当該問題において決定すべき変数 Y と、その決定変数の値をきめるにあたって現実の経営者が考慮に入れると思われる変数 $X_1, X_2, \dots, X_n$ を識別する。決定変数の数が2つ以上あるときには、そのそれぞれについて、変数 X を識別する。一般に、変数 Y と $X_1, X_2, \dots, X_n$ との間には、何らかの関数関係を仮定できるであろう。たとえば、これらの変数の間に線型関係があると仮定すれば、一組の $Y, X_1, X_2, \dots, X_n$ の値の間の関係は、次式によってあらわされる。

1 E. H. Bowman, "Consistency and Optimality in Managerial Decision Making," *Management Science*, January, 1963, pp. 310-321.

2 総合生産計画問題については、つぎを参照。

C. C. Holt, F. Modigliani, and H. A. Simon, "A Linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling," *Management Science*, October, 1955, pp. 3-6.

E. S. Buffa and W. H. Taubert, *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, Irwin, 1972, Chap. 5.

$$Y = \alpha + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \cdots + a_n X_n \quad (1)$$

ついで、ある一定期間の現実の決定（ Y の値）とその決定の基礎になったデータ（ $X_1, X_2, \dots, X_n$ の値）を収集し、それにたいして(1)式のかたちの回帰方程式を仮定して、最小自乗回帰を行ない、(1)式における未知パラメータ（ α ）と回帰係数（ $a_1, a_2, \dots, a_n$ ）の値を求める。そして、その値を付与した回帰方程式にたいして、各種の統計的分析を加えるのである。

さて、このような分析の結果として、求められた回帰方程式が統計的にみて有意であり、また回帰係数も現実的な意味を反映しているとしよう。³そうすると、Bowmanによれば、その回帰方程式は、回帰分析の性質から、現実の経営者がその一定期間にとっていた平均的な決定行動をあらわすと考えられる。そして、重要なことは、求められた回帰方程式の係数の値は、現実の経営者が Y の値をきめるにあたって、 X のそれぞれにたいして暗黙的に付与していたウェイトの平均値をあらわすことである。

ところで、求められた回帰方程式は、一種の決定ルールとして利用することができる。なぜならば、独立変数 X の値を指定すれば、その回帰方程式から、従属変数 Y すなわち決定変数の値をきめることができるからである。

そこで、いま、この回帰方程式を決定ルール（これを回帰決定ルールとよぼう）として、その回帰方程式を求める基礎になったものと同一の期間の各決定を行なったとしよう。その決定は、現実の経営者が X のそれぞれに暗黙的に付与していたウェイトの平均値を一貫して使用したときになされる決定にあたっている。これにたいして、同一の期間における現実の個々の決定においては、そのウェイトはこの係数と同一ではない。したがって、回帰決定ルールによる決定と現実の決定とは異なるであろう。

Bowmanは、4つの企業について、回帰決定ルールによる決定を行なったばあい⁴に生ずる総合生産費用と、現実の意思決定の結果として生じた費用とを比

3 回帰方程式の妥当性の検討問題については、後述する。

4 (i) 通常勤務労務費、(ii) 採用・解雇費、(iii) 残業労務費、(iv) 在庫管理費の和である。

較してみた。このばあい、回帰決定ルールによって決定を行なうに際しては、考慮される1つの変数である販売予測量は、過去の実績値をもとにして移動平均法によって求められたものとしている。

さらに Bowman は、Holt らの数学的最適化手法⁵を適用して、総合生産計画問題にたいする1つの最適決定ルール（線型決定ルールとよばれる）によって決定を行なったばあいに生ずる費用を算出している。このばあいには、販売予測量が、上述したものと同様の移動平均法によって求められたケースと、（ありえないことであるが）完全な予測が行なわれたケース（つまり、販売予測量＝実績値）の2つについて、総合生産費用を算出している。

完全予測を行なって最適決定ルールを適用したときの費用額を100とすると、各企業におけるこれらの4つの方法の結果としての費用の相対値は、表1のよ

表1 4つの方法の結果の比較

	A 社	B 社	C 社	D 社
(1) 最適決定ルール (完全予測)	100	100	100	100
(2) " (移動平均法)	104.9	102.0	103.3	110
(3) 回帰決定ルール (移動平均法)	102.3	100.0	124.1	124.7
(4) 企業の実績値	105.3	105.3	111.4	139.5

うになった。⁶

現実の企業が使用している販売予測量が、移動平均法によって求められた値よりも、実績値に近いと仮定してよいならば、この表の数値から、つぎの2つの重要な事実を発見することができるのである。⁷

まず第1に、企業の実績値(4)と回帰決定ルールにもとづく決定の結果(3)とを比較すると、C社を除く3社において、(3)の費用額のほうが(4)の費用額よりも少ないという事実がみられる。すなわち、経営者自身の現実の意思決定の回帰によって求められた回帰決定ルールにしたがって決定をしていたならば、総合生産費用は、現実の意思決定そのものからもたらされる費用よりも低下してい

5 つぎを参照, C. C. Holt, et al., *op. cit.*, pp. 6-19.

