

# 「超実践品質工学」の概要とうまく推進するためのポイント ～機能の安定性評価の考え方を中心に～

鶴 田 明 三\*

## Key Points of “Super Practical Quality Engineering” and How to Promote QE More Effectively

Hirozoh TSURUTA

キーワード：品質工学，機能性評価，社内推進，データエンジニアリング

### 1. はじめに

品質工学やオペレーティングリサーチ，トヨタ生産システムなどのさまざまな経営工学技術は，仕事の効率化，品質向上を図るうえで非常に有用である。あらゆるムダを減らすことで技術者らの価値創出のための時間を作り出し，また，創造性を発揮する手助けをすることが経営工学技術の役割である。本稿では特に品質工学に焦点を絞り，著書「これでわかった！超実践品質工学」[1]で体系化した実践方法の一部を紹介する。また，とかく難しいといわれている品質工学の実践・推進の問題点について明らかにし，その解決のポイントを示す。

### 2. 品質の見える化の必要性

以下は企画段階に関係する価値の問題ではなく，市場クレームや開発手戻りなどの損失（ムダや生産性悪化）に関係する品質の問題を取り扱う。すなわち性能の低下や故障などに関わる，機能のばらつきや信頼性の問題である。製品の市場クレームの大半は設計・開発責任（購入部品の選定を含む）という

統計がある。このことは，出荷時に良品であったはずの製品が，使用段階で発生させる問題は，設計・開発段階で対処しておく必要があることを示している。しかし，製造段階の品質問題に比べると，使用段階で発生する問題のほうが見つけにくく，またその原因を事前に想定して，対策することは一般に困難である。

また，設計・開発段階で不具合を見つけ出せた場合の対策コスト（図面修正等）に比べると，量産開始後（金型修正，製法変更）や市場出荷後（クレーム処理，リコール）ではより甚大な対策コストがかかる。これらのことから，品質への対応はできるだけ早い段階で行っておきたい。そこで設計・開発の初期段階で，使用段階における“未来の品質”の見える化が重要となる（図1右上）。

このための方法論として，品質工学の「機能性評価（機能の安定性評価）」がある。

### 3. 従来の品質検証方法の問題点

設計した製品や購入部品の品質が確保されているかを調べるため，従来，信頼性試験を実施してきた。しかし，設計・開発の初期段階で未来の品質をチェックするための方法としては，以下のような問

\* 株式会社ジェダイト

受付：2019年5月6日

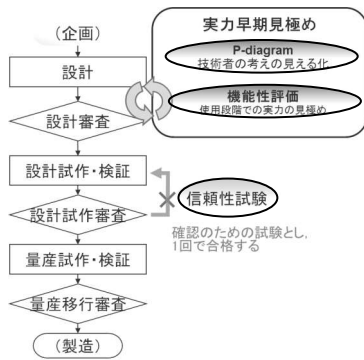


図1 目指すべき設計・開発プロセス

題点を抱えている。

#### (1) 複雑さの壁（品質面の問題）

信頼性試験で合格して、出荷前の検査も合格したはずの製品が、期待に反して短い使用期間で故障したり性能が低下したりする。これは、信頼性試験では実際の複雑な環境や使用条件を模擬できていないからである。使用段階の条件に合うような複雑な条件で製品の品質の実力を調べる必要がある。

#### (2) 数の壁（コスト面・先行性の問題）

信頼性試験では、統計学を援用するため多数のサンプルを必要とする。これは試作・評価コストだけでなく、設計・開発の初期段階ではサンプル数を多く準備できないという面でも問題である。

#### (3) 時間の壁（開発期間面の問題）

故障率や平均寿命を定量化するためには、故障するまでの試験（数百～数千時間）を実施する必要がある。設計改善や修正を速く行って短時間に品質を確保したいという要望に対して、時間のかかる試験を繰り返すことは難しい。このことから、短時間に品質をチェックする方法が必要である。

