

現代人の統計

・林知己夫編

6

データ解析と管理技法

・大隅

昇著

朝倉書店

データ解析と管理技法

大 隅 昇

朝 倉 書 店

著者略歴

1940年 神奈川県に生まれる
1964年 日本大学理工学部卒業
現在 文部省統計数理研究所主任研究官
理学博士

現代人の統計 6

データ解析と管理技法

定価 2500 円

1979年 9月30日 初版第1刷

1980年 12月20日 第2刷

著者 大隅 昇

発行者 朝倉 鑛造

発行所 株式会社 朝倉書店

東京都新宿区新小川町2-10

郵便番号 162

電話 03 (260) 0141 (代)

振替口座 東京 6-8 673 番

〈検印省略〉

©1979 〈無断複写・転載を禁ず〉

政弘印刷・渡辺製本

3341-111806-0032

はじめに

このところ省エネルギーの時代ということで、節約のすすめや自然への回帰を訴える声がしきりである。こうした事情からか、経営管理技術を始め身につく知識を中心とする各種のセミナーが盛況であると聞く。これはものの見方が高度成長時における物量投資型志向から、人間を中心に据えたソフトサイエンス重視型へ移行したことを示しているように思う。品質管理(QC)は節約の原理を基本とし、さらには経営管理全般にわたって総合的に寄与する典型的な管理技法であるが、これも従来の理論志向の考え方から次第に人間中心の方法論に変わりつつある。その具体的な発露が、人づくり、人間関係、QCサークルの重視といった現象であろう。また、衆知のように消費者運動や種々の公害そして環境破壊問題と関連して、品質保証や製品責任のあり方が注目を集めている。さらに一方では、扱う情報の量が増しコンピュータを駆使した現象解析の方法論の発展を望む声が高い。

これらの課題に対処するには、各種の技法の修得はもちろんのこと、データを集めそれを巧みにさばいて、そこに内在する情報を読みとる術が何よりも大切であろう。また多くの場合現場のデータ収集や分析結果は、労苦の多いわりには教科書にあるような模範的な特徴を示すことはまれである。しかしそれでもなおデータの持つ情報を読みとり何かを決断せねばならぬというのが現場の切実な声であろう。

本書はデータの取り扱いを中心に、各種のQC技法の持つ性質、とくに理論に裏づけされた模型(モデル)と現実との違いを見極め、データの示す情報の限界をいかにして読みとるかに焦点をあてるよう努めた。本シリーズに対する編集部意向もあり、執筆にあたって、

- 1) 網羅的に扱う必要はないが QC を概観できること
- 2) 数式を少なく図表による表示を多くすること
- 3) 実例データと分析例を多く入れること

などに留意した。とくに第Ⅰ部はできるだけこの方針に沿うよう努めた。なお最近の類書では必ず取り上げられている実験計画法、信頼性理論といった話題に言及できなかったが、これは紙面の都合だけでなく筆者がこの種のデータ分析に経験不足であることにもよる。第Ⅱ部では一つの試みとして、“層別”の基本である“平方和を分解する”という性質だけを利用して、いくつかの手法を紹介した。ここでは、データは生きものであるから、しくみは同じであってもデータの性格にあわせて利用の仕方はいろいろあることを強調したつもりである。また最近注目を集めているデータの質とその評価の問題や、クラスター分析などの話題も取り上げた。なお、計算の大部分はコンピュータを使用した。一部は既存の統計パッケージ (SPSS, MINITAB) を利用したが他は自前のプログラムを作るという方針で仕事を進めたので労も多かったがかなりのプログラムが得られた。これに関しては柳澤幸雄氏の労を惜しまぬ協力があればこそできたことで心から感謝している。

筆者の浅薄な知識と経験では先達の多くの良書にとってもおよぶものではないが、とにかくハウツーものにならぬよう心掛けた。当初は第Ⅱ部に関連した話題に力を入れて書く予定であったが諸般の事情でこのような形になり不均衡な構成になったそしりはまぬがれないが、これはひとえに筆者の浅才によるものである。

なお粗雑な原稿に丁寧に通し多くの適切な意見をいただいた林知己夫氏と、校正の段階で通読の労を願った真壁 肇氏には心からお礼を申し上げる。最後に、筆者のわがままで遅れがちな筆の運びに対して辛抱強く協力いただいた編集部の方々に心から謝意を表したい。

