

品質工学への試み 最終回

品質工学についての理解

職業能力開発大学校 工学研究科 二ノ宮進一
生産機械工学科 東江 真一

1. はじめに

技術者は、その専門的な知識を有しているためになかなか品質工学の考え方、手法を受け入れようとしない。これまでかなりの時間を費やして研究・開発を行ってきた人々は、その苦勞により、仕事をしている充実感を感じ、誤った方法で行っている場合であっても、一生懸命データを採取することによって誰にもとがめられない環境に慣れ親しんでいる状況も少なくない。その状況を打開することが可能な品質工学を導入することは、たいへん有意義であると考えられる。品質工学を理解するうえで重要なことは、

従来の手法にこだわらない

固有技術にこだわらない

思い込みを捨て、フェアな気持ちで行う

ことである。難しそうな学問（手法）であるという先入観から敬遠しがちであるが、それほど難しい数式は使用しないので、上記のことがクリアできれば計算等が不得意な人であったとしても、さほど抵抗はないであろう。アメリカでは、直交表を使用した実験、分散分析による解析を、高校生などに対してでさえも当たり前のように指導し、実際に研究開発を行う知識を習得させているという例もある。技術を改善（最適条件の確立）することが可能となるのであれば、品質工学を習得するために必要な学習は容易なことである。

これまで筆者らは、実際に行ったさまざまな適用事例を通して、この品質工学という手法をある程度

理解してきたつもりである。本最終稿では、筆者なりに理解している品質工学について、初心者の方が参考になることを期待して解説させていただきたいと思う。

2. 品質工学でいう品質とは？

まず、品質工学でいう品質とは何かということを理解していただきたい。品質という言葉は、JIS（日本工業規格）には以下のように記載されている。

「品物またはサービスが、使用目的を満たしているかどうかを決定するための評価の対象となる固有の性質・性能の全体」

ひと言でいうと、商品の性能ということの意味する。これに対し、品質工学では、

「品質とは、製品が出荷後、社会に与える損失である。ただし、機能そのものによる損失は除く。その内容としては次の2つが含まれる。製品の機能のバラツキによる損失、機能以外の弊害項目による損失」

と定義づけされている。すなわち“品質”＝“損失”なのである。 について具体的に例をあげると、店で商品を購入した際、その商品が広告どおりの機能を果たさないとか、寿命が短すぎるなどの不都合が発生する場合である。ある友人と同じ物を同じ日に購入した後、自分のだけが早く壊れたなどといったたぐいの損失のことである。いわゆる、“品質の悪い商品”である。 については、新しく車を購入した際、走るのには問題ないが、黒煙を吐くだとか、

騒音がするなどによる損失を表している。品質工学ではこの2つを合わせて“製品が出荷後、社会に与える損失”と考えている。このように、“品質”に独特の特別な意味を持たせていることから、“品質工学”という名称が誕生したという由来がある。

この定義に従うと、企業が品質向上のスローガンとして掲げる“不良品の撲滅”は、企業にとっては重要なことであっても、必ずしも品質向上にはならない。実際に社内不良率がゼロであっても、消費者からの苦情が絶えないのを、いかにしたらよいかという話はよく聞く。新しい定義の品質をよくするためには、これまでの考え方では十分とはいえない。

品質工学の学習会で、田口先生が興味のある話をされたことを覚えている。

「ある企業で、日本とアメリカに工場を持っており、両者とも同じカラーテレビを生産していた。ところが設計が同じであるにもかかわらず、日本製のテレビがよく売れたという。なぜか？」

