

数学・統計を活かす
経営計画入門

清水龍瑩著

数学・統計を活かす
経営計画入門

慶應義塾大学教授 清水龍瑩著

中央経済社

著者紹介

しみず りゅう せい
清水 龍 瑩

1928年 東京小石川に生る

慶応義塾大学大学院経済学研究科博士課程修了

米国カリフォルニア大学バークレー留学

商学博士

現在／慶応義塾大学商学部教授

主なる著書／経営計画設定理論—意思決定過程の経営経済学的

研究（中央経済社）

製品計画の理論と手法（日本経済新聞社）

実証研究・日本の経営（中央経済社）

Appraisal of Organization Effectiveness

(KEIO TSUSHIN)

数学・統計を活かす

経営計画入門

昭和53年12月20日 第1版発行

著 者 清 水 龍 瑩

発行者 渡 辺 正 一

* * *

発行所 株式会社中央経済社

〒101 東京都千代田区神田神保町 1-31-2

〔電話〕 (293) 3371 (編集)

(293) 3381 (営業)

〔振替〕 東京0-8432

印刷／堀内印刷
製本／誠製本

落丁・乱丁本はお取りかえします。

2334-431448-4621

は し が き

この小冊子は経営戦略策定、経営計画設定、経営管理のために現在の企業が用いている数学的、ないし統計的手法のほとんどを網羅している。これら手法を非常に簡単に文科系学生、実務家に解説しようとするのがこの本の目的である。そのためこの本は経営学の立場に立って、手法を解説し、理解させることに中心をおいている。この点応用数学の体系あるいは統計学の体系から論述されている従来のこの種の書物と大いに異なっている。

現代の企業経営は、製品を中心にして考えられている。これは、現代のように企業外環境がたえず流動化し、一方企業内の人、物、金などの内的条件がたえず固定化するときには、この接点となる製品の適否が企業の命運を決定するからである。いかに優秀なトップ・マネジメントがいても、いかに効率のよい組織があっても、製品が失敗したら企業の成長はおぼつかない。このように現代の企業経営は、戦略計画、管理すべてのプロセスにわたって製品が中心に考えられている。したがって本書もこの製品の流れを中心に論述される。

経営戦略策定、経営計画設定、経営管理のプロセスは、まず自社の強み、弱みの正確な把握からはじめられる。この正確な把握検討から、自社の新製品、安定製品が決定され、それら製品の需要予測、マーケティング・リサーチが行なわれる。このような市場についての予測、調査に基づいて、設備投資計画がたえられる。この生産設備が完成すると、それを枠組として、その中でより合理的、効率的な生産が行なわれる。この生産過程を管理するのが生産管理である。またこの生産設備のもとで生産された製品は各種の販売チャネルを通じて販売されてゆく。この販売過程を管理するのが販売管理である。ところが生産は一

一般的に安定したかたちで行なうのがより効率的であるのに対し、販売は、市場の動向に合わせて変動的に行なうのがより効率的である場合が多い。そこでこの生産と販売とのギャップをうめるために在庫管理が必要になる。これら、自社の強み弱みの把握→需要予測、マーケティング・リサーチ→設備投資計画→生産管理→販売管理→在庫管理のプロセスの順にこの本は配列されている。ただ、現実の学習の難易度からみると、自社の強み弱みを見出すための企業評価モデル、需要予測、マーケティング・リサーチは不確定要素を多く含み、数学的、統計的により高度になるので、この本ではこれを最後にもっていった。

この本は、パンの製造企業A社を想定して、全過程を説明している。したがって第1章から順次勉強し練習問題を一つ一つ解いてゆくとより学習効果が上がるようになっている。この本は経営戦略、経営計画、経営管理のための数学的、統計的手法を可能な限り、容易に解説したつもりであるが、後半の多変量解析については、どうしてもマトリックス表示が不可避であり、読者は、附録を参照して、その手法をある程度理解すると都合がよい。マトリックス表示に不馴れな初学者の場合は実際に電卓を用いてなによりもまず練習問題を解くことによって逆にマトリックス計算がよく理解されることが多いことをつけ加えておきたい。

昭和53年11月 三田山上にて

清水龍壘

目 次

1 工場新設計画——設備投資の経済計算(I)

