品質保証システムとファジィ†

長 沢 伸 也*

1. 緒 言

今日の我が国の企業、とくに製造業における大きな課題として、円高対策や不況対策とともに、ISO 9000 シリーズによる国際的認証制度への対応と PL(product liability; 製造物責任)の立法化への対応が挙げられよう。

ISO 9000 シリーズに基づく国際的認証制度とは、企業の品質保証システムを ISO(国際標準化機構)規格で認証する制度である。EC 加盟国をはじめ海外へ製品を輸出する際には、この認証を企業(製品でないことに注意)が取得していることが要求されることが多くなっている。つまり、この認証を取得していないと海外への輸出が困難になるので、産業界を挙げて取り組んでいる。

PL に関しては、米国、EC などで既に導入されており、とくに米国においては社会問題化している。我が国においても立法化が検討されており、米国並の訴訟社会になることを恐れる産業界の猛反対によって今のところは見送られているものの、ここ一、二年中の立法化は必至である。

ISO 9000 シリーズによる国際的認証制度も PL も品質保証の問題であるが、品質保証は実は信頼性の考え方によっている。

そこで、本稿では、品質保証あるいは品質保証システムについて解説し、これにファジィ理論を応用した例を紹介する。

2. 品質保証の定義

まず、品質保証(quality assurance, QA)とは何かについて、JIS(日本工業規格)および ISO(国際標準化機構)による定義を見てみよう。

JIS Z 8101 品質管理用語 では、次のように定義されている；

「消費者の要求する品質が十分に満たされていることを保証するために、生産者が行う体系的活動」

これに対して、ISO 9000“Quality management and quality assurance standards”では、次のように定義されている；

「製品又はサービスが、所与の品質要求を満たしていることの妥当な信頼感を与えるために必要なすべての計画的及び体系的活動。

備考 1. 所与の品質要求が、顧客の要望を十分に反映したものでなければ品質保証は完全ではない。

備考 2. 品質保証を効果的に行うためには、意図した用途のための設計又は仕様の妥当性に影響を与える要素を常時評価するとともに、製造、据付け、及び検査作業の検証及び監査が必要となるのが普通である。信頼感を与えることに証拠を残す活動を含めてよい。

備考 3. 組織の内部では、品質保証は経営の一つの道具となる。契約による場合には、品質保証は供給者に対する信頼感を購入者に与えるのに役立つ。」

これらの定義からわかるように、品質保証は体

† Quality Assurance System and Fuzzy Sets Theory

* Shin'ya NAGASAWA

亜細亜大学 経営学部

Faculty of Business Administration, Asia University

系的に行われる必要がある。したがって、JIS や ISO にはとくに定義されてはいないが、この品質保証の体系が品質保証システムということになる。

なお、上述のように、品質管理及び品質保証のための一連の国際規格である ISO 9000 シリーズ (ISO 9000～9004) は、現在世界中に普及が進みつつある。これらの規格は、既に 40 以上の国で国家規格として採用され、そのうち約 30 か国では同シリーズ規格を基準文書とする品質システム審査登録制度が創設されており、今後も更に普及が進むものと予想される。

特に、1993 年からの市場統合により製品の流通の円滑化を目指している EC 諸国では、ISO 9000 シリーズ規格に基づく品質認証を域内で統一して実施するべく、多くの国で品質システム審査登録制度が創設され、民間審査機関間の相互認証なども進みつつある。

また、いくつかの国では、政府物資の調達に当たって納入企業に対して品質システムの義務付けを行いつつあるが、その際に ISO 9000 シリーズ規格に適合する品質システムをもつことを要求する場合も生じている。一方、同様に企業間の調達においても、同シリーズ規格による品質保証を要求する例が急速に増えている。

こうした国際動向に対し、我が国としても的確に対処するため、JIS Z 9900～9904 の 5 規格が、ISO 9000 シリーズ規格の完全翻訳として制定されている。上掲の ISO による品質保証の定義の訳はこれによっている (JIS Z 9900～9904 品質管理及び品質保証の規格)。

3. 品質保証と品質管理

品質保証と似た言葉に品質管理がある。

品質管理 (quality control) は、JIS Z 8101 によると次のように定義されている；

「買い手の要求に合った品質の品物又はサービスを経済的に作り出すための手段の体系。品質管理を略して QC ということがある。また、近代的な品質管理は、統計的な手段を採用している

ので、特に統計的品質管理 (statistical quality control, 略して SQC) ということがある。品質管理を効果的に実施するためには、市場の調査、研究・開発、製品の企画、設計、生産準備、購買・外注、製造、検査、販売及びアフターサービス並びに財務、人事、教育など企業活動の全段階にわたり、経営者を始め管理者、監督者、作業員など企業の全員の参加と協力が必要である。このようにして実施される品質管理を全社的品質管理 (company-wide quality control, 略して CWQC) 又は総合的品質管理 (total quality control, 略して TQC) という。」

