開発設計現場で使う品質工学 (1) 信頼性は設計できる

長谷部光雄

Quality Engineering to Use in the Development Design Spot Chapter 1: You Can Design Reliability in Quality Engineering

Mitsuo HASEBE (Noppo Giken, 1-3-1 Etchujima, Koto-ku, Tokyo 135-0044, Japan) noppo@br4.fiberbit.net

Long time is necessary for a reliability test. A theory and the mechanism analysis of the reliability are difficult, too. However, a way of thinking not to need a long-time test is suggested. It is quality engineering.

There are two kinds in the quality of the product. It is a kind to be able to treat by technique of the quality control and a kind not to be able to treat. It is necessary for the latter quality to be established at a development design stage. I comment on technique of preventing it of that purpose at six times.

(Received on January 6, 2015)

Key Words : Reliability Test, Quality Engineering, Quality Control, Long-time Test, Technique of Preventing

1. はじめに 本連載の狙いと概要

最近、品質工学が注目されている。注目度が高まると同時に、誤解も多くなっているようである。統計的手法の一種にすぎないとか、直交表というツールを使い手間を省く効率化手法であるという見方である。さらには品質管理と似たようなものであろうという意見もある。

これらの誤解は、品質工学をある一面だけで捉えている。品質工学がもっとも重視している「信頼性の設計」という視点は、残念ながらいずれの見方にも表現されていない。

筆者は、品質工学の重要性が十分に理解されていないのではないかと危惧していた。そんな折、タイミングよく本連載の依頼があり、信頼性の設計に少しでも馴染んでいただければと思い引き受けることにした次第である。

信頼性は確認のためのテストも厄介で、理論やメカニズム解析も難解である。したがって改善も困難である、と知っている人が多いであろう。信頼性と聞くだけで避けてしまう人も多いのではないだろうか。

確かに信頼性に関する手法には、大量のデータが必要であり、数学的なモデルや複雑な計算も要求される。設計や

開発の現場で使うには、少々学究的すぎるようである。

しかし一方で、大量のデータも厄介な計算もしない方法も提案されている。それが品質工学である。信頼性は学問ではない。もっと実践的に考えてほしい。品質工学を気軽に適用して欲しいというのが、本講座の趣旨である。6回の連載で、以下の内容を解説していく予定である。

- 1) 品質工学の狙い…品質管理と何が異なるのか、品質工学の基本的な狙いと考え方の紹介
- 2) 機能性評価の基本的考え方…信頼性テストを短期間で実施する機能性評価の紹介
- 3) 信頼性を効率的に設計する方法…合理的な最適化法であるパラメータ設計の紹介
- 4) 過剰品質の防止や安全性の設計…損失関数とその使

長谷部光雄；のっぽ技研（〒135-0044 東京都江東区越中島1-3-1-1023）代表。昭和47年、名古屋大学理学部物理学科卒業。同年、(株)リコー入社、平成21年、同社を定年退職、のっぽ技研設立。専門は研究開発の効率化・品質工学の活用。品質工学会、日本信頼性学会、日本品質管理学会会員。

い方の紹介

5) 多変量解析法…複雑な現象の解析と設計法である
MTシステムの紹介

今回は、信頼性は設計できると題し、誤解しやすい品質管理との違いと、品質工学の目的を明確にしたい。

2. 品質管理の期待と限界

日本の工業製品の高品質を支えてきた柱の一つが、製造現場を中心にした品質管理活動の成果であることは間違いない。しばしば「現場力」という言葉で、その実力と成果が賞賛される。

失われた20年と言われ、日本のものづくりは海外の低コスト製品の増大に悩まされてきた。日本とアジア諸国の労働コストの格差が10～20倍もあったころは、本来の現場力の強さを十分に生かすことが出来ず、仕方なく工場を海外に移転することが多くの企業で行われた。

しかし、労働コストの格差が徐々に解消されるにつれて、やはり日本の現場力が必要であるという声が大きくなっている。それに呼応するように、海外に出た工場を国内に戻す動きも出てきた。日本の品質管理の現場力が、再び脚光を浴びる時代になっているようである。

