

パラダイムが形成されていない学生における 品質工学の教育事例検討

北陸職業能力開発大学校 二ノ宮進一
職業能力開発総合大学校 東江 真一

1. はじめに

近年、品質工学の手法が多くの企業、研究機関で用いられるようになった。また、その重要性、即効性から、不景気を打破する手段として、今まで品質工学を知らなかった新しい企業が、導入を試みようとしている。富山県下においても多くの企業が参加しており、社内教育はもちろんのこと、異業種のさまざまな企業から技術者が集まって研究会を発足し、毎月1回事例検討会を開催している。品質工学に対する期待の大きさがうかがえる。

品質工学を学ぶに当たり、企業においてその導入を考えている人は、たいてい何らかの成功例を持った人であり、それぞれ個々に自己のパラダイムを形成しているため、このパラダイムを変換しなさいという品質工学の創始者である田口先生の教えることに苦労し、また努力している。

このような背景の中、まだ自己のパラダイムが形成されていない専門課程の学生に対して、品質工学の手法を学ばせることは非常に有効なことでありと考える。また、技術の新しい考え方を学び、開発・研究の仕方、実験の方法を習得することは意義のあることである。さらに、品質工学を少しでも理解してくれれば、本人だけでなく彼らが就職していく企業においても大いに役に立つことであろう。

そこで、短期間でわかりやすい効果的な教育方法として、実際に品質工学による実験が体験できて、しかも学生が興味を示すような教育事例を検討し、実施したので報告する。

2. 講義の設定と教育方法

2.1 授業時間および方針

授業の対象者は、機械システム系産業機械科の学生22名である。品質工学という講座は、富山商船高等専門学校¹⁾のように、当大学校では設けていないため、実際に授業を行うためには、現在のカリキュラムを工夫する必要がある。そこで、筆者が担当しているシステム設計演習という講座を借りることにし、系での了承を得て、毎週水曜日の午後2コマ3時間を6回、計18時間を品質工学の演習として割り当てることができた。

本来、システム設計演習はFAシステム設計に必要な知識の習得が目的の演習科目であるため、設計作業が主となる。このことを考慮して、実技を中心とした教育になるように、また、時間的な制約から、以下のような教育目標を設定した。

品質工学の手法を最低限理解し、今後、勉強していきたいという意欲と興味を持たせる。

パラメータ設計について、静特性の解析を通して実際に体験させ、一連の流れを理解させる。

動特性について理解させ、ばらつきに対する認識と重要性を理解させる。

技術に対する新しい考え方を紹介する。

2.2 教育方法および授業内容

まず、はじめに悩んだことは、学生に対して品質工学という言葉をどの時点で使用すべきか、ということである。パラダイムが形成されていない学生た

表1 演習内容と時間

項目	計画時間	実施
紙飛行機的设计【1】	実習2時間	3時間
紙飛行機的设计【2】	実習6時間	5.5時間
ワープロ作業における安定性の評価	実習3時間	2.5時間
品質工学について	講義6時間	6時間

ちにとって、品質工学やタグチメソッド、ましてや技術の考え方などをはじめから講義形式で教育しても、指導者の質にもよるのであろうが、その教育効果は薄いことは明白である。

そこで、ほとんどの学生が興味を示し、かつ理解できないことがないように、表1に示す演習中心の教育を行うことにした。そして、必要な事項のみを随時説明していきながら、最後に品質工学についての講義につなげることにする。

題材には、専門の知識を有さなくてもよいように、誰もが最低限の知識を持っている紙飛行機と、ワープロ作業を取り上げた。表1の時間については、合計の概算であり、実習の中には、実験計画およびSN比の計算方法のレクチャーも含まれている。

紙飛行機的设计【1】では、4人グループにおいて、10折り以内の紙飛行機を、一因子実験により設計させる。

紙飛行機的设计【2】では、6班を2つに分け、それぞれの紙飛行機を制御因子として考え、直交表を利用して実験を行う。

ワープロ作業における安定性の評価では、ばらつきについて理解し、動特性を考慮した実験を行う。

品質工学についてでは、実験の仕方、考え方を通して、機能性での評価、さらにロバスト設計について理解する。

3. 紙飛行機的设计における事例研究

3.1 紙飛行機の一因子実験における設計

最初に、設計に当たり、紙飛行機に求められる機能について討論した。学生から以下のようなことがあげられた。

滞空時間が長いこと

まっすぐ飛ぶこと

形がきれい

誰が投げても飛ぶ など

今回の実験では、品質工学の手法を学ぶことが主たる目的であるので、ここでは、基本機能の議論は行わなかった。よって、計測が比較的容易と思われる滞空時間について、最適な紙飛行機を作成してもらうことにし、また、については誤差因子として考えることにした。したがって、およびについては考慮しないことにする。