6, 7 E. H. Bowman, *op. cit.*, p. 315.

たであろうということが示されている。この第1の事実を説明するために、すぐあとでべる Bowman の経営者係数理論が生まれてくるのである。

第2に、表1における(2)行と(3)行の値を比較してみると、A社とB社では、回帰決定ルールにもとづく決定のほうが、同じ予測値を用いた最適決定ルールにもとづく決定よりも、総合生産費用は少ないという事実がみられる。

これは、一般的にいえば、つぎの重要な事実を指摘している。すなわち、最適決定ルールによって求められる最適解は、そのルールを導出する基礎になった決定モデル（このばあいには総合生産費用関数）に関してのみ真に最適である。しかし、その決定モデルは、現実を完全に正確に再現するものではありえない（Holt らの方法を適用するためには、費用関数を2次関数で近似しなければならない）。かくて、その最適解は、現実の問題状況にたいしては真の最適解となる保証はない。したがって、決定モデルにたいする最適決定ルールよりも、現実の問題状況にたいしてより有効な解をもたらす他の決定ルールが存在しうることになるのである。

2. 経営者係数理論

Bowman は、上述の第1の事実の生ずる理由を、つぎの一連の命題によって説明している。⁸これが、Bowman の経営者係数理論（以下、Bowman 理論と略称）をなしている。

- (1) 経営者は、システムの有効性基準をよく知っている。
- (2) 経営者は、この基準に影響を及ぼすシステム変数をよく知っている。
- (3) 有能な経営者は、判断力と直観力にもとづいて、これらの変数と基準とを関連づけることによって、意思決定を行なっている。しかし、この関連づけは不完全に行なわれる。このばあい、その不完全な決定は、バイアスがあるというよりはバラツキがあるものである。
- (4) 決定変数の関数としての費用曲面ないし基準曲面は、ほとんどのばあい、浅い皿型をしている。したがって、基準関数の値に大きな影響を及ぼすの

8 *Ibid.*, pp. 315-316.

は、経営者の意思決定のバラツキであって、小さなバイアスはほとんど影響を及ぼさない。

- (5) かくて、もし、経営者の行動が、彼らが現実使用了係数の平均値を付与した決定ルールと同様のものであったならば、その決定は、現実の決定よりもよりよい結果をもたらしたであろう。

これらの命題のうち、(1)～(3)は、経営者の意思決定能力についての命題であり、(4)は目的関数ないし基準関数についての命題である。そして、(5)は、それらの命題から導かれる1つの帰結であって、上述の第1の事実に相当している。

命題(1)と(2)は、現実の経営者が、意思決定にあたって、適切な基準と変数に考慮を払うという経営者の有能性の仮定をあらわしている。Bowman 理論が対象にしているのは、反復的に行なわれるいわゆる定型的決定であるので、この命題は妥当であろう。

Bowman 理論の中核をなすのは、命題(3)である。

Bowman は、経営者の意思決定にバラツキが生ずる理由を、つぎの2つの人間行動の一般的性向によって説明している。⁹

第1は、人間は一般に、環境にある種々の刺激のそれぞれにたいして、その重要度に応じて適切に反応するのではなく、ある種の刺激にたいして選択的に反応することである。つまり、人間は、その能力の制約から、注意焦点を移動し、あるときにはある特定の事象に注意を向け、そして他の時点では、別の刺激にとくに注目するという行動をとるのである。

たとえば、総合生産計画問題において、環境からの刺激となるのは、販売予測量や在庫量などに関する情報である。このとき計画担当者は、もし、販売部門から将来大きな受注がありそうだという情報が提供されれば、多くの環境要因のうちとくに販売予測量に注意を向け、販売予測量に必要以上のウエイトをおいた決定をするのである。

第2は、人間がある刺激を知覚するに際しては、刺激閾が存在することであ

9 *Ibid.*, p. 316.