一方では、以前から品質管理の限界を危惧する声が聞かれるのも事実である。市場で起きる不具合問題に対して、もはや製造現場の品質管理では対処できないという認識はかなり広がり、設計自体から高品質にする必要があるという指摘も多くなっている。

1995年頃に従来のQC（Quality Control：品質管理）という言い方からTQM（Total Quality management：総合品質経営）へと名称変更されたのは、このような指摘を先取りした動きである。改名されたTQMの狙いの一つは「源流管理」であり、源流つまり開発設計段階で高い品質に作り込もうという的を射たコンセプトである。アジア諸国が日本を学び、現場力で追いついてきたときに差別化できるのは、「源流の現場力」である。その意味で重要な課題であることは確かである。

しかし、現状を見てみると、源流での成果は顕著ではないようである。それには理由がある。その理由を理解すれば、おのずと品質工学の狙いも分かってくると思う。

3. 出荷後の品質は無関係？

順番に考えてみる。まず品質管理の限界とは、一体どういう意味なのか。

「品質管理は、品質を管理しているのではない」

この言葉は、日本の品質管理の創始者の人物である西堀榮三郎氏の著書¹⁾に書かれている。

品質管理に精通している人には常識であるが、品質管理は品質を管理しているのではなく、品質を通して（または

品質を使って）工程を管理しているのである。

同じ意味合いを持つ「品質は工程で作り込む」という言葉も有名である。つまり品質管理の目的は、製造工程の物や作業の流れを安定化させることなのである。

工程内に物や作業のスムーズな流れを創り出し、それを安定的に管理をすることで、ミスが少なくなり結果として製品の不良も減るのである。したがって品質である検査値や測定値を使って工程の状態を把握し、必要ならフィードバック制御を行う。これが「品質は工程で作り込むという」方法である。

品質管理で用いる「品質」とは、このような意味を持つ。自分たちの管理下にある工程の状態を表現している言葉である。工程での検査値や最終的な製品スペックを満足していれば、製造工程は正常であると見なすことができる。したがって品質もOKである。

しかし、注意して欲しい。ここでの品質という言葉には、最終検査を通過して出荷された後の品質は含まれていない。つまり、出荷後の輸送や保管状態で起きる不具合、お客様の環境や使い方が原因で起こる品質問題は、品質管理の品質には含まれないのである。

意外に思うかもしれない。検査を通るまでは、さまざまな項目を管理するが、いったん合格して出荷してしまえば、その後に起きる不具合は気にしなくていいのか。理屈上は良いのである。それが製造工程の役割であるからである。

4. 品質には二種類ある

ここは重要な点であり納得できない人も多いであろうから、もう少し説明しよう。図1は、製品の企画から出荷までの流れを示している。これで見ると、製造部門の役割とは、設計の指定どおりに製品を仕上げることである。

つまり設計のレシピ通りに、大量の製品を低コストで生産する役目である。レシピ通りに作られたかどうかは、検査で分かる。だから検査合格品を完成させれば、製造部門の役割は終了となるのである。

レシピ通りに作り検査を合格すれば、その製品は出荷後も品質が安定して維持されるはずである。そのように設計されているはずである。それを前提に製造部門は仕事をしている。

図1 製造部門と設計部門の役割

逆に考えてみよう。レシピ通りに作って検査を合格した製品が、出荷後に不具合問題を起こした時、製造部門では何ができるか。もはや、できることは少ない。

以上が、品質管理の限界についての説明である。

では出荷後の不具合や使用中に発生する問題点など、合格品が起す不具合は、どう考えればいいのか。

先ほどの説明で明らかであろう。設計部門が指示してきた作り方・レシピの中に、出荷後に不具合を起こす可能性(原因)が隠れていたのである。つまり、出荷後の品質は設計部門の役割である。

この出荷後の品質を改善するのが品質工学の狙いである。品質には二種類ある。品質管理と品質工学では、品質という同じ言葉を使っているが、その内容がまったく違うことを理解してもらえたと思う。

5. 見えない不良こそ設計の課題

出荷後に判明する第二の品質問題を「(品質管理では)見えない不良」と表現しよう。品質管理が徹底している現代日本の品質問題は、大部分が見えない不良であると言ってもいい。見えない不良は、リコールになる可能性も高く、大変に重要であり厄介でもある。