我が国の品質管理は戦後製造業を中心に導入されたが、1980 年代には一種の QC ブームとも言うべき傾向が現れ、多くの業種が導入を図り、一般のマスコミまでもが QC を取り上げ、世界中から注目されるようになっていく。

品質保証と品質管理の関係について、一般的によく言われることは、「品質管理は、品質保証を達成する手段である」ということであろう。すなわち、品質保証を目的とし、品質管理をその手段としている。これは、1950 年代後半の TQC 導入時代に品質管理を極めて広く解釈し、製品品質の管理面が薄れてしまったという傾向に対する反省として、製品品質の管理を強調するために「品質保証」という言葉が好んで用いられたという経緯によるものと考えられる。すなわち、我が国では、品質保証といえば、製品またはサービスの品質を達成するための活動を意味し、品質管理といえば、主として QC 手法ならびに考え方を適用した活動をさし、それらの手法・考え方は単に製品品質のみならず、生産量管理、販売管理、利益管理などの経営の諸活動にも活用できるという立場で使われることが多いといえるであろう¹⁾。

品質保証システムは、企業の形態、製品の種類によってかなり内容、表現が変わってくるため画一的に表せないが、JIS における品質管理や TQC の定義にあるように、社内各部門の相互関係が緊密に連携し合って初めて製品品質の維持・向上が達成されるのである²⁾。

4. 品質保証の歴史的発展

従来、品質保証については、いろいろの誤解があった。たとえば、

- ① 検査を厳重にしていれば、品質保証を行っている
- ② 不良品だったら無料で良品と交換すればよい
- ③ ある期間無償で修理すれば、品質保証を行っている

などという誤りである。②、③は補償の責任をもっているのであって、保証しているわけではない。

歴史的には、品質保証、品質管理の基本は検査にあった。これが戦前の品質管理であった。現在、海外において、まだ検査＝品質管理と思っている人も多い。しかし、検査だけでは品質保証できないし、また不利であるということが次第に明らかになってきた。たとえば、

- ① 全数検査を行っても検査ミスなどにより不良品が出荷されていく
- ② 破壊検査や耐久性テストのように、全数検査できないもの、あるいは不経済なものがある
- ③ 全数検査で不良品を完全に除去しても、その不良品の手直し費やスクラップ代はロスになり、工数がかかるばかりで不経済である
- ④ 手直しや調整した製品は不良になりやすい
- ⑤ ある特性(主として代用特性)について全数検査できても、その製品の真の品質特性がよいかわからない

そこで「品質は製造工程で作り込め」ということになって、工程管理を行うことによって品質管理を行う方が有利である、工程管理がうまく行われ全数良品になれば検査費用は不要になるではないかということになってきた。これが戦後、我が国で新しい品質管理の始まった時代の品質保証の考え方であった。

さらに、消費者が不満に思っている、それを泣き寝入りしていたり、あるいは苦情を言ってもその情報が必要とする人のところへ届かなかったりすることが明らかになったので、「プロダクト・

アウト(殿様商売)の時代からマーケット・イン(消費者は王様)に」などということが強調され、どこが品質保証されていないかを明らかにする活動が行われた。すなわち、消費者の欲するところ、不満に思っているところを探して品質保証していこうという、消費者指向の品質保証が行われるようになってきた。

ところが、実際にやってみると、これでもなかなか不良は減らないし、消費者からの苦情も減らない。その理由は、

- ① 新製品開発のやり方がまずく、設計・試作がまずいと、いくら頑張っても製造工程で不良をゼロにすることは困難あるいは不可能である
- ② 信頼性、耐久性については、製造工程をいくら管理しても無理で、新製品開発の時期にしっかりしたテストを行っておくか、さらに信頼性については、しっかりした研究、長い技術の蓄積および標準化が行われていないと保証は困難である

ということがわかってきたからである。これが1950年代後半、1960年頃である。

そこで、「設計と工程で品質を作り込め」「新製品開発の品質保証」ということが強調されるようになってきた。そして信頼性の研究が行われだしてきたし、日本製品の信頼性も徐々に向上してきた。

1960年代後半から米国において、1970年代に入ってから我が国においても、PL(製造物責任)のことが問題になってきて、欠陥商品を出さないようにすることはもちろんのこと、消費者の誤用、過信用によって起こるトラブルの防止、いいかえると安全と人命尊重にもっと重点をおいた品質保証をしなければならないという時代になってきた。