る。すなわち、人間は、刺激が存在しても、その刺激の強さがある一定水準（刺激閾）をこえるまでは、それを刺激として知覚せず、したがって、その刺激にたいして反応しない。そして、人間は、その刺激の強さが刺激閾をこえた時点で、ようやくその刺激にたいして反応するが、その反応は、それまでの過小反応をつぐなおうとして、過大反応になる傾向があるのである。

このように、経営者の意思決定におけるバラツキは、環境刺激にたいする不適切な反応をあらわし、したがって、そのバラツキを除去するならば、意思決定は改善されると考えられるのである。

この決定のバラツキは、経営者が、意思決定に際して考慮する変数 X のそれぞれに付与するウェイトの変動となってあらわれる。これにたいして、回帰決定ルールにおける係数は、そのウェイトの平均値をあらわす。したがって、回帰決定ルールによる決定は、現実の決定におけるバラツキを除去したものにあたっている。

回帰決定ルールによる決定は、現実の決定に含まれるバイアスを含むものであるが、まず命題(3)において、そのバイアスは大きくないと仮定される。そして、少々バイアスがあっても、命題(4)から、その決定にたいする目的関数の値は、最適値と大きくは異ならないと考えられるのである。Bowman は、命題(4)を支持する 1 つの事例として、設備寿命の関数としての陳腐化と運営費の総年間費用曲線が非常に平坦になることを示した Smith の実証的研究をあげて¹⁰いる。

II Bowman 理論の意義

1. 1 つの特殊なヒューリスティック・プログラミング

さて、Bowman 理論は、規範論的には、つぎの一般的命題を示唆している。すなわち、「企業の業績を向上させるためには、意思決定者における決定のバラツキを除去せよ」という命題である。

10 Ibid., pp. 319-320.

この命題を実現するための1つの方法は、Bowman 理論の生成過程から直接的に示唆される。¹¹

すなわち、経営者の過去の現実の意思決定にもとづいて、回帰決定ルールを導出し、それを将来の決定のために一貫して利用することによって、将来の決定におけるバラツキをなくし、かくして、企業業績を向上させようとする方法である。このばあい、回帰決定ルールをコンピュータ・プログラム化すれば、その決定を自動化することも可能になる。

ところで、回帰決定ルールは、上述のように決定ルールであり、そして、それは、数学的な決定モデルから演繹的に導出された最適決定ルールではなく、現実の経営者の意思決定を基礎にして、帰納的に求められた決定ルールである点において、ヒューリスティック (heuristic) である。そして、回帰決定ルールは、それがないばあいに比べると、問題解決のために必要な解の探求努力を節減する点において、本質的にヒューリスティックの性質をもっている。¹²

したがって、回帰決定ルールを求め、それをプログラム化する研究は、1つのHP (heuristic programming) に属する。しかしながら、つぎにのべるように、この回帰決定ルールは、通常のHPで研究されている通常のヒューリスティックとは異なった種類のものとみななければならない。したがって、Bowman 理論から示唆されるこのHPは、1つの特殊なHPなのである。

まず、通常の記述論的なHPの研究では、人間の意思決定過程を記述論的に分析することによって、人間が現実採用しているヒューリスティックを明示化する。これにたいして、回帰決定ルールは、人間の現実の決定を基礎にして形成されるものではあるが、その決定過程を記述論的に解明してえられたもの

11 本稿では、もっぱら、Bowman 理論から示唆されるヒューリスティック・プログラミングについて論ずるが、Bowman 理論には他の利用方法もある。つぎを参照。R. J. Ebert, "Environmental Structure and Programmed Decision Effectiveness," *Management Science*, December, Part I, 1972, pp. 435-445.

12 ヒューリスティックの意味や性質については、たとえば、つぎを参照。占部都美著『企業の意思決定論』白桃書房、昭和44年、326-327頁。

13 記述論的なHPの典型は、Clarkson の研究である。G. P. E. Clarkson, *Portfolio Selection: A Simulation of Trust Investment*, Prentice-Hall, 1962.

ではない。回帰決定ルールは、決定過程そのものはブラック・ボックスのままにしておいて、決定そのものという結果とその基礎データとから、決定変数 Y とその決定において考慮される変数 X との間の関係を求めたものにすぎないものである。

このばあい、重要なことは、上述のように、回帰決定ルールにおける回帰係数は、変数 X のそれぞれにたいして、現実の経営者が暗黙的に付与しているウェイトをなしていることである。したがって、決定過程そのもののかわりに、この係数の値を検討することによって、回帰決定ルールが経営者の現実の決定行動をよくあらわすかどうかについて、ある程度の確認を行なうことができる。

つぎに、通常の規範論的なHPの研究では、¹⁴ 特定の問題を現実よりもよりよく解決するためのヒューリスティックを研究する。この研究においては、一定の明確な目的関数が指定される。これにたいして、回帰決定ルールは、明確な目的関数を仮定することなしに求められるヒューリスティックなのである。

2. 実践的有用性

Bowman 理論から示唆されるこの特殊なHPの実践的有用性は、まさしく、上述したその特殊性からもたらされる。

まず第1に、このHPは、現実の問題状況が複雑で、それを数量的変数で明確に記述するのが困難な問題にたいして適用できる強みをもっている。

目的関数において指定しなければならない単位費用の測定が困難な問題や、多面的な評価基準を考慮しなければならない問題がそれである。たとえば、在庫切れ費用の測定においては、顧客の信用の失墜によってこうむる損失を評価するのが困難であろう。