用紙は100×100の正方形に限定し、制約条件として10折り以内とした。

学生は、幼い頃を回想しながら、熱心に紙飛行機を作った。また、競争意識も相まって真剣に取り組んでくれたが、予定時間を大幅に経過してしまった。

3.2 SN比と直交表を用いた実験

次に、グループごとに選定した6機の紙飛行機の優劣をつけるのと同時に、紙の材質、大きさ、さらには飛行機中心部の接着方法について、それぞれ3水準ずつ設け、最適な条件を選択する課題を与えた。実際に実験を行う場合、すべての因子の組み合わせを考えると膨大な実験となる。効率的な実験手法を持たない学生たちは困ったようである。たいていの学生は一因子実験を提示してきた。そこで、SN比と直交表を用いた実験について、その意義と活用方法を説明し、実際に最適化実験のプロセスを体験させることにする。

(1) 実験の目的

滞空時間の長い紙飛行機を設計するに当たり、因子と水準が増えるほど、要因配置法では実験回数が膨大となる。よって、品質工学の手法を用いて、効果的にパラメータ設計を行い、最適な紙飛行機設計条件を検討する。さらには、実験の善し悪しまでを判断させる。

(2) 計測特性値の測定方法

滞空時間の長さだけを問題にしているのので、ストップウォッチにて飛行時間を測定し、静特性の望大特性にて解析する。紙飛行機が手から放れた瞬間か

表2 制御因子と水準

制御因子	水準 1	水準 2	水準 3
A 折り方	A ₁	A ₂	A ₃
B 紙の材質	コピー紙	上質紙	OHP紙
C 紙サイズ	50×50	100×100	200×200
D 接着方法	なし	2カ所 ホッチキス	両面テープ

ら、地面へ着地するまでの時間を滞空時間とする。今回の実験では、特別に工夫せずに、教官一人の独断で計測することにする。

(3) 紙飛行機設計の制御因子

制御因子には、表2に示すように4つの因子をそれぞれ3水準設けた。Aの折り方については、6班の代表であるため6水準存在する。多水準作成法も考えたが、実験を簡単にするため、6班を2つに分け、2つの実験として別々に実験を行うことにした。Dの接着方法については、すべての紙飛行機において中心部に折り目が設けてあったため、その部分を接着するか否かによる影響を調べることにした。接着方法は、前後のホッチキス2カ所と両面テープによるものである。

制御因子の数は4つなので、それぞれの因子と水準をL₉直交表に割り付けて実験を行った。

また、これらの因子ごとの寄与率を求めることができるように、分散分析の手法を簡潔に説明し、得られたデータの意味が理解できるようにした。

(4) 誤差因子の選定

学生から誰が投げても飛ぶものにしたいという要望があったため、投げる人を3人選出し、誤差因子とした。これは、繰り返しによるものとも考えられる。環境を考えて室内と屋外も設定したが、実験日が無風であったため、屋外だけで実験した。紙飛行機の劣化等も考慮するつもりであったが、今回は最初の実験のためあまり複雑にせず、わかりやすい実験を計画した。また、紙飛行機の投げ方については、ほぼ同一とし考慮しないことにする。

(5) 実験結果および学生の反応

学生には、L₉直交表の意味があまりよくわからなかったようであるが、とりあえず言われたとおりに

表3 データとSN比の一例

	N ₁	N ₂	N ₃	SN比
1	1.13	1.30	1.31	1.85
2	1.51	1.57	1.21	2.93
3	2.52	1.24	2.20	4.71
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表4 B, Dプーリング後の分散分析表

Source	f	S	V	
A 折り方	2	10.20	5.10	19.79
C 紙サイズ	2	19.94	9.97	46.67
e	4	6.07	1.52	33.54
T	8	36.21		100