以上のように、品質保証をうまく行うための態度ややり方は次第に進歩発達してきたのである³⁾。

5. 品質保証の意義

品質保証は、その仕事の研究開発、設計及び製造の各段階において順調に進行されているときに

は、それが重要なものであることは認識されにくい。むしろ、品質保証のために、品質向上のための投資をしたり、品質管理の教育を行うことは、費用を無駄使いしているように考えがちであるが、ひとたび、品質上の失敗が顕在化すると企業は莫大な損失を被ることになり、品質保証の十分でなかったことが悔やまれることになる。

品質保証は、まず欠陥の防止という役割を持つ。ちなみに、品質の失敗による PL により、米国においては最近では 1 件数十億円の損害賠償請求が発生し、しかも急増しているという。1960 年代の前半の消費者主義の発達の延長線上に、1970 年代には PL 問題という課題が提起され、信頼性が品質保証の中で重要な役割を担うようになったといえよう。

なお、PL (product liability; 製造物(賠償)責任、製品責任) は、JIS Z 8101 では次のように定義されている；

「設計、製造もしくは表示に欠陥がある製品を使用した者、又は第三者がその欠陥のために受けた損害に対して、製造業者や販売業者が負うべき賠償責任」

また、品質保証は欠陥を防止することだけではなく、ユーザーニーズによって把握された顧客の要求によく適合した仕様の品質の製品を作り出すためにも重要な役割を有するようになったことも忘れてはならない。すなわち、当たり前品質(充足されれば当たり前と考えるが、不充足であれば不満を引き起こす品質要素)を保証するだけではなく、魅力的品質(充足されれば満足を与えるが、不充足であっても仕方ないと受け取られる品質要素)をもその保証の対象としてきたのである。近年、品質機能展開などもよく用いられるようになってきたのも、このような動きに応える新しい品質保証の動きである⁴⁾。

6. 品質保証と人

製品はすべて人がつくり、人が使うのであるから、人間と品質保証とは切っても切れない深い関

係がある。

設計者がしっかりしていなければ、多量の欠陥事故を起こすであろうし、作業者がしっかりしていなければ欠陥商品が続出になろう。

一方、消費者が説明書や注意書をよく読んで使用してくれなければ、その製品は性能を発揮できず、品質保証できないのみならず、警告などを無視すれば、火災になったり、怪我をしたり、病気になったり、場合によっては死亡事故すら起こすことになり、PL 問題になる⁵⁾。

品質保証は、品質保証のために投資をしたり、無駄な費用を増やすものであると誤解されることがある。真の品質保証は市場のニーズと品質の情報を正しくとらえて、これに応える組織活動である。

ある技術者は、不況で売上が減少したため、営業部門へ応援に出ることとなり、市場の実状を肌で感じて、それまでの営業部門から入手していた市場の品質情報は幻の情報であったことに初めて気づいたという話がある。品質保証の体系と品質情報の収集体系を作るのは人であり、それに活力を与えるのも、これまた人なのであるから、体系を作ったというだけでは品質保証はできない。

また、品質は顧客のためにあるので、顧客の品質とは何かをよく考える必要がある。この品質の意味が明確になったらこれを尺度として品質を評価し、活動につなげることがマーケット・インの品質保証となる⁶⁾。

品質保証や品質管理を進めるのも人間であるし、マーケット・インする相手である顧客も人間である。いずれにしろ、人間社会における製品であり、品質保証であるから、人のことを考えないで品質保証は考えられない。

7. 品質保証・品質管理とファジィ

「品質管理は、品質保証を達成する手段である」ということは前述したが、多くの業種に導入され、世界中から注目されるところとなっている我が国の品質管理(日本的品質管理とも呼ばれる)では、

「経験と勘と度胸」のやり方を否定し事実(データ)でものを見、解析することが重要であるといわれている。そこで、「主観やあいまいさはいけないものだ」と思われがちであるが、本当にそうだろうか。

たとえば、SQC(統計的品質管理)に必要な統計手法では、計算そのものに主観やあいまいさの入る余地はない。しかし、実施場面では、変数選択型重回帰分析等における変数選択や、分散分析における誤差のプーリングの問題などのように、計算の前後の処理において解析者が有する固有技術上の知見が統計解析のモデル構築の過程や結果の解釈などに大きな影響を与える場合が多い。

また、事務・営業・研究開発などの部門では、数値データが得られにくく主観的なデータがほとんどである。そこでTQC(全社的品質管理)では、こうした「言語データ」を扱う手法として、新QC七つ道具や品質展開のように、必ずしも純粋な統計手法とはいいがたい手法も多用されている。しかし、これらの手法にもあいまいさがある。