通常の問題解決方法においては、このような問題においても、何らかの単位費用を仮定したり、多面的な評価基準に付与する相対的ウェイトを仮定することによって、問題状況を明確にあらわそうとする。しかし、このばあいには、

14 規範論的なHPの研究の例については、たとえば、つぎを参照。G. L. Thompson, "Heuristic Programming: Theory and Computation," in J. F. Pierce, Jr. (ed.), *Operations Research and the Design of Management Information Systems*, Technical Association of Pulp and Paper Industry, 1967, pp. 137-153.

ともすれば、分析者の恣意的な判断が入るおそれがある。

これにたいして、Bowman 理論にもとづくHPでは、現実の経営者の決定を基礎にして、回帰決定ルールの係数として、意思決定者が現実¹⁵に考慮していた各单位費用や、各目的にたいして付与していたウェイトを推定することができるのである。この方法によれば、分析者の恣意性が入る余地は少なくなり、かくて、より現実的なヒューリスティックが求められるのである。

第2に、このHPにおいては、ヒューリスティックの開発にあたって、意思決定過程にたいする詳細な記述論的分析を行なう必要がない。したがって、このHPの方法は、意思決定者がみずからの決定過程を言葉で明示的に表現できないとき、つまり、プロトコルによる意思決定過程の記述論的分析が困難な問題状況において、その有用性を発揮するものと思われる。

つぎには、このHPの有用性を有効に利用したHurst=McNamaraの研究¹⁶をみることにしよう。

III Hurst=McNamaraの研究

1. ジョブ・ショップ・スケジューリング問題

Hurst=McNamara (以下、H=Mと略称)が研究したのは、毛織物工場におけるジョブ・ショップ・スケジューリング (job shop scheduling, 以下、JSSと略称) 問題にたいする生産計画担当者の決定行動である。

この毛織物工場は、複数の生産段階から成るが、生産計画担当者は、公式的には、梳毛段階の生産計画 (週間計画) のみを作成していた。梳毛段階では、新しい種類の注文を処理するためには、時間のかかる機械の掃除や調整が必要であり、生産計画¹⁷上、最も重要な段階となっていたからである。

したがって、このばあい、この生産計画担当者が扱ったJSS問題は、梳毛

15 プロトコルによる意思決定過程の記述論的分析については、G. P. E. Clarkson, *op. cit.*, p. 26. を参照。

16 E. G. Hurst, Jr. and A. B. McNamara, "Heuristic Scheduling in a Woolen Mill," *Management Science*, December, 1967, pp. B-182 — B-203.

17 *Ibid.*, pp. B-183 — B-185.

段階に一定数の機械があるとき、未処理の注文のなかの各注文を、どのような順序で、どの機械にわりあてるとかという種類の問題である。

この JSS 問題は、多段階的生産過程にかかわるより一般的な JSS 問題よりは単純であるが、それでもなお、いわゆる「大型問題」(large problem) にあたっている。たとえば、ジョブ・ファイル(受注残リスト)に 50 個のジョブがあり、そのなかから、いずれか 9 つのジョブを選択し、それらを 9 つの機械にわりあてると可能なジョブと機械の組合せ、すなわち、この JSS 問題の代替案の数は、実に、数兆に達するのである。¹⁸したがって、この意思決定にあたって、すべての可能な代替案を列挙し、そのなかから、目的関数からみて最適な代替案を選択するという完全列挙法は、とることができない。また、現実的に適用可能な効率的なアルゴリズム(最適決定ルール)も開発されていないのである。

さらに、現実の JSS 問題においては、多元的な評価基準を考慮しなければならないから、問題はさらに複雑になる。たとえば一般的には、納期遅れ費用の最小化、仕掛在庫費用最小化、機械の稼働率の最大化などの基準を考慮しなければならない。¹⁹これらの評価基準においては、まず、たとえば、納期遅れ費用のような無形の費用をどのようにして測定するかという問題である。さらに、費用の最小化と機械稼働率の最大化のような次元の異なる評価基準を、どのようにして総合的に考慮するかという問題がある。

2. 生産計画担当者の決定行動のモデル化

$H=M$ は、この梳毛段階の生産計画の作成における生産計画担当者の決定行動のモデルを構築しようとした。このモデルの構築にあたって、 $H=M$ は、Clarkson の記述論的な方法と Bowman 理論とを結合した方法をとっている。²⁰すなわち、生産計画担当者とインタビューしたり、彼が過去に実際に作成した生産計画やその基礎データを検討することによって、生産計画担当者の決定過

18 $50 \times 49 \times \dots \times 43 \times 42$

19 つぎを参照。黒田充稿「スケジューリング」春日井博編『経営システム工学のための I E の手法体系』日本生産性本部、昭和 42 年、234—235 頁。P. Mellor, "A Review of Job Shop Scheduling," *Operational Research Quarterly*, May, 1966, p. 164.

