

電子の技術開発における品質工学の活用

九州ポリテクカレッジ 仲丸 徹
(九州職業能力開発大学校)

1. はじめに

現在の技術者の製品開発は、多くの実体は開発中に問題が発生すると、もぐらたたき的に問題がなんとか治まるように場当たりの対応になり、そのための対策に余分な多くのコストが発生したり、問題を再発させたりということが起きている。私も開発設計の技術者として長年携わり、それを当たり前と思い、何の疑問も持たず開発を行っていたが、しかし品質工学を知ってからは、そういった開発に疑問を抱くことが多くなった。ユーザーが製品に求めるものは、機能・デザイン・価格が第一だと思うが、買ってからは、その製品の品質が良いかが問題になってくる。たまたま買った製品の品質が悪かったため、ユーザーは2度とそのメーカーの製品を買わないかもしれない。製品によっては、品質が悪いためユーザーの生命を奪ってしまう最悪のケースも発生している。製造物責任法(PL法)の施行により、ますます企業が生産する製品の品質が問われる時代が来たと考える。また日本の自動車や電化製品が世界を席けんしたのは、その品質の高さによるものであることは周知のとおりである。日本のものづくりを衰退させないためにも、これからの日本を支える技術者の卵となる学生には、品質工学はぜひ学んで欲しい学問であると思っている。

2. 品質工学とは

製品の品質を上げるには、市場で製品の機能がば

らつかないようにすることである。タグチメソッドでは2段階の設計を行うことを基本とし、この設計によりばらつきを減らす条件を見つけることが可能となる。

第1段階：さまざまな使用条件での機能のばらつきを減らす。

これをパラメータ設計と呼ぶ。

第2段階：標準の使用条件で目標機能に近づける。

これをチューニングと呼ぶ。

ここでいう目標機能とは、製品を一般市場に出すための目標値で、ユーザーの要求であり設計の理想機能である。

2.1 第1段階

さまざまな使用条件での機能のばらつきを減らすには、まずは基本機能を見つけることである。基本機能とはその技術が持っている基本的な働きを示し、品質工学では、ばらつきが減ったかを評価する基準

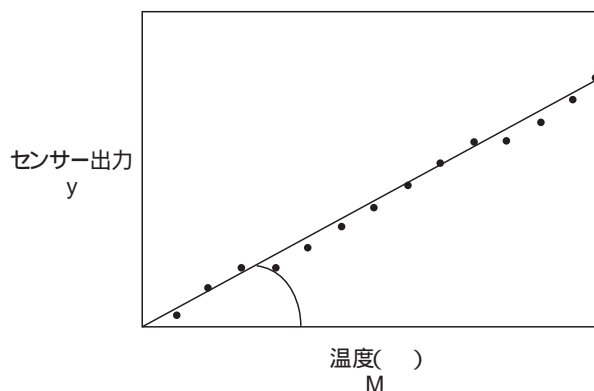


図1 温度とセンサー出力値

となっている。よって基本機能は、品質工学においてとても重要な設定条件となっている。

前ページ図1は、一般的な温度とセンサー出力値の関係を表わしたグラフであるが、この基本機能は、次式(2.1.1)となる。

$$y = M \quad (2.1.1)$$

基本機能は、入力信号(図1:温度M)に対する出力信号(図1:センサー出力値y)の比率の一意性を追及したものとなる。

さまざまな使用条件での機能のばらつきを減らすには、入力信号に対する出力信号のばらつきが少なく、また入力信号の変化に対する出力信号の変化量が大きくなる条件(図1:傾き)を見つけることである。そのために、理想とする入力と出力の直線関係にどれだけ近いかを数値化したSN比を(イータ)とする。

$$\text{SN比} = \frac{2}{2} \quad (2.1.2)$$

は出力のばらつきを表わす。

は出力の感度(傾き)を表わす。

SN比の数値が大きいほど、ばらつきが抑えられることを示す。まず制御因子と信号因子と誤差因子の3つの因子を抽出する。制御因子とは、技術者が決められる条件。例えば、電子回路であれば、抵抗値の定数などがこれにあたる。標準型では8種類以内の場合を想定しており、これを仮にA, B, C, D, E, F, G, Hと表わす。この各制御因子はおのおの2つから3つの値を設定する。Aは2つの値を設定し、これをA1とA2の2水準と呼び、B~Hまでは3水準の値を設定するのが基本である。水準の値を決める場合のポイントとしては、2水準の場合は、その制御因子の取れる最大値と最小値を値とする。3水準の場合は、残りの1水準を2水準値の中間値とするか、通常使用している値があれば、その値を使用する。信号因子とは、出力を意図的に変化させるための入力条件をいう。誤差因子とは製品のばらつきの原因となっている、使用環境の変化や劣化・磨耗等、部品の寸法ばらつきなどの条件をいう。