また、社会全体が「人間重視・生活重視」の動きにあり、「感性」がキーワードとして多用されるようになってきているため、感性品質を特性値とすることが多くなっている。多くの事例では、チェックリスト的に加算したり、重視度のウェイトと充足度のウェイトの積を合計したりする線形評価が用いられているが、これが必ずしも保証されているわけではない。

以上のように、新QC七つ道具や品質表等はもちろん、統計手法においても感性のような主観的なあいまいさを含む場合や固有技術的な判断に頼らざるをえない場合が多い。

結局、品質管理では、各種手法はあくまでも手段なのであって、既得の固有技術から出発し、そのブラッシュアップを図ることが目的なのではないだろうか。

統計的品質管理では、「主観あるいは経験・勘・度胸はいけない。客観的なデータでモノを言え。そのためには統計手法を活用せよ」といわれる。その一方で「固有技術は重要だ」ともいわれる。

しかし、これは矛盾していないだろうか。固有技術とは、熟練者の主観的な経験・勘やコツのことではないだろうか。

従来の経営学でいわれている経営管理論は、経営計画、経営組織等について、大所高所から経営のあるべき姿を追求しているが、それらの計画を下部組織にどう具体的に展開し、日常業務としてどう実施し、その結果をどうチェックし、どうアクションをとっていくかという点については具体性を欠いていた。この点について、TQCの考え方はより具体的、実践的であるという特徴を持っているとされる⁷⁾。

そうであるならば、TQCあるいはSQCにおいては、感性や固有技術のような主観的なあいまいさをより具体的、実践的に各種手法に取り込む必要があるのではないか。

現在のところ、人間の主観による判断やあいまいさを扱えるのはファジィ理論が唯一である。したがって、品質管理における各種手法にファジィ理論を取り込んで改良したり拡張したりする必要があると著者は考える⁸⁾。

8. 品質保証のための品質機能展開へのファジィ理論の応用

上述のように、解析者が有する固有技術上の知見が重要であったり、事務・営業・研究開発などの部門では主観的なデータがほとんどであったりするので、人間の主観やあいまいさを品質管理へ取り込むことを積極的に行う必要がある、その方法論としてファジィ理論を応用する必要がある。

以上の観点から、主観による判断やあいまいさを伴うために定量的な解析が困難あるいは厳密でなかったさまざまな品質管理的な問題について、著者は、ファジィ理論の適用方法をこれまで日本品質管理学会、米国品質管理学会、日本ファジィ学会、日本経営工学会の研究発表会やシンポジウムなどで提案してきた⁹⁾。

本稿では、とくに新製品開発段階からの品質保証を実現する具体的な方法論として活用されてきた品質機能展開へのファジィ理論の適用方法の概

要を述べる。

8.1 品質機能展開とは

品質機能展開は、顧客の要求を把握し、顧客の要求からスタートして、それを製品に作り込むまでの一連の活動であり、品質保証のための具体的なシステムである。

顧客の要求は言葉で表現されるため、そのままでは設計ができない。そこで顧客の要求を技術特性に変換することが必要となる。顧客の真の要求品質を営業部門が中心となって把握し、把握された顧客の情報を分析・加味して企画品質を設定し、それを作り込む活動を設計の意図を理解した生産技術部門が担当する。この一連の作業が組織的に実施されることが必要である¹⁰⁾。

顧客の要求を代用特性に変換し、製品の設計品質を定め、これを各機能部品の品質、更に個々の構成部品の品質や工程の要素に至るまで、それらの関連を明確にしながら、系統的に展開していくことを品質展開という。

品質展開の概要を図1に示す。

この品質自体の連鎖体系を品質展開システムといい、品質機能の展開(品質を達成する職能ないし

図1 品質展開の概要¹⁰⁾

業務の系統的細部展開)と合わせて品質機能展開と呼ばれる。

品質展開では、まず顧客の要求を収集し、分類・整理して要求品質展開表を作成する。ついで、各要求項目ごとの代用特性を列挙・整理して要求特性展開表を作成する。これらを二元表の形に組合わせて相互の対応関係を明確にしたものは狭義の品質表と呼ばれ、要求品質を代用特性に変換する働きをもつことから、設計品質を定めるのに用いられる。品質特性展開表と構成部品展開表を二元表の形にまとめて相互関係を表したものが広義の品質表であり、これらを品質展開表と総称する。さらに工程の諸要素に展開し、最終的には、QC工程図および作業標準に結びつける。品質展開表とQC工程図を結合する諸表を狭義のQA(品質保証)表と呼び、QC工程図・管理標準・業務の機能展開表・品質保証活動一覧表などを含めて品質機能展開表という¹¹⁾。