1979年8月

大 隅 昇

目 次

第 I 部

1. 品質管理概説	1
1.1 品質管理とは	1
1.2 品質管理の歴史	4
1.3 品質管理の進め方	6
1.3.1 品質管理と組織	6
1.3.2 開発企画・設計と品質管理	9
1.3.3 製造と品質管理	11
1.3.4 品質保証と製品責任	13
1.3.5 品質管理とデータ解析	17
2. 問題の把握と要約化	22
2.1 ブレーンストーミング	23
2.2 KJ 法による情報の集約化	24
2.3 数量化とクラスタリング	26
2.4 問題点の整理——特性要因図	32
2.5 重点管理のすすめ——パレート分析	34
3. データの整理と数量的表現	40
3.1 データの性質	41
3.1.1 データの種類	41
3.1.2 データの形式	44

3.2	度数分布表とヒストグラム	46
3.2.1	棒グラフ	46
3.2.2	ヒストグラム	48
3.2.3	層別したヒストグラム	52
3.2.4	時間情報を考慮したヒストグラム	54
3.2.5	双対ヒストグラム	55
3.3	データの縮約化	57
3.3.1	平均的傾向をはかる指標	57
3.3.2	ばらつきの傾向をはかる指標	59
3.3.3	簡便法による計算	62
3.4	縮約値の計算上の注意	65
3.4.1	算出式と計算誤差	65
3.4.2	さらに計算上の注意	67
4.	管理図法	69
4.1	管理図の起源	69
4.2	製品の品質とばらつき	70
4.3	管理図のしくみ	71
4.4	管理状態と規格	77
4.5	基本的な管理図	78
4.5.1	計量データの管理図	79
4.5.2	群の平均 $\bar{x}$ と範囲 R の分布	84
4.5.3	管理図の性能——検出力による評価	90
4.5.4	管理図の経済性——平均観測個数による性能の評価	92
4.5.5	計数データの管理図	94
4.5.6	p または pn 管理図の性格	99
4.6	管理図の使いかた	100
4.6.1	群分けと群の数	100
4.6.2	解析用と管理用	102

4.6.3	層別の利用	102
4.6.4	群内変動と群間変動のしくみ	102
5.	新しい管理図法	104
5.1	品質のパターンの分類	104
5.2	累積和管理図	111
5.3	多変量管理図	121
5.3.1	2変量管理図の考え方	125
5.3.2	多変量管理図	130
5.4	回帰管理図	132
5.4.1	回帰管理図の作り方	136
6.	サンプリングと抜取検査	143
6.1	標本と母集団	143
6.2	復元抜き取りと非復元抜き取り	146
6.3	ランダム・サンプリング	149
6.4	抜取検査の原理	151
6.4.1	抜取方式と OC 曲線	153
6.4.2	抜取方式の決め方	161
6.4.3	検査費用を考慮した抜取検査とベイズ抜取方式	168
6.4.4	2回抜取検査	169
6.4.5	抜取検査の経済性——平均検査個数	175
6.4.6	選別を伴う抜取検査	178
6.4.7	その他の抜取検査	180

第Ⅱ部

7.	データの質	182
7.1	データの質とは	182

7.2	データの編集	183
7.3	データの質の保証	187
7.4	統計パッケージの利用	188
7.5	データ評価の具体的な例	191
8.	層別の効用	197
8.1	分類基準のある層別——分散分析法	197
8.2	分類基準を固定しない層別——自動層別	202
9.	クラスター分析	210
9.1	平方和分解を利用した分割型の手法	212
9.2	凝集型の階層的手法	222
	参考文献	244
	付 表	249
	索 引	255

1. 品質管理概説

1.1 品質管理とは

品質管理 (QC) とは字句のとおり品質を管理することである。日本工業規格 (JIS) ではこれを次のように定義している。

品質管理とは、「買手の要求に合った品質の製品を経済的に作り出すための手段の体系。近代的な品質管理は、統計的な手段を採用しているので、とくに**統計的品質管理 (SQC)**と呼ぶことがある」。

