

# 研究開発の合理化

## Improvement in Efficiency of R&D on Taguchi Methods

(財)日本規格協会 参与

矢野 宏

### 1. 品質工学の進め方をめぐって

現在、企業内における品質工学の活用について、本論文の発行元である不二越がきわめて積極的であることは、全国的によく知られているところである。しかし、これは一朝一夕で実現されたことではなく、経営者の識見と担当者の長期間の努力の結果である。これを具体的に語れば、品質工学の企業内の展開の図式がよく理解されるのであるが、若干の差し障りもあると思うので、ここでは一般化して述べることにする。

1997年9月、中部品質管理協会の研究大会において、技術開発のマネジメントと称するセッションが設けられた。田口玄一博士の基調講演のもとで、富士ゼロックスの土屋元彦専務と、久米経営研究所の久米昭正所長との討論が、筆者の司会のもとで行われた。土屋氏は研究所担当専務としての責任者の立場から、研究者、技術者自らが成果を上げることで、企業内への普及が早まるという持論を展開された。久米氏は実際には社長の支援が不可欠という、かつての東亜合成の経験を踏まえ、これまた持論を展開された。いずれももっともといってしまうまでもであるが、筆者は図1と図2に示すような問題があると思っている。

### 品質工学における技術開発と マネジメントの課題

#### 1. 経営者への理解と協力

- (1) 技術者が成果を上げるだけで良いか?
- (2) 損失関数と顧客満足度の関係

図1 品質工学のマネジメントでの経営者の課題

### 品質工学における技術開発と マネジメントの課題

#### 2. 品質工学の研究成果の持続性

- (1) 単なる成功事例にとどまる
- (2) 組織的活動が消えてしまう

図2 品質工学のマネジメントでの技術者の課題

技術者が成果を上げるという場合を見ると、実際には偶然的な要素に左右されることが多い。本人の能力を別として、周囲のマネジメントの条件の影響が無視できない。たまたま、良いテーマであったり、良い上司がいたなどである。又、これが経営者の目に止まるというのも、現在の経営者の資質から見るとかなり偶然的なものがある。図1の損失関数、すなわち、コストベネフィットについては後述する。図2に示したように、技術者が一つの手法として考えて、品質工学に取りかかるということは止むを得ないとしても、結局、その範囲でとどまるということは、技術の社会的役割とか有効性に対する技術者の意識の不明確さと関わっていると思われる。本稿ではこれを研究の方法論から検討する。

田口博士の主張は社長の支援は不要で、研究成果の有無は技術担当重役の責任で、成果が上がらなければ、担当者を止めさせればよいのだという、例のような切って捨てるようなものであった。ただし、そのためには研究者への自由と予算の確保と、適切な評価が前提になるという。

社長の支援がある場合、品質工学が強力に推進されるというのは、残念ながら事実である。しかし、品質工学の普及に関して、マネジメントの面に傾斜しすぎると、技術の主体性が失われ、技術論が経営論になってしまう危険がある。田口博士はこのことを強く意識されているのではなかろうか。

## 2. 技術開発の課題

日本の企業は多くの同業者が似たような製品を作り、シェアの奪い合いというのを繰り返して来た。したがって、企業の成果はこのようなシェアの分け合いで、比較的容易に評価が可能であった。しかし、新しい技術開発ということでは、従来のこのような物差しでは、単純に評価ができなくなっている。本来の技術開発と経営とを結びつけば、図3のような課題が生じるはずである。

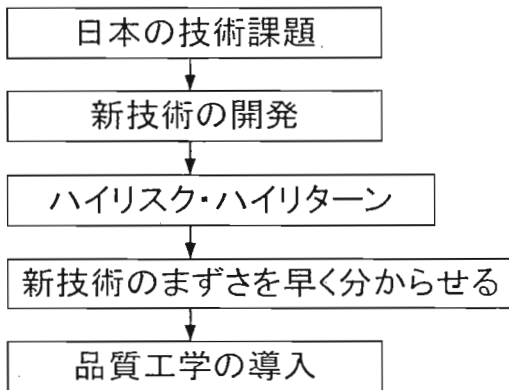


図3 日本の技術課題と品質工学の導入

日本の戦後における企業の技術開発の歴史をたどれば、欧米に追いつけ追いつけ越せというところまでは良かったが、そのあとが問題である。経済的に良い時期には、基礎研究と叫ばれるが、景気が後退すれば、たちまち予算が縮小される。これは筆者がかつて勤務した国の研究所への研究者の集中度合いでもきわめて明瞭に見てとれる。景気のよい時は、優秀な研究者は国の研究所には就職しないということである。景気が良ければ、企業は見通しの悪い研究を進めるが、実際には適切な研究評価を行えないで過ごしてしまう。したがって、景気の悪い時には、ある程度研究の自由度のある国の研究所に優秀な研究者が集まる。

つまり、ハイリスク・ハイリターンの研究の進め方と、研究の評価があいまいというのが基本の問題である。研究者の取り組んでいる技術のまずさを早く分からせるために、品質工学の導入が必要というのが、品質工学の主張である。

これは図4のような形で説明される。研究者のおもむくままに研究を進めると、研究者が基礎研究を現象の解明に終わらせてしまい、工学の研究として展開できないという問題がある。科学と工学の研究の

区別がないままに、誤差原因の追究に走ってしまう。そこからは工学的な課題の展開というのは期待できなくなる。

技術開発の基本は創造性の活用にあるのは当然である。しかし、それがいわゆる科学的な研究にとどまってしまう、工学的な課題へと展開できないという状況がある。品質工学では後述するように、新しいシステムが選択されるとは、物理現象を創造者が考えた理想機能へ転化させることであり、そこから基本機能の追求というのを始める。実はこの基本機能が、品質工学のキーワードとなる。転化という言葉でいうほど容易なものではない。

