

信頼性技術と品質保証

—実務家の立場から—

1. はじめに

「耐久性」という言葉は古くから使われていたが、戦後信頼性技術が急速にわが国に取り入れられてから、「信頼性」という言葉も広く一般に使われるようになってきた。しかし、同時に、信頼性はむずかしい数学理論であると誤解したり、品質管理と同じ管理工学の一種だと解釈する人も少なくない。最近のように、消費者から商品の耐用寿命表示が要望されると、「信頼性を改善すべきか耐久性を向上さすべきかそれが疑問だ」とハムレットの悩みを訴える人もあらわれ、信頼性に関しては群盲象をなでるの感がしないでもない。

実際、「信頼度」という言葉の定義に比べて信頼性と称する仕事の分野はきわめて多岐にわたっており、簡単な表現ではとてもいいつくせそうにない。そこで筆者は実務的な立場から、本文では信頼性技術を耐久性も含めていかに理解すべきかを述べてみたい。これにはむろん信頼性改善の職務に従事した筆者のこれまでの履歴や有用性を重視する企業の立場も含んでいて、それなりの片寄り避けられないかも知れないし、ORワーカーの人達の頭にある信頼性のイメージとは異なって、多分に泥くさくかつ歯切れの悪いものになっているのではないかと恐れている。

2. 品質保証の歴史

信頼性技術とは何かを知る一つの方法として品質の歴史を尋ねてみることは有益であるが、そこには三つの大きな流れのあることがわかる。

一つの大きな流れは1942年の米国のMIT電子管開発委員会の提案に端を発し、1952年8月信頼性に関する助言機関 Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment (AGREE) の発足により急速に具体化していった米軍および米国宇宙開発における信頼性技術の進歩である。ミサイルやロケットなどに代表されるアッセンブリ・システムは使命時間は短い、きわめて多数の部品から構成されており、後にも触れるように信頼性技術の恰好の対象であったが、金に糸目をつけないという点では特異な開発形態といえる。この反省がテクノロジー・アセスメント、テクノロジー・トランスファーの言葉を生み出すとともに巨大技術の時代の終焉をむかえた。

第2の流れは1936年11月の米国における消費者同盟の発足にはじまる消費者運動の歴史である。消費者運動の歴史がなぜ信頼性技術の歴史と関係するのか疑問に思われる方もおられるであろうが自由経済社会の国では、所得が一定の水準を越え勤労労働者(サラリーマン)の割合が多くなると、爆発的に消費が高まり、大衆化時代が到来することが指摘されている。こうした消費者経済時代には、必ずしもそれが必要だからという理由で購入するのではなく、となりの人がもっているからといった伝染病的理由の購入がはじまる。このようにして、あまり商品の知識を知らない人や、老人、子供も含めて商品の購入層が急激に増加するために、消費者は自らが買った商品をこわしたり、商品によって怪我や危険を招くことになる。しかもこの場合、使い方が悪かったのか、商品が

悪かったのかはっきりしない場合が多く、初期には商品の欠陥が証明できないという理由でその責任は消費者に帰せられていた。そこで消費者運動が起こり、商品の安全性と品質の保証をメーカーによびかける一方、自らの評価結果を公表して消費者教育を行ない行政的にもなんらかの手を打ってほしいと訴えたのである。消費経済社会の進歩とともに、これが国民の声となり、1962年米国ケネディ大統領の「消費者保護に関する特別教書」

(消費者の四つの権利として、1.安全を求める権利、2.知らされる権利 3.選ぶ権利 4.意見を聞いてもらう権利)が出されるにおよんだ。これ以後、米国ではいわゆるP.L. (Products Liability, 製造物責任) という用語が定着し、消費者が商品の欠陥を指摘できなくても、逆にメーカー側がその商品の安全であることの証明ができない限りメーカー側が敗訴する判決事例が増え、やがてこれは法令化されるようになったが、わが国でも同様の経過をたどり1973年に消費生活用品安全法が公布されている。消費者問題の最大の課題は安全性であるが、むろん商品が故障を起こしたり、使えなくなったりする品質の問題も大きな課題であった。保証期間の延長、補修部品在庫期間の明示、耐用寿命表示など、信頼性、耐久性に関する要求は今後さらに増大すると考えられている。