デミング (W. E. Deming) は、とくに統計的品質管理に対して、「それは、もっとも有用で、かつ市場性のある製品をもっとも経済的に生産することを目的として生産のあらゆる段階に統計学の原理と手法とを応用することである」と述べている。こうした統計的手法の導入、応用に重点の置かれた時期をへて、ジュラン (J. M. Juran) のいう、「品質規格を約束し、これを実現するあらゆる手段を考えるための総合システムが品質管理である」という段階に至るのであるが、その後、さらに、「買手 (顧客) に満足と保証を与えるような品質の製品を可能な限り経済的に生産可能とするよう、企業内の各部門が品質にかかわるあらゆる努力を総合化できるような体系を考えること」にまで発展した。こうした総合的な考え方を、**総合的品質管理 (TQC)**と呼んでいる。

ところで、品質とは何か。ごく簡単にいえば品物の質つまり品柄のことである。たとえていえば、ピアノを演奏するとき、いたずらに鍵盤をたたいても、不協和音がでるだけである。そこには、奏法という約束ごとがあり、音を作り出す音楽のハーモニーが必要である。品物の質とは、これに似て、それが備えるべき調和のとれた機能を表わす‘何か’である。ここで何かとは、広い意味

で製品の特質を表わすものすべてをさす。製品そのものだけでなく、それを利用する者の満足感、さらにそれに付帯するサービスやコストまでも含めた、製品の品定めの規範となる有形無形の特性のことである。

一方、**管理**とは、狭義には、ある決められた一定の状態を保ち続けるために必要な監視、あるいは処置の体系をいう。これをさらにわかりやすく表現したものに**管理のサークル**がある。それは、次の四つの段階を押し進めることを管理であるとする考え方である。

(1) 計画(plan)

ものごとを行うには、まずその目的を明確にすることである。そのためには合理的な計画・企画の立案を設定することである。しかも、それはできるだけ科学的、客観的であることが望ましい。またそれは、単なる製品の企画、規格や標準の設定だけではなく、有益な情報を与えてくれるデータ収集の手配までも含めた広い内容をもった計画をさす。次は、定めた目的、計画を達成するための具体的な方略を考えることである。このためには、現状を分析し問題点を整理することである。さらに、どのような情報、具体的にいうと様々のデータを、いかに効率的に利用した数量化して、目的に沿った評価機能を作り出すかという点も重要となる。このように、幅広い視野に立った計画がなによりもまず必要になる。

(2) 行動すること(do)

目的が明確になり、それを行う手段が定まれば、次は具体的にやってみること(実行)である。それは、規格や作業標準にもとづいて製品を作り出すことであり、またあるときは販売活動を行うことかもしれない。それは決められた基準にしたがって、行動をおこすことである。

(3) 監視・評定(see, check)

いったん実行してみると必ずしも予定した通りに仕事が進むとは限らない。むしろ計画とは食い違うのが常である。そこで、どう食い違ったかを評価する機能が必要となる。評価の結果、設定した目標に無理があってとどこおりなく目的達成することが困難になることもあろう。こうしたときに、一層、評価機能の役割が高まる。

(4) 処置をとる(action)

監視、評価の結果、計画との差が明らかになれば、その原因を調べる必要がおこる。そして、探り出した原因に対し、適切な対応策を検討し、処置をとることになる。この処置をとるためには、その問題をはっきりさせ、それに対応する策をねることが必要であろう。つまり、再び計画するという行動がおこる。

こうして、上の(1)から(4)までは途切れることなく順に繰り返される。しかも同じところに留まっているのではなく、よりよい方向へと発展するように、これらを運用するのである。こうした一連の行為を、**管理のサークル**と呼び、品質管理に限らず、あらゆる近代経営管理の基本とされている考え方である。また近来では、広く計画の策定や準備までを含めた管理者側に重点を置いた、合理的かつ科学的な経営管理推進の体系として、管理を考えるようになっている。