《問題の所在》

《考え方》設備投資の経済計算とは 1

《計算例》設備投資の経済計算 3

2 工場設備取替計画——設備投資の経済計算(II)

《問題の所在》

《考え方》取替問題の特質と機会原価 7

《計算例》費用節約額による計算 8

〈練習問題〉・10

■解答のヒント・12

3 工事計画——PERT

《問題の所在》

《考え方》PERTの基礎 13

《計算例》PERTの計算 15

1 工事順序と見積り所要日数 15

2 最早開始時刻 16

3 最遅完了時刻 16

4 クリティカル・パス 17

5 所要日数の見積り方法 19

〈練習問題〉・20

■解答のヒント・22

4 生産管理／資源配分問題(I)

——リニヤー・プログラミング〈グラフで解く方法〉

《問題の所在》

《考え方・計算例》グラフ解法とその計算…………… 23

5 生産管理／資源配分問題(II)

——リニヤー・プログラミング〈シンプレックス法〉

《問題の所在》

《考え方》リニヤー・プログラミングの数学的表示…………… 27

《計算例》シンプレックス法の計算プロセス…………… 28

1 [ステップ1]…………… 28

2 [ステップ2]…………… 32

3 [ステップ3]…………… 34

4 シンプレックス法手順のまとめ…………… 36

《計算例》シンプレックス法の計算…………… 37

〈練習問題〉・39

■解答のヒント・40

6 販売管理(I)／配送計画の問題

——輸送型リニヤー・プログラミング

《問題の所在》

《考え方》輸送問題とリニヤー・プログラミング…………… 41

《計算例》輸送型リニヤー・プログラミング…………… 43

1 最初の基本解の求め方	43
2 配送計画の評価と改良方策	44
〈練習問題〉・48	
■解答のヒント・49	

7 販売管理(Ⅱ)／セールスマンの最適配置計画

——ダイナミック・プログラミング

《問題の所在》

《考え方》ダイナミック・プログラミングとは	51
《計算例》ダイナミック・プログラミング	53
1 第3, 第4地区への最適配置	53
2 第2, 第3, 第4地区への最適配置	56
〈練習問題〉・57	
■解答のヒント・59	

8 販売管理(Ⅲ)／待ち行列を少なくする問題

——シミュレーション法

《問題の所在》

《考え方・計算例》シミュレーション法とは	61
1 モンテカルロ法	61
2 到着時刻間隔とサービス所要時間	62
3 シミュレーション実験	65
4 レジが1台の場合のシミュレーション実験	65
5 レジが2台, 3台の場合のシミュレーション実験	67
〈練習問題〉・67	
■解答のヒント・70	

9 在庫管理(I)

——需要が確定的な場合の最適在庫量の決定

《問題の所在》

《考え方・計算例》 需要が確定的な場合	71
1 在庫費用と発注費用	71
2 最適在庫管理方式をグラフで見つける方法	73
3 最適在庫管理方式を数学的に求める方法	73

10 在庫管理(II)

——需要が確率的な場合の最適在庫量の決定

《問題の所在》

《考え方》 確率についての基礎	75
1 平均値と期待値	75
2 確率が利用できる前提条件	76
《計算例》 需要が確率的な場合	77
1 品切れ費用	77
2 売れ残り費用	79
〈練習問題〉	80
■解答のヒント	80

11 安定製品の需要予測(I)——回帰分析

《問題の所在》

《考え方》 回帰分析の統計学的検討	82
1 構造式と攪乱項についての仮定	82
2 最小二乗推定法による回帰係数の推定	84
《計算例》 回帰分析	87

12 安定製品の需要予測(Ⅱ)——重回帰分析

《問題の所在》

《考え方》重回帰分析の統計学的検討	89
1 構造式と攪乱項についての仮定	89
2 最小二乗推定法による回帰係数の推定	90
3 重相関係数	92
《計算例》重回帰分析	95
〈練習問題〉・97	
■解答のヒント・98	

13 新製品の需要予測——ベイジアン法

《問題の所在》

《考え方》ベイジアン法の数学的検討	101
《計算例》ベイジアン法	102
〈練習問題〉・106	
■解答のヒント・108	

14 マーケティング・リサーチ(Ⅰ)