第3の動きは部品の信頼性認証に関するもので米国では夙に1968年AGREEのDannell報告の中でこれを取り上げ、1963年MIL-R-39008(信頼度設定、コンポジション固定抵抗器)の軍規格を皮切りにいわゆる信頼度設定軍規格なるものが続々と刊行された。他方欧州では、第二次大戦中ドイツでフォンブラウンとともに英本土攻撃用ロケットV2の開発に当って、R. Russerが有名な乗積則(製品の故障率は構成部品の故障率の和になること)を発見したり、スウェーデンのWeibullが鉄の疲労破断の分布を整理した際にワイブル分布を見出したりしていたが、米国ほど活発な動きはなかった。これは米国流の性能第一主義的な設計に

比べて、欧州では古くから故障、寿命、省エネルギーなど多角的な要素を配慮する設計が常識化されていたところに一種の安心感もあったであろうし、米国のように軍事や宇宙の巨大プロジェクトをもたなかったことも原因の一つであると思われる。米国との遅れに気づいた英国では1960年、品質を保証する部品の規格(BS 9000シリーズ)をつくり、その試験方法等を世界に共通しようという立場から確立していった。そしてこの英国の部品の品質保証案は、仏の賛成を経てCENEL (Comité Européen de Coordination des Normes Electroniques)にもち込まれたが米国から非関税障壁であるとのクレームがついたものの、結局はIECで検討され、その推奨する方法となった。これにしたがってわが国にも1974年日本電子部品信頼性センターが発足し、信頼度の保証された部品の認証が行なわれはじめた。

このようにみえてくと個別に発生したかに思われる3つの奔流はそれぞれの必要性のもとに品質の歴史の中で信頼性として統合されてゆくものと考えられる。

3. 品質管理と信頼性

信頼性技術の実体をみるためには信頼性技術を品質管理との対比で眺めてみるとよくわかる面がある。たとえば品質管理の立場から信頼性は時間的品質だと理解している人があながい多いようである。時間的品質を知るために、市場に出てからのデータを収集したり、長時間の試験をして時間的変化を確認しておくのだという理解がある。これはこれでよいのであるが、実際の仕事をやってみると、技術的な知識というかセンスがあるのとないのとで結果において大きな違いが出てくる。たとえば寿命試験として定められた方式にしたがって長時間の試験を行ない、統計的な処理を行なって寿命分布を定め、これによってこの部品Aを出荷停止と判断したとしよう。ここまでの仕事はむろん信頼性部門でも品質管理部門でも現在行な

われているし、それほど技術的能力を要求されるわけではない。このような信頼性試験に関しては試験条件、サンプル数、判定条件を規定通りに行なうなら、誰がやっても大きな差はない。ところが、この試験条件を満足するための対策試料を同時に試験して対策の端緒をさぐったり、この試験によって検出される不良の機構を解析して、試験を加速させる方法を考えたりするのも信頼性エンジニアの重要な仕事であり、同じ時間の品質を試験するといっても前者と後者ではその効果が大きく異なることは理解していただけると思う。

一方、データ収集にしても、収集したデータを単にワイブル確率紙にプロットして屈曲点があるというのと、そのデータを実際の不良サンプルと対比して、実際に屈曲点付近で故障内容が変化しているかどうか確認するのでは雲泥の差がある。後者は実際の改善につながるが、前者はつながらぬ場合が多い。結局信頼性の仕事は与えられた仕事を定形的に行なわない点で、技術的な知識とセンスが必要であり、それが品質管理技術者に欠けている場合があり、仕事の内容というか質的差となってあらわれるものと思われる。

ただ、こうした考え方によると多くの場合、信頼性技術と固有技術との混同が起こる。はやい話が半導体固有技術の専門家でなければ半導体の信頼性改善はむずかしからうという考え方である。確かに半導体特有の現象に対しては半導体の専門家と称する人の力があざかることが多いと思われるが、故障場所や故障原因の推定には他での体験が役立つことが多く、解析の方法に慣れており、専門家の意見を素直に聞いて進めるなら、多くの場合、信頼性技術者に利があると私は見ている。少なくとも故障原因を追い込んでゆく過程で信頼性技術者の協力が必要であり、固有技術の専門家だけではモデルによる推定に終始することが多い。