ところで、品質管理の導入が、品質のよい製品が安くできる、あるいは、目にみえて実効があがることにすぐむすびつくと考えやたらに関連部門ばかりを作り一向に効果があがらないという例がある。これは品質管理、とくに統計的品質管理の役割が、専門の固有技術に裏づけされた新製品や新技術の開発などと根本的に異なり、問題探索と解決の道具としてあるということを示している。いいかえると、いくらよい道具立てを用意しても、それを運用するソフトウェアが粗末では、どうしようもない。それを使いこなす知識や、徹底した経営理念がそれに伴わなければ、消化不良をおこし役に立たない。まさに、調和の一語につきるのである。これを適切に表わす言葉として、よく、品質管理は「すべての人の仕事であり、特定の人の仕事でない(everybody's job and nobody's job)」といわれる。また品質管理はよいものを選び出すのではなく、あらゆる過程でよくなるように努力すること、あるいは品質を作り込むことであるともいわれる。

こうしたことから品質管理とは科学性に裏づけされた道具立てを利用して、できる限り客観的に数量化された情報をもとに品物の質に関わる適切な判断を下す手助けをする総合的な体系であるといえよう。

1.2 品質管理の歴史

品質管理を、単によい品質を作り出すことと解釈すると、その歴史は遠く紀元前にまでさかのぼることになる。エジプト人は、何万もの石を精密に加工してピラミッドを作り、マヤ人は高度の石細工の技術をもってマヤ文明を築いた。つまりよい品質のものを作る能力という範囲でとらえるかぎりには、品質管理は遠い過去にまでさかのぼることもできよう。しかし、われわれが考えようとする品質管理とは、ずっと現実的なものである。そこには、時間、労力、費用、環境破壊の防止など多くの制約要因の中で、目的にかなったものを作り出すことを手助けするという使命がある。

ところで、多くの技術の進歩と発展が戦争に起因したように、品質管理のそれと同じである。しかし、驚異的な発展にいたる前に、すでにその兆候はあった。一つは第一次大戦の前に現われた近代経営管理法であり**経営工学**の発端ともいわれるテイラー(F. W. Taylor)の**科学的管理法**の誕生である。それに続いて、フォードによる自動車の量産化という画期的な生産革命があった。また、**サーブリック**という記号を作って動作分析、動作工程分析という方法により生産製造工程と人との関わりを評価しようと試みたギルブレス夫妻の研究は、その後の**動作時間研究**や**人間工学**の糸口となったものである[サーブリック(Therbrig)とはギルブレス(Girbreth)のつづりを裏がえしたものである]。

また、それよりやや遅れて、人間の生産活動における心理を明確にとらえた実験として有名なウェスチング・ハウス社のホーソン工場における照明実験が行われている。

こうした新しい管理手法が台頭し始めたころに、当時はまだ歴史の浅い統計学の思想を積極的に導入して工程における品物の品質を監視するという方式を確立した研究者がいる。それが、品質管理の開祖といわれるシューハート(W. A. Shewhart)である。現在でも有数の研究所として知られる、ベル電話研究所の技術者であったシューハートは、工程を管理するという目的のために特別のチャートを用意し、そこに打点したデータの動きを統計学的な立場から分析し、品質の状態を推測するいわゆる管理図の基礎となる方法を考案した。収集データの性格を統計的な考え方にもとづいてとらえようとしたところが画期的

であり、現在の統計的品質管理の原点はここにあるとされている。シューハートが管理図を初めて生産工程に適用したのは、1924年であるとされているが、同じ20年代の後半になると、やはりベル電話研究所にいたダッジ(H. F. Dodge)とロミグ(H. G. Romig)が統計学の理論にもとづいた**抜取検査法**を提案し、それを実用化するための**抜取表**というものを作成した。これは現在でも広く利用されている。

しかし、こうした管理技術が飛躍的に進歩をとげたのは、やはり、第二次大戦の影響が大きい。米国では大戦の開始に伴い、軍が高品質のものを大量に必要としたため、結果として抜取検査の導入が積極的に行われた。しかし、そこで利用される統計学自体が新しい学問であったために多くの人はそれを扱いかねるという現象がおこった。これを解消するために、品質管理の教育コースが多く地域で行われ、多数の人が教育を受けたといわれる。こうした過程で管理図とデータの取扱いを中心とするアメリカ材料試験協会(ASTM)の規格が作られ、同時に、ワルド(A. Wald)の逐次抜取検査法を初めとする多くの理論の発展があった。