——小売店チェーン化の問題〈分散分析〉

《問題の所在》

《考え方・計算例》分散分析の統計学的検討とその計算	110
1 分散分析の必要性	110
2 仮説検定の意味	111
3 F検定	113
4 分散分析の手順	114

5 分散分析表115

〈練習問題〉・116

■解答のヒント・116

15 マーケティング・リサーチ(Ⅱ)

——消費者動向の調査〈主成分分析〉

《問題の所在》

《考え方》多変量解析の必要性と主成分分析の基礎118

1 多変量解析と主成分分析118

2 主成分分析の統計学的検討119

3 主成分とその分散の計算122

《計算例》主成分分析の計算124

1 主成分の計算124

2 主成分を直交軸にとって標本を検討する方法132

〈練習問題〉・135

■解答のヒント・135

16 マーケティング・リサーチ(Ⅲ)

——潜在需要者の特性分析〈判別関数分析〉

《問題の所在》

《考え方》判別関数分析とは137

1 判別関数分析の基礎137

2 判別関数分析の統計学的検討139

《計算例》2グループに分ける場合の判別関数の計算141

〈練習問題〉・147

■解答のヒント・147

17 企業評価モデル——定性要因の定量分析

《問題の所在》

《考え方》Q A Q F 分析の概要150

1 被説明変数150

2 D値分析152

3 ダミー変数による重回帰分析155

《計算例》定性要因による経営力評価モデル157

〈練習問題〉・166

■解答のヒント・166

〈付録〉 1 重回帰分析のための数学的基礎169

2 p 個の変数の一次結合である合成変数の分散181

3 繰り返し法の試行ベクトルが、最大分散を持つ 主成分に等しくなることの証明183

4 平方根法による逆行列の計算原理と計算プロセス186

5 乱数表190

6 F - 分布192

索引197

1 工場新設計画

——設備投資の経済計算(Ⅰ)

《問題の所在》

A社はある地域の需要の伸びが予想されることから、その地域に現在ある工場の増設を考えている。計画案としては二つの案が提示された。第Ⅰ案は従来の設備を全部こわして新設備を導入する案であり、第Ⅱ案は従来の設備をそのまま利用し需要増に見合う分だけ新設備を導入する案である。第Ⅰ案は当初投資額が大きく、支払利息も多いが、新設備のため修繕維持費は少なく、省力化も行なわれるので労務費も少なくてすむ。一方第Ⅱ案は当初投資額は少なく支払利息は少ないが、修繕維持費や労務費などは多い。この2案のうちどちらが投資効率からみて有利だろうか。これを考えるのが設備投資の経済計算である。

《考え方》 設備投資の経済計算とは

この設備投資の経済計算には、大別して、回収期間法、現在価値法、利回り法の三つがある。これらに共通している考え方は、将来の収益、費用が確実に予想されるという確実性主義、他の経営条件などとの有機的関連は考えない無関連主義、現金の流れ(Cash Flow)だけを考える現金主義の三つの考え方である。ただこれらの考え方をあまりに追求し過ぎると現実と遊離する可能性がある。各種の修正方法が考案されている。

回収期間法は投下した資金が何年間で回収されるかを計算する方法であり、

最も単純な方法である。毎年の資金流入額が一定であるような場合、たとえばアパートをたて毎年の家賃収入が一定して入るような場合この計算方法が用いられる。いま毎年の資金流入額が R で、投下資金額が I ならば $\frac{I}{R}$ が回収期間(年数)となり、この値を基準となる期間(たとえば5年)と比較したり、他の計画案の回収期間と比べて、その計画案の良否を考える。この方法は、単純であって利用しやすいが毎年の資金流入額が異なったり、あるいは長期にわたるため金利負担を考えなければならないときは不適當である。

現在価値法は、ある計画期間と、将来に対する一定の割引率とを予定して、その計画期間にえられる毎年の正負の資金流入額を現在価値になおして合計し、その和が正ならば投資を考え、負ならば投資を止めるという計算方法である。当初投資金額が I で、 k 年間の資金流入額が $R_1, R_2, \dots, R_k$ で、また予定された割引率が r るとき

$$-I + \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_k}{(1+r)^k} = P$$

を計算し $P > 0$ ならば投資し、 $P < 0$ ならば投資しない。この方法は、割引率の算定が恣意的になりやすく、また投下資金額が異なるいくつかの案を比較するときは、どれを選んでよいか解らないという欠点をもつ。