8.2 要求品質重要度の算出へのファジィ構造モデルの適用

要求品質展開表の各要求品質に対して、顧客の要求の程度を表す指標である要求品質重要度を求める必要がある。その方法としては、顧客に対して新たにアンケート調査を実施する方法もあるが、新規開発型商品の場合にはAHP(Analytic Hierarchy Process)による方法がある。AHPによる算出方法の例として、「100円ライター」における要求品質1次項目を取り上げる¹²⁾。

これにAHPを適用して一対比較値が表1のように与えられた場合、重要度の順位は図2(a)のようになるとされる。しかし、判断の整合性を欠くため、整合度および整合比はともに大きく、実はAHPを適用することができない。したがって、重要度の順位は単純に図2(a)とは断定できない(むしろ誤りである)¹³⁾。

そこで、著者は、ファジィ構造モデル(Fuzzy Structural Modeling)により解析することを提案している。ファジィ構造モデルは、システムを構成する要素間の相互のあいまいな関係からシステ

ムを定性的に表現する手法である。この場合は、個々の品質要素間の重要さの関係から、品質要素全体としての重要さの構造を多元的に表現する。

ファジィ構造モデルでは集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ の要素間のファジィ 2 項関係に関するメンバーシップ関数 $f_r, f_{\bar{r}}$ を式 (1) で定義し式 (2) の関係を与える。

$$f_r, f_{\bar{r}} : S \times S \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

$$f_{\bar{r}} = \frac{1 - f_r}{1 + \lambda f_r}, \quad -1 < \lambda < \infty \quad (2)$$

閾値 p が半开区間 $(0, 1]$ の実数であらかじめ与えられたとき、ファジィ非反射律およびファジィ非対称律を満たすように設定されたファジィ従属行列 A をファジィ半推移律を満たすように修正するため、式 (3) のファジィ合成により A^* を求めて、式 (4) によりファジィ半可到達行列 A^* を求める。

$$A^{k+1} = A^k \circ A, \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (3)$$

$$A^* = [a_{ij}^*] = A \vee A^2 \vee \dots \vee A^n \quad (4)$$

そして、ファジィ代数を利用した所定の手順と演算によりシステムの構造化を行いファジィ構造グラフを作成する^{14), 15)}。

表 1 をファジィ構造モデルにより解析するため、表 2 によりメンバーシップ関数を対応付けて次のファジィ従属行列 A を得る。

(a) AHP (b) ファジィ構造モデル
($p=0.6, \lambda=0$)

図2 適用例における重要度の階層構造¹⁶⁾

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} 0.0 & 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.7 & 0.0 & 0.6 & 0.4 & 0.3 & 0.3 \\ 0.7 & 0.4 & 0.0 & 0.3 & 0.7 & 0.5 \\ 0.6 & 0.6 & 0.7 & 0.0 & 0.6 & 0.4 \\ 0.7 & 0.7 & 0.3 & 0.4 & 0.0 & 0.3 \\ 0.8 & 0.7 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.0 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (5)$$

表1 「100円ライター」における要求品質1次項目の AHP¹⁶⁾

$j \backslash i$	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
s_1 : 確実に着火する	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/7
s_2 : 使いやすい	5	1	3	1/3	1/5	1/5
s_3 : 安心して携帯できる	5	1/3	1	1/5	5	1
s_4 : 長い間使用できる	3	3	5	1	3	1/3
s_5 : 良いデザインである	5	5	1/5	1/3	1	1/5
s_6 : 愛着が持てる	7	5	1	3	5	1
幾何平均によるウェイト	0.46	0.16	0.11	0.07	0.15	0.04
固有ベクトル	0.41	0.19	0.14	0.06	0.17	0.04
重要度の順位	①	②	④	⑤	③	⑥

最大固有値=8.14, 整合度=0.43, 整合比=0.34

表2 AHPとファジィ構造モデル(FSM)の一対比較値の対応づけ

手法	一 対 比 較 値								
AHP	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
FSM	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

閾値 $p=0.6$, ファジィ構造パラメータ $\lambda=0$ と
して、ファジィ合成によりファジィ半可到達行列
 A^* を求めると次のようになる。

$$A^* = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.0 & 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.7 & 0.6 & 0.6 & 0.4 & 0.6 & 0.3 \\ 0.7 & 0.7 & \underline{0.6} & 0.3 & 0.7 & 0.5 \\ 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.0 & 0.7 & 0.4 \\ 0.7 & 0.7 & 0.6 & 0.6 & \underline{0.6} & 0.3 \\ 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.6 & 0.7 & 0.0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