このような3つの問題を克服できる評価方法として、機能性評価（機能の安定性評価）がある。

### 4. 機能性評価（機能の安定性評価）

#### 4.1 「より早く、より速く」品質の評価を

対象（製品、部品、工程）に備わっている働きを機能といい、機能の安定性のことを機能性という。

機能性評価とは、製品がお客様の手に渡って使用される段階で、機能がどの程度ばらつき・変化なく発揮できるかの実力、すなわち未来の品質を評価（予測）する方法をいう。

照明器具であればその明るさが、どのような使用条件、使用環境でも新品と同じようにいつまでも維持される、というのが望ましい性質である。このような使用段階での実力を、「より早く」（設計・開発の初期の段階で）、「より速く」（短時間で）見える化したい。そして設計に弱点があれば、設計変更の自由度が高く、試作規模や手戻りが小さい段階で修正しておきたい。このように「短時間での実力の見える化⇔設計改善」の小さいサイクルを繰り返すことで、自信がもてる設計に近づけていくのが、目指すべき設計・開発プロセスである（図1）。機能性評価でなぜ短時間の評価が可能になるのかについては、著書〔1〕（pp.47～51）に詳説した。

#### 4.2 機能性評価の手順

機能性評価を行う段階では、「何を作るべきか（企画の問題）」、「それをどう実現すべきか（システム選択・機能設計の問題）」、「評価サンプル（またはシミュレーションモデル）の準備」は完了しているものとする。以下に機能性評価の概略手順を示す。

- ①対象（製品、部品、工程）の働きである機能を入力と出力の関係で表現する。
- ②その機能の入出力関係が、製品使用段階で変動する、ばらつきような要因（ばらつき要因）を多数検討して取り上げる。
- ③ばらつき要因の中から重要な要因としてノイズ因子（誤差因子）を選択して、その条件の水準（厳しさ）と組み合わせを決める。
- ④組み合わせたノイズ因子の条件のもとで、対象の機能がどれくらい変動するのかを観察してSN比で定量化する。
- ⑤ノイズ因子に対する弱みがあれば対策を講じて、設計を改善する（必要に応じてパラメータ設計、すなわち直交表を用いた機能の安定性設計も適用する）。

### 4.3 機能の定義方法

機能とは対象に備わっている働きや、お客様のニーズと考えればよい。そして、それを引き出すための入力何かを考えてみればよい。例えば電球の場合、お客様のニーズは明るさである。この明るさを自由に変えたい場合、お客様は入力の供給電力を変化させる。このような入力と出力を考える。

つぎに入出力の関係が、どうなっていれば理想的かを考える。この理想状態はバーチャルなもので、実製品で実現させる目標とは異なる。電球の場合、入力（電力）と出力（明るさ）の関係は、ロスがなく効率100%というのが理想である（図2）。すなわち入力と出力は単位が同じなら傾き1の比例直線になる。このような入出力の関係と、その理想状態を定義することを機能定義という。

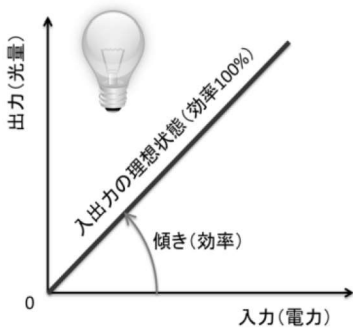


図2 電球（照明）の機能定義

機能はお客様が欲しい状態を示すので、機能を理想状態に近づけて、ばらつきや変動も小さくするような設計にすることが、お客様のニーズを満たすことにつながり、ひいてはクレームや手戻りなどのロスを減らすことになる。

具体的に業務で機能を表現する場合には、以下の文章に当てはめて考えるとよい。

①対象：            ]の機能は、  
 お客様が意図した②入力：            ]に応じて、  
 お客様が欲しい③出力：            ]を得る。

お客様が欲しい出力を得るためには、お客様は何か行動を起こす必要がある。車のステアリングを回さなければ車は曲がって行かないし、コピー機には原稿画像の情報を与えないと所望の画像出力が得られない。そのような、お客様の欲しい出力を得られる、また変えられるような、お客様の使用条件を入力とする。これを信号ともいう。入力は設計者が決める設計パラメータ（制御因子）と混同しないことが大切である。まとめると図3ようになる。

