

技術開発のための「品質工学（タグチメソッド）概説」

當摩 栄路

"Quality Engineering (Taguchi Methods) manual" for the engineering development

Eiji TOMA

(Received on Feb. 12, 2014)

品質工学は、田口玄一博士によって開発された技術評価の方法で、欧米では「タグチメソッド」と呼ばれている。システム機能のばらつきを効率的に評価することで、システムの品質を最適化する技術の体系である。品質工学は“戦略”と位置づけられ、技術における全ての研究開発に対する有用な効率化を推進する方法論といえる。その中心的手法である「パラメータ設計」を、技術者が考案した技術の有効性を評価し、技術開発段階に使うことを推奨している。

Abstract

The Quality Engineering (QE) is a method of technology assessment developed by Dr. Taguchi Gen'ichi, and it's called "Taguchi Method(s)" in Europe and America. In the efficient evaluation for dispersion of system function, the QE is a system of technology that optimizes quality. It is "Strategy" to be located and to promote efficiency improvement to all R&D in the technology. "Parameter Design" is recommended to be used for the engineering developmental steps.

キーワード：田口玄一博士、実験計画法、エネルギー変換、パラメータ設計、ノイズ

1. はじめに

最初に、品質工学とはなにか、品質工学の歴史的背景、品質工学の全体像について紹介する。

以降、品質工学の中心的手法であるパラメータ設計を中心に、その概念や考え方について、事例をまじえて解説する。

1.1 品質工学とは

品質工学とは、田口玄一博士が「技術者にとっての仕事のやり方・考え方」として体系化したものである。品質工学の生みの親である田口氏は、1950年に電気通信研究所に入社し、実験計画法と出会ったのである。さまざまな実験因子と結果の精密な因果

関係を追及する実験計画法は、田口氏による各種手法の考案にともなって、実験データの効率的解析手法として広く日本の産業界に普及していった。しかし、1960年代以降、田口氏は技術者の業務の効率化に重要性を感じ、開発設計における実験因子と結果の因果関係を求めるのではなく、「問題の発生を未然に防止し、あるべき姿に近づけるように源流で品質を作り込み、顧客に届けられた製品が常に理想的な機能を発揮できる」という効率的開発設計手段の構築化を目指した。

1.2 品質工学の全体像

田口氏が提唱する品質工学は、品質を金額で評価し、品質レベルの経済的評価を行う手法であり、欧

米では「タグチメソッド」と呼ばれている。
品質工学では、品質を製品が出荷後に社会に与える損失であるとして、次のように定義している。

- ◆ 品質 = (機能のばらつきによる損失) + (使用コスト) + (機能に関係のない弊害項目による損失)

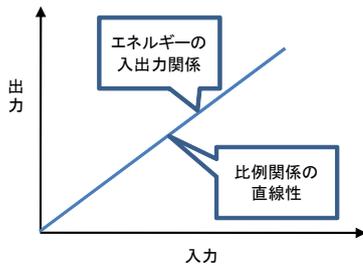


図1 エネルギーの入出力関係

上記算式における機能を品質工学では、エネルギーの入出力関係（エネルギーの変換）として表すことが理想であるが、転写性などエネルギーを伴わない入出力関係を利用する場合もある。「図1」のようにエネルギーの入出力関係は、そこに無駄がなければ、入力が2倍になれば出力も2倍になるという足し算の関係になる。このような入出力関係は、技術の働きの根本を示しているので、ここで評価した結果が良ければ、その結果はそう簡単には変わらないことが期待できる。しかしながら、実際にはこうした考え方はほとんど用いられることがなく、故障とか振動現象、あるいは摩耗のような顧客の要求を示すいわゆる消費者品質を用いることが多い。もちろん、こうした消費者品質は、顧客としては極めて重要な品質特性である。しかし、実際には入力されたエネルギーが本来の機能のためにうまく使われず、余剰エネルギーが副作用として消費されてしまうことから、その結果として発生する不具合現象となる。結果的に、不具合現象を押さえるために過剰機能や過剰品質の製品が生まれてくる。ここにコストダウンの大きな可能性が潜んでおり、コストを上げずに、製品設計や生産設計を行い、そのためのアプローチ手法として、品質工学は広く活用されている。