表1 L18の直交表とSN比

No.	列 制御因子								SN比
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3	4
5	1	2	2	2	3	3	1	1	5
6	1	2	3	3	1	1	2	2	6
7	1	3	1	2	3	3	2	3	7
8	1	3	2	3	1	1	3	1	8
9	1	3	3	1	2	2	1	2	9
10	2	1	1	3	2	2	2	1	10
11	2	1	2	1	3	3	3	2	11
12	2	1	3	2	1	1	1	3	12
13	2	2	1	2	1	1	3	2	13
14	2	2	2	3	2	2	1	3	14
15	2	2	3	1	3	3	2	1	15
16	2	3	1	3	3	3	1	2	16
17	2	3	2	1	1	1	2	3	17
18	2	3	3	2	2	2	3	1	18

以上の条件から、直交表を用いて対応する制御因子の組み合わせで、実験を行う(表1参照)。

実験を行った結果から、制御因子ごとの各水準でのSN比を求める。SN比は最終的にはデジベル値で表示させる。品質工学ではデジベルの単位はdBではなくdbを使用する。

$$\text{デジベル値のSN比} = 10 \log(\text{db}) \quad (2.1.3)$$

実験データの内、各水準ごとにその水準で行った実験データ結果のSN比の平均を求める。

$$A_1 \text{水準のSN比} = \frac{1 + 2 + \dots + 9}{9} \quad (2.1.4)$$

式(2.1.4)はA1の2水準で実験を行って得られたSN比の平均を取ったものである。この値が実験の結果得られたA1のSN比となる。この作業をA2, B1, B2, ..., H3までのすべての水準に対しても行う。

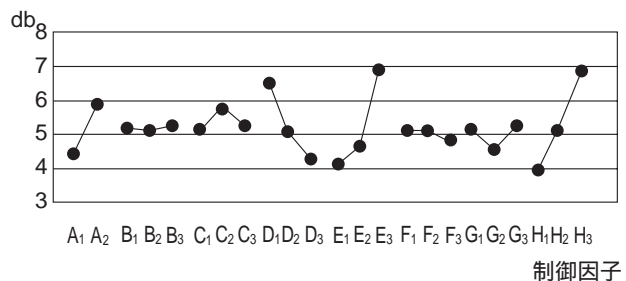


図2 SN比の要因効果図

次に求めた各水準のSN比の平均値をグラフ化する。このグラフを要因効果図(図2参照)と呼び、この図により、どの制御因子がばらつきに影響があり、どの段階が最適かを求められる。グラフの傾きが大きい因子(図2ではA, D, E, H)がSN比の改善度合いが大きく、ばらつきを少なくできる制御因子であることがわかる。

2.2 第2段階

SN比を最大にする条件が選ばれると、出力のばらつきは最小となる。しかし、ばらつきが最小になっても、出力信号が大きすぎるが発生する。その出力信号の大きさを調整することをチューニングと呼び、電子回路であれば、例えば抵抗値の大きさを若干変えることにより調整可能になる。パラメータ設計でばらつきを抑えているので標準条件で目標機能に近づける調整を行っても、誤差因子により目標値を外れることはない。

2.3 効果確認実験

効果確認実験とは、最適な条件を推定したが、その推定した条件で再現するかの確認を行う実験をし、それから得られたデータから推定されたような利得が得られたかどうかで、実験結果の再現性を調べるものである。この効果確認実験で、推定したとおりの結果が得られなかった場合は、最適条件の制御因子の組み合わせに問題があることを示している。この失敗により、実験の間違いに早く気付くこともできるので、制御因子などの条件の見直し、方向転換も早いうちに行え、無駄な労力を浪費しなくて済むというメリットも生まれる。