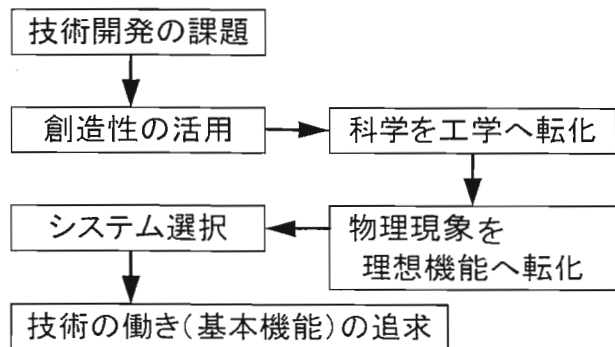


図4 技術研究の課題

品質工学フォーラムという学会組織が作られたが、技術の源流において品質工学を活用するということへの理解はきわめて低いのが現状である。科学的な研究と工学的な研究の関係の明確化は図5に示すようにこれからの課題であり、大学における品質工学の研究者の不足は、工学といえども科学的な研究にとどまっている場合が多いということ、以上の事実と深く関わっている。

## 品質工学における技術開発とマネジメントの課題

### 3. 源流の研究における課題

- (1) 科学的研究と工学的研究の関係
- (2) 大学における研究者の絶対的不足

図5 品質工学関係者の課題

これに対して、技術の評価尺度を与え、研究開発の合理化の方法を提起したのが、田口博士の創始した

品質工学（世界的にはタグチメソッドと呼ばれる）である。田口博士は基礎研究のあり方に図6のような問題提起をした。研究は本来、自由であり、必要な予算の確保が欠かせないが、そのままでは技術は誤差原因を探ることに満足し、研究が長期化する。研究評価が重要であり、技術者には後述する誤差原因の影響を縮小させることが重要であっても、誤差原因を追究することではないことを、技術者に分からせることが研究管理の課題となる。

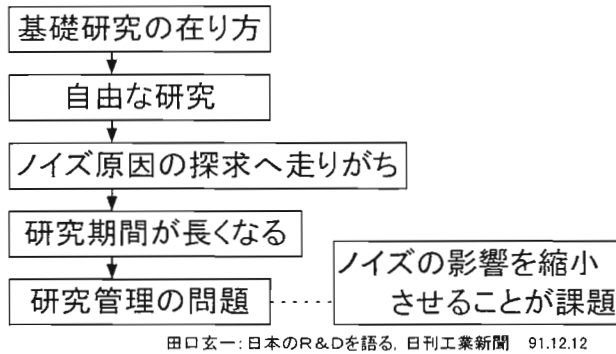


図6 基礎研究の在り方

そこで、品質工学の考え方の基本が、図7のように示される。すなわち、製品企画に先立つ技術開発であり、まさにこれはコンカレント・エンジニアリングそのものである。さらにこのような先行的な研究は個別製品ごとでなく、多くの製品に共通する汎用的な研究となるべきである。多くの技術者は研究段階の成果は現場で再現しないことを知っている。研究段階で現場における再現性を予測できるような研究が必要である。

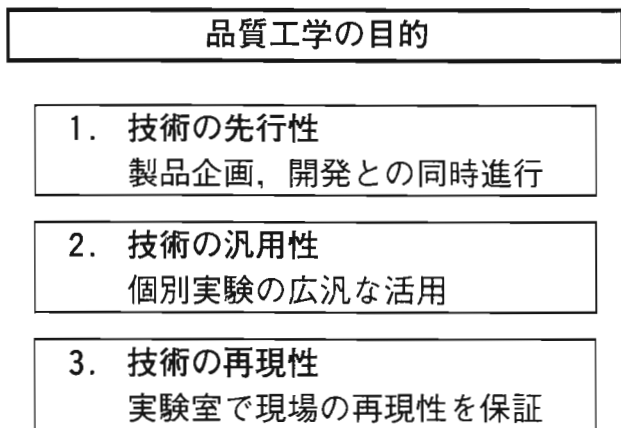


図7 品質工学の目的

結局、生産システムの流れをたどれば図8のようになる。下流から源流にさかのぼるにつれ、技術の担い手、あるいは受け手が変化する。さらに、その際に扱われるべき特性も変化する<sup>1)</sup>。源流において重要なのは、その技術が中流、下流において保証されるようにすることである。そのためには6章で述べるような動特性のSN比というものが必要である。上流においては、製品の品質特性も設計しなければならないから、動特性だけでなく、品質工学で静特性と呼ばれる品質特性も検討することが必要である。以下、中流、下流では静特性が重要となる。これまでの多くの技術は下流と中流に関わりすぎた。いわゆるもぐら叩きである。あるいは止むを得えなかったともいえるが、源流における技術開発こそ本命と切り替えることが必要である。動特性と静特性の区別などの詳細は省略するが、動特性が基本機能に関わるものである。品質工学では「品質を欲しければ品質を測るな」が鉄則であり、品質は静特性そのものである。