第2の問題は品質管理が、あくまで決定された品質の維持に重点をおくのに対して、信頼性は、信頼性という品質特性そのものを向上し、達成す

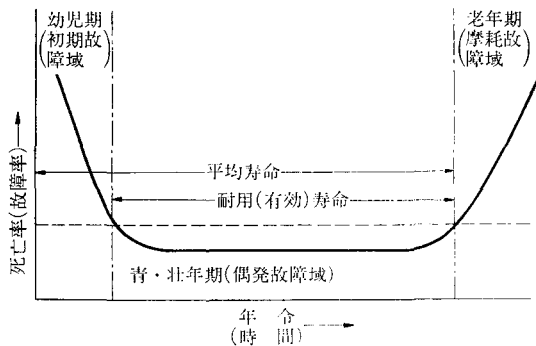
ることに重点をおいていることであり、これは MIL-Q-9858「品質プログラム要求」と MIL-R-785「システムおよび機器のための信頼性プログラム要求」の比較や MIL-STD-790「電子部品仕様書に関する信頼性保証プログラム」の発行に明らかである。しかしわが国の品質管理部門では、信頼性を含むといいながら、技術的な問題はそのまま設計、技術、工場技術へと送り返して、改善品の試験や、市場データを取ることで終始していることも少なくないように思われる。このような状況のもとでは設計との結びつきがゆるいために、信頼性の設計管理技術の導入がおくれることになりがちであって、かえって信頼性を技術部門の仕事であると割切った機械系の会社でFMEAやFTAが先行的に取り上げられているようである。

4. 信頼性と耐久性

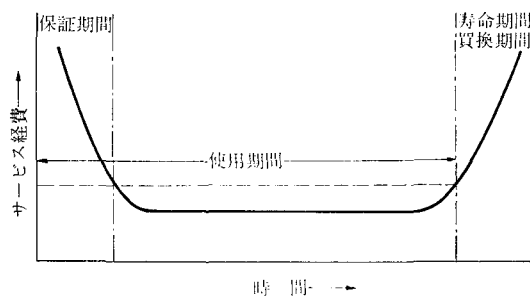
現在多くの製品の紹介に高信頼性がうたわれているが、信頼性の工学的意味が必ずしも正しく理解されているとは思えない。Reliabilityは信頼性とか信頼度とか訳されているが、もともと抽象的概念であるものを定量的に残存確率として定義したのである。

ところで、逆に考えて信頼性がないとはどのような場合を指すのであろうか。使いたい時に使えない、使ってみたがよく故障する、すぐに使えなくなってしまうとか、平凡に考えてみても信頼性がない場合が幾通りかある。とくに丈夫で長もちするという場合は耐久性 (Durability) という表現が用いられるようである。

そこで、信頼性と耐久性の違いについて考えてみよう。両者の違いのもっとも一般的と思われる解釈は、図1a)のいわゆるバスタブ曲線によるもので、偶発的に発生する故障の確率(縦軸の高さ)がどれだけかということが信頼性であり、必然的に起こる故障…耐用寿命…(横軸の距離)の発生時点がどこまでのびているかということが耐久性である。このように、バスタブ曲線では、信頼性



a) 人間の死亡率曲線(機器のバスタブ曲線)



b) サービス経費の曲線

図1 バスタブ曲線

と耐久性は、それぞれ縦軸と横軸の尺度で与えられる。しかし、人間の死亡率曲線と、機器のバスタブ曲線には違いがあること(図1a参照)に注意しなければならない。人間の平均寿命は死亡率曲線(図1a)から容易に決定されるが、機器の耐用寿命は図1a)からは実は決まらない。現実の機器の使用においては図1b)に示すように使用開始してからある時点を通ると、サービス経費が急増するために廃棄するか、買い換えるほうが得策となる。一般にはこの時点をも寿命と考えている。しかも、部品の故障はつねに機器の故障につながるため、図1a)の縦軸の故障率というのは人間でいえば死亡ばかりでなく、病気まで一緒にしてカウントしているのであって、図1a)のように直接寿命(耐久性のEnd Point)と結びつかない。老朽化した部品の交換を続けているうちに、サービス経費が急上昇することを想定した図1b)が必

要な理由である。むろんこの外にも機器の寿命を決定するものに、致命的な故障や、補修部品の在庫切れ、買い換えなどの問題があり、結論として図1a)の故障率の増加という単純モデルでは割り切れない内容をもっている。簡単な修理や交換でなおる故障は信頼性の問題である。これに反して、ケースの色が変色したとか、錆が出たとか、思ったより多く摩耗したとかいう場合には耐久性の問題として取り扱われる。つまり、耐久性とは一般に、時間的に変化し、劣化していくような現象に対して言い、時間的にランダムに起こる故障は信頼性では重要課題だが、耐久性という面からは取り上げない場合が多い。この点も信頼性を時間的品質だと考えると誤りを生じやすい。