A^* において2個以上の主対角成分が p 以上の値
であるならば、強連結集合が存在する。ここで、
強連結集合とはサイクリックパス(ある要素 s_i が
他の要素を介して間接的に s_i 自身に従属している
状態)上の全ての要素からなる集合である。ここ
では下線を付した3個の主対角成分が0.6以上
であるので、強連結集合 $\{s_2, s_3, s_5\}$ が存在
する。これを式(7)のように1個の要素とみな
すと A は式(8)のようになる。

$$A_c = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_2 & s_3 & s_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_2 \\ s_3 \\ s_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.0 & 0.6 & 0.3 \\ 0.4 & 0.0 & 0.7 \\ 0.7 & 0.6 & 0.0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_4 & s_6 & s_c \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_4 \\ s_6 \\ s_c \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.0 & 0.4 & 0.2 & a_{1c} \\ 0.6 & 0.0 & 0.4 & a_{4c} \\ 0.8 & 0.6 & 0.0 & a_{6c} \\ a_{c1} & a_{c4} & a_{c6} & 0.0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

ここで、 A における強連結集合とそれに属さ
ない要素とのファジィ従属関係を示す代表値
として最小値または最大値いずれを用いても、
図2(b)に示す構造が得られる¹⁶⁾。要求品
質重要度は通常3~5段階で求めるので、こ
の場合には階層に対応して4段階の重要度と
すればよい。

このように、ファジィ構造モデルでは、一
対比較行列の部分行列に問題があるため推移
律が満たさずAHPを適用できない場合にも、
循環するサイクリックパスの存在を判定し、
これを処理して全体としての階層構造をそれ
なりに得ることができ実用的である。また、
一対比較の回数がある程

度削減して評価者の負担を軽減することも
できる¹⁷⁾ので、要求品質重要度の算出方
法として優れているといえる。

8.3 品質要素重要度の算出へのファジィ積分の適用

品質展開は、マーケット・インの思考に立
脚したものであり、市場の要求の程度に応じ
て重点思考していくことが必要である。そこ
で、市場の要求である要求品質の重要度を、
品質表の対応関係を用いて、技術的管理特
性である品質要素の重要度に変換する。

この要求品質重要度を品質要素重要度の
重要度(ウェイト)を変換する方法には、3~
5段階評価などで与えられる要求品質重要
度と、表3に示すように対応関係の程度を
表す◎○△などを数量化した値の積を求め
、その値を縦に合計して品質要素重要度を
求める独立配点法などが考えられている。
◎○△の数量化は、◎:5, ○:3, △:1が
よく用いられ、4:2:1または3:2:1とい
う数量化もある¹⁸⁾。すなわち、ある品質
要素の重要度を E 、要求品質を x_i とすると、
独立配点法による E は次式で表される。

$$E = \sum_{i=1}^n h(x_i) w_i \quad (9)$$

ただし、 $h(x_i)$: x_i の対応関係の程度
 w_i : x_i の要求品質重要度

「100円ライター」における要求品質とし
て、 x_1 =確実に着火する、 x_2 =使いやすい、
…、 x_6 =愛着が持てる の6項目と品質要素
「形状寸法」について、対応関係の程度と
要求品質重要度が表4のように与えられた
とき、「形状寸法」の品質要素重要度 E は、
独立配点法によると次のように求まる。

$$E = 0 \times 5 + 5 \times 5 + 3 \times 4 + 0 \times 3 + 3 \times 4 + 0 \times 3 = 49$$

表3 品質表における対応関係づけ

記号	意味	数量化
◎	強い対応	5
○	対応あり	3
△	対応が予想される	1

このようにして、「100 円ライター」における品質要素重要度を独立配点法を用いて算出した例を表 5 に示す。

しかし、顧客の要求自体が言葉で表現されるあいまいなものであることに加えて、品質表において◎○△等で表される対応関係の程度は解析する人間の主観によるあいまいなものである。これらを経験的な点数で置き換えて掛け合わせ、品質要素ごとに集計する解析は便宜的であり、あいまいな値である。しかし、これを式(5)により掛け算をしたり、その合計を求めたりする独立配点法は、あいまいな値を比例尺度(線形尺度)として扱っていることに加えて、重要度の非加法性(相乗効果あるいは相殺効果といった組み合わせ効果)が考慮されていないという問題点がある¹⁹⁾。

要求品質重要度や対応関係の程度は主観によるあいまいな値であるので、あいまいさを扱うファジィ理論の代表的な手法である「ファジィ積分」により品質要素重要度を算出することが考えられる^{20),21)}。ファジィ積分も幾つか提案されているが、次のような λ -ファジィ測度によるファジィ積分

(菅野積分)が代表的である。

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ とし、被積分関数 $h: [0, 1]$ を $h(x_1) \geq h(x_2) \geq \dots \geq h(x_n)$ となるように、 X の要素を並べ換える。 $F_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ とするとファジィ測度 g による h の X 上のファジィ積分は次式で与えられる。

$$\int h \circ g = \bigvee_{i=1}^n [h(x_i) \wedge g(F_i)] \quad (10)$$

$$\text{ただし、} a \wedge b : \min\{a, b\}$$

$$a \vee b : \max\{a, b\}$$

$$\bigvee_{i=1}^n a_i : a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_n$$