3. 品質工学の電子分野における活用事例

実際に電子分野で品質工学を適応した実例が報告されているので、そのなかから3例を紹介したい。

3.1 電子回路のアース機能の機能性評価

本事例は、静電気で回路が誤動作を起こし、その結果トラブルが発生するのに対策することを目的と

する。その対策方法に品質工学を適用した事例である。放電された静電気がフレームグランドに流れる電流量と回路内に流れる電流量があることに着目し、その電流差をなるべく大きく、回路に流れる電流量をなるべく小さくするようにした。具体的には、入力信号電圧M、そのときのフレームグランド電流を y_1 、回路電流を y_2 として基本機能の次の式が成り立つ(図3参照)。

$$y_1 = {}_1M \quad (3.1.1)$$

$$y_2 = {}_2M \quad (3.1.2)$$

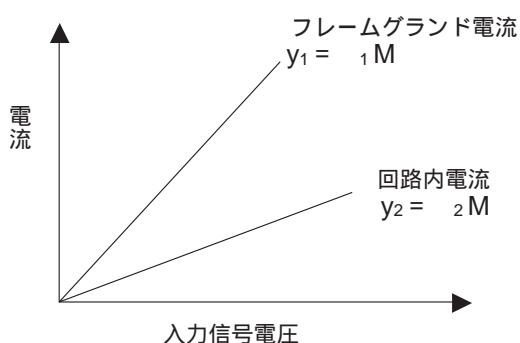


図3 アース機能の基本機能

$y_1 - y_2$ の差をできるだけ大きくなるようにする。本事例では、 y_2 のみを小さくするように実験を行った。結果は静電気耐電圧値が従来の2倍となった。

3.2 BGAリフローはんだ付けの最適化

本事例は、リフローはんだ付け行程で使用するボール・グリッド・アレイ(BGA)方式の表面実装部品について、外観検査には限界があり、そのためにはんだ付けの最適化条件を求め、はんだ不良を減らす必要がある。その最適条件を求めるのに品質工学を適用した事例である。結果は別の方法で求めた標準条件と、品質工学により求めた条件が一致した(次ページ表2参照)。

3.3 非接触電位センサの最適化設計

本事例は、電子写真で使用される感光ドラム上の表面電位を測定する非接触表面電位センサの測定精度の向上に品質工学を適用させた事例である(次ページ表3参照)。

表2 リフローはんだ付けの制御因子

列	制御因子
A	クリームはんだ種別
B	メタルマスク厚
C	パッド径
D	メタルマスク開口率
E	基板表面処理
F	リフロー温度設定
G	ベルトスピード
H	BGA押付力

表3 非接触表面電位センサの制御因子

列	制御因子
A	検出電極背面電位
B	被測定面の面積
C	ケース開口幅
D	フォーク形状
E	検出電極のサイズ
F	圧電素子のドライブ波形
G	フォーク振幅
H	測定面との距離

結果は感度で0.99dbの改善が推定され、改善効果を金額に換算した成果は、年間約750万円であった。

4. 電子技術者向けの品質工学教材

サーミスタ（温度センサー）を使用した、温度センサー回路の最適設計の品質工学教材を考えたので、報告する。

図4の回路は、温度コントロールによく使用され、サーミスタ R_{th} の抵抗値により、温度が下がればLED

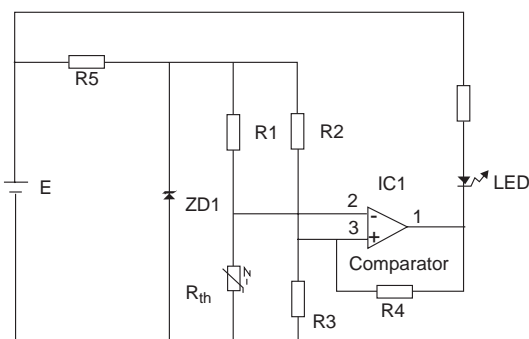


図4 温度センサー回路図

表4 温度センサー回路の制御因子

列	制御因子
A	抵抗値 (R1)
B	抵抗値 (R2)
C	抵抗値 (R3)
D	抵抗値 (R4)
E	抵抗値 (R5)
F	電圧 (E)
G	ツェナー電圧 (ZD1)
H	コンパレータ (IC1)

が点灯し、温度が上がればLEDは消灯する。R1～R4の抵抗値により、点灯・消灯する温度が変化する。目的の温度で点灯・消灯させるのに品質工学を用いてパラメータの最適化を行う（表4参照）。