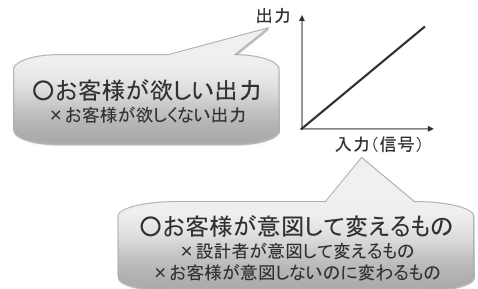


図3 機能定義の考え方

機能定義についてのさらに有用なコツとして、2つの機能のパターン（エネルギー変換機能と制御的機能）について著書[1]（pp.81～106）で解説した。また実務では、製品の一部分（サブシステム）を選択して評価や設計を実施することも多い。そのような方法（機能ブロック図、スコーピング）についても著書[1]（pp.111～117）で説明した。

### 4.4 ノイズ因子の種類・水準・組み合わせの設定

機能性評価の手順②のばらつき要因を考える際に、外乱と内乱の区別が有用である。外乱とは対象の外側からくるばらつき要因のことで、お客様の(a)環境条件や、(b)使用条件であり、機能を変動させるおおもとの原因となる。(a)環境条件の例としては、環境温度や湿度の違い、振動や衝撃、腐食性のガスの存在などがある。また(b)使用条件は、自動車の例では、渋滞が多い街中での走行なのか空いている高速道路での走行なのか、同乗者はどこに座っているのか、などの使用者の条件の違いである。

対象が外乱にさらされることによって、対象の内部で起きる変化のことを内乱という。外乱と内乱は、

原因と結果の関係にある。たとえば、外乱である環境温度が高い場合は、製品内部の部品は寸法が変化したり、電気回路の素子や配線の抵抗値が大きくなったりする。長期間の外乱にさらされることによる材料や部品の劣化も内乱の一部である。

ばらつき要因を考えて列挙する際には、外乱（環境条件、使用条件）、内乱（変動、劣化）に分けて特性要因図や系統図で整理し、レビューするとよい。知識が共有されるだけでなく、抜けや漏れに気がつきやすくなる。なお、広範囲な電気・機械製品で考える外乱、内乱についての網羅的なリストを著書〔1〕（p.127）に掲載した。ばらつき要因の抜けがないかのチェック等に有効活用してほしい。

特性要因図に取り上げた多数のばらつき要因から、重要な要因を取り上げ、ノイズ因子とする。ノイズ因子はその厳しさ（水準）を決めて、ばらつき要因とその水準を組み合わせる複合的に与えて評価する。ここが信頼性試験と大きく異なる。

ばらつき要因からノイズ因子を選定するガイドライン、ノイズ因子の厳しさ（水準）の決め方、ノイズ因子の組み合わせ方は、著書〔1〕（pp.131～155）に詳しく解説した。

#### 4.5 SN比は意味を理解してツールで使いこなす

SN比は機能の安定性を測る尺度（ものさし）であるが、ここでは数理の詳細は割愛する。実務ではExcel®などの計算ツールを使用すればよい。大切なのは計算に用いるデータの質である。それは正しい機能定義、ノイズ因子の選択、適切な実験の方法（計測誤差の管理など）によって得られる。

機能の安定性が良いほどSN比の値が大きい。つまり、機能性評価を行ってSN比が大きくなるような設計を目指していけばよい。これにより、目先の調整を行うのではなく、SN比が理想に近づくように、開発を一つの方向に向かわせることができる。これは特定の副作用だけを抑えるような姑息な手段で妥協するのではなく、SN比の向上のための画期的なアイデアを創出する手がかりとなる。

実務でのSN比の計算は、使用しやすいエネルギー比型SN比を勧める。著書〔1〕（pp.162～168）

にその計算方法を解説した。また、同書の付録（ダウンロード版ツール）でSN比の自動計算が可能である。本ツールでは品質工学の実験計画を行うための計画書、機能性評価やパラメータ設計の解析計算を行うための解析ツールも含まれている。また、エネルギー比型SN比の数理や特殊なデータ形式の場合の計算方法については、著書「エネルギー比型SN比」〔2〕に詳しい。

#### 4.6 機能性評価の使いどころと効果

以上のような機能定義、ノイズ因子設定、SN比定義を実験計画段階でしっかり実施しておくことが、評価の手戻りを防ぐために重要である。これをP-diagramとよばれる図（図4）にまとめて、機能ブロック図や特性要因図等とともに関係者でレビューするとよい（図1右上）。