利回り法は、計画期間を予定するが、割引率などは予定せず、予想される毎年の資金流入、資金流出から各年度末の資金流入額の残を計算し、その全計画期間内の正負の資金流入額の残が0になるような利回り率を計算し、その大小によって投資の良否をきめる方法である。当初投下資金額を I 、計画期間 k 年間の毎年度末の資金流入残を $R_1, R_2, \dots, R_k$ とした場合

$$-I + \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_k}{(1+r)^k} = 0$$

ならしめる利回り率 r の値を求め、これの大小によって投資の良否を判定する。この r はその企業が予定している基準投下資本利益率と比較されたり、複数の投資計画案が考えられるときはこの r の大小によってその良否がきめられる。

《計算例》 設備投資の経済計算

話を前にもどして、A社の今後10年間の売上予想と、それに対処するための設備投資計画案二つを表示すると表1・1のようになる。これらの数値は、現実主義によって一応確実にこれらの資金の流入流出があると想定している。

第Ⅰ案は第1年度初めに新工場設備を建設しはじめ、年度末に完成し、2年度以降は旧設備は廃棄処分する。第1年度中は旧設備を利用して生産が行なわれている。ただ設備投資資金は年度末の完成時に支払うものとする。また収益、費用ともすべて年度末に受けとり、支払うものとする。この第Ⅰ案でまず注意しなければならない項目は減価償却費である。これは会計上の概念であって、資金の流れからいうと、毎年費用として現金流出するわけではない。したがってこれは上述の現金主義の立場からして計算から除外される。一方支払利息は、その設備投資が企業規模に比べて小さいときは、無関連主義の立場からそれを資金流出段階では考慮しない。それは一般には割引率とか利回り率とかの中に含まれて考慮される。しかし企業規模に比べ設備投資額が大きくなって資金の流れに大きく影響するときは、資金流出段階で計算に入れる。この例では計算に入れている。固定資産未償却残は会計上の処理であって、資金の流れに関係ないから計算から除外する。旧設備の売却代金は資金流入として算入する。以上のような考えから10年間の資金流入、流出を考えその差としての資金流入残を示したのが第Ⅰ計画案の最下行の数値である。

第Ⅱ案は、旧設備の会計上の耐用年数はあと3年であるが実質上は今後10年間利用できると考え、新設備投資後も旧設備を併用して使用し金利負担を軽減しようとする。しかしそのため修繕維持費の増大などの不効率さは避けられない。

これら2案を比較するため利回り法を用いて、その予想利回り率を計算してみよう。

表 1・1 毎年度収益—費用比較

	第1 年度 百万円	2	3	4	5	6	7	8	9	10
売上高予測	100	110	122	136	150	166	183	201	220	240
第Ⅰ計 画 案										
設備投資額	300									
支払利息	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
減価償却費	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30
保険料その他	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
修繕維持費	4	0	0	5	5	5	6	6	6	7
監督者給料	6	6	6	6	7	8	9	10	11	12
直接原材料費	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29
直接光熱費	3	2	2	2	3	3	3	4	4	4
直接労務費	30	16	17	19	20	22	23	25	27	29
旧設備未償却残	100									
旧設備売却代金	60									
資金流入	160	110	122	136	150	166	183	201	220	240
資金流出	-390	-73	-75	-84	-88	-93	-97	-103	-108	-114
資金流入残	-230	37	47	52	62	73	86	98	112	126
第Ⅱ計 画 案										
設備投資額	220									
支払利息	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
減価償却費	55	55	55	25	25	25	25	25	25	25
保険料その他	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
修繕維持費	4	5	7	10	10	10	15	15	15	16
監督者給料	6	6	8	8	9	9	10	10	10	10
直接原材料費	15	18	20	22	22	25	28	28	30	32
直接光熱費	3	4	4	4	6	7	7	7	8	8
直接労務費	30	32	34	34	36	36	38	38	41	41
旧設備未償却残										0
旧設備売却代金										0
資金流入	100	110	122	136	150	166	183	201	220	240
資金流出	-304	-89	-97	-102	-107	-111	-122	-122	-128	-131
資金流入残	-204	21	25	34	43	55	61	79	92	109