見えない不良は、二つの意味で管理の方法論では扱えない。一つ目は、設計のレシピを完璧に再現しても駄目であるという点。すでに述べた品質管理の方法論の限界である。

もう一つは、出荷後の使用状態までは管理できない点。輸送と保管状態までなら何とか管理できるかもしれないが、お客様の手元にわたってからの使われ方、さらには劣化の影響まで考えたら、とても管理できない。

とは言うものの、管理できない不良に対しても何とか管理しようとする、ものづくりの現場では試みられている。シックスシグマがその代表である。

出荷後に品質のばらつきは、図2のように大きくなる。シックスシグマとは、出荷時はできるだけ少ないばらつきに抑えようという狙いである。

しかし、出荷後のトラブルの原因は、製品が遭遇する環境条件や使用条件・劣化の影響であるから、出荷時点のばらつきを抑え込んでも効果に限界がある。やはり品質管理の役割は、出荷までの品質に限られる。消費者の手にわたってからの品質は、製品設計段階で検討すべきである。

だから、源流に遡るというTQMの狙いは適切だったと思う。しかし、その際に使った「源流管理」という言葉、とくに「管理」が問題であったと筆者は思っている。源流を管理しようとしたことが混乱の原因である。

既に述べたように、品質管理は生産工程を管理することが狙いである。モノや作業の流れをスムーズにすることでミスをなくし、品質を安定させるからである。もし、この考え方を源流の設計に適用するとどうなるか。

図2 見えない不良の原因
品質のばらつきは出荷後に増加する

生産工程と同じく管理手法で考えてみよう。設計の一連の行為は「設計作業の工程」と見なせる。工程ならば、情報や作業の流れをスムーズにすることが大切である。流れを良くすれば作業ミスが少なくなり、結果、設計の品質も向上することが期待できるはずである。

この考え方にしたがって、いくつかの方法論も提案された。お客様の要望や企画スペックを設計の技術項目に確実に置き換えるQFD (Quality Function Deployment: 品質機能展開) とか、設計内容の抜け漏れをチェックするDR (Design Review: 設計審査) である。その他にも、実験計画法やFMEA (Failure Mode and Effect Analysis: 故障モード解析) や過去のトラブルのデータベースの充実など、設計環境の整備も行った。

これらの試みは必ずしも悪いとは言えないが、設計現場から見ると、実施上で問題が発生している。DRを例にして、その弊害を説明しよう。

6. DRで設計の質は高まるか

製品の品質を改善する狙いで、多くの企業がデザインレビュー (DR) を採用していると思う。しかし、うまく機能しないという話は、よく耳にする。何故か。

DRの基本を簡単に言えば、「従来の設計とどこが変わったのか、変えたところに問題が発生するから、その心配点を過去の知見を活用して探し出そう」ということである。忙しい設計者がつい見逃している点を、経験豊かな人や他部門の人が見つけ出そうという狙いである。言わば有識者による岡目八目の指摘である。

第三者によるDRの本質は、作業ミスや思考の抜け漏れの防止である。従来の知見に基づくFTA (Fault Tree Analysis: 故障の木解析) やチェックリストの活用であり、再発防止が基本思想である。想定外の問題の未然防止に有効な手段ではない。

多くの設計者は、言われなくても質の高い設計をしたいと思っている。しかし、限られた検討時間に阻まれて、や

りたいことがやれないのが実態である。

つまり設計の質の向上を阻んでいるのは、設計者の思い込みや惰性などの「心の壁」ではなく、じつは忙しさによる「時間の壁」である。

この状態にDR用の資料作成や報告の作業が追加されれば、設計者には大きな負荷である。その結果、次のようなDRの弊害につながる。

実施することが目的となったDRは、内容も形骸化していると言われる。開発設計の現場では、DRの目的はISO規格の証拠づくりである、と本音をいう人も多い。本当の意味でのDRが行われていないのである。

仮にDRをうまく運営できても、もう一つ弱点がある。再発防止はできても、過去に実例がない未知の不具合を指摘することができない点である。

過去に経験していない未知の現象は、有識者でも指摘できない。つまり本当の未然防止ができないという課題である。このようにいろいろな課題を持つDRは、やり方を再検討すべきであろうと思う。

