

品質管理の座学講義に Excel 演習を課した実践教育の教育的効果

吉村 忠与志^{1*}、青山 義弘²

福井工業高等専門学校¹ 物質工学科、²電子情報工学科
〒916-8507 福井県鯖江市下司町
*tadayosi@fukui-nct.ac.jp

Educational Benefit of Practical Education – Use of an Excel Tool to Incorporate Practical Training into Classroom Lectures on Quality Control –

Tadayosi YOSHIMURA^{1*}, Yoshihiro AOYAMA²

¹Department of Chemistry and Biology Engineering, ²Electronics and Information Engineering
Fukui National College of Technology, Geshi-cho, Sabae, Fukui 916-8507, Japan
*tadayosi@fukui-nct.ac.jp

(Received December 7, 2007; Accepted December 18, 2007)

In general, quality control education consists mainly of classroom lectures. The practical education program introduced recently was taught by a lecturer who had a first-hand experience as an engineer in the field of quality control. Thus, students had the opportunity to learn about the actual quality control measures taken by companies. During the computer sessions, an Excel analytical tool was used to provide practical insight into statistical quality control. The educational benefit of this practical education program was measured using principal component analysis. The achievement of each student attending the program was analyzed.

The textbook used during classroom lectures was created specifically for the purpose of this program. It has been published by Science House and is available at bookstores.

Key words: Quality control education, Engineer education, Curriculum, Textbook, Statistical quality control, Excel features.

1. はじめに

日本は、国策として科学技術立国を目指しており、工業高専をはじめとする高等教育機関において技術者教育を推進している。以前の就職戦線では、課外活動などで体力をつけた学生が求められ、企業にとって必要な作業管理に伴う技術は1年ないし半年間の企業研修を通して教育してきたために、「品質管理」等の生産現場で必需となる教科は企業任せとなっていた。学校ではその基礎となる統計学や統計処理法を基礎教科として担当してきた。しかし、今日の企業採用担当者は生産現場ですぐ活躍できる能力

を持った学生にターゲットを絞り、頭でっかちで手が動かない人には採用の手を伸ばそうとはしないのが現状である。

座学講義「品質管理」は福井高専開学以来、必要な科目としてカリキュラムに挙げて、企業で行われている実践教育を行い、さらに、Excelを用いて統計的品質管理の技能を実践演習した教育成果を報告する。

2. 講義の内容

福井高専物質工学科でカリキュラム化されている座学

講義「品質管理」を担当するに当たり、現在の社会ニーズを踏まえて、2006年度は16週に対して下記のようなシラバスを設定し教育を実行した。

1. シラバスの説明、品質管理の概要
2. ISO9001 その1
3. ISO9001 その2
4. ISO9001 その3
5. ISO9001 その4
6. 企業における品質管理事業の事例1
7. " 品質管理事業の事例2
8. 中間試験
9. 試験の返却と解答、統計処理の基礎
10. データの解析 度数分布とパレート図
11. " 推定と検定
12. 管理図の基礎理論
13. 実験計画法（分散分析）
14. 確率分布（母不良率に関する検定と推定）
15. 期末試験
16. 試験の返却と解答、授業アンケート

中間試験までは、品質管理を実践している2つの企業、信越化学工業株式会社と株式会社福井村田製作所から講師を派遣していただき、企業で実践している品質管理事業の一端を解説し、座学講義を行った。両会社ともISO9001を取得し品質管理事業を実践している。中間試験は座学講義の内容から出題し履修評価を行った。

後半は、統計的品質管理を中心にExcelによる演習を実践した。テキストには書き下ろした「Excelによる品質管理」を用いた。Excel標準装備の『分析ツール』を最大限に利用して、品質管理の処理技能を身につけようとするものである。特に、パレート図、管理図、分散分析について記述する。このテキストはサイエンスハウスから発売しており、ExcelファイルがCD添付されており、即戦学習に適している。個々のExcel処理法についてテキストを参照されたい。

2-1. パレート図

パレート図は、製品の不良内容について層別して、不良

発生頻度の比率を表示した図であり、横軸に不良の内容件数と累積比率%をプロットするが、内容件数より累積比率%の項目数が1つ多いため、第2X軸を用いる特殊なテクニックが必要である。参考のためにパレート図を図1に示す。