実験を進めていった。実験結果の一例を表3に示す。

得られたデータから、SN比を求め、分散分析を行った。分散分析結果を表4に示す。SN比の計算から、プーリングした分散分析および要因効果図の作成まですべて手計算で行われた。そこでの学生の反応は、大変興味深いものであった。計算式の羅列であったため、多少モチベーションを心配したが、分散分析結果および要因効果図を見て大変驚いていたようである。SN比および分散分析の計算においても、他人任せでなく、自分から率先して行うことが確認できた。新しい技術を身につけたいということもあり、真剣に取り組んでいたようである。また、幼いときに、よく慣れ親しんできた事例であるため、実験の意図が明確に把握できている様子であった。

今回の実験の範囲内において、最も寄与する因子は、用紙サイズであることがわかった。折り方については、約20%の影響を及ぼしている。

要因効果図から最適条件を推定すると、A₃ - B₁ - C₃ - D₃となり、現行条件をすべて第2水準と仮定すると、約4.4dbの利得が期待できる。

(6) 確認実験

学生に、確認実験の重要性をしっかりと認識させてから、確認実験を行った。結果を表5に示す。表5には推定値も合わせて記述した。確認実験の結果か

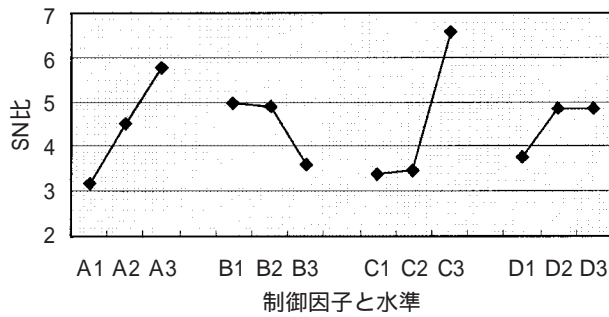


図1 要因効果図

表5 SN比の推定値と確認実験の比較〔db〕

		最適条件	現行条件	利 得
SN比	推定	8.73	4.31	4.42
	確認	10.11	5.12	4.99

ら、SN比の利得はほぼ再現していると言える。また、別のグループで行っていた実験においても同様な実験結果が得られ、再現性も確認できた。

(7) 紙飛行機による事例のまとめ

学生の品質工学に対する意識の向上、実験方法のインパクトとしては、十分な事例であったと思う。上記の実験を通して、実験計画の方法から、最適条件の推定、確認までの一連の流れを理解できた。学生の感想の中には、今回の制御因子の不足部分を指摘し、投げ方を含めた実験をL₁₈でやりたいとの頼もしい意見もみられた。また、紙飛行機の劣化や飛ばす環境など、外乱や内乱による誤差因子の取り方などを提案する学生も見受けられた。時間の都合上、実施は不可能であったが、今回の事例は、導入段階で問題とされる品質工学の難しさ、抵抗感はクリアできたものと考えられる。

4. ワープロ作業における安定性の評価

4.1 目 的

品質工学のキーポイントとなる動特性による解析を理解させるため、3人1組でグループとなり、キーボード入力の安定性を評価してみることにした。ここでは、ばらつきに対する考え方を理解させることが目的である。アルファベットを繰り返し入力し

表6 入力文字数のデータ

		M_1	M_2	M_3
A_1	N_1	42	94	189
	N_2	68	152	309
計		110	246	498
A_2	N_1	43	87	166
	N_2	60	85	208
計		103	172	374
A_3	N_1	30	70	125
	N_2	42	118	174
計		72	188	299

てもらい、時間に対する入力文字数の安定性を評価する。学生には感度が重要であるとして、競争意識を高め、実験を行った。

4.2 因子と水準

(1) 制御因子 被験者 A

A_1, A_2, A_3

(2) 信号因子 時間 M

$M_1 = 20, M_2 = 40, M_3 = 60$ 〔秒〕

(3) 誤差因子 入力方法 N

$N_1 =$ 単一入力 (a, b, c, ...))

$N_2 =$ 連続入力 (aa, bb, cc, ...))