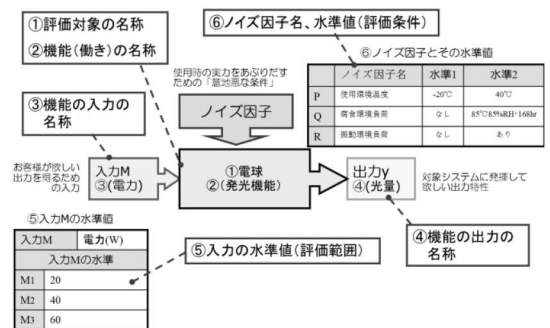


図4 P-diagramの例

機能性評価の主な使いどころは、設計・開発の初期段階における、短時間での設計の見える化・改善と、購入部品の選定である。さらに直交表を用いたパラメータ設計（機能の安定性の改善）を実施する場合も、ベースは機能性評価であるため、その実験計画の質が重要である。

### 5. 品質工学の推進と展開

#### 5.1 社内推進がうまくいっていない組織の特徴

品質工学を社内で推進しようとしても、腰が重い、実施したとしてもリピートや定着に繋がらないな

どの問題を散見する。以下筆者の指導経験に基づき、活用や推進がうまくいっていない組織の特徴についてまとめた。

- ①手段ありきで、目的や必要性がわからずに「手法を適用」している。やらされ感ばかりでやる気が出ず、リピートにつながらない。その結果、活動が成果に結びついていない。
- ②品質工学といえはすぐに直交表実験と考え、それを強要しがち。教育研修でも、直交表実験の手順を教える傾向が強い。
- ③定義や意味をよく考えずに専門用語を濫用している（特に「基本機能」、「設計品質」など）、田口玄一の言説を受け売りする推進者・講師。「失敗したことが成果」、「技術力がない証拠」などと場をしらけさせ、実践者のやる気をなくさせる。
- ④講師の実践経験、知識体系化レベルが低く、手法の表面的な説明や、天下り的な教科書の説明に終始。明示的な手順や数式以外は、「担当者が考えること」と責任を丸投げしてしまう。
- ⑤田口の SN 比にこだわる（あるいはそれしか知らない）ため、自由度、期待値、純変動といった、設計・評価の実務には無用な知識を説明しなければならず、講座が冗長・退屈になる。その結果、教育に時間を浪費し、受講生は数理解理解できず挫折したり、品質工学は難解という印象をもってやらなくなったりする。
- ⑥計画時にテーマの位置づけや目標値が明確化されないまま、目先の困っているテーマでもって、見切り発車のまま手法を当てはめる進め方が目立つ。「なんとなく良くなった」レベルで終わっている。経営幹部に成果が見えていないので活動に対して半信半疑である。
- ⑦しくみがない。ボトムアップでは、推進者と担当者の直接取引のような形で、職制が関知しないまま実施するため、進捗が職制としてフォローされず、他の仕事が優先されるなどしていずれやらなくなる。トップダウンの形をとっている場合においても、特に中間管理職層で腹落ちできておらず、形だけ担当者にやらせる状況に陥る。その結果、よほどマインドに優れた担当者、職制でないと自

主的なリピートや展開につながらない。

## 5.2 社内推進を成功させるポイント

以下、前節の7つの特徴に対応させて、活用や推進をうまく進めるためのポイントを示す。

- ①品質工学を活用する目的や、その必要性を理解、明確にして実施できるように説明する。そのような説明ができる講師の育成または招聘が必要。目的に合ったところで使用することになり、成果に結びつきやすい。また手段について納得して進めることになるので、やらされ感は少なく、自主性や継続性につながりやすい。もちろん、目的に応じて品質工学以外の管理技術も同時に使用していくことも重要である。
- ②直交表にこだわらない運用の推進。品質の見える化（機能性評価）と比較による設計改善に重点を置いた活用を実施。直交表の活用は設計改善・最適化のためのオプションと位置づけ、強要しない。教育研修では機能性評価の背景や考え方を中心とする。パラメータ設計等の手順はツール化してだれでも活用できるようにする。
- ③言葉や説明のしかたの重要性を認識。用語の意味を理解し、必要に応じて一般技術者が理解しやすい用語に置き換える。推進者・講師は、企業の文化や状況を考慮して、相手の立場に立った説明を行うことが必要。
- ④講師の経験・体系化レベルは十分か。講師は十分な経験と考察にもとづいて、知識を体系化できており、実務で本当に必要な知識や困ったときの対処方法などを実践的に教えられる。機能の定義方法、ノイズ因子の抽出法、交互作用への対応方法などについて実用的なガイドラインや解決手段を豊富にもっている。
- ⑤エネルギー比型 SN 比の活用。計算は一度理解したらツールに任せる。教える側も教わる側も負担が減り、計算よりも本質的な部分、アタマを使うべき部分に費やす時間を増やせる。
- ⑥経営的な成果にコミットした活動。現状分析から「何をなすべきか」を明確にし、そこから目標値を設定する。成果を必ず金額で定量化することが