答えは次のようである。表1にアメリカと日本の比較を示す。アメリカは不良率ゼロを目標に掲げ、それを実行してきた。よって、出荷前すなわち工場内では、不良が発生しないため損失もない。しかしながら、これでは消費者が選ばない（購入しない）のは明確である。この表をわかりやすく、極端に表現したものを図1に示す。ここで、目的としている設計の基準値（商品の平均値）を m としたとき、機械加工および組み立てにおいて100%の精度はあり得ないため、必ず公差が設けてある。公差の絶対値を σ とする。日本の工場では、図に示すように、正規分布している。すなわち、不良品は存在するが、標準偏差が非常に小さい。理想的な機能を十分に保つためには、この標準偏差が小さいということが重要である。公差内であっても m から離れれば、それだけ市場に出た後の損失が大きくなるのである。消費者の立場からみたとき、心情的に日本製を購入したくなるのもうなずける。実際に消費者はこ

表1 ある企業のアメリカ工場と日本工場の比較

	不良率	標準偏差	C_p	Check間隔	L手直し金額
JAPAN	0.27%	$\frac{\sigma}{3}$	1.00	n	66.7円
USA	0%	$\frac{\sigma}{3}$	0.58	1	2000円

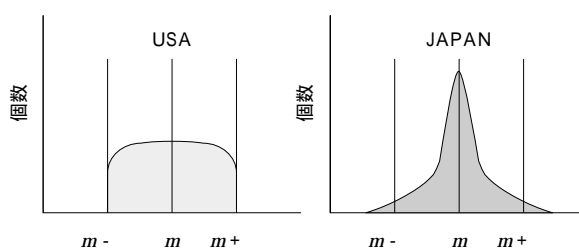


図1 アメリカ工場と日本工場の違い

のようなことを考えて買い物をするわけではないが、結局市場に出た後の損失が噂となって、日本製がよく売れる結果となったのである。

このような話は、よく耳にする話ではあるが、それでは実際に“どのようにしたらよいのか”まで話が進むことはあまりない。むしろ、企業秘密などと称して、あまり大した処置を講じていないのが現状ではないだろうか。品質工学では、具体的に解決できる手法を持っている。しかも、コストをかけずに品質および技術が向上できるのである。オンラインで行うのではなく、試験場で簡単なテストピースを用いることによって、これらは実現できる。4号（品質工学への試み その3）の10項に掲げた手法および考え方を適用するのである。

3. 損失関数

品質工学では、品質 = 損失を損失関数によって定量的に評価することができる。すなわち、損失を金額で表現することによって、わかりやすく評価することが可能となる。身近な例にたとえて表現すると、

砂糖あるいは塩を100 g 当たり100円でばら売りしてくれるお店で、砂糖を100 g 購入したとする。自分が消費者の立場で考えたとき、仮に100 g のつもりが、90 g しか入っていなかった場合、損をした気分になるであろう。このとき100円損したと感じる人も多い。これがさらに - 20 g , - 30 g であつたらどうであろうか。個人差はあるものの、一般的にこの損失は、図2(a)のようなグラフで表現することができる。逆に店の立場で考えたとき、少ない分には問題ないが、仮に110 g 入っていたとしたら、店としては、入れ直したりしなければならぬので、やはり損をすることになる。これを図で表現すると図2(b)のようになる。よって、社会に与える損失は、図2を合わせて図3のような2次関数のようになるのである。これは、商品の品質項目が目標値からずれるに従って、2次関数的に損失金額が増えていくことを表している。この曲線の式を求めることができれば、損失を金額で表現することが可能となるのである。上記の考え方は、砂糖、塩の販売に限らず、製造に携わるあらゆる部門で必ず考慮しなければならない。つまり、品質工学の基本的な考え方をまとめると、商品の品質とは損失金額で評価することができ、その損失は目標値からずれる(バラツク)ことによって発生するということになる。