20, 21 E. G. Hurst, Jr. and A. B. McNamara, *op. cit.*, p. B-188.

程を考察するとともに、決定過程を記述論的に明らかにするのが困難な部分では、Bowman 理論を適用しているのである。

このモデルの開発過程は、つぎの5つの局面に分けることができよう。²¹

- (1) 計画担当者の決定過程の構造を解明する
 - (2) この決定過程で考慮される変数を認識する
 - (3) この決定過程の従属変数と独立変数との間の関係を関数のかたちに定式化する
 - (4) この関数にたいして計画担当者の行動を適合させ、独立変数のそれぞれにたいするウェイトづけ係数を評価する
 - (5) モデルの妥当性を検討し、精緻化をはかる
- 以下、この5つの局面について、順次、論じていこう。

(1) 決定手続

まず、計画作成にあたって、生産計画担当者が、つぎの2つの決定方式を組み合わせ²²て用いていることが明らかにされた。

第1の方式では、まずジョブ・ファイルそれ自体を調査し、各ジョブの納期と加工時間を考慮して、次週の生産計画に入れるべきジョブを選択する。ついで、その週の間に利用可能になる機械を調べ、すでに選択されているジョブに適合する機械を選択するという方法がとられる。

第2の方式では、第1の方式とは逆の手順がとられる。まず、すでに作成されている生産計画を調べて、つぎに利用可能になる機械を発見する。ついで、ジョブ・ファイルを調べて、その機械にわりあてるのが適当なジョブを選択するのである。

意思決定過程にたいする詳細な記述論的分析を行なおうという観点からは、現実の計画担当者がこれらの2つの決定方式をどのように組み合わせて使用しているかを解明しなければならない。

しかし、 $H=M$ は、そのような記述論的分析は困難であったとしている。そ

²² *Ibid.*, p. B-189.

の理由は、この2つの決定方式のうちのどれをとるかを決める識別基準が複雑であり、計画担当者自身も、その基準を明確に意識していないと考えられるからである。²³つまり、ここでは、プロトコルを用いて意思決定過程を記述論的に解明することは困難であるとして、回避されている。

H=Mのとした方法は、いずれかの決定方式を採用していると仮定した上で、ある一定期間のデータを分析し、その決定方式のもとで、どのようにして計画が作成されているかを明らかにしようとするものであった。

(2) 重要なシステム変数

この分析を行なう前に、まず、計画担当者がその意思決定をする際に重要と考える変数を識別しなければならない。計画担当者とのインタビューの結果、つぎの3つが重要な変数と考えられていた。²⁴

(a) スラック・タイム (slack time)

まず、納期遅れを少なくするためには、次式で測定されるスラック・タイムが考慮されていた。スラック・タイムの小さいジョブが、優先してわりあてられる。

スラック・タイム＝製品の納期－梳毛以後の段階の平均加工時間－梳毛段階の加工時間－その梳毛機械が利用できるようになる日

(b) 番手差異 (count difference)

同一の機械において連続して処理するジョブの間で、番手のちがいがあると、梳毛機を再調整するための手数がことになる。そこで、計画担当者は、利用可能になった機械にたいして、つぎにわりあてるジョブとしては、その機械がいま加工を完了したジョブとの間で番手にできるだけ差異の小さいものを選択しようとした。このばあい、番手の変化の大きさだけが考慮され、その変化の方向は重要でないと考えられた。

(c) ブレンド変化 (blend change)

²³ *Ibid.*, pp. B-189 — B-190.

²⁴ *Ibid.*, pp. B-190 — B-191.

つぎに、梳毛機で加工する羊毛のブレンドが変化するときには、梳毛機を掃除する必要がおこる。したがって、同一の梳毛機で連続的に加工するジョブの間では、番手差異を小さくするとともに、ブレンド変化をなくすることが望ましかった。この研究においては、ブレンドをつぎの4つの種類に分類する方法がとられた。すなわち、(1)オール・ウール、(2)ウール・モヘア、(3)ウール・ラビット、(4)ウール・その他である。したがって、連続する2つのジョブの間で生ずるブレンド変化のタイプの数²⁵は、変化のないばあいも考慮に入れると、 $4^2=16$ とおりある。