各因子ごとに3水準値（最小、最大、標準）を設定し、計算で値を求める。その結果よりSN比を計算し、最適条件を求める実習が行える。結果が簡単にパソコンでシミュレーションができるので、結果の評価のしやすさが利点としてあげられる。

5. TRIZ（トゥリーズ）について

去年の10月に開催された第11回職業能力開発研究発表にて、ポスター展示を行った。その会場にて「中川メソッド」と「タグチメソッド」との違いについて質問を受けたが、その場では答えることができなかったため、この場を借りて回答する。

中川メソッドとは、正式にはTRIZ（トゥリーズ）といい、創造的な技術開発における技術課題を解決する方法である。もともとは旧ソ連の海軍の特許審査員G.S.アルトシュラーが、多数の特許の中には、似た発想や類似な考え方があり、いろんな技術に応用できると気づき、発明のパターンを抽出し、それを用いて、技術課題の解決方法を考案したものである。

現代の社会では、技術開発において、世界の競争が急激に激しくなっている。この競争に勝ち抜くには、技術的問題を解決して、新しいアイデアを作り出し、速やかに実現したもののみが生き残る。創造的な問題解決の力が、組織にも個人にも、もっとも

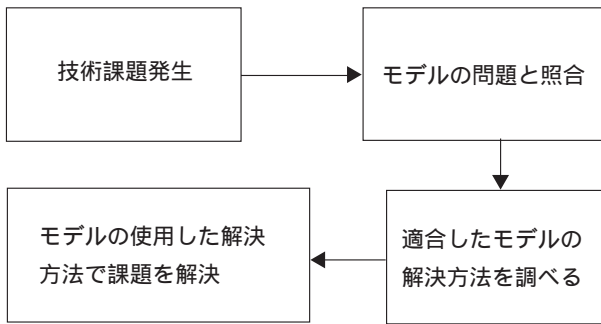


図5 TRIZの問題解決の手順

重要な能力となってきた。その創造性を革新するものとして注目されているのがTRIZである。

タグチメソッドとの違いは、TRIZは、アイデアの発想パターンを、過去の発明のパターンをモデル化したものから、同じものを探し、その発明で使った解決方法を用いて、新しい発明を行うというものである(図5参照)

タグチメソッドは、今まで説明したとおり、ばらつきを減らし製品の品質を安定させる条件を見つけるのが目的であるので、この点で大きな違いがある。

しかし、技術者は「タグチメソッド」や「TRIZ」などの素晴らしい方法をできるだけ多く学び、道具の1つとして使いこなす必要があると考える。1つの方法や考え方に固守するのではなく、状況に応じて、これらの新しい手法を適材適所で、いかにうまく使いこなせるかが大切だと思う。技術者の最終目的は、お客様に喜ばれる素晴らしい製品を開発できることが至上の喜びのはずだと私は思うからだ。

6. おわりに

品質工学は、いまだに発展し続けている学問であり、多くの企業が開発に取り入れている。大学においても講座を開設している所もある。しかし、品質工学が万能であると思っていない。TRIZの項でも述べたが、品質工学は1つの技術的解決の手法ととらえて、必要に応じて適用させればよいと考える。学生に対しても、手法の1つとして勉強し、必要に応じて、応用できる技術を身に付けさせたいと思っている。したがって品質管理の授業のなかで基礎だけでも修得できるように、実習を取り入れたカリキュラムを構築できないかと検討中であり、上記の温度センサーの回路や紙ヒコーキの滞空時間と距離を目標機能とした教材なども検討中である。

<参考文献>

- 1) 田口玄一：「電子・電気の技術開発」, 日本規格協会 .
- 2) 「再入門・品質工学」, 日経メカニカル, No.518, pp.28-52, 1997.11 .
- 3) 矢野宏：「おはなし品質工学」, 日本規格協会 .
- 4) 朝山厚：「非接触電位センサの最適化」, 『品質工学』, 第6巻, 第6号, pp.53-59, 1998.12 .
- 5) 奥定樹, 小柳正史：「電子回路のアース機能の機能性評価」・伊藤広, 室岡好範, 奥定樹：「BGAリフロー半田付けの評価」, 『品質工学』, 第9巻, 第2号, pp.48-55, pp.71-75, 2001.4 .
- 6) 「品質工学会」
<http://www.qes.gr.jp/>
- 7) 「TRIZホームページ」
<http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/>