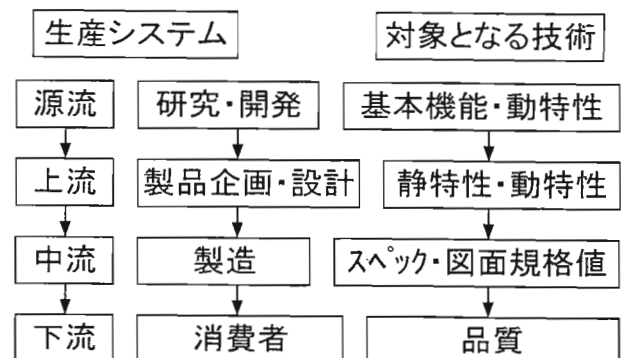
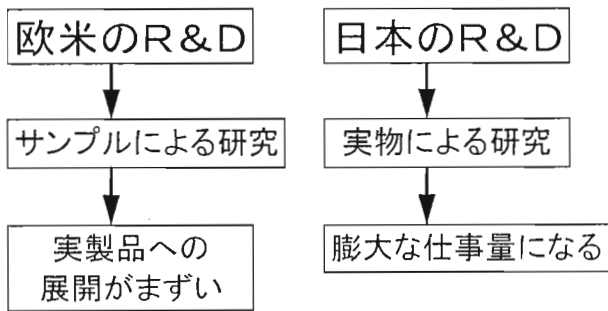


図8 品質工学より見た生産システム

しかし、図9に見るように、欧米においては源流的な技術開発すなわち、本来の研究開発が中心となっていたが、実際には製品化の過程で単純に成功したとはいえない。1980年代のアメリカの産業の停滞がタグチメソッドの導入で蘇ったと、若干オーバーに評価される理由でもある。しかし、これはオーバーな評価ではないかも知れない。何故なれば1997年10月、田口玄一博士はアメリカ自動車工業への貢献で、自動車の殿堂入りの栄誉に輝いている。新聞の見出し的にいえば、自動車王ヘンリーフォードと同じ殿堂入りである。



田口玄一：日本のR&Dを語る。日刊工業新聞 91.12.12

図9 欧米と日本の技術研究の対比

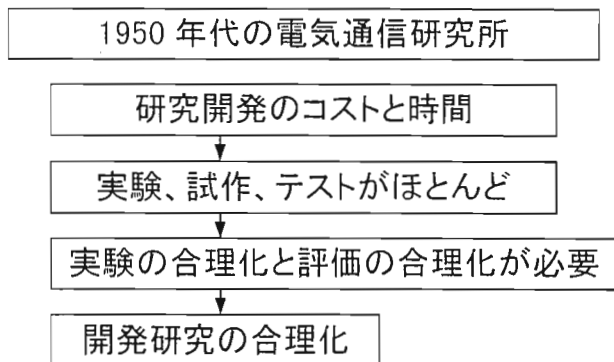
日本における R&D はどちらかといえば、製品開発すなわち品質特性が中心であった。研究の成果そのものは海外に依存し、実物を使った研究であるから、個別的には成功する可能性が高かった。しかし、個別的であるから、網羅的に研究するためには、膨大な仕事量となり、効率が悪く、残業の増加などにつながっている。

### 3. 品質工学の受け入れ方

品質工学が受け入れられた過程を明らかにするには、まず、品質工学の発展の過程を明らかにすることが、必要である。実際には、品質工学の発展の流れをたどるとするのは、結果として田口玄一博士の業績の過程をたどることになる<sup>2) 3)</sup>。何故ならば、品質工学は田口玄一博士の独創的な成果だからである。もちろん、独創とはいっても、始めに何らかの技術があり、無から有を生じた訳ではない。個別の活動を歴史的にたどれば統計的な方法があり、実験計画法があり、もちろん品質管理があった。そのため、多くの人はその範囲で田口博士の業績を理解したり、あるいはその範囲に理解を押しとどめようとしている。

しかし、田口実験計画法の始まりが、電気通信研究所における通信機関連の開発であり、単なる実験の手法でなく、開発の合理化にあったことに注目する人は少ない。名著「実験計画法」(丸善発行)で語られていることはまさに実験の合理化であるのに、方法論のみに注目されて、その哲学は無視されている。このことは図10から見てとれるが、このような研究の方法論を具体的に展開した成果の受け皿は、日本の学会にはなかったといえる。何故ならばあまりにも幅が広すぎたからである<sup>4)</sup>。

図11に示すように、第2次大戦後の悪い環境の中で、



田口玄一：品質工学の目的(機能性の評価3)。標準化と品質管理 50-8(1989)

図10 第2次大戦後の電気通信研究所における課題

ベル研究所を超える研究成果を上げたのには、当時の実験計画法の力が大きかったといえよう。第2次大戦後の占領軍が、日本の通信網の復活の必要性から、ベル研究所を模して、電気通信研究所が作られた。当時の国家予算の2.2%を使ったとはいえ、戦後の乏しい環境の中で、とにかくベル研究所に追いつくような研究成果を上げなければならなかった。田口博士の研究は当初から技術開発を志向していて、それが品質工学という技術開発の方法論へと展開したことは、いわば当然の帰結であって、我々にそれが予見されなかったに過ぎないと思っている。

### 1950年代のクロスバー交換機の開発

	予算比率	人員比率	開発期間
ベル研究所	50	5	7年以上
電気通信研究所	1	1	6年

田口伸：品質工学 in USA、標準化と品質管理 50-5 (1997)

図11 電気通信研究所の技術開発の成功例

田口実験計画法が難解であるというのは、多くの人の語るところである。難解には2つの面がある。一つはその哲学である。もう一つはデータ解析の方法論である。多くの場合は後者に目が行きすぎて、前者を忘れてることが多い。哲学が理解できれば、細部は別として解析の方法論も理解されるような気がする。品質工学フォーラムが作られ、これに参加して来た、品質工学の若くて新しい理解者には、このような新しい理解の傾向が見られるようになった。哲学にしても落ち着いて考えて見れば、ごく理の当然なことを云っていることが分かる。源流における研究にしても、技術の課題が科学とは異なるという

ことも、これまでの技術開発の課題として語られてきたことであった。ただし、実際には容易ではないために、理解する側で自分の考え方の枠組に合わせて理解しようとするから、反って理解をさまたげている面がある。

