

# 品質保証とその体系

—品質保証, 信頼性とORの関連を中心にして—

真壁 肇

## 1. まえがき

……TQCとOR……

1927, 8年頃, 米国の W. A. Shewhart によって提唱された SQC (statistical quality control) は, 米国の主として工場の工程管理のための管理技術として発達したが, 1940年頃には, 米国政府の要請もあって, 広く各工場に定着するところとなった。すなわち, 1940年頃には, 米国の各工場には QCD (Quality Control Department) が出現し, ここで QC エンジニアが1つの職業 (プロフェッショナル) として存在するようになったのである。この SQC が, 1950年頃から日本に初めて組織的に導入されるや, これが日本独自の形態をもつ QC として急速な発達をとげ, 1960年代になると SQC は TQC (total quality control の略。しかし, 外国の人は company-wide quality control という) と呼ばれるようになった。

この TQC は, 上はトップの経営者の経営の科学的・合理的な運営のための基本として, 末端は現場の作業者の QC サークル活動に至るまでの活動基盤として, 着実な発展をとげ, 1970年代の TQC の成熟期においては, 日本製品の優秀性を高めるのに大きく貢献したものといえよう。また, 1980年になると, この日本の製品の品質向上に役

立った日本の TQC のすぐれた面が外国においても広く認められることとなったのである。

これに対して, OR は第二次世界大戦中に, 軍事作戦を科学的に分析し, 最適方策を見出す手法として発達し, 1950年頃からは国の社会・経済政策の合理的な設定や, 各企業の経営・管理の科学的な運営のための手段として広く社会の繁栄を旨とした科学としてとり入れられるようになったのである。わが国でも1950年代の中頃には日本 OR 学会が設立されるなど, OR の啓蒙・普及は, 品質管理の導入とほぼ期を一にして進められていたが, 必ずしも軌を一にはいなかったように思う。しかし, 次第に OR 人口と QC 人口にはその共通部分が増えてきたことは, OR も TQC も目途は同じ科学的な経営・管理にあることから当然といえよう。また, 今後は, 両者のよいところを十分に補完しあってゆくべきであると考え。

このような視点に立って, 筆者は品質保証と信頼性工学と OR がどのような補完関係をもっているかを考えながら, 品質保証とその体系を述べることにしたい。

また, 筆者は OR と TQC は, その両者を結ぶ靱帯を強化すべきであると考えが, その1つの例として, 最近, ある品質管理のセミナーにおいてとりあげられた事例テーマの中から, OR に関係あるものを拾いあげてみた。その結果は表1のようになっている。本特集の中で, 本稿が OR と

まかべ はじめ 東京工業大学

表1 日科技連QCベーシックコースのテーマとOR

No.	54	55
コスト	4	3
予測	3	2
評価	3	1
IE	9	7
最適化	4	3
在庫	5	1
信頼性	7	9
交換, 設備		
ロットの適正化	1	0

(36) (26)  
 ↳→約25%

TQCのよりいっそうの連係をもつことに役立てられれば幸いである。

## 2. 品質保証の誕生と発達

品質保証は、1960年前後から急速に大きな飛躍をとげることとなった。その1つの契機は米国の自動車メーカー（当時の“big three”）が始めた“warranty”システムである。すなわち、車のマイル数を保証しようという試みは、直ちに、一般の家庭で用いられ耐久消費財の1年保証などの実施にまで広がった。また、当時のケネディ大統領が提唱し、実際に法制化された消費者擁護政策は、消費者の4つの権利すなわち、

(1) 安全を求める、(2) 知らされる、(3) 選ぶ、(4) 自分の主張をきいてもらう、という4項からなるものも、製造企業に品質保証を実行し、さらには、企業の中の品質保証の体系を確立せしめるための基盤となった。

自動車やカラーテレビが広く国民の生活の中にとり入れられ、さらには、航空機や人工衛星が開発されるようになると、われわれは複雑なシステムの活用によって快適な生活をいとなむことになる。しかし、このわれわれの身のまわりの製品やシステムが故障したり、事故をおこすことになると、その影響は国民生活や社会に対して少なからざる影響をおよぼすこととなり、ひいては社会か