(3) 変数間の関係の関数表示

つぎには、現実の生産計画担当者が、これらの変数をどのように関連づけて意思決定を行っていたかを検討しなければならない。

これは、第1の決定方式をとるときには、選択されたジョブをどの機械にわりあてるか、つまり、利用可能な機械の優先順位をきめる問題と考えられる。そして、第2の決定方式をとるときには、利用可能な機械にどのジョブをわりあてるか、つまり、ジョブ・ファイルのなかのジョブの優先順位をきめる問題と考えられる。

H=Mによれば、計画担当者の行動に適合させるためには、このようなジョブまたは機械の優先順位と、上述の3つの変数との間にはつぎのような線型関係を仮定するのが妥当と考えられた。²⁵

$$y_i = b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^4 a_{jk} z_{ijk}$$

ここに、

$x_{i1}=i$ 番目の観察された決定における番手差異。たとえば、第2の決定方式をとっているとすると、機械Aが利用可能になったとき、その機械がいま加工を完了したジョブと、ジョブ・ファイルのなかの各ジョブとの間の番手差異をあらわす。 i は、このような決定状況を識別する番号と考えればよい。

25 Ibid., p. B-192.

$x_{i2}=i$ 番目の観察された決定におけるスラック・タイム。

$z_{ijk}=1$, i 番目の決定において、ブレンド j がその機械で加工中で、つぎのジョブのブレンドが k のとき。

$=0$, そうでないとき。

b_1, b_2, a_{jk} = 変数 x_{i1}, x_{i2}, z_{ijk} のそれぞれにたいするウェイトづけ係数

y_i = 観察 i におけるジョブまたは機械にたいする優先順位指標。この値が大きいほど、優先してわりあてられる。

この線型関数は、係数を求めるための回帰分析の作業を容易にするばかりではない。それは、計画担当者の決定行動をよく反映していることが確かめられている。²⁶

さて、この線型関数において重要なことは、それが、JSS問題における多元的な評価基準のウェイトづけを行ない、多元的目的を一元化する関数となっていることである。つまり、この関数は、納期遅れの最小化（スラック・タイムの小さいジョブの優先的わりあて）、番手差異による機械の調整時間の最小化、および、ブレンド変化による機械の掃除時間の最小化という3つの目的を、ウェイトづけして、優先順位指標という一元的数値に転換するものなのである。

(4) 係数の決定

つぎには、この線型関数における係数の値を決定しなければならない。これらの係数は、それぞれ、番手差異による機械の調整に要するコスト、納期遅れによってこうむるコスト、ブレンド差異による機械の掃除に要するコストを反映するものであると考えられる。もしできるならば、これらのコストを直接的に測定することによって、係数の値を決定するのが望ましい。

しかし、その測定は、現実には非常に困難である。この困難を克服するのが、Bowman 理論である。Bowman 理論によれば、現実の計画担当者は、これらのコストを暗黙的に考慮し、そのコストを反映するように優先順位指標を決定していると仮定される。したがって、計画担当者の現実の決定を基礎にして、前

26 Ibid., p. B-191.

掲の線型関数のかたちの回帰方程式を用いて回帰分析を行なうことによって、計画担当者がこれらの係数に平均的に付与していた値を求めることができるのである。

$H=M$ は、最終的には、第2の決定方式がとられていると仮定して、²⁷ 6カ月のデータ（約25,000回の決定を含む）を基礎にして、係数を求めた。²⁸ その結果は、表2のようになった。

これらの係数の現実的意味を検討しよう。

まず、係数 b_1 と b_2 の値がいずれも負であることは、計画担当者が、番手差

表2 係数の値

$$b_1 = -3.1871$$

$$b_2 = -0.1037$$

$$a_{ij} = \begin{pmatrix} 14.6628 & 11.0343 & 7.9548 & 11.9541 \\ 12.8600 & 23.4218 & 5.3743 & 11.9311 \\ 9.4663 & 6.9751 & 30.2220 & 8.4916 \\ 10.2543 & 8.2971 & 10.5064 & 34.3694 \end{pmatrix}$$

異の大きいジョブや、スラック・タイムが大きくて納期に十分まにあうジョブにたいしては、小さな優先順位指標を与えること、つまり、つぎの計画には入れないようにする傾向があることを示している。これは、計画担当者の現実の行動と一致している。²⁹

つぎに、係数 a_{jk} の行列において、対角成分の値が、非対角成分の値よりも非常に大きいことは、計画担当者が、同一の機械において連続して処理するジョブの間では、ブレンドが等しいことを好むことを示している。さらに、対角

27 第1の決定方式を仮定して求めたモデルは、現実とよく一致していなかった。Ibid., p. B-192—B-193.

28 係数の求め方については、Ibid., p. B-193.