### 4. 品質工学の流れ

結局、技術に対する哲学が品質工学の方法論を磨き、磨かれた方法論がさらに哲学を深めていくという関係といえる。これは図 12 のように表すことができる。上述のように電気通信研究所において田口博士が課題であるとしたのは、実験技術の合理化であった。何故ならば、技術は観察を主体とする科学とは異なり、工学においては技術目的の実現であり、そのためには開発効率を必要としたからである。昭和 30 年代、実験計画法を活用しようとした多くの

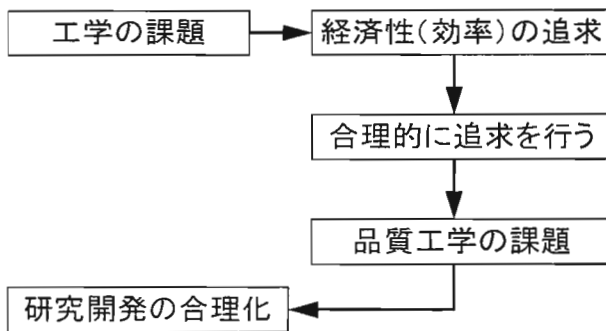


図 12 工学の課題と品質工学

人が、直交表によって実験効率を上げようとしていた。表 1 に示すような直交表  $L_{16}$  では、A, B, C... などの設計条件の組み合わせで、実験回数を少なくして、出来るだけ多くの設計条件の組み合わせを行うことを考えている。すなわち、15 種類の実験条件の組み合わせで、32768 通りの実験を 16 回で終わらせるから、効率がよいとした。この際、表の下欄に成分とあるように、設計条件の組み合わせ効果（交互作用）をできるだけ多く求めるような配慮が行われている。交互作用というのはある特定の条件同士の組み合わせで、大きな変化が起こるかも知れないということで、それを調べて活用するというのが、多くの人の考え方であった。

これに対して田口博士は直交表による実験はほかの実験より失敗するケースが多く、それこそが直交表を使う価値であると主張している。だからこそ直交表では交互作用が求められる列にも主効果(別な条件)をわりつけることを主張したのだと思う。つまり、交互作用があるというのは、もともとまずいことで、そのまずさを求めることが直交表を使う目的で、交互作用を求めることではないということである。そのことから提案された表 2 の直交表  $L_{18}$  は、交互作用は含まれているが、交互作用が見かけ上は求められないような配慮が行われている。

これが現在、品質工学で直交表は実験のまずさをチェックするためのものであるという考え、さらには実験を失敗するための道具という考え方と軌を一にすると思われる。

ここでは直交表そのものの解説をするつもりはない。

表 1 直交表  $L_{16}$

列番 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1
成分	a	b	a	c	a	b	a	b	a	b	a	c	a	b	a
			b		c	c	b		d	d	b	d	c	c	b
							c				d				d
	1群		2群		3群				4群						

表 2 直交表  $L_{18}$

列行	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	1	2	2	2	2	2	2
C	1	1	3	3	3	3	3	3
D	1	2	1	1	2	2	3	3
E	1	2	2	2	3	3	1	1
F	1	2	3	3	1	1	2	2
G	1	3	1	2	1	3	2	3
H	1	3	2	3	2	1	3	1
1	1	3	3	1	3	2	1	2
2	2	1	1	3	3	2	2	1
3	2	1	2	1	1	3	3	2
4	2	1	3	2	2	1	1	3
5	2	2	1	2	3	1	3	2
6	2	2	2	3	1	2	1	3
7	2	2	3	1	2	3	1	2
8	2	3	1	3	2	3	1	2
9	2	3	2	1	3	1	2	3
10	2	3	3	2	1	2	3	1
	1群		2群		3群			

表1と表2の列番と呼ばれるものは、設計定数などの制御因子に対応している。No.と書かれた行がそれぞれの制御因子の組合せの実験番号で、表中の1, 2あるいは1, 2, 3が設計定数などを2あるいは3段階に変化させることを示す。

ここで重要なのは、成分あるいは群で、表1ではa, b, cが設計定数であるとすれば、ab, bc, bc・・・などはこの列に交互作用が発生することを示す。通常の実験計画法では、この交互作用を重視して、この交互作用の効果を求められるように配慮する。しかし、田口実験計画法ではあえて、この列の交互作用を無視して、ここに設計定数をあてる実験を行うようにすすめる。このようにすれば、交互作用が大きければ、とうぜん設計定数の効果は信用できなくなる。しかし、この信用できないことが重要であって、それをチェックするのが、後に図16で示す確認実験である。

表2の直交表  $L_{18}$  は品質工学の標準型として推奨する直交表である。ここでは1群と2群の交互作用のみが別に求められるが、そのほかの交互作用はどの列にも現れていない。つまり、 $L_{18}$  では交互作用が各列に分散されていて、交互作用が少なければ、平均的に設計定数の効果が出しやすいようになっている。しかし、交互作用が大きいかどうかは、とうぜん確認実験でチェックされる。

統計的な立場では  $L_{18}$  の中に含まれる交互作用の研究が行われるが、重要なことは、8つの条件の間での交互作用ではない。8つの条件の交互作用が大きいということは、現場における未知条件の交互作用の影響を受けやすいからまずいということである。つまり、そのような技術には再現性が期待しにくい。このような考え方は田口実験計画法の初期からあったということに注目したい。

「実験計画法」にはすでに試験方法の評価として、分散比を利用する方法が提案されている。現在のSN比の前身である。これが積極的に利用されるようになったのは、1960年代の後半であり、初期段階では主として、計測方法の評価としての提案であった。又、すでに応答解析といわれるものは、現在のパラメータ設計、許容差設計の原型となっているように思われる。