作成作業が大変なQFDやFMEAなども、似たような状況であると聞く。屋上に屋を重ねる方法では、踏み込んだ技術議論が行えず、質の改善は望めないのである。

製造現場では成果のあった管理の手法であるが、そのまま開発設計に適用してもうまく機能しない。その原因は、源流管理という言葉を使ったためである。開発設計現場の技術者も製造現場の技能者と同じで、作業を管理すればうまく行くと誤解したからである。

設計現場では、設計の中身（レシピ）を改善しなければならない。作業を管理する手法は使えないのである。

7. TQM＝品質管理＋品質工学

開発設計の現場で本当に必要なのは、未然防止設計ができる技術的な方法であり、技術者の能力育成も期待できる手段であることを確認した。

ここで品質工学の登場である。品質工学とは、設計の中身を改善する工学的な方法である。出荷後の管理できない状態で発生する品質問題を、設計段階で予測して対策しておく。一言で言うと、未然防止の設計手法である。

では、未知のことをどうやって予測すればいいのか。未然防止とは従来の方法論と何が異なるのか。いくつかの項目で、基本的な考え方を説明しよう。

まず管理と工学の違いである。管理の役割については、すでに述べたので、簡単にまとめておく。

品質管理：基準に従い、出荷OK/NGの判定を行う。管理可能な工程条件を維持することで、出荷品質を安定させることが目的。均一な品質の製品を安定して出荷することが役割であり、出荷後の見えない不良は管理対象外である

図3 出荷後に問題発生しやすい性質

品質工学：出荷後の見えない不良が対象なので、出荷時点での検査項目は重要でない。出荷後のクレーム有無が、重要な判断基準である。管理が不可能な劣化や使用条件の影響を低減するように、あらかじめ設計内容を改善することが狙い

科学的管理には、検査項目のような明確な基準が必須である。判定法が明確ならば、不具合の原因を見つけ出し、速やかに対策することができるからである。

一方、管理が不可能な出荷後の不具合には、発生原因に対策するのは無理である。このような場合には、科学的方法論ではなく、実践的な工学の方法論が必要となる。

図3のように、出荷後にばらつきが大きくなる場合は、予想外の不具合を起こしやすい。それを防ぐには、出荷後の環境変化に影響されにくい「素質のよい性質」を、事前に設計するしかないであろう。

このように、原因に対策できる品質とできない品質がある。二つの品質には、まったく異なる方法論が必要である。顧客満足度を追求する総合品質マネジメント（TQM）には、“TQM＝品質管理＋品質工学”が必要であると認識して欲しい。

8. 未知を予測するのが未然防止の基本

では重要な未然防止は、具体的にどうすれば可能になるか説明しよう。

未然防止とは、未知の現象を予測して、事前に対策しておくことである。難しいのは「未知」の不具合現象を「予測」する方法である。はたして未知は予測可能なのか。

従来の未然防止の考え方を簡単に表現すると、過去の不具合の解析結果を活用し、故障モードから理論的に類似の現象を推測し、事前にその現象を防止する方法である。前提に過去の知見が必要なので、基本的には再発防止の一種と見なせる。人間が予測できる範囲で議論する方法ではないのである。

しかし、真の意味の未然防止とは、未知を予測しなければならない。想定外も想定したいはずである。未知あるいは想定外とは、人間の知恵では考え付かないことである。

図4 機能性評価のイメージ
意地悪条件の影響度で安定性（信頼性）を予測

図5 パラメータ設計のイメージ
(パラメータ設計＝機能性評価＋直交表)

説する。

10. 製品の設計は二段階で行う

信頼性の不具合問題を未然に防止する概略の考え方は、理解いただけたと思う。つぎに新製品の設計全体に関する考え方を解説したいと思う。製品開発に必要な二段階の考え方である。

二段階設計とは、従来のやり方とは逆の順序で設計することである。製品設計の役割には二つある。一つ目は品質管理では見えない不良を防止すること、二つ目は製品スペックのQCD（Quality Cost Delivery：品質と原価と納期）を達成することである。さて、この二項で、どちらが技術的難易度が高いであろうか。