29 $H=M$ は、 b_1 の絶対値が b_2 の絶対値より大きいことは、番手差異の大きいことが、納期遅れよりも好まれないことを示すとしている (Ibid., p. B-194)。しかし、これは単純にはいえないと思われる。変数 x_{11} と x_{12} の測定単位が異なるからである。事実、このことは、インタビューによって確認されていない。

成分にたいして対称的な位置にある非対角成分の値がほぼ等しいことは、計画担当者が、ブレンド変化の方向はほとんど考慮しないことを示している。これらの点も、計画担当者の現実の行動に対応している。

(5) 行動モデル

$H=M$ によれば、第2の決定方式をとるときには、前掲の優先順位関数を利用することによって、つぎのようにして生産計画を作成する。³⁰これが、生産計画担当者の決定行動のモデルであり、JSSのヒューリスティックをなしている。

まず第1に、優先順位関数を用いて、各機械が現在処理しているジョブを考慮することによって、ジョブ・ファイルにあるすべてのジョブについて、それを各機械にわりあてる優先順位指標を計算する。その計算結果の一部を取り出すと、表3のようになったとしよう（再計算の欄の数値は、のちのステップで計算される）。

つぎに第2ステップでは、第1番目に利用可能になる機械を探し、そして、その機械にたいして最大の優先順位指標をもつジョブを選択する。たとえば、表3において、機械の番号は、それが利用可能になる順番を示すものとすれば、まず、機械1にたいして最大の優先順位指標をもつジョブとして、ジョブ4が選択される。

つぎには、第3ステップとして、この選択されたジョブをわりあてるのに最も適した機械、すなわち、そのジョブにたいして最大の優先順位指標をもつ機械を探す。表3では、ジョブ4は、機械4にわりあてたほうが適切である。

この2つのステップによって、計画に入れるべき1つのジョブと、そのジョブをわりあてるべき機械が決定される。

つぎには、第4ステップとして、わりあてが完了したジョブを優先順位指標行列から取り除くとともに、そのジョブがわりあてられた機械に関して、ジョ

30 *Ibid.*, pp. B-194—B-196. しかし、この手続は、たんに第2の決定方式だけではなく、第1の決定方式も含むと思われる。

表3 優先順位指標行列

機械番号 ジョブ番号	1	2	3	4	4 (再計算)
1	12.38	10.69	2.63	11.00	10.89
2	11.21	9.52	4.01	9.83	9.43
3	2.15	0.46	28.15	0.77	0.63
4	13.67	14.56	3.95	14.87	除去
5	12.25	13.11	2.49	13.42	12.21
6	12.28	10.59	2.52	10.90	9.10
7	8.11	6.42	0.77	6.74	5.33
8	11.97	10.28	2.21	11.59	11.01
9	4.64	2.95	3.17	3.25	2.79
10	1.53	0.16	27.52	0.15	0.10

ブ・ファイルにある他のジョブの優先順位指標を計算しなおす。その機械に新しいジョブをわりあてた結果として、つぎにわりあてるジョブとの間の番手差異とブレンド変化、スラック・タイムが異なってくるからである。

この第2, 第3, 第4ステップの手順をくりかえすことによって, 利用可能になる各機械にわりあてべきジョブを順次決定することができるのである。

ここで, この行動モデルが, ヒューリスティックの性格をもつこと, すなわち, 解の探求努力を大きく節減していることに注目すべきである。この行動モデルにおいては, 50個のジョブのなかから9つを取り出し, それを9個の機械にわりあてて問題において, 第1ステップでは, $50 \times 9 = 450$ 個, そして, 第4ステップで修正計算として, 364個 ($49 + 48 + \dots + 42$), 合計して, 814個の優先順位指標を計算すればよい。これにたいして, 前述したように, 完全列挙法をとるならば, 数兆におよぶ代替案を評価しなければならないのである。

(6) モデルの妥当性の検討

H=Mは, このモデル作成の基礎になった6カ月につづく2週間について, モデルを用いて生産計画を作成し, それと, 現実の生産計画担当者が作成した計画とを比較している。両者において, 第1週については, 9つの決定のうち7つが一致し, 第2週については, 9つの決定のうち, 6つが一致していた。H=Mは, この比較結果について, 確率論的検討を加えたり, 他の単純な決定

ルールによって作成される生産計画と比較することによって、アウトプットの一致という面からみると、このモデルが、現実の生産計画担当者の行動をかなりよくあらわすことを確かめている。³¹

つぎに、 $H=M$ は、モデルと現実との間でみられた5つのアウトプット（生産計画）の差異を検討している。その結果として、モデルを改善するためには、優先順位関数のなかに、ジョブの加工時間を含める必要のあることが認識されている。³²

3. Hurst=McNamara の研究の意義

$H=M$ の研究は、JSS問題という複雑な問題にたいしても、Clarksonの方法とBowmanの方法とを結合することによって、HPを作成できることを示している。HPを作成することによって、JSS計画行動を自動化し一貫した決定をなすことができる。さらに、そのHPにたいして検討を加えることによって、より有効なHPを開発することも可能なのである。