らの製造企業ならびにサービス企業への強い要請として安全性を確保することが求められることとなる。これに対して、企業は品質保証の体系を社内確立し、製品とサービスの安全性を社会に対して保証するという責務をもつこととなったといえよう。

わが国のTQC界においてPL(product liability)の略：製品責任という)の問題がとりあげられて、すでに約10年ぐらいいている。PLとは、市場において使用されている製品や運用されているシステムに欠陥が発生した場合に、これによって阻害された安全性に対して企業は責任をもつという考え方によって成立している。これに対して企業の中では、PLP(product liability prevention)の略)というPLのような問題を事前に防止しようという技術改善の活動が行なわれねばならない。このPLP活動は、また、品質保証の体系を強化せしめることとなった。

品質保証とは、

“顧客が十分に満足し、信頼して使用することのできる品質の製品を、企業の営業、企画、開発・設計、生産準備および製造の各組織を総合して、作り出すための保証活動”であるといえる。したがって、品質保証はTQCを基盤にして成り立つもので、またその体系はTQCの活動によって機能するものといえる。

## 3. 品質保証を進める段階と体系

前節に述べた品質保証を推進するために、この保証活動の段階を、

(1) 市場情報収集、(2) 企画、(3) 開発・設計、(4) 生産準備、(5) 生産、の5つに分けて考えると、体系を整理してみることができる。

この第1の市場情報については、市場のニーズと市場における品質のトラブル情報の2つが考えられる。顧客のニーズを科学的に正しく把握して、これによく適合した品質を生み出す原動力としなければならないし、また、品質のトラブルに

対しては、直ちに対応し、かつ、このトラブルの再発防止の歯止めを講ずることが大切である。

第2に、得られた情報すなわちニーズとトラブルに対して、企画部門は、ニーズに対しては技術の仕様(スペック)を、トラブルに対しては再発防止のきめ手となる技術の開発の計画を立てなければならない。前者に対しては品質展開や品質機能展開という手法が活用され、後者においては故障解析などが企画と開発部において立案・実行されることになる。

第3の段階、すなわち、開発・設計に当っては設計審査を行ない、固有技術を結集して高度の総合技術を発揮し、場合によってはFMEAやFTAのような信頼性手法を活用することとなる。また、多くの場合、品質上の諸特性は設計によって決まってしまうことが多いので、この段階における品質保証は特に重要である。品質のみでなく、コストもこの設計の良否に支配される。いかに生産段階に入ってVAやVEで原価低減活動を行なっても手遅れである。設計でコストも十分に押え込むことが大切であるから、コストの品質機能による展開なども実施される。コストと並んで重量の低減つまり軽量化も、近年、省資源・省エネルギーの目的のために重視されている。このため、信頼性工学を援用してマイナー則(miner's rule)やFEM(有限要素法)が応用される。このうち、マイナー則をより精密化するため、再生理論を用いたり、全体の軽量化の最適化のためにLP(線形計画法)が活用されたりするので、ここではOR手法も登場することになる。

第4の生産準備では、機械設備による品質の保証が目ざされる。このため、設備の保全の最適化をはかるために、保全のORも必要となり、多くの保全モデルが解析の対象となっている。さらに、機械が故障したのでは、生産ライン上に手待ちが発生してしまう。このために適正な仕掛りが必要となるが、逆に、極力、“just in time delivery”という周期化生産を狙えば、機械の故障は予防保

全によって防止されねばならない。この予防保全の周期を定めるためにも保全のORが十分に活用されるべきである。

第5の生産の段階に入ると、局面は完全に現場における品質保証となる。ここでは、Aミスを防止するためバカヨケとか、工程の管理に力点のおかれた品質保証が実施される。

#### 4. 品質保証のための信頼性

信頼性は1940年代の前半において、レーダーやロケットなどのシステム製品の故障の防止のための科学的管理手法として生まれた。そして、1950年代に入ると米国のAGREE(Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment)などの強力な研究推進により、信頼性工学としての体系を整えるようになった。1950年代の後半には、ワイブル分布や指数分布の統計的な研究考察が進み、1960年前後にはFMEA/FTAなどの手段が人工衛星の開発や航空機・プラント施設の事故解析に有力な手法として役立つようになってからは信頼性は長歩の発展をとげることとなった。