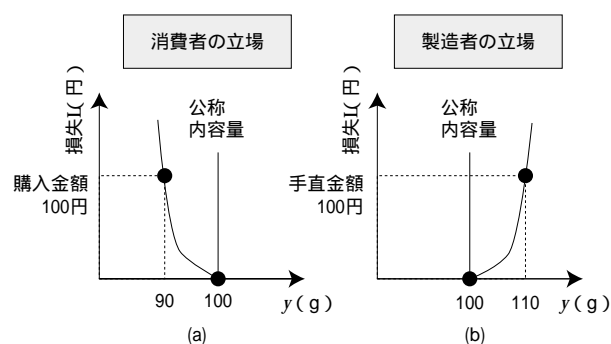


図2 消費者と製造者の損失

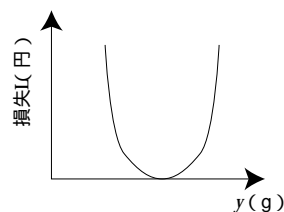


図3 社会に与える損失

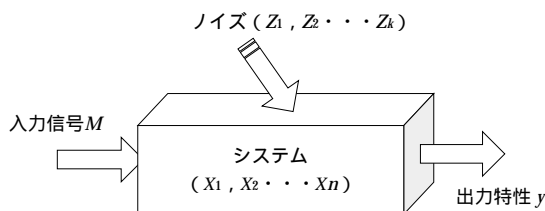


図4 品質工学におけるシステム

4. 品質工学の適用範囲とパラメータ設計

4.1 システムとして考える

品質工学では、商品や技術、製造工程をシステムとしてとらえる。図4に示すように、システムには必ず入力信号に対して、通常、出力特性が存在する。すなわち、信号 M を与えると、システムの持つ内部パラメータに従って変換が行われ、 y が出力される。内部パラメータとは、簡単にいえば、システムを設計する際に決定する寸法や、加工条件や、抵抗値などである。例えば、工作機械をシステムとして

考えると、入力は機械に与える指令値、電力、材料などがあげられる。出力は、被削材の寸法、除去された材料、できあがりの形状などである。内部パラメータとは、使用する工具、加工速度など、いろいろな加工条件のことを指している。この内部パラメータの設計がうまくいかないと、目的とする“よい製品”が得られない。また、システムには同時に外部環境変化や内部パラメータのずれなどのノイズが働く。われわれがやらなければならないことは、これらのノイズが加わったとしてもなお安定して働いてくれるシステムを作り出すことである。

このようなシステムの内部パラメータを効率よく決定する手法が、パラメータ設計である。システムの機能性を評価するために、バラツキ具合を数値化して最適条件を決定することができる。品質管理をよく勉強している者は「標準偏差を用いればよいのでは？」と考えるところだが、標準偏差はそのデータが大きくなると大きな値になり、そのデータが小さくなると小さな値を示す。データの平均値に依存してしまうのである。平均値とバラツキを同時に評価することができる方法、それがSN比なのである。

4.2 品質工学の適用範囲

それでは、品質工学はどのようなところで使えるのかという疑問が残る。図5に、一般的にいわれている商品の開発から販売までの流れを示す。ひと言で言ってしまうと「すべてのものづくりの場」に対応できるといえる。図に示すように、品質工学はすべての段階においてその手法が提供されており、これまで数多くの成果が上げられている。すなわち、源流から下流まで、すべてにおいて適用することが可能なのである。後は、個々の技術者が自分の目的

に合わせて自由に実験を行えばよく、重要なのは何をどうしたいのかを明確にすることであろう。

ところが、品質工学の本当の主張は、最終的な製品を考えなくても、一番もと（源流）のところで、技術を用意しておくことにある。すなわち、コンカレントエンジニアリング（併行開発）であり、研究開発そのものである。先に技術を確認しておくことが、結果的によい商品（バラツキの少ない商品）を作り出すことになると考えている。

1990年に、アメリカで開催されたタグチメソッドシンポジウムのスローガンは、

“品質を改善したければ、品質を測るな”