まず従来の製品開発のやり方で考えてみる。製品スペックの達成度を確認するため、早めに最適な設計パラメータを決定すると思う。初期性能を中心に最適条件を決定し、その後に信頼性の確認を行う順番であると思う。そして信頼性試験で発見された不具合を、個別に対策する。

そのため発売期限ぎりぎりまで、多くの問題点の対策に追われるのが現状であろう。モグラたたきと言われることもある。

マンパワー投入量で、このやり方の効率を考えてみる。設計パラメータを決める際のマンパワー投入量と、信頼性試験で発生した問題点の対策に必要な投入量を比較すると、明らかに後者の方が多い。見えない不良を防止する方が、技術的には難しいからである。それに比べて、初期条件での最適条件は、比較的容易に求まるであろう。

このような認識に立てば、見えない不良を防止する方を優先して実施し、その後にスペックの達成度を検討する順序の方が合理的ではないだろうか。これが、品質工学が推奨する二段階設計の考え方である。

言い方を変えれば、未知の現象を既知化することが優先課題であり、未知現象がすべて既知化されれば、その情報を活用して総合的にQCDを設計することは楽であるという考え方である。

従来から言われてきた「既知の内容だけを活用する設計が、高信頼性を生み出す」という信念と同じである。

しかし、すべて既知の内容だけで設計できるなら苦労は

では、未知現象を予測することは出来るのか。想定外を事前に既知化できるのかという疑問がわくのは当然である。

不可能ではないはずである。簡単に言えば、やってみればいい、経験してしまえば分かるのである。

製品が市場に出れば、いろいろな現象が発生する。想定内ばかりでなく想定外の現象も起きる。だったら事前にいろいろとやってみれば、未知の現象も発見できるのではないだろうか。

この考え方のボトルネックは、どの様にやってみれば発見できるのか、その方法であろう。時間もコストもかけず実験できるのか。人間の予想を超えて起きる未知現象を、効率よく発生させられるのか。その確認法の工夫が必要である。

つまり未然防止を実践するキーポイントは、未知現象を効率よく発生させるという視点である。

現象の発生メカニズム解明には、多大な時間がかかる。従来は、長時間が必要な再現テストも行っていた。関係する現象の種類も多く、限られた製品開発の期間では、すべての現象を解明し、対策を検討することは不可能であった。

しかし、再現の精度やメカニズム解明に拘らず、現象を発生させることに絞れば、限られた時間でも可能である。どのような条件の組み合わせで未知の現象が発生するかが分かるだけでも、対応策の検討には有益であろう。

そのためには、想定外も含めるために、いろいろな意地悪条件を組み合わせで実験し、影響の受け方を測定すれば良い（図4）。この方法は、機能性評価法と呼ばれ、未然防止を追求する品質工学の最も基本的で、かつ重要な方法論である。次回で実施例と成果について詳細に解説する。

9. 最適設計を行うパラメータ設計

未知の現象を再現できれば、次はそれを未然に防ぐ対応策の検討である。そこで必要となる方法論を、パラメータ設計と呼んでいる。

パラメータ設計は、品質工学の中でもっとも有名な方法論である。前節で説明した機能の安定性を評価する方法と、直交表を組み合わせで実験する。この組み合わせ実験で、信頼性に最適な設計条件を、短時間に見つけ出すことが可能となる（図5）。詳細な内容は、連載の三回目以降に解

ない。新製品には未知の部分が必ず含まれるから、まず未知を既知化するのは当然であろう。基本技術を固めてから、応用設計に入るのが無理のない進め方である。

このように考えると、新製品の設計をする際、従来のように製品スペックの達成度から検討するのは好ましくない。いったんは製品のスペックから離れ、技術の素質（見えない品質）そのものを考える段階から始めなければならない。見えない不良に対する責任を果たすには、このような二段階の設計が重要なのである。

11. 技術力向上が狙いの“三つのレス”

つぎは開発期間短縮のスローガン“三つのレス”の話をしよう。三つのレスとは、試作レス・試験レス・検査レスのことである。

試作のコストが高いので、数量はできるだけ少なくしよう。試験は時間がかかるので、できるだけ少なくしよう。検査はコストなので、できるだけ少なくしよう。これらの三項目は、いずれも品質を高めるには必要と考えられる。にもかかわらず、それらを少なくしようというのが、三つのレスである。