品質工学は、開発・設計段階での技術課題を扱うもので生産ラインとは別に技術者が行う仕事を体系

化した「オフライン品質工学」と、製造段階での工程管理が中心課題となりコストと品質の両方を考慮して仕事を行う内容を体系化した「オンライン品質工学」に大別することができる。特にオフライン品質工学では、「パラメータ設計」と「許容差設計」が主な手法になる。

さらに、従来の品質工学は、ハードウェアに関わる技術的課題を取り扱ってきたが、近年、現象を観察して、多次元情報を総合的に判断するという情報処理の分野を扱う手法として、MTS（マハラノビス・タグチシステム）法が開発されている。MTSは、インドの統計学者であるマハラノビス氏が項目間の相関から導き出される距離を考案した「マハラノビス距離」を用いたデータ解析の手法であり、「パターン認識を解く近似的な方法」技術といえる。特に、地震や火災などの予測、健康診断や外観検査等の画像パターン認識などに広く応用され、多数の成果事例が発表されている。

品質工学の体系を、「表1」に示す。

表1 品質工学の体系

オフライン品質工学	パラメータ設計 ノイズに対するロバストなシステム的设计を行う方法 許容差設計 品質とコストをトレードオフする許容差を決める方法
オンライン品質工学	オンライン工程管理 損失を最小にする工程調節を行う方法
MTS(マハラノビス・タグチシステム)	多次元情報管理 予測、診断、検査などを行う情報システム的设计方法

1.3 「タグチメソッド」の由来、特徴

一般的には「オフライン品質工学」が欧米を中心に「タグチメソッド」と呼称されており、田口玄一氏により提案された「最適化技法の総称」として使用されている。企業によっては“ロバストデザイン”とか“安定化設計”とも呼ばれている。タグチメソッドの特徴は、まず手法ありきではなく、企業の経営者の要求を先取りするかのように技法自体を進化させていることである。進化する技法、それが「タグチメソッド」の特徴といえる。本稿ではオフライン品質工学のことをタグチメソッドと表記する。以降、オフライン品質工学の中心的手法である「パラメータ設計」を中心に解説する。

2. パラメータ設計（ロバストデザイン）とは

パラメータ設計は、品質をばらつかせる誤差因子（ノイズ）に関わらず性能を安定化させ、ノイズに強い安定設計を行う方法である。すなわち、製品や部品が製造上の諸変数の影響を受けることなく、製品を容易にかつ低コストで設計し、出荷後の製品性能が、環境条件や劣化によって左右されないように改善するアプローチといえる。品質に問題のあるシステムとは、ノイズに対して出力が変動してしまう状態といえる。そして今述べようとしているパラメータ設計とは、ノイズに対して強い設計をしようとするものである。つまり、ノイズが存在しても出力が変動せずに一定になるようなシステムを開発・設計することを目指すのである。

パラメータ設計では、機能のばらつきに影響する要因を制御因子と誤差因子に分けて取上げる。制御因子（パラメータ）は、設計者の自由意志でその中心値や水準が決められる変数であり、最適水準が分かればそれを製品設計や生産設計に採用できる因子である。

誤差因子（ノイズ）は、目的特性を理想値から大なり小なりばらつかせる原因の総称であり、3種類に大別したものを「表2」に示す。

表2 誤差因子（ノイズ）の分類

内乱	システム内部で発生するノイズ。劣化などによる部品や材料のばらつき。
外乱	システム外部から加わるノイズ。環境の変動や客先・市場での使用条件のばらつき。
個体差	製品が作られたときにすでに存在する製品間のばらつき。