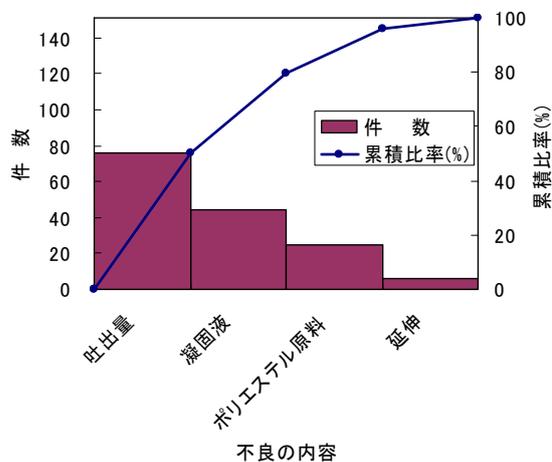


Fig.1 Pareto diagram

2-2. 管理図

管理図は、製品生産における工程管理に必要なものであり、計量値の管理図と計数値の管理図がある。ここでは、計量値の管理図の代表である $\bar{x}-R$ 管理図(平均値と範囲の管理図)を図2に示す。

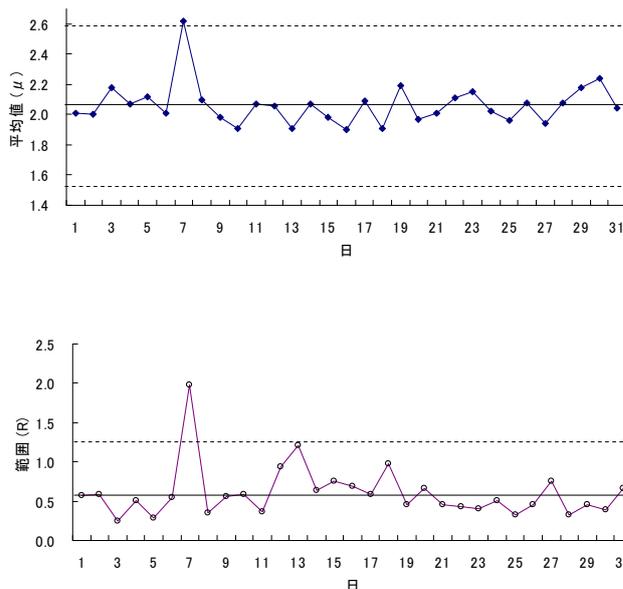


Fig.2 $\bar{x}-R$ control chart

2-3. 分散分析

実験計画法として分散分析が用いられる。分散分析は Excel の『分析ツール』の中に準備されており、一元配置、繰り返しのある二元配置、繰り返しのない二元配置の 3 つの計算ツール(図 3)が用意されている。ここでは、繰り返しのない二元配置の分散分析についての計算結果を図 4 に示す。

これら 3 つの処理法以外に、統計分布、相関関係、推定と検定、回帰分析、工程管理図、タグチメソッド、二項確率紙による検定などの Excel 演習による品質管理技能の向上を目指して教育している。

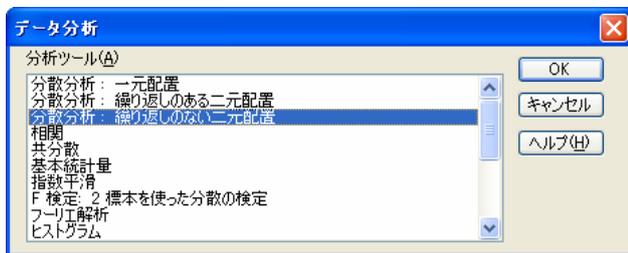


Fig.3 Content of Analysis Tool

| 分散分析：繰り返しのない二元配置 | | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------|
| ロット (%) | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | | |
| B ₁ | 52.22 | 52.06 | 51.72 | 51.84 | | |
| B ₂ | 52.28 | 51.78 | 51.62 | 51.64 | | |
| 分散分析：繰り返しのない二元配置 | | | | | | |
| 概要 | 標本数 | 合計 | 平均 | 分散 | | |
| B1 | 4 | 207.84 | 51.96 | 0.049866667 | | |
| B2 | 4 | 207.32 | 51.83 | 0.095066667 | | |
| A1 | 2 | 104.5 | 52.25 | 0.0018 | | |
| A2 | 2 | 103.84 | 51.92 | 0.0392 | | |
| A3 | 2 | 103.34 | 51.67 | 0.006 | | |
| A4 | 2 | 103.48 | 51.74 | 0.02 | | |
| 分散分析表 | | | | | | |
| 変動要因 | 変動 | 自由度 | 分散 | 観測された分散比 | P-値 | F 境界値 |
| 行 | 0.0338 | 1 | 0.0338 | 3.149068323 | 0.174066 | 10.12796 |
| 列 | 0.4026 | 3 | 0.1342 | 12.50310559 | 0.033443 | 9.276619 |
| 誤差 | 0.0322 | 3 | 0.010733 | | | |
| 合計 | 0.4686 | 7 | | | | |

Fig.4 Dispersion analysis : Calculation result of two-way layout without repetition