高品質化の方向に逆行しているように思えるであろう。なぜ、逆行するのか。わざと意地悪な条件を課すことで、技術力の向上を狙っているからである。

試作の数量を減らしても、評価不足で品質が低下してはならない。確実に評価はしなければならないが、どうすればいいのか。試作数量を減らす代わりに、何か工夫をしなければならぬ。それを考えるのが技術力である。

試験レスも同様である。信頼性試験を減らしても、信頼性品質はきちんと評価しなければならない。少ない試験データから、多くの品質情報を引き出すにはどうすればいいか。従来の常識にとらわれない創造力が必要である。

検査レスの場合は、コストで考えるとわかりやすい。検査で不良品を取り除いても、出荷される製品の品質が向上するわけではない。不良品により生じる市場での損失コストが減るだけである。総コストの観点からは、市場での損失コストが低減できても、検査のためのコストが増加しては何にもならない。したがって、双方を合算した金額が最低になることが望ましい。そのためには、検査をしないで不良品の発生が少ない技術が必要となる。

三つのレスのいずれも、品質を向上させる技術手段の検討を促進することが真の狙いである。「品質を改善したかったら、品質を測定するな」という有名なフレーズは、これを表現している。

品質そのものを測定する従来のテストは、時間やコストがかかりすぎる。得られる技術情報も少ないので、改善検討の効率も悪い。もっと本質的な検討を行わないと、効果のある改善は無理であるという主張である。

12. ものづくりは人づくり

品質管理、未然防止、二段階設計そして三つのレスの説明で、品質工学の基本思想が理解できたのではないだろうか。品質工学の最終的な狙いは、人材の育成を通じて技術力を向上させること、そして結果として製品の品質を高めることである。結局、ものづくりは人づくりである。

最後になってしまったが、ものづくりは人づくりという考え方は、製造の品質管理の現場でも重要視されていることを紹介しよう。

品質管理では有名なトヨタやデンソーの現場で活躍された方が書かれた本は、多数存在する。参考文献の2)や3)が、その好例である。

品質を維持するには品質管理の手法は重要であるが、そのためには人の心に立脚した管理でなければ成功しないと力説している。管理の根底にも、そして工学の根底にも人の心が存在するのである。

西堀榮三郎氏は、その著書「西堀流新製品開発⁴⁾」の中で、技術者の自由な発想を勧めている。「忍術でもええで」というサブタイトルでも分かるように、表面的な方法論に拘らず目的達成のために創造力を発揮した工夫をしろと主張している。

“TQM = 品質管理 + 品質工学”という図式で、品質管理と品質工学は考え方と方法論が異なると説明してきた。しかし、それぞれの方法論をトコトン追求すると、結局ものづくりは人づくりであるという共通の考え方に行きつくことは、大変に興味深い。

目先の品質にこだわらず技術力を高めることに専念すれば、製品の品質も高まる。品質工学は単なるツールに過ぎないが、根底にある思想を理解し、有効活用して欲しいと願っている。

次回からは、順次主要な考え方を解説していく。まず信頼性を短期間に評価する機能性評価から始める。信頼性テスト期間を、驚異的に短縮する方法である。

References

- 1) Nishibori, E: “Monozukuri do”, WAC Shuppan, Tokyo (2004)
- 2) Hirai, K: “Yoi Mono zukuri wa Yoi Hito zukuri kara”, JSA, Tokyo (2012)
- 3) Mayumi, A: “DENSO Mono zukuri DNA no Kokoro to Kodo”, JSA, Tokyo (2013)
- 4) Nishibori, E: “Nishibori ryu Shin Seihin Kaihatsu”, JSA, Tokyo (2003)

日本語表記参考文献

- 1) 西堀榮三郎: “ものづくり道”, ワック出版, 東京 (2004)
- 2) 平井勝利: “よいモノづくりはよい人づくりから”, 日本規格協会, 東京 (2012)
- 3) 真弓篤: “デンソーモノづくりDNAの心と考動”, 日本規格協会, 東京 (2013)
- 4) 西堀榮三郎: “西堀流新製品開発”, 日本規格協会, 東京 (2003)