こうした手法は利用価値が高いことから戦後も多くの企業に定着し、現在の品質管理にいたる発達をみるのである。

一方、わが国に、体系的な品質管理が導入されたのは、第二次大戦後である。もちろん、それまでまったく品質管理に関連した考えがなかったわけではない。たとえば、石田保士は管理図と類似のチャート(‘巻物’と称した)により電球の工程管理を行った。また一部の軍需工業に関連して統計理論を利用しようという試みはあった。しかし、何ととっても、戦後日本を訪れた著名な統計学者デミングや品質管理の推進者であるジュランらの功績が大きい。

初期の品質管理は、統計的手法の側面が強調され、まさに統計学なくして品質管理はありえずの感があった。しかし、手法だけを個別に修得しても効用の限度があることに気づいた人達が、手法を運用するソフトウェアの側面を重視する傾向が現われ、次第に総合的品質管理へと移行しはじめる。こうして品質管理を単なる統計学の応用としてだけ見るのではなく、はっきりした経営理念にもとづく管理活動の一つとしてとらえるようになってきたのである。

そして借りものの段階から次第に日本的な管理組織に適応した新しい総合的品質管理のあり方として、現場参加の **QC サークル活動**や品質機能が要求に見合うように適切に働くことを保証する独自の**品質保証**の制度をはじめ**製品責任制**の導入などの進展がみられ現在にいたっている。さらにコンピュータ時代を迎えて、新しい考え方を積極的に取入れ、いかに情報を有効に活用するかというデータ解析の観点に立った品質管理のあり方も次第に関心を集めつつある。

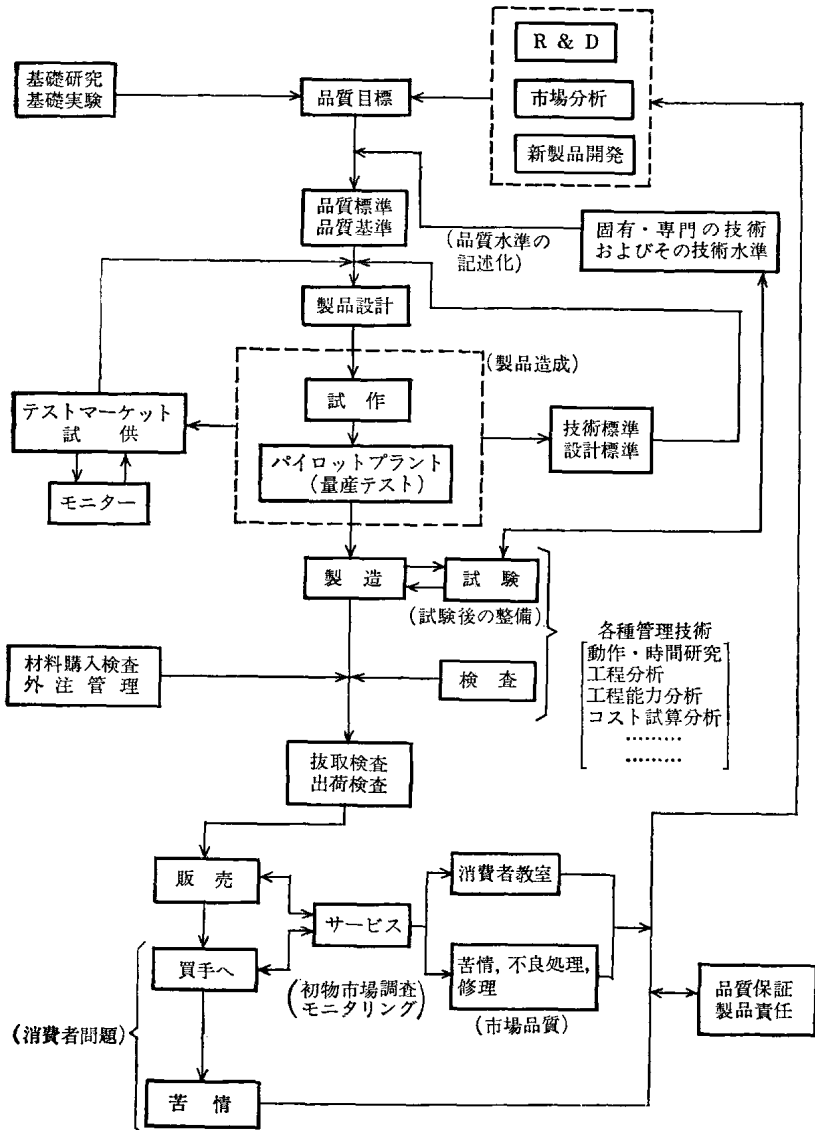
1.3 品質管理の進め方

すでに指摘したように品質管理は‘調和’の一語につきる。そして品質管理は企業における全員参加の経営活動である。したがって、あらゆる場面で品質管理の考え方は応用できるが、ここでは主に生産製造企業を例にして品質管理の進め方を眺めよう。