1960年代は信頼性の啓蒙期といえる。1950年代の後半より1960年代の前半にかけては、信頼性は手法だけではなく、理論の研究もR. Barlow, Z. W. Birnbaum および F. Proschan などにより基盤が固められるようになった。時あたかも、人工衛星の開発や航空機のジェット化により社会に新しく生み出されるシステムが相続くという時期を迎えていた。このため、このシステムの信頼性確保のための管理技術として信頼性工学は大きな役割を担って産業界に広く導入されることとなった。

ところが、ここで品質保証との関係を見逃すわけにはゆかない。品質保証は自動車のマイル保証や消費者擁護政策に関連して、製造企業の新しい活動として生まれてきたものであるが、これが信頼性と無関係でありうるはずがない。両者は誕生と、1960年代の前半までの成長こそは別の道を歩

んでいたが目的はまったく同一のものといえる。このため、1960年代の後半より信頼性は品質保証の目的のために、品質保証活動の中に大きくとり込まれることになったといえる。TQCの一環としての品質保証の中に信頼性は、より高度の品質保証を築き上げるために、その新しい道を歩むことになったといえる。

ところで、信頼性は品質の一部と考えてよい。品質保証の品質とは、

品質 { (狭義の)品質  
信頼性

の2つよりなるものと考えてよい。ここで信頼性とは、

- ① 耐久性
- ② 保全性
- ③ 設計信頼性

の3大要素よりなっている。耐久性とは、長い寿命と故障の少ないことを、保全性とは修理による回復時間の短く、故障の予知により予知保全がしやすいことを意味している。また、設計信頼性とは、バカヨケやフェール・セーフ、冗長設計によって安全設計が十分になされている状態を意味している。このような3大要素をも含む品質を保証する活動は1960年代の中頃から次第に広まり、1970年代に入るとPLPの活動などのために大きな役割と期待をかけられるようになった。

## 5. 信頼性とOR

信頼性工学は複雑なシステムを解析するという目的のために、種々のOR的手法の応用対象となるものを提供しているといえよう。これをさらに大別すると、

- A) システムの構造を分析する
- B) 確率過程を応用する
- C) 確率分布についての性質を調べる
- D) 統計的手法
- E) 固有技術に近い分野

の5つになると考えられる。

いちばん最初に、OR的な考え方が登場したのは、1950年代のワイブル分布に関する研究である。ここでは、故障率  $\lambda(t)$  を  $\frac{m}{\alpha} t^{m-1}$  としたときの寿命分布である。ここで、信頼性の故障率を待ち行列の到着率に、また、故障発生をサービス開始に対応づけるという考え方も興味があるものであろう。ワイブル分布と並んで指数分布の寿命分布としての重要性も B. Epstein などによって指摘され、この応用方面の研究も急速に進んだ。

次に、1960年頃になると R. E. Barlow や F. Proschan および Z. W. Birnbaum など、いわゆる米国西海岸派によって信頼性の理論面の研究も体系化され、ついに1965年には、Barlow と Proschan によって“Mathematical Theory of Reliability”が出版されるようになった。また、同じ頃に FMEA/FTA が広く活用され始め、特に FTA は数学的には故障確率をもつコンポーネントの直並列回路として計量的にとり扱われている。

この時に、やや趣きを異にするが保全のOR理論の進んだことも見逃せない。航空機や電話システムは、修理直後に故障が多いことに注目し、初期故障を確率論的にとり扱っているうちに保全のORが体系化された。この中で1961年に Barlow と L. C. Hunter が JORSA に発表した予防保全方策、すなわち Policy I, II に関する論文がなんといっても保全のORの嚆矢ではないかと思う。

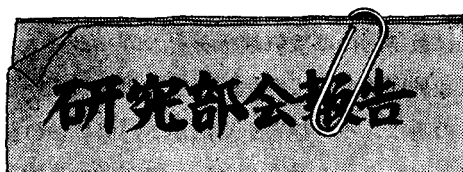
今ひとつの信頼性工学の中におけるORの活用はセミマルコフ過程モデルであろう。すでに、1960年に G. H. Weiss がアベイラビリティを求めるのにセミマルコフ過程を援用し、当時としては注目される研究を行っていたが、1961年に R. Pyke がセミマルコフ過程の理論を完成せしめてからは、この理論の信頼性への応用が急速に広まったように思う。また、その頃ソ連の B. V. Gnedenko と米国の D. P. Gaver が同時に同じ待機冗長系についてのセミマルコフ解析を行っていたが、これも当時の信頼性工学の中のORの目ざましい活用の一例といえよう。