内乱とは、製品内部で発生するもので、経時劣化が代表例で、部品の摩耗や加工液の劣化などがこれに相当する。外乱とは、温度・湿度などの環境の変動や客先・市場での使用条件などである。3つ目の個体差とは、製造誤差や製品間、部品間、材料間のばらつきである。これらのノイズは、生産や使用の

場において、水準の指定も選択も不可能な因子である。そこで、ノイズによる外乱、内乱を抑えるためには、環境の影響を補正する装置を取付けたり、劣化しにくい部品を使う等の対策をとることが一般的である。しかし、これらの対策は過剰機能、過剰品質に結びつき、すべてコストアップ要因となってしまう。つまり、過剰機能、過剰品質の根本的解決は、ノイズによるばらつきを減衰させることであり、このことが品質向上とコストダウンに結びつくことになる。

従来型の実験では、これらのノイズをできるだけ排除してチャンピオンデータを得ようとする。一方、品質工学の実験では、ノイズを排除するのではなく、積極的に取り込んで実験するところに特徴がある。品質問題を抱えるシステムとパラメータ設計による改善のイメージを「図2」に示す。「図2」の改善前のシステム（破線）では、横軸のノイズの大きさに対して、出力が右肩上がりに変化しているが、それ以外の変動パターンも想定される。とにかくパラメータ設計（ロバストデザイン）を実施することで、実線で示すように出力が変動しないシステムに改善する。ここでのロバストデザインのロバストとは、ノイズに対してロバスト（頑健）なのだということである。

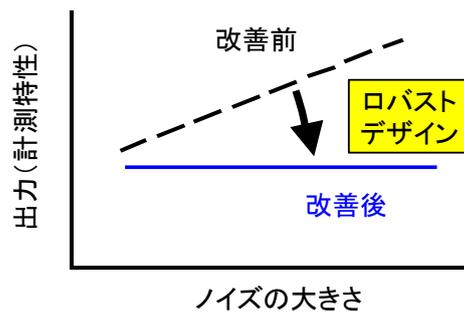


図2 パラメータ設計による改善のイメージ

3. パラメータ設計の原点

現在のパラメータ設計（ロバストデザイン）の原点ともいわれる事例が、伊那製陶（現在の INAX）で行われた。1953年に田口玄一氏が指導して、タイヤの品質問題を改善した事例である。当時の伊那製

陶では、タイル焼成工程にヨーロッパから最新のトンネル窯を導入して生産性を向上させようとしていた。最新のトンネル窯は、従来の窯よりも高速でタイルを焼くことができたが、品質問題が発生した。トンネル窯の中では一度にたくさんのタイルが焼成されるが、焼成後のタイル寸法にばらつきが発生したのである。

トンネル窯によるタイル焼成のイメージを「図3」に示す。

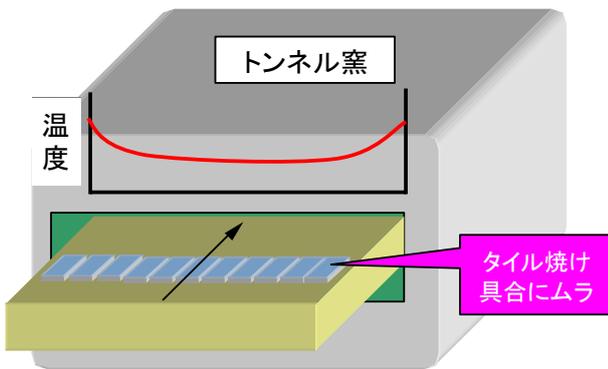


図3 トンネル窯によるタイル焼成

よくある話であるが、トンネル窯の中央で焼かれたタイルは目標形状になるが、トンネル窯の隅で焼かれたタイルには反りが生じて、規格外品（二級品）となってしまう。すなわち、場所の違いによって寸法のばらつきが生じるのである。