（To Get Quality, Don't Measure Quality）

であった。このひと言に品質工学のねらい（もともとなる部分、すなわち源流で考える）がよく表れている。

5. マハラノビスの距離（MTS法）

最近の品質工学で非常に多く使用されている手法は、マハラノビスの距離を用いた評価である。この手法は、MTS法（マハラノビス・タグチ・システ

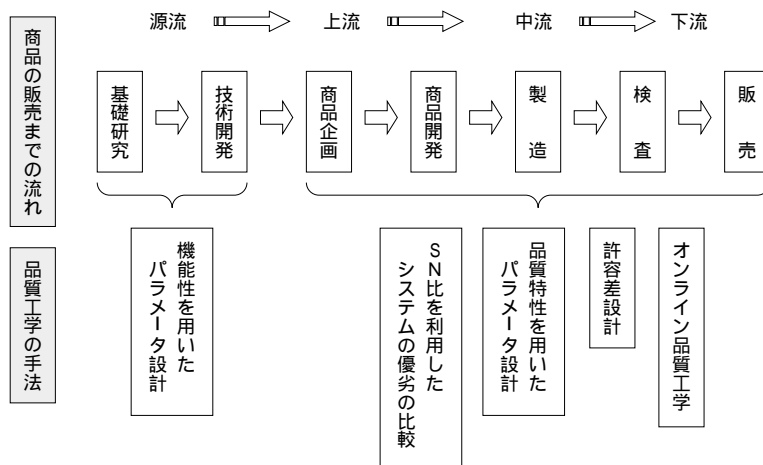


図5 品質工学の適用範囲

ム)と呼ばれている。第6回品質工学研究発表大会(平成10年6月)においても、多くの適用事例が発表されており、この新しい手法への期待の大きさがうかがえる。筆者らにおいても、今後、機会があればMTS法を適用しようと考えているが、ここでは、これまでに紹介されている例を取り上げて解説してみたいと思う。

人間の判断、つまり「経験」や「かん」というようなものをコンピュータならびに機械に行わせるのは容易なことではない。このようなパターン認識を機械に行わせる手法として、「マハラノビスの距離」を用いるという提案が田口先生からなされている。これは従来からあるマハラノビスの距離の使用方法とは異なり、新たに考案された手法である。従来からあるマハラノビスの距離の使用方法との違いを具体的に説明すると、健康・不健康について考えたとき、従来の方法では健康体とそうでない人の2つの基準空間をもうけ、その2つの分類のために使われていた。そのため、このような判断分析は役に立たないという風潮があった。MTS法では、健康体の基準空間だけを作成し、それを1としてどのくらい離れているかを測るのである。すなわち、距離が離れていけばそれだけ不健康ということになる。このように、新しい評価方法は、さまざまな分野で適用されてきている。以下に、この応用例について紹介する。

(1) 良品と不良品の判定

主に外観検査の良・不良判定に利用される。製品の外観検査には人間に頼らざるを得ない場合が多い。例えば、液体を混入している瓶の製造において、欠けや気泡の混入等はカメラで撮った画像からはなかなか判断が難しい。それらの判定をマハラノビスの距離を応用することによって判定することが可能となる。

(2) 文字認識

人間は“あ”という文字を無意識に“あ”と判断でき、よほど崩れていない限り“あ”と判断できる。

これは人間の脳の中でパターン認識を行っているからで、文字の形、交点、線の長さ、“あ”の前後の文字などから判断している。現在、市販されているOCRソフトは定型文字(ワープロ文字)で約99.8%の認識率を持っているが、紙面に手書きしてある文字になると急激に低下する。そこで、MTS法の応用が期待される。具体的に説明すると、まず、できるだけ多くの“あ”を集め、これらによって白と黒の部分をもとに0および1に分類して“あ”の基準空間を作成する。この基準空間をもとに“か”や“さ”といった文字の距離を計算すると、10や20といった距離になる。しかし“あ”に似ている“お”や“め”といった文字では距離は3前後となり、一部“あ”の空間に重なってしまうが、多くのデータにより基準空間を作成し、正確にしきい値を決定することができれば、実用化は可能である。

現在、郵便局で使用されている郵便番号判定機は数億円にもなるといわれる。郵便番号は0~9までの数字で構成されているため、MTS法を適用できれば、10個の基準空間を作成すればよいことになる。