このことは信頼性と耐久性の問題を考える上で見逃してはならないもう一つの重要点、すなわち、機器の複雑さと関連している。歴史的にも信頼性の基礎公式である Russer 則がV2ロケットに端を発していることや、初期の真空管式コンピュータが間断なく起こる故障のために動かなかったことを考えれば容易に理解されよう。昔、機械の設計者の目標の一つは耐久性のある製品をつくることであった。ところが、ロケットのように数多い部品で構成されているシステムでは使命時間はあらかじめ予想される短い時間であるが、つぎつぎとどれかの部品が故障して、完成しても作動しないということが起こる。これを解決するためには、部品の故障率を使用数の多いものほど下げる必要がある。これが信頼性技術である。したがって、信頼性の必要な代表的な例は、使命時間が限定されるか多数の部品から構成されているシステム、機器、装置であって、コンピュータ、電子機器などがそれに該当する。これに対して耐久性が要望されるものは、致命的な故障や、急激なサービス経費の上昇がない時間にわたって長く使用されるものであって、単体部品や、機械、機構、構造製品などの経時的劣化が問題とされる場合である。

以上でモデル的に信頼性と耐久性を対比して説明したが、現実にはそれほど簡単ではない。とくに、一般民生品では上記の例のような代表的製品ばかりではないからである。たとえば、電子ジャー、炊飯器といった例をとってみると、従来耐久性だけが問題になった鍋、釜に電子制御回路をつけたもので、たとえ修理可能の故障でもご飯が炊けなくては困るのである。したがって、消費者要求としても、メーカーの立場としても、耐久性も信頼性もということになる。さらにコストの問題もこれにからんでくるので、商品によってこれらをどう考えるべきかが重要になってくる。

信頼性、耐久性、コストの問題を製品によってどう考えていったらよいのか、ということに対する一つの解答は、ライフ・サイクル・コストの考え方の導入である。つまり、製品のコストを単に購入時のコストだけでなく、消費電力費や、補修費も含めた維持費を考えることによって、信頼性や耐久性のトレード・オフを行なうのである。いま、消費者が年間支払う総コスト（ライフ・サイクル・コスト）を T とし、推定される耐用寿命を L 、製品の購入コストを P 、1年当りのサービス費および消費電力費をそれぞれ M 、 O とすると、

$$T = (P/L) + M + O$$

となる。この P 、 M 、 O の相対的比率は製品の種類によって異なるが、設計者は製品の性質によってどういう設計が真に消費者のためになるかを考える必要がある。詳細については「信頼性とコスト」の項を参照されたい。

最近米国のNBS(National Bureau of Standards)では大型家庭用電気具については、標準的な状態で使用している時に必要なエネルギー量やそのエネルギー効率について、ラベルで明示して販売することを考慮中であるとのことである。買い手はそのラベルを見比べれば、小売価格がもっとも安くてもエネルギー消費が多く、その効率が

悪ければ長い目で見て決して一番安くはないことを判断できるとしている*。わが国においても早晩このような時代がくるのではなからうか。

5. おわりに

以上、信頼性を歴史やQCや耐久性との対比においてとらえ、できるだけ実体的な視点からとらえることを試みたが、必ずしも満足のゆくできばえでなかったことをお詫びしたい。最後に、信頼性とは何なのかということについて感じたことを一言付記しておく。孫子の兵法はその書き出しが、「兵とは国の大事なり」という戦争の定義からはじまっていることはご存知の方も多いと思う。筆者は最初この意味がわからなかったが、何度か読み返しているうちに、卒然と意味がわかり、なるほどすばらしい定義だと思ふようになった。戦争というものが国家にとって重要なものという彼の定義は「戦争より国家が大切である」ことを意味しているのであり、そう考えるからこそ「百戦百勝」がよいのではなく、「兵を損わずに勝つ」のが最上の策となり、「長期戦を上手にやる」などというのは論外なことになるのである。品質や信頼性を兵という字とおきかえ、国を製品におきかえてみるとよいのではないかと思う。金に糸目をつけたい信頼性技術などというものは所詮基本的な誤りを犯していたと考えてよいのではなからうか。「信頼性とは国の大事なり」というのが、日本が世界を主導してゆくべき道ともいえる。独断と偏見は浅学非才の故であって、寛恕を切にお願いしたいと考えている。

こしかわ・きよしげ 1928年生

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業後、直ちに松下電器産業(株)ラジオ事業部に入社、無線研究所信頼性技術開発室長を経て1976年7月同社技術本部QCセンター信頼性担当副参事となり現在に至る。

* G. E. モンゴメリー「耐用消費財の標準化」サイエンス 2, 1978, 116頁