電気通信研究所以後、富士フィルムとの関連で積極的に研究されたのが工程管理であり、これが品質管理との接点を作っている。以降、トヨタ関連、特にデンソーの工程管理などについて、オンライン品質

工学の基礎が作られた。損失関数という考え方は、すでに電気通信研究所の時代に芽ばえている。これは図13のように説明されるが、品質の定義に独自のものがあり、これが品質工学の由来ともなっている。すなわち、「品質を製品が社会に対して与える損失」ととらえたところにユニークさがあり、顧客満足度、地球環境の問題などを先取りしていたといえよう。損失とは製品がいわゆる許容差（許容限界）内にあっても発生するもので、目標値と品質特性の差の2乗に比例する。したがって、企業内における合格品がよいというのと、品質損失とは同じものではない。

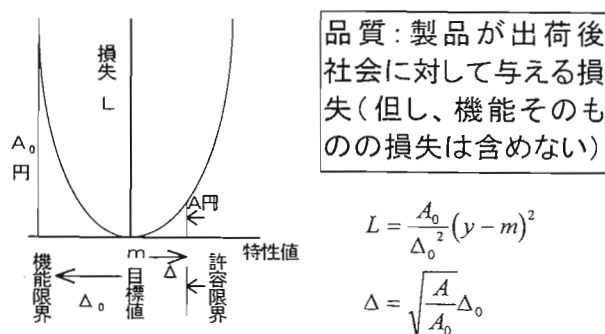


図13 品質の定義と損失関数

よく知られているように「標準化と品質管理」「品質管理」両誌に、田口博士のさまざまな論説が長期にわたり連載され、これが田口博士の業績を形成している。特に前者の連載のあとをたどれば、品質工学への発展の軌跡が明確に読み取れる。しかしながら、1985年頃までに規格協会が発刊された著作の売れ方はきわめて悪かったといわれる。内容があまりにも先駆的でありすぎたということであろう。

1980年の青山学院大学教授の時のサバティカルイヤーの渡米においては、日本ではこれ以上の理解は無理という判断があったと聞いている。アメリカで評価されることが、日本での評価になるという意図は見事にあたり、いわゆるタグチメソッドと命名されて日本に再上陸し、日本でも広く知られるようになった。当時日本において品質工学と命名したことは、正負の両面を持ったことはいなめない。つまり、日本規格協会での普及の協力が得られたことと、品質管理と誤解されやすいということである。

1985年以降、アメリカにおいて品質工学の普及を図り、静特性のSN比によるパラメータ設計を提案したことが、品質工学の普及を著しく促進させたが、一方では田口博士のいうごとく、パラメータ設計の

不完全な理解を作り出したことになる。すでに述べたように静特性というのは品質特性である。技術者にとっては、扱い慣れた特性である。したがって多くの技術者にパラメータ設計がなじみやすいものとなった。

しかし、1991年のアメリカのASIのタグチメソッド・シンポジウムのスローガン「品質を欲しければ、品質を測るな」にあるように、品質特性は当面の問題解決にはなっても、本質的な問題解決とはならない。後述の動特性のSN比を用いることにより、実験室での研究成果が現場で再現されることが保証される。1985年以降はこのような技術開発の方法論としての形が明確化し、やがては1993年の品質工学フォーラムの結成へと盛り上がって行く。

## 5. 技術開発の品質工学

1985年、ベル研究所の統計グループの面々が筆者の所属した計量研究所を訪問して「ドクタータグチは自分の専門でもないことに、何故びたりとした解答が与えられるか？」という質問は、タグチメソッドひいては品質工学の本質を端的に表していると思う。これに対して後で田口博士の回答は、「場数」であった。この意味を敷衍すれば、多くの技術課題を解いていると、解決のパターンが共通して来るということであったが、それがその後の品質工学の基本機能の考え方として明らかになる。結局、総合的な体系としてまとめるためには、多くの技術に向き合い、解決して蓄積するのに長い年月を要したということであろう。これはその後、図14のように展開されて行く。すなわち射出成形の転写性から、さまざまな基本機能の展開である。

1985	SN比のモデルは?	ない、場数 ノイズ原因を考えるな
1988	製品開発ではなく、技術開発を	
1989	射出成形の基本機能は金型寸法の 成成品寸法への転写性	
1990	基本機能で考える	
1991	品質を欲しければ品質を測るな	

図14 品質工学の技術開発としての展開

1988年まず「製品開発の研究を止めて技術開発の研究を行うべき」という提案が、いわば「場数」の体系化ののろしとってよかったと思う。それが1989年の転写性となり、一時は動特性はすべて転写性ではないかといわれるくらいの大きな衝撃を与えた。逆にいえば、これまでの専門家の大きな反発もあった。場数が体系化された記念すべきポイントである。これが1990年代に入り技術研究は基本機能の研究で行うべきということにつながる。いわば、品質工学の中心が長い研究の蓄積として体系化されたといっただけであろう。

その頂点に立つのが1991年から「標準化と品質管理」に連載され、1994年に単行本化された「技術開発の品質工学」であろう<sup>5)</sup>。連載当初の標題が「品質工学入門」であることを示すように、田口博士にとっては頂点ではないということである。したがって理の当然として、そのあとに本論があるわけで、刊行と同時にその中身はどんどんと変化、発展している。多くの人々はただ目のみはるだけで、追い付くのがさへ容易でないと感ずることになる。そこで、品質工学のフォーラムの発足と同時に、これまでの過程をまとめたのが「技術開発のマネジメント」であるが、技術開発の哲学が展開されている<sup>6)</sup>。しかし息付く間もなく、数十年来温めて来たマハラノビスの距離によるパターン認識のための方法が、MTS(マハラノビス・タグチシステム)法として提起され、これが新しい成果を生みつつある。おそらく、この方法は21世紀の社会システムに対して大きな衝撃を与えるものとなると思われるが、それにはかなりの時間を要しよう。