とくに λ -ファジィ測度を考えると、 F_i について、

$$\begin{aligned} g_\lambda(F_i) &= g^i + g_\lambda(F_{i-1}) + \lambda g^i g_\lambda(F_{i-1}) \\ &= \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{k=1}^i (1 + \lambda g^k) - 1 \right] \end{aligned} \quad (11)$$

のように構成できる。ただし、

$$g^k = g_\lambda(\{x_k\}), \quad 0 \leq g^k \leq 1, 1 \leq k \leq n \quad (12)$$

$$= \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{k=1}^n (1 + \lambda g^k) - 1 \right] (= g_\lambda(X)) \quad (13)$$

とする²²⁾。

表4 独立配点法による品質要素「形状寸法」の重要度の算出例

	確実に着火する x_1	使いやすい x_2	安心して携帯できる x_3	長い間使用できる x_4	良いデザインである x_5	愛着が持てる x_6	計
関連度 $h(x_i)$		◎/5	○/3		○/3		
重要度 w_i	5	5	4	3	4	3	24
$h(x_i)w_i$	0	25	12	0	12	0	49

表5 独立配点法による品質要素重要度の算出例¹⁸⁾

品質要素展開表 要求品質展開表	形状寸法	重量	耐久性	着火性	操作性	デザイン性	話題性	要求品質重要度
確実に着火する			○/15	◎/25	○/15			5
使いやすい	◎/25	◎/25			○/15			5
安心して携帯できる	○/12	△/4	◎/20	○/12				4
長い間使用できる			◎/15	○/9	○/15	△/9		3
良いデザインである	○/12	○/12				◎/20	○/12	4
愛着が持てる			△/3		△/3	○/9	◎/15	5
品質要素重要度	49	41	53	41	42	32	27	

表6 品質要素の関連度と要求品質重要度の例

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
$h(x_i)$	0.0	1.0	0.6	0.0	0.6	0.0
g^i	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3

表7 ファジィ積分による品質要素重要度の算出例

	x_2	x_3	x_5	x_1	x_4	x_6
$h(x_i)$	1.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0
g^i	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3
$g_\lambda(F_i)$	0.5	0.71	0.84	0.94	0.98	1.0
$h(x_i) \wedge g_\lambda(F_i)$	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0

表6のように対応関係の程度 $h(x_i)$ と重要度 g^i が与えられた場合、 $h(x_i)$ が降順になるように、 X の要素を並べ換える。 $-1 < \lambda$ を満たす実数解として $\lambda = -0.945$ を得るので、表7よりファジィ積分値は0.6と求まる。

この算出方法によれば、従来よく用いられている独立配点法における尺度および非加法性の問題点が解決される。

なお、線形評価による算出値と同様に、要求品質重要度の高い要求品質の対応関係の程度が大きければ品質要素重要度も大きくなるが、両者は一般的には一致しない。また、たとえば△がやたら多い品質表のように、要求品質重要度が低く、対応関係の程度も低い品質要素が多くある場合、線形評価では評価値が大きめになりやすいが、ファジィ積分では影響を受けにくい。

さらに、要求品質が多い場合には、必要性係数 ξ などを求めて評価構造を同定する方法²³⁾により、品質要素重要度の算出に不必要な要求品質を取り除くことができる。

9. 結 言

以上、本稿では、品質保証あるいは品質保証システムについて解説し、これにファジィ理論を応用した例を紹介した。

すなわち、まず、品質保証の定義や品質管理との関係に触れた上で、品質保証の歴史的発展やそ

の意義を述べた。さらに、品質保証と人ということ考察し、品質保証や品質管理へ人間の主観やあいまいさを取り込むことを積極的に行う必要があること、および、その方法論としてファジィ理論を応用する必要があることを論じた。そして、品質保証のための品質機能展開へファジィ構造モデルおよびファジィ積分を具体的に応用した例を紹介した。

本稿で述べたように、品質保証の達成のために品質管理を進めるのも人間であるし、マーケット・インする相手である顧客も人間である。人間の気持ちはあいまいであり、それがあいまいな言葉で表現される。あいまいとくればファジィ理論ということで、ファジィ理論を応用すれば品質管理の「壁」のようなものも打破でき、アンチQC派の実力者も洗脳することなく取り込めると思うのだが、いかがだろうか。