4.3 割り付けとデータ

それぞれの被験者について、 N_1, N_2 をそれぞれの信号因子の時間ごとにタイピングしてもらい、その文字数をカウントした。得られたデータは表6のようになった。

4.4 SN比解析および結果

表6で得られた文字数データを、動特性におけるゼロ点比例式にて解析した。動特性による解析と同様にして、学生には電卓による手計算で行わせた。制御因子ごとに分散分析表を作成して、SN比および感度を算出した結果の一例を図2、図3に示す。

図2、図3に示した例は、教育者側として大変有益な結果が得られたものを抜粋している。すなわち、感度の高かった被験者が、必ずしもSN比が高い結

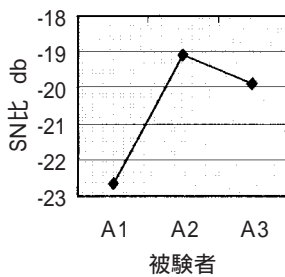


図2 SN比

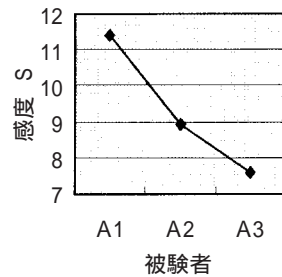


図3 感度

果を得られなかったものである。学生は、このような結果を見ることで、再度ばらつき的重要性を認識したようである。また、この事例の終了後において、学生が企業に就職してから加工機などのベンチマークなどを同様の手順で行えることや、直交表と組み合わせることにより、最適条件の選定など幅広く利用できることを付け加えた。実際に事例に適用した直後であったために、学生への教育効果は非常に高いものであったと、学生の感想を通して確認することができた。

5. 今後の課題

自己のパラダイムが形成されていない専門課程の学生に対して、品質工学を学習するうえでの導入段階での抵抗をなくすために、身近な事例を用いて教育を行った。品質工学の講義へもスムーズに移行でき、予想以上に興味を持ってもらえたようである。授業時間以外でも学生から質問や参考文献の斡旋などを依頼されることもあった。さらに、卒業研究に品質工学の考え方をうたいたいとの要望もあった。

しかしながら、機能性による評価という観点についてみると、学生全員がその考え方を理解するには少々時間数が足りなかったようである。機能性での評価すなわちロバスト設計を理解することが可能な事例を検討する必要がある。さらに、専門分野に固執しないような、わかりやすい実践的な事例または教育方法の確立が望まれる。

今年6月に開催された第8回品質工学研究発表大会において、教育・普及というセッションの中で、いくつかの社内展開での例が報告されている。一例を示すと、セイコーエプソン株式会社の方々が発表

されたタイトルは以下のようなものである。

ゼンマイ駆動玩具を用いた社内動特性研修用教材の開発 寺石 他3名

なお、残念ながら、今回このセッションへの学校関係機関からの参加はなかった。

6. おわりに

今回行った教育は、品質工学のほんの一部であったが、今後、学習しようという意欲を持たせるには十分な内容であった。今回の教育では、勉強するための足がかりとして設定していることや、品質工学の神髄を理解するためには努力が必要であることを付け加えたが、学生はむだになる技術ではないことや、技術に対する新しい考え方の概要はおぼろげながら理解してくれているようである。また、学生によっては、企業の取り組み状況を察知して、就職にも優位になるのではという意見もあった。

筆者もまだ完全に品質工学を理解できているわけではなく勉強中である。このような教育を通して学生とともに理解していければと考えている。

今回の事例は、専門課程の学生だけでなく、さらに早い時期の段階、すなわち高校生や中学生にも理解できる内容であると考えられる。これからもこのような事例も多く出てきて、偏ったパラダイムが形成される前の早い段階において、品質工学が教育されることを期待している。

参考文献

- 1) 浜本智：「高等専門学校における品質工学の講義」, 品質工学, Vol.5, No.2, p.16-23, 1997.
- 2) 田口玄一：「品質評価のためのSN比」, 品質工学講座3, 日本規格協会, 1989.
- 3) 矢野宏：「品質工学入門」, 日本規格協会, 1995.
- 4) 上野憲造：「機能性評価による機械設計」, 日本規格協会, 1995.
- 5) ニノ宮進一・東江真一：「品質工学への試み」, 職業能力開発技術誌, Vol.33~Vol.34, 1998.
- 6) ニノ宮進一・東江真一：「超砥粒ホイールを用いた研削加工の最適化」, 品質工学, Vol.6, No.6, p.40-46, 1998.
- 7) 品質工学会：「第8回品質工学研究発表大会論文集」, QES2000, 2000.