表 2 信頼性とOR

種目	研究内容
A	システム解析, コヒーレント系
B	セミマルコフ論の応用 (PMの理論, 保全のOR), 再生理論とマイナー則待ち行列の応用(待機冗長系)
C	IFR, IFRA
D	ワイブル分布, 指数分布, データ収集システム
E	FMEA, FTA, FEM

1960年代の後半から1970年代にかけては信頼性の中の統計的手法の研究も多く,たとえば, Technometricsなどに N. Mann などを中心とする論文を数多く見かけることができる。

信頼性の中のORを整理すると表2のようにまとめられる。



### ●経営コンサルタント●

- 第14回 日時: 5月9日(土) 14:00~17:00 場所: 東京都労務福祉会館 テーマ: インプット志向の古典孫子の兵法とこれからの経営のOR

「インプットなければアウトプットなし」, 「蔣かぬ種は生えぬ」であるこの世の中における人間の営みを戦争・政治・外交・経営等において考えるために, 「孫子」, マキャベリーの「君主論」, 仏のカリエールの「外交談判法」, ブロイセンのクラウゼヴィツの「戦争論」等の所説を比較検討しながら, 計算に始まり情報処理を終篇とする, ORの参考書である「孫子」を総論的に話し合った。次回6月6日は「孫子」の各論を経営の面から検討の予定。

### ●日本における社会システム分析●

- 第12回 日時: 5月30日(土) 14:00~17:00 場所: 日本能率協会会議室 出席者: 11名 議題: 電源立地の諸問題; 深谷光世(東京電力)

現在, 地域問題として最も脚光をあびているのが電源立地の問題であり, これを社会システムの見地から分析した。電源立地に関する諸問題を明らかにすることによって, 日本の社会を動かしているいろいろな要因とその

これを見れば, 信頼性の中において, 少なくとも理論面においてはORは大きな役割を果たしてきたといえよう。

### まとめ

本稿では, ORがTQC, 品質保証ならびに信頼性に, いかなる関連をもつかについて考察しながら説明を行ってきた。そしてTQCの中で重要な品質保証をレベルアップするには, 品質保証の中に信頼性を導入することが大切であることを述べ, さらに, この信頼性の理論面をORが基礎づくりを行なっていることを説明した。品質保証の体系化にORがいかなる役割を果たすべきかを, 今後, 十分に検討される粗材として本稿をお読みいただければ幸いである。

からみ合い, さらにまた社会をシステムとしてみた場合の法(成文)の意義や, 行政の役割などが浮きぼりにされた。またこのような地域問題解決のための第三者的立場としての学会の役割についても討議された。

- 第13回 日時: 6月27日(土) 14:00~17:00 場所: 日本能率協会会議室 出席者: 10名 議題: 職商い国家日本の命運(第1回); 井上喜代重

今後の日本はいかにあるべきか, きわめて重大な関心のよせられているところであろう。これを Contingency Analysis の見地から時系列としてとらえようとしたものである。今回は第1回として, 日本的経営の本質を職能集団原理として, 歴史的な実証分析を行なったものであり, 今後のことを考える上にきわめて示唆に富む成果が得られた。第2回は秋になる予定。

#### 高齢化社会への提言(高齢者活性化のための処方箋)

日本における社会システム分析研究部会成果要約第1号として, 小冊子にまとめましたので, 希望者の方はお申越してください(送料170円, 申込先, 〒102 東京都千代田区一番町22-1, 一番町セントラルビル308, 小野勝章事務所内 小島光造)

高齢化問題は好むと好まざるにかかわらず, 否応なしに深刻化しております。このまま進めば10年先以降日本は破局的な事態を迎えるのではないかとの危機感をもって, 研究成果をまとめたものです。青壮年層の方はその事態に対しに生き残るのか, 今から準備しておく必要がありますが, 本書はその本質を考える上に絶好の参考になることと思います。