## 6. 技術開発の方法論

以上の考察の過程で明らかのように、田口博士の提唱による独創は、すでに大部分が電気通信研究所以来の初期の段階に芽生えがあり、多くの企業などの指導の過程の試行錯誤の中で積重ねられ、それがようやく一般にも少しは分かるように体系化されて来たということである。

考え方がすでに初期にあったということが、従来の活躍の場と重ねて管理技術の考え方とまぎらわしくさせている。つまり、実験計画法とか品質管理の枠組みで理解できると思ってしまう。又、他方ではその枠組みには入らない先見性ということで、受入れにくいという畏怖の目で見られることになっている。

世の中には技術についての方法論というのは、数多くあり、又、技術哲学のようなものも数多くある。しかし、両者が合わない合わせりながら、総合化したものは品質工学において類を見ないと思う。このような体系化に多くの時間を費やしたとしても無理からぬことで、さらにいえばこれからも発展して行くを見てよいであろう。品質工学の方法論を従来の設計論と対比させれば図 15 のようになる。一番のポイントはパラメータ設計にあり、田口博士の独創といわれる内容を形成している。

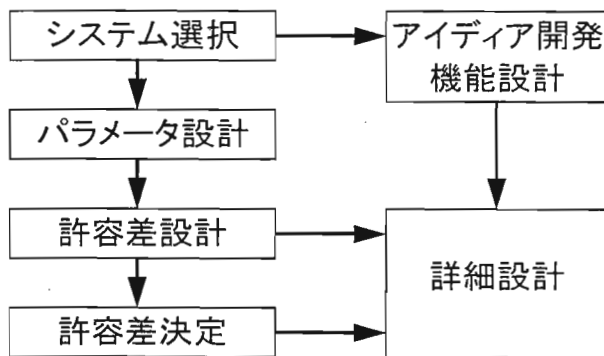


図 15 従来の設計論との対比

このようなパラメータ設計の方法は図 16 に示すように実験の合理化の方法である。それは図 7 で示した技術の先行性、汎用性、再現性が確保されるようになっていなければならない。実験の合理化とは同時に技術の評価の合理化でもある。すなわち、基本機能を選択し、実物ではないテストピースで実験を行い、その成果を直交表によって評価する。最終評価が確認実験である。以上の過程を効率よく行うことが重要である。一般に経営者は技術内容そのものは分からないから、実験の合理化にはきわめて寛大である。成果の有無は分かるかも知れないが、その過程にあるまずさの実態は分かることができない。しかし、品質工学の方法は技術開発の過程を透明化するのに役立つ。

すなわち品質工学の基本は、技術の妥当性についての予測であると同時に、予測の妥当性の評価である。技術の妥当性を予測するために、まず技術の働き（基本機能と呼ぶこともあるが）に注目して、その働きのばらつきの評価（SN 比）を行うことである。すなわちこれによって、製品企画などに先がけて、源流において先行的な研究を行うことが可能となる。これは技術者自らの意志による選択であって、いわば自分の選択の良否の評価の尺度が SN 比である。

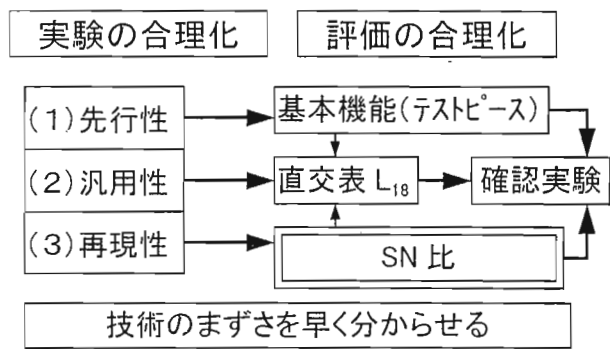


図 16 実験の合理化と評価の合理化

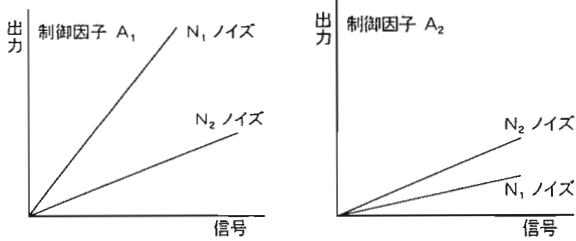
品質工学を理解するためには、SN 比の理解を抜きにしては不可能であろう。技術の持っている一番の本質的な働きを、働き（信号）と結果（出力）に対応させて、そのゼロ点比例の関係を考える。何故ゼロ点比例関係かといえ、技術の働きはエネルギー変換の過程であり、エネルギーは加法性があるからである。技術の働きには技術の達成のための手段である場合もあれば、消費者がその機能を利用するときの働きである場合もある。最近では後者が強調されている。

その際、実際に意図的に制御できないものが誤差因子である。誤差因子は実験上では制御できるから、これをできるだけ大きく変化させ、その影響が出力に対して大きく出ない場合がよいとしている。これは図 17 のように示され、 $A_1$  より  $A_2$  が SN 比が高いことになる。この場合、誤差因子の効果の中には、信号とノイズの交互作用、ノイズ自身の効果、信号の非直線効果などが含まれる。さらに、制御因子が変化したときに、信号やノイズとの間に発生する交互作用も含まれている。SN 比はこのような技術の働きの有効な効果と有害な効果との比として表されている。したがって、SN 比自体には技術の複雑さが反映されていることになる。

図 17 では、 $A_2$  の SN 比が高い（良い）とした。しかし、直線の傾きが小さいことを専門家は気にするであろう。これを変えることは難しくないと考えるのが品質工学の立場である。