ファジィ理論に対する関心が必ずしも高いとは言えない品質管理の分野において、本稿がファジィ理論を導入する端緒となれば幸いである。

謝 辞

卓越した見識により本特集で品質保証システムを取り上げ、執筆の御推挙を賜りました筑波大学鬼沢武久先生に敬意とともに感謝申し上げます。また、ファジィ構造モデルについて御教唆を賜りました桐蔭学園横浜大学田崎栄一郎先生ならびに大東文化大学天笠美知夫先生に深謝します。

なお、本稿は、平成5年度文部省科学研究費重点領域研究(課題番号:05220220)の補助を一部受けている。記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 狩野紀昭：品質保証, 三浦新・狩野紀昭・津田義和・大橋靖雄編『TQC用語辞典』, 日本規格協会, pp. 418-423, 1985
- 2) 高城 茂：商品開発における品質保証システムの確立—総論—, 高城 茂編『商品開発と品質保証』, フジテクノシステム, pp.418-437, 1993
- 3) 朝香鐵一、石川馨編：『品質保証ガイドブック』,

- 日科技連出版社, pp.4-5, 1974
- 4) 真壁 肇: 品質保証と信頼性, 朝香鐵一・石川馨・山口襄 監修, 『新版品質管理便覧』, 日本規格協会, p.615, 1988
- 5) 前掲書3, pp.11-12
- 6) 前掲書4, p.616
- 7) 狩野紀昭: 品質保証, 前掲書1, pp.13-16
- 8) 長沢伸也: 統計的品質管理へのファジィ理論の応用, 第8回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.157-160, 1992
- 9) 長沢伸也: ファジィ理論と応用一、品質管理、Vol.43, pp.1255-1261, 1992
- 10) 大藤 正、小野道照、赤尾洋二: 『品質展開法(1)ー品質表の作成と演習ー』, 日科技連出版社, pp.4-5, 1990
- 11) 前掲書1, p.362
- 12) 前掲書10, pp.86-95
- 13) 長沢伸也: ファジィ理論の品質管理への応用(6)ーAHPとファジィ構造モデルとの比較ー, 日本品質管理学会第19回年次大会研究発表要旨集, pp.49-52, 1989
- 14) 田崎栄一郎、天笠美知夫、滝沢雅人: あいまい理論によるシステムの構造モデル, 日本オペレーションズリサーチ学会論文誌, Vol.20, pp.285-310, 1977
- 15) Tazaki, E. and Amagasa, M.: Structural Modeling in a Class of Systems Using Fuzzy Sets Theory, Fuzzy Sets and Systems, Vol.2, pp.87-103, 1979
- 16) 長沢伸也: 一対比較型評価手法間の関係ーAHP, ファジィ構造モデル, 官能検査手法の比較ー, 第9回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.89-92, 1993
- 17) 長沢伸也: ファジィ構造モデルにおける一対比較数の削減方法, 第7回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.319-322, 1991
- 18) 前掲書10, pp.106-114
- 19) 長沢伸也: ファジィ理論の品質管理への応用(1)ーファジィ積分による品質評価ー, 日本品質管理学会第17回年次大会研究発表要旨集, pp.29-32, 1987
- 20) 長沢伸也: 感性の評価(3) ファジィ積分ーあいまいさを含む評価手法ー, 品質管理, Vol.44, No.3, pp.71-78, 1993
- 21) 長沢伸也: ファジィとは何か, 講習会「デザインのためのファジィ」テキスト, 日本ファジィ学会・日本デザイン学会, pp.1-16, 1993
- 22) 菅野道夫: あいまい理論[IV], 計測と制御, Vol.22, No.6, pp.50-55, 1972
- 23) 菅野道夫: 評価, 寺野寿郎・浅井喜代治・菅野道夫 共編『ファジィシステム入門』, オーム社, pp.131-138, 1987

(1993年9月20日 受 付)

[問い合わせ先]

〒180 東京都武蔵野市境5-24-10

亜細亜大学経営学部

長沢 伸也

TEL: 0422-54-3111(代)

FAX: 0422-36-4857

著 者 紹 介

長沢 伸也 (ながさわ しんや)

亜細亜大学経営学部

昭和53年 早稲田大学理工学部工業経営学科卒業。昭和55年 同大学院修士課程修了。同年 日本軽金属株式会社。昭和56年 明治大学工学部助手、昭和63年 産能大学経営情報学部専任講師などを経て、現在亜細亜大学経営学部助教授。放送大学「生活のための工学」ゲスト講師(ファジィ理論の基礎と応用を解説)。官能評価・感性評価、感性デザインの研究に従事。工学博士(早稲田大学)。著書:「パソコン BASIC 統計解析」(東海大学出版会),「ノートパソコン・エッセンシャルズ」(白桃書房),「生活のための工学」(放送大学教育振興会),「左脳デザイン」(海文堂)他。日本デザイン学会、品質管理学会などの会員。