原因は、窯内部の温度が均一ではなく、隅にいくほど高温になってしまうことであった。

ここで田口氏のとった改善の方法は、トンネル窯内の温度分布のばらつきに影響されないタイル原料の配合条件を探すことであった。タイル原料の配合比を最適化することによって、焼成後の形状寸法のばらつきを小さくして、従来20%くらいあった規格外の二級品をゼロに激減させたのである。「制御因子（タイルの原料配合比）の条件を最適化することで、ノイズ原因（トンネル窯の温度ムラ）を対策することなく、出力（タイル寸法）への影響を減衰できる」ということで、この事例はパラメータ設計（ロバストデザイン）の原点となった。この改善のイメージを模式的に表現したものを、「図4」に示す。

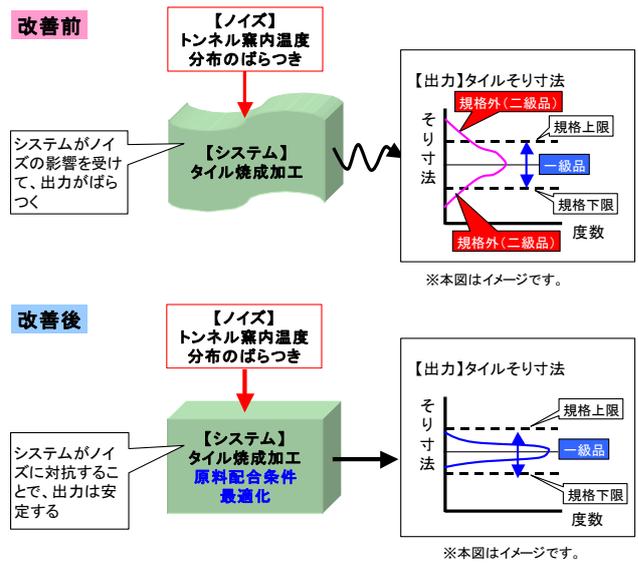


図4 パラメータ設計のイメージ

この事例には後日談がある。伊那製陶で生産するタイルはすべて一級品となった。伊那製陶に対して日本住宅公団は、家庭生活に影響のないトイレや風呂場用に、そり精度が多少悪くとも価格の安い二級品タイルを求め、伊那製陶にとってはタイル生産の2割の販売量をもっていた。そこで伊那製陶では、生産速度を上げて、2割の二級品タイルができるようにすることで対応した。『自明の理だが、全製品の生産スピードが倍になれば、製造コストは材料費を除いて半減する。突き詰めれば、生産性を上げない限り、絶対に生活水準も上がらない。品質改善はすなわち、ばらつきの改善である。ばらつきの原因を押えることなくばらつきを改善できれば、生産スピードはいくらでも上げることができる』と田口氏は語っている。

4. まとめ

パラメータ設計とは、「原価が安くて」、「良い品質」の技術を効率的に開発するために、技術者が考案した技術の有効性を評価し、最適な条件設定を行う方法である。企業において、技術開発を効率的に行えると、残った時間で新たな開発を行うことができ、売上拡大の結果として利益増大につながる。すなわ

ち、企業の立場で考えるパラメータ設計とは、将来にわたり利益を安定して確保できる考え方を提供している手法といえる。

さらに、一言でいえば、実験計画法で実験を効率的に実施し、品質のばらつきを評価する方法論である。パラメータ設計が社会に貢献してきたことは、田口氏が実験計画法とばらつき評価の有用性を世に広めた結果でもあるといえる。

現在もなお、この考え方を超える“ものづくり哲学”は現れていない。

品質工学の創始者である田口玄一氏が2012年6月2日にご逝去された。本稿の書面を拝借し、謹んでご冥福を心よりお祈り申し上げます。

〈参考文献〉

- 1) 越水重臣・鈴木真人：「バーチャル実験で体得する実践・品質工学」、日刊工業新聞社、2007
- 2) 立林和夫：「入門タグチメソッド」、日科技連 2004
- 3) 立林和夫、手島昌一、長谷川良子：「入門 MT システム」、日科技連、2008

當摩 栄路（とうま えいじ）

鶴岡工業高等専門学校 機械工学科

技術士（機械部門）

APEC エンジニア

品質工学会 会員