3. 講義の実施

まず企業で実践されている現場の品質管理として、ISO9001 についての講義があった。ものづくりの話題から始まり、品質管理とは「消費者の要求する品質が十分に

満たされていることを保証するために生産者が行う体系的活動」と定義した。良い製品の条件として、品質(Q)、価格(C)、納期(D)、サービス(S)、環境(E)を整えることを挙げ、Q を重視した管理の必要性を強調した。品質重視と品質保証に対する責任を育成するためにデミングサークル(PDCA)を回し良い製品を製造し、顧客満足を獲得することを解説した。

現場の品質管理の講義に対して下記のような内容の中間試験を学生に課した。問の文末の()内数字は各問で評点満点である。

- 品質管理におけるよい製品となる条件について理解していることを記述しなさい。さらに、QCDS に加えて、E とは何かを記述しなさい。
- デミングサークルについて理解していることを記述しなさい。
- 工程品質管理において 5S の徹底が図られるが、それらの具体的な事項を記述しなさい。
- 品質管理に関する下記の項目の定義について、理解していることを記述しなさい。
(1) 品質管理、(2) QC7 つ道具、(3) 3 現主義、(4) TS16949、(5) 管理工程図
- 品質に影響を与える要因を 6 つ挙げて、その要因を取り除く方法を記述しなさい。
- ISO9001(2000 年度版)における品質マネジメントの 8 原則を挙げて、それぞれについて説明しなさい。

中間試験後の講義では、品質管理に必要な QC7 つ道具とされる処理技法について Excel 標準装備機能を用いてコンピュータ演習を実施した。ヒストグラム、パレート図、散布図、管理図、特性要因図、実験計画法(分散分析)、チェックシートなどについて学習した。

後半の講義・演習に対して下記のような期末試験を学生に課した。

- 次の文章において[]の中に最も適切な語句を選び、その記号を解答欄に記述しなさい。
品質管理は、[①]に基づく管理とも言われる。これは、

[②]や[③]のみに頼って管理していくのではなく、[①]を示す[④]で実態を把握し原因と結果の関係を調べ、プロセスの良し悪しを判断し、[⑤]を回していく活動を展開することである。

[選択肢] (a)経験 (b)データ (c)PDCA (d)事実 (e)勘

[解答欄] ① _____ ② _____ ③ _____ ④ _____ ⑤ _____

2. 次の手法に関して関連する語句を選択し、その記号を解答欄に記述しなさい。

①パレート図 ②散布図 ③管理図 ④特性要因図 ⑤ヒストグラム

[選択肢] (a)大骨展開 (b)相関 (c)UCL (d) 富士山型 (e)不良層別

[解答欄] ① _____ ② _____ ③ _____ ④ _____ ⑤ _____

3. プリント基板のハンダ工程での機能検査で発見された不良品を内容別に層別したのが表データである。これよりパレート図を作成しなさい。

| 不良の内容 | 不良品の個数 |
|---------|--------|
| 部品不良 | 43 |
| ボンド不良 | 23 |
| ハンダ付け不良 | 76 |
| 誤配線 | 6 |
| 取付け不良 | 14 |
| 欠品 | 4 |
| 合計 | 166 |

4. 品質管理における管理図について、どのようなものがあるかを具体的に記述しなさい。

5. 次のような処理温度(°C)のデータ群に対して、二元配置による分散分析を行い、それぞれの因子間の交互作用についても説明しなさい。

| | メーカー A1 | メーカー A2 | メーカー A3 |
|---------|---------|---------|---------|
| 処理温度 B1 | 46 | 39 | 28 |
| 処理温度 B2 | 69 | 68 | 57 |
| 処理温度 B3 | 81 | 83 | 73 |
| 処理温度 B4 | 58 | 55 | 47 |

4. 試験評点と主成分分析

この講義は選択科目であり、これを受講した学生は物質工学科 5 年生 28 名である。中間試験と期末試験の成績を散布図に示したのが図 5 である。

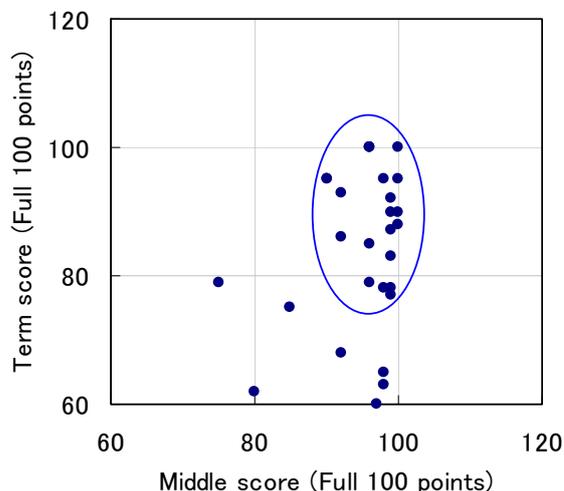


Fig.5 Relationship of the middle score and the term score

The students in the circle had good scores.