IV Bowman 理論の有効適用のための条件

Bowman 理論にもとづくHPを効果的に適用できるためには、以下のような条件が満足されなければならない。

1. 回帰方程式の妥当性

まず第1に、求められる回帰方程式が、経営者の過去の平均的な意思決定行動を正しくあらわしていなければならない。このような回帰方程式をえるためには、Kunreutherの指摘するように、³³ つぎの3つの条件の成立が必要である。

第1に、その調査期間の間に、経営者の行動が、平均してみると、時間的に一貫していること、すなわち、一定の決定ルールを使用していることが必要である。決定ルールの変化としては、決定ルールのかたちの変化、すなわち、決

31 *Ibid.*, pp. B-196—B-199. これらの検証方法は、Clarkson が採用した方法と類似している。G. P. E. Clarkson, *op. cit.*, Chap. 6.

32 *Ibid.*, pp. B-199—B-202.

33 H. Kunreuther, "Extensions of Bowman's Theory on Managerial Decision-Making," *Management Science*, April, 1969, pp. B-417—B-418.

定ルールに含められる変数の変化ないし関数のかたちの変化と、決定ルールの係数の変化が考えられる。

Bowman 理論が対象にしている意思決定は、反復的に遂行される定型的な意思決定であるから、決定ルールが変化することは少ないであろう。しかしながら、たとえば、経営者の交替、環境変化や組織方針の変更によって、決定ルールは変化しうるのである。

したがって、回帰方程式を求めるにあたっては、このような特殊な変化が発生しなかった安定的な期間から、その基礎データをえる必要がある。ある程度、データの取捨選択をすることが必要となろう。

そして、重要なことは、このHPの目的は、その回帰方程式を将来の意思決定に適用することにある。したがって、回帰方程式を求める基礎になる期間は、将来の期間において出あいそうな通常的环境条件をすべて含むことが必要である。³⁴

第2に、求められた回帰方程式の係数の数値は、現実的な意味を付与できるものでなければならない。上述した $H=M$ の研究では、係数の値が現実の意思決定行動を正しく反映していることが確かめられている。もし、係数の値にたいして現実的な意味を付与できなければ、その決定ルールに何らかの欠陥があることが示唆される。

第3に、回帰方程式の統計的有意性がえられなければならない。回帰方程式の統計的有意性の検定問題は、統計学や計量経済学でよく研究されているので、ここでは詳論しない。

2. 経営者の有能性

つぎに、求められる回帰方程式の基礎になる経営者の過去の意思決定が、適切なものでなければならない。つまり、Bowman 理論の命題にあるように、分析の基礎になる経営者は有能でなければならない。

$H=M$ の研究のばあい、研究の対象になった生産計画担当者の作成した計画が、非常に満足のできるものであったことが確かめられている。つまり、完成

34 E. G. Hurst, Jr. and A. B. McNamara, *op. cit.*, p. B-202.

品にたいする納期はいつも満足されており、製品の品質は優秀であり、残業はほとんど不必要で、仕掛品在庫も少なかったのである。³⁵

V む す び

上述した諸条件は、Bowman 理論にもとづく HP の適用には、若干の限界があることを示唆している。

最も大きな限界は、³⁶将来における決定環境が、回帰決定ルールを求める基礎になった期間の決定環境とは異なったものに変化しうることである。このばあいには、過去の回帰決定ルールを、そのまま将来の決定に適用することはできない。

この限界を克服するためには、理論的には、決定ルールの適応過程についての研究をすすめる必要がある。つまり、環境が変化したときに、それに対応して、どのように決定ルールを変化させたらよいかの研究である。

他の 1 つの克服方法は、HP による決定を完全には自動化せず、たえず、あるいは、環境の大きな変化が知覚されたときに、その決定を経営者がチェックすることである。そして必要とわかれば、その決定を修正するのである。そして、やがては、環境の変化に応じて、その修正決定を基礎にして、回帰決定ルールを修正するのである。

Bowman 理論にもとづく HP の研究は、まだきわめて少数である。この特殊な HP をいかに有効に適用するかは、今後の研究課題である。それは単独ではなく、 $H=M$ の研究のように、他の手法と結合して適用するのが適切であると思われる。

³⁵ *Ibid.*, p. B-185.

³⁶ 他の 1 つの大きな限界は、Kunreuther によって指摘されている。すなわち、彼は実証研究の結果として、意思決定者が考慮する重要な変数を、回帰方程式に含めることができないときには、現実の決定のほうが、回帰決定ルールにもとづく決定よりも有効であった事実を指摘している。H. Kunreuther, *op. cit.*, p. B-427. その 1 つの克服方法については、*Ibid.*, pp. B-431 — B-432.