技術者は自分の選択した働きが、自分の意図通りの効果を上げるか否かを、SN 比によって、自己チェックを行う。自分が選んだシステムがまずければ、そのシステムは自分の意図通りの成果を上げないことになる。このことは直交表を利用したシステムの評価を SN 比の利得によって調べることになる。多く設計条件を利用することにより、汎用性の高い研究





$$SN比 = \frac{\text{信号因子の効果}}{\text{信号とノイズの交互作用効果} + \text{ノイズの効果} + \text{信号の非線型効果} + (\text{他の制御因子の交互作用})}$$

図 17 SN 比による比較の意味

を行うことが可能である。  
 しかし、直交表はここでは技術の妥当性の予測だけではなく、技術の予測自体が妥当であるかということ、つまりは「実験のまずさを明らかにするための道具」として利用される。この部分の二重構造が一般には分かりにくい部分である。最終的には予測の妥当性の評価は、確認実験ということで、きわめて実証的に確かめられる。これは結局は SN 比の利得が予測と確認で一致するかどうかという形で行われる。すなわち再現性の予測である。つまり品質工学の仕掛けは、技術者自らが自分が選んだ技術の妥当性を自らの力で確認するための方法である。  
 1970 年代の品質工学は実験計画法とのせめぎ合いの中にあった。1980 年代は品質工学は役立つか試して見る時代であった。多くの人が品質工学でやってみようかとおそろおそろ実験を行った。実験結果が思わしくなければ、品質工学は役に立たないといった。本当はその技術者の選択した技術が駄目だということが明らかになったのだが、多くの人はそのようには理解しなかった。  
 1984 年、計量管理協会に計測管理実践セミナーというのが開講され、品質工学の計測への普及を図った。不二越は田口記念計測管理不二越賞を創設して、これを支援した。このセミナーは 9 年間続いたが、当初、不二越からはこの賞の受賞者が出なかった。従来の考え方とあまりにもかけ離れていたからである。後年、受賞者が続いた時、不二越内に品質工学活用への機運が高まっていった。これらのメンバーが現在の不二越の品質工学の推進のエネルギーを形成した。つまり、パラダイム（考え方の枠組）の変換に目覚めた者が生まれたということである。  
 1990 年代には、品質工学は良いものである、正しいものであるという認識のもとに、品質工学を活用す

る人が増えているといえる。そのことは品質工学の発展の流れからいえば、あるいは当然のことともいえる。しかし、逆に何でも解決できる方法として、楽観しすぎている嫌いがあるように見える。問題解決は結果であって、自分の技術のまずさを見出す事ということを、忘れてるように思われる。

## 7. 品質工学の現在の課題

以上の話の 1 部分は 1997 年度の日本規格協会の標準化と品質管理大会で、「技術者必修の品質工学」と題して報告した。技術者必修という意味は理解されたと思う。改めて品質工学の目的を確認すれば、図 18 のようになる。

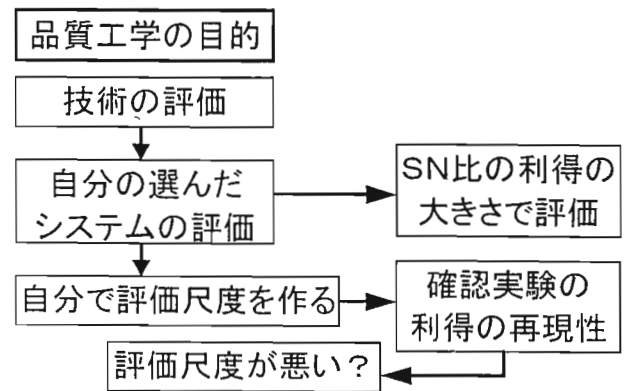


図 18 品質工学による技術評価の流れ

1997 年の品質工学フォーラム第 5 回大会で、田口博士は「5 年後の品質工学」と題して、3 つの課題を上げられた。

- (1) MTS 法によるパターン認識
  - (2) 耐震などに関わる保形性の品質工学
  - (3) 電気特性の周波数による解析（振動も含む）
- 特に(1)と(3)はすでに前進を開始して、事例が出始めている。田口博士は品質工学の普及に関心がないといわれる。この言葉の意味するところは簡単ではないが、周辺で品質工学を推進している者としては、上の 3 つの課題で済むとは思われない。以下に別に 3 つの課題を掲げた。

- (1) 経営者に対する品質工学の普及
 

多くの経営者は一般論としての技術開発の必要性は理解しても、具体的局面の技術開発の課題への理解は乏しい。技術のまずさを見付けるといのは、実は技術開発そのものなのだが、うまく行くのが当然という理解からすると、真の技術開発か

らは遠いところにあるとあってよいであろう。技術者が品質工学による決定的な成果を上げることが鍵といわれるが、上述のように決定的成果というのは、偶然性が左右する場合が多い。したがって、これだけが鍵という訳にはいかない。

## (2) 品質工学の展開の持続性

品質工学による成果を上げている企業、あるいは普及体制を作っている企業において、品質工学の展開に持続性がないことが多い。すなわち、品質工学は使うとよい結果が得られるものであっても、それを持続して積上げ、成果を展開するということが企業内の個人的な努力によって行われ、組織化されている場合が少なくない。

したがって、決定的な成果を上げることが鍵であっても、それだけで普及が促進するというものではない。ある成果が出ると、その次には従来の1因子実験に戻ってしまい、再び延々と無駄な実験を繰り返している場合がある。

推進者の部署が変わると、立ち消えになり、その推進者も新しい部署で展開することが少ない。さらには上部の所属長が変わったことで、方針が変わって消えてしまうこともある。前任者の成果は自分の成果ではないからである。