利回り法の定義から、求める第Ⅰ案の利回り率を r_1 とすると

$$P_1 = \frac{-230}{(1+r_1)} + \frac{37}{(1+r_1)^2} + \frac{47}{(1+r_1)^3} + \frac{52}{(1+r_1)^4} + \frac{62}{(1+r_1)^5} + \frac{73}{(1+r_1)^6} \\ + \frac{86}{(1+r_1)^7} + \frac{98}{(1+r_1)^8} + \frac{112}{(1+r_1)^9} + \frac{126}{(1+r_1)^{10}} = 0$$

がえられる。この式から r_1 の値を求めるには、次の表 1・2 の現価係数表を用い、試行錯誤で算出する。まず $r_1=25\%$ と仮定して P_1 の値を計算すると

表 1・2 利回り率 0%ないし 25%に対する現価係数 ($1/(1+r)^n$)

$n \backslash r$	0%	2%	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	1.0000	0.9804	0.9615	0.9434	0.9259	0.9091	0.8929	0.8696	0.8333	0.8000
2	1.0000	0.9612	0.9246	0.8900	0.8473	0.8264	0.7972	0.7561	0.6944	0.6400
3	1.0000	0.9423	0.8890	0.8396	0.7938	0.7513	0.7118	0.6575	0.5787	0.5120
4	1.0000	0.9238	0.8548	0.7921	0.7350	0.6830	0.6355	0.5718	0.4823	0.4096
5	1.0000	0.9057	0.8219	0.7473	0.6806	0.6209	0.5674	0.4972	0.4019	0.3277
6	1.0000	0.8880	0.7903	0.7050	0.6302	0.5645	0.5066	0.4323	0.3349	0.2621
7	1.0000	0.8706	0.7599	0.6651	0.5835	0.5132	0.4523	0.3759	0.2791	0.2097
8	1.0000	0.8535	0.7367	0.6274	0.5403	0.4665	0.4039	0.3266	0.2326	0.1678
9	1.0000	0.8368	0.7026	0.5919	0.5002	0.4241	0.3606	0.2843	0.1938	0.1342
10	1.0000	0.8203	0.6756	0.5584	0.4652	0.3855	0.3220	0.2472	0.1615	0.1074
11	1.0000	0.8043	0.6496	0.5268	0.4289	0.3505	0.2875	0.2149	0.1346	0.0859
12	1.0000	0.7885	0.6246	0.4970	0.3971	0.3186	0.2567	0.1869	0.1122	0.0687
13	1.0000	0.7730	0.6006	0.4688	0.3677	0.2897	0.2292	0.1625	0.0935	0.0550
14	1.0000	0.7579	0.5775	0.4423	0.3405	0.2633	0.2046	0.1413	0.0779	0.0440
15	1.0000	0.7430	0.5553	0.4173	0.3152	0.2394	0.1827	0.1229	0.0649	0.0352
16	1.0000	0.7284	0.5339	0.3936	0.2919	0.2176	0.1631	0.1069	0.0541	0.0281
17	1.0000	0.7142	0.5134	0.3714	0.2703	0.1998	0.1456	0.0929	0.0451	0.0225
18	1.0000	0.7002	0.4936	0.3503	0.2502	0.1799	0.1300	0.0803	0.0376	0.0180
19	1.0000	0.6864	0.4746	0.3305	0.2317	0.1635	0.1161	0.0703	0.0313	0.0144
20	1.0000	0.6730	0.4564	0.3118	0.2145	0.1486	0.1037	0.0611	0.0261	0.0115
25	1.0000	0.6095	0.3751	0.2330	0.1460	0.0923	0.0588	0.0304	0.0105	0.0033
30	1.0000	0.5521	0.3083	0.1741	0.0994	0.0573	0.0334	0.0151	0.0042	0.0012
40	1.0000	0.4529	0.2083	0.0972	0.0460	0.0221	0.0107	0.0037	0.0007	0.0001
50	1.0000	0.3715	0.1407	0.0543	0.0213	0.0085	0.0035	0.0009	0.0001	...
100	1.0000	0.1380	0.0198	0.0029	0.0005	0.0001	...	...	...	...