品質管理活動をごく大まかに図式化すると、図1のように要約できよう。もちろん、より詳しく表わせばそれにこしたことはないが、品質管理を実施しようというときのごく一般的な事柄を段階別に示すと図に表わした程度であろう。いずれの段階でも基本は管理のサークルにある。つまり、**plan→do→see→action→plan→do→see…**の繰り返しにより次第に前進するよう努めることである。ここでは図の流れに沿って、品質管理の進め方を概観する。

1.3.1 品質管理と組織

品質管理を円滑に進めるためには、企業組織の中に、その知識と効用を広く浸透させることである。もっとも大切なことは、経営者あるいは管理者(いわゆるトップ)の強い支持と理解が必要で、これが不十分な企業は必ずといってよいほど品質管理の活用に失敗している。もちろん導入したからといって即座に実効があがるようなことではないから小規模の会社はなかなか導入実施にふみきれないことも事実である。しかも日本のように、大企業の系列下に、外注会社という形で中小企業がつらなるという独特の形態のもとでは、親会社が品質管理を導入すれば、必然的に系列会社にもそれが及ぶというのが普通である。こうしたことは、トップの意向というよりは、形式的に導入するということになり、品質管理の円滑な活動を阻害する一因ともなる。



しかし、特徴のある独創的な製品を開発・生産して注目を集めるような企業の大部分は、やはり、品質管理活動を初めとする新しい経営管理技法を積極的に取り入れ、しかもそれを各企業独自の個性的な組織として咀嚼して運用して

いることに注目しなければならない。導入にあたって、ある程度品質管理の知識の必要性や若干の組織化、たとえば、品質管理委員会や品質管理部門を作るなど、が必要かもしれないが、こうした形式よりも、まず、企業としての製品品質に対するしっかりした方略や政策が大切である。「人がやっているから、あるいは、いわれたから我もやる」式の導入ならば実施せぬほうがはるかによい。また、いったん取り入れることになったときには、これを全体に徹底するための部門設立、教育普及の徹底、専門職の養成などを積極的に行うことが大切である。

よく、品質管理の部門を組織のどこに置くかという点が問題となるが、端的でない方をすれば、こうしたことよりもその職能の範囲をはっきりさせ、QCスタッフが活動しやすい環境作りを大切にすべきである。たとえば他部門との相互調整の円滑化、データ収集あるいは情報の把握の容易化、処置をとる場合の権限委譲、責任範囲の明確化といった、QCスタッフの活動しやすい場を作ることが第一である。これがよく徹底した企業ほど品質管理部門が少ない人員で、高い効果を挙げている例が少なくない。

こうしたQCスタッフの活動だけではなく、日本独自の発展をみたQCサークル活動も重要である。これは業務組織にこだわらない、いわば‘組織でない組織’であって、現場のラインの人達によって構成される問題解決と改善のための活動グループをいう。現場で発生する種々の問題を、そのつどグループのリーダーを中心に解決してゆくというものである。これは一種の‘目標管理の分担化’現象であるが、サークルの性格と位置づけからみて、取り扱われる問題は、現場に直接関連のある事項が多くなる。たとえば、作業改善の方法、治工具の改良、検査方法の改良、簡単な動作分析・工程分析などによる工程能力評価、人員の配置、人間関係の円滑化などである。しかし、この種の活動の最大のメリットは、現場の構成員に、自分も企業の経営に参画しているのであるという満足感を与えて労働に対するモラル(意欲)向上をはかり、人間関係を円滑にするための潤滑油の役割を果たしていることにある。生産工程が自動化、省力化され、とかく単調労働をしいられる現代において、こうした人の心にかかわる行動は重要になりつつある。また、QCサークルに類似の活動に、