これを解決するには、図19に示すように企業内に品質工学を推進するための組織を作ることが必要であろう。実際に研究を行おうとすると、時間が不足している、担当の人間がいないといわれることが多い。むしろ権限のある部署が機能的な推進を行うことが必要である。品質工学の推進者と新入社員の教育を結びつけたスタッフが、あるていどの予算を確保して活動するのがよいと個人的に思っている。その際、責任者には技術担当の重役を当てることも必要である。

### 品質工学における技術開発と マネジメントの課題

## 4. 品質工学で組織化された部署の必要性

- (1) 品質工学専従者の確保
- (2) 企業内での研究への権限
- (3) 研究担当者の確保
- (4) 成果の確定とデータベース

図19 品質工学で組織された部署を作ることの必要性

このような状態が生まれる背景は、品質工学が多くの方法論の一つであって、技術全般にわたる哲学的な面のあることが理解されていないからであろう。又、哲学というのは心構えではなく品質工学の場合、社会に対する技術の果たす役割の合理性の追求に本質がある。品質の定義が、製品の出荷後の社会に対して与える損失というのに、端的に表現されている。顧客満足度などいいながら、こうした品質の定義を理解しようとしなない経営者が多いというのも理解不足の現れである。

## (3) 研究段階への品質工学の普及

品質工学を積極的に取上げているのは、企業の技術部門であって、研究部門の場合は少ない。もちろん研究には種々の段階があるが、最終的に企業における研究が、技術研究に転化すべきということへの理解の不十分さによると思われる。すなわち、技術と科学の果たす役割の相違に対する理解の不十分さによる。

このことは国公立の研究所においても同じであるが、品質工学フォーラムの会員に、大学の研究者が少ないことが、以上のことを物語っている。大学の場合、たとえ工学部であっても、解析的な研究が主流であって、品質工学のような総合化の研究は、組織立った方法論として教えられることが少ない。

研究所が研究の成果と研究のマネジメントを、品質工学の立場での展開した成果を、数多く示すことが必要である。筆者の計量研究所の研究は、大部分が品質工学の発展の流れに符合したものであるが、個人の努力が個人の努力へと引き継げるものであった。大学での研究も、期間が短かく、定着させるに到らなかったことを残念に思っている。ただし、研究者が自分の存在の可否を問うような技術論に臆病なのは分からなくはない。研究者は個々の現象は分かっている場合が多い。しかしそれを総合して初期の目的を達成することについては鈍感である。上の(1)(2)の課題の解決と関係するであろう。

最後の課題として、品質工学が田口博士の独創のみに負っていることへの危さを指摘する人がいる。多くの主義とか教義が発展、分裂して行く歴史的事実に立てば、その危惧はあたっていていると思う。これを論ずるには、紙数が不足するし、筆者の考えもまとまっていない。

只、一ついえることは事例を作ることの意味であ

る。場数に通ずるともいえる。独創的な提案、あるいは方法にのっとり事例を作るといっても、そこには、数多くの討論がある。田口博士自身が、この討論の重要性を認めているところである。討論を通じて相互の考え方の枠組みが明らかになり、あるいは変質して行く。

品質工学はしばしばパラダイムの変換といわれる。パラダイムとは平たくいえば考え方の枠組みともいえるが、歴史的には、1960年代にアメリカのトーマス・クーンという科学者がパラダイムという概念を用いて、物理学の発展に対する新しい考え方を提出した。物理学というのは論理とか実験の積み重ねによって真実を探求するものではなく、科学者が自分の考え方の枠組みによって研究するものであるということである。したがって、それぞれの枠組みによって物理学は連続的に変化するものではないということになる。

一般に科学的といわれることの中には、普遍性、共通性、再現性ということを含むが、品質工学は方法論として、まさに工学における普遍性、共通性、再現性を作ったといえよう。しかし、個々の技術に適用するにあたっては個別的となるから、そこに場数というものを必要としてくる。おそらく現在の技術についていえば、事例を積み重ねれば個別事例に対しても共通性を持たせることは可

能であると思う。しかし、技術はそのような共通性を持ったときに競争力を失うので、さらに新しいアイデアの探求へと向かうことになり、その世界はこれまで獲得された知識が役立たないはずであり、新たな事例の作成が必要となると思われる。このような場数の積み重ねということで、現在、田口博士が最先端に立って行っているということになる。

直線的に議論を積み重ねて行く立場に立つと、一方が正しく一方が誤りのように見えるが、そのようにならない所に品質工学の特徴がある。実際に体験した人は理解すると思うが、そこには大きな自由度がある。このような思考の振れ幅の大きさが品質工学を理解しにくいと云ったり、体系としての不完全さとして指摘する人がいる。実はそこにこそ、品質工学の本質があるといえるのだが・・・。パラダイムの変換といわれる所以である。

## 文 献

- (1) 田口玄一、矢野宏：技術開発のマネジメント、日本規格協会（1996）
- (2) 田口玄一：品質工学講座第1～7巻、日本規格協会（1988～90）
- (3) 田口玄一、矢野宏：タグチメソッド—その流れをたどる、（1991）
- (4) 田口玄一：実験計画法、丸善（1954～55）
- (5) 田口玄一：技術開発の品質工学、日本規格協会（1994）



矢野 宏

1956年、工業技術院計量研究所入所。力学部長で同所を退所。1991年より宮城教育大学教授、1994年より電気通信大学教授を歴任し、現在、財団法人日本規格協会参与、株式会社オーケン取締役副社長。工学博士。計測技術を土台にして、技術全体を変える品質工学の研究を行っている。著書に、「測る—感覚を科学する」（日刊工業新聞社）、「誤差を科学する」（ブルーバックス）などがある。