仕組み化されており、定期的にそれらが集計・評価され、経営幹部に報告される。

- ⑦計画に入れて実施することと、しくみの整備が重要。ボトムアップの場合であっても、少なくとも実施担当者の上長とスケジュール、リソース、成果について握り合って、進捗がフォローされていることが必要。トップダウンの場合、まずトップにより目的や適用展開の枠組みが明言することが重要であり、各階層でそれが理解、腹落ちされること。レポートや横展開や後進育成のしくみを整備し、自主的なレポートや展開につなげていくことが必要である。

### 5.3 設計品質リーダの人財育成を

筆者が運営する株式会社ジェダイト（以下、弊社）では、設計品質リーダを育成する社内教育（研修と実践テーマのコンサル）を通じて、以上の活動を牽引できるような人財育成や活動のしくみ化を、国内の大手製造業を中心にトータルに支援している。

おおむね1社につき1期（1年）で10名前後の受講生を募り、月1回（人数により1～2日）の塾形式で実施している。上半期は主に実践テーマの抽出と計画の期間である。自職場の現状分析・問題定義・根本原因究明から真に解決すべき課題をあぶりだし、改善実践の提言として計画にまとめていく。平行して計画や実践に必要なツール（機能性評価など）の講座を実施していく。

下半期は上半期の計画にもとづいた実践を各自の職場で行う。コンサル形式の実践検討会において、各自のテーマの進捗状況を確認、相談事項に対してディスカッションを行い、次のアクションを明確化していく。最終月には成果報告会を実施し、経営幹部やマネージャに参加いただく。各テーマの成果をさまざまな指標により金額で定量化し、本活動の費用対効果を見えるようにすることで、活動の継続を経営幹部にも再確認いただく。一例として、ある電気関連機器メーカーでは1期10名の受講者の成果（見込み）金額は約22億円と試算された。

以上をヒントとして社内推進方法を推進メンバーで再考いただくのもよいし、社内にそのような部隊がない、あるいはゼロからのスタートという場合でも遠慮なく弊社にご相談願いたい。

## 6. ま と め

弊社名（JADEITE : JApAn Data Engineering InstituTE）の一部に「データエンジニアリング」という語が含まれている。昨今流行っているデータ「サイエンス」ではなく、エンジニアリングとしたのは、その活用によって直接的に経営成果につなげていきたいという想いからである。データエンジニアリングでは、ビッグデータではなく、設計・開発や製造現場における「普通の大きさのデータ」を扱う。ここで紹介した機能性評価は、究極的には、たった1つのサンプルで2つのデータ（標準条件と過酷条件）を取ることで、市場における未来の品質を、ラボレベルで先行的に知ろうというのである。大きなデータの処理ではなく、品質工学をはじめとするエンジニアリングの力でいかに質の高いデータを創造できるかを標榜している。

## 参 考 文 献

- [1] 鶴田明三：「これでわかった！超実践品質工学」, 日本規格協会（2016）
- [2] 鶴田明三：「エネルギー比型 SN 比」, 日科技連出版社（2016）

つる た ひろ ぞう  
鶴 田 明 三

1994年、京都大学大学院工学研究科冶金学専攻修了、株式会社三菱電機に入社、23年間在籍。特に品質工学を中心とした設計品質に関わる設計改善、プロセス改善、人財育成、しくみ化などを実践・推進。約1,000名の設計品質リーダを育成するプロジェクトを推進。2016年12月、同社を退職。2017年1月、製造業の設計・開発コンサルティングを行う株式会社ジェダイトを設立し、代表取締役役に就任。技術士（経営工学部門）。著書「これでわかった！超実践品質工学」ほか。品質工学会、日本品質管理学会、日本技術士会に所属。