(3) ジャケットの着心地

人間の官能値(しっとり感、ざらざら感、冷却感など)に適用した例である。着心地という官能値を定量化させる目的である。食品メーカー、化粧品メーカーなどにも適用が期待されている。

(4) 目盛り読み取り能力の評価

被験者の目盛りを読み取る能力を評価した例である。さまざまな技能を評価することが可能となれば、職業能力開発にも大きく貢献するのではないかと考えている。

このように、さまざまな分野でMTS法の幅広い応用例が検討されている。まだまだ発展途上状態といってもよいであろう。しかし、これらの事例が、今後当たり前のように用いられるようになるには、そんなに時間がかからないのではないだろうか。

6. JISの認可そしてISO化へ

JISに、品質工学をベースにした規格がある。以下に述べる規格は、品質工学の普及を促した理由でもあるであろう。そのすべてを紹介する。

JIS K 7109-1986 プラスチックの寸法許容差の決め方

JIS Z 8403-1996 製品の品質特性 - 規格値の決め方通則

JIS K 0971-1989 液体用微量体積計の校正方式

JIS Z 9090-1991 測定 - 校正方式通則

上記によって、日本の企業が品質工学に興味を抱くきっかけとなっている場合も少なくない。日本は規格とか、規約などにとられるのを好む風潮があるように思える。現に、ISO 9000シリーズおよび14000シリーズなどにおいて、ほとんどの企業が認定されることを目指し、実際に実行されている。これらの規格は、外国の規格である。日本から世界へ発信している規格はあまり例をみない。現在、品質工学はISO化に向けて、プロジェクトが組まれている。日本で生まれたこの技術を世界に提案することが大きな“ねらい”である。このような提案を起こせるだけの期待が、品質工学にはある。ISOに認可される前に、ぜひとも品質工学を深く習得しておきたいと思う。

7. おわりに

本稿では、品質工学の基本的な考え方を中心に述べてきた。すべてを論じきれたわけではないが、少なくとも筆者らが品質工学に興味を抱いたきっかけとなる部分は書き記したつもりである。筆者らが品質工学というものに初めて接し、導入を試みたいと感じた頃と同じような感想を持っていただければ幸

いであると思う。

品質工学は、今後、ますます発展していく学問であると思う。現在進行形といったところである。完結された手法ではなく、技術者の適用の仕方、その範囲がいかようにも広がるのである。それだけの汎用性、順応性を持った手法といえる。これからもさらに品質工学を学習し、知識を深め、さまざまな分野で適用を試みることによって、職業能力開発に貢献していきたいと考えている。

最後に、さまざまなご助言、ご指導をしてくださっている日本規格協会参与・矢野宏先生をはじめ、多くの品質工学関係者に深く感謝いたします。また、私たちが品質工学を導入するきっかけを作っていたいた広島職業能力開発促進センター・川本修司所長に深くお礼申し上げる次第です。

参考文献

- 1) 矢野 宏：品質工学入門，日本規格協会。
- 2) 田口玄一：品質工学概論，品質工学セミナー入門コーステキスト，日本規格協会。
- 3) 田口玄一：品質工学講座1，開発・設計段階の品質工学，日本規格協会。
- 4) 田口玄一：品質工学講座2，製造段階の品質工学，日本規格協会。
- 5) 田口玄一：品質工学講座3，品質評価のためのSN比，日本規格協会。
- 6) 矢野 宏，他：計測管理必携，計量管理協会。
- 7) 品質工学フォーラム事業部会：第2回企業交流会配付資料。
- 8) 上野憲造：機能性評価による機械設計 - 開発現場における品質工学 - ，日本規格協会。
- 9) 小池昌義，他：品質工学のISO国際規格への提案，第6回品質工学研究発表大会論文集。
- 10) 高田 圭：マハラノビスの距離(MTS法)，測定法研究会資料。
- 11) 矢野 宏：加工品質工学，工業調査会。