期末試験では、Excel を用いたコンピュータ演習処理を行わせたので、ある学生の解答(問 3, 4, 5)の一部を図 6 に示す。

図 1 中の丸で囲んだ部分の学生は熱心に受講した学生であり、優れた成績を残した。丸囲みから外れた学生も 60 点以上を獲得し、単位を取得している。丸囲みから外れたものは学生番号 3, 4, 5, 9, 13, 17, 28 の 7 名であった。

さらに、Excel 演習の教育的効果を調べるために、期末試験の各問題についての成績評価を表 1 に示す。

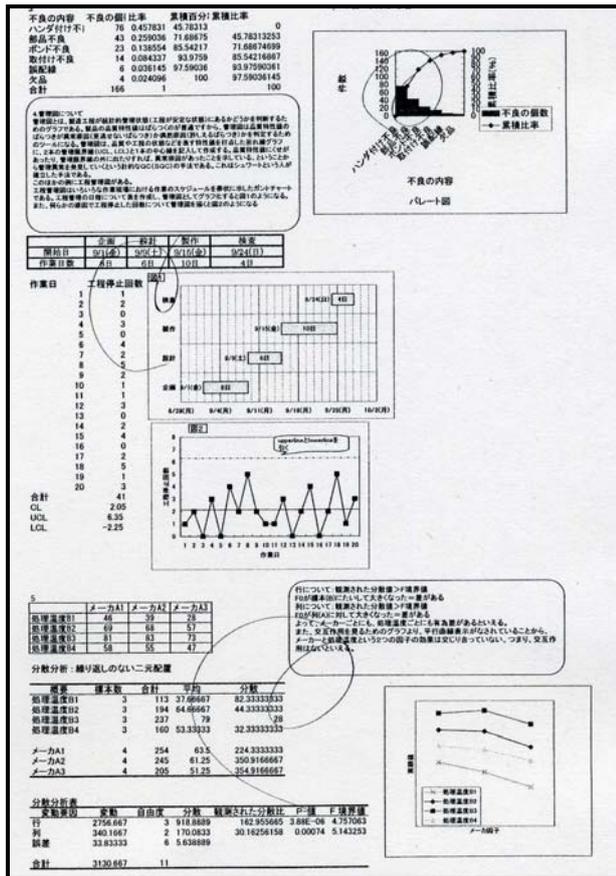


Fig.6 Part of the answer paper (Question 3,4,5) by some students.

Table 1 Score grade on each problem of the term examination.

| Student# | Q.1 | Q.2 | Q.3 | Q.4 | Q.5 | Total |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1 | 20 | 20 | 15 | 20 | 15 | 90 |
| 2 | 20 | 20 | 15 | 10 | 12 | 77 |
| 3 | 20 | 20 | 15 | 10 | 10 | 75 |
| 4 | 20 | 20 | 12 | 10 | 0 | 62 |
| 5 | 20 | 4 | 15 | 10 | 16 | 65 |
| 6 | 20 | 20 | 20 | 12 | 16 | 88 |
| 7 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| 8 | 20 | 20 | 20 | 20 | 12 | 92 |
| 9 | 4 | 20 | 15 | 10 | 14 | 63 |
| 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| 11 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 95 |
| 12 | 20 | 20 | 15 | 15 | 16 | 86 |
| 13 | 20 | 20 | 4 | 20 | 4 | 68 |

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|-----|
| 14 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 85 |
| 15 | 20 | 20 | 15 | 8 | 15 | 78 |
| 16 | 20 | 20 | 20 | 8 | 15 | 83 |
| 17 | 20 | 20 | 15 | 5 | 0 | 60 |
| 18 | 20 | 20 | 15 | 9 | 15 | 79 |
| 19 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 95 |
| 20 | 20 | 20 | 15 | 8 | 15 | 78 |
| 21 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 95 |
| 22 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| 23 | 20 | 20 | 20 | 20 | 13 | 93 |
| 24 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 95 |
| 25 | 20 | 20 | 20 | 12 | 15 | 87 |
| 26 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| 27 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 90 |
| 28 | 20 | 20 | 20 | 19 | 0 | 79 |

このデータを元に主成分分析を行ったところ、図7のようなK-Lプロットとなった。そのときの各主成分に対する累積寄与率と因子負荷量を表2に示す。

主成分分析の結果、第2主成分軸までの累積寄与率は57.4%であった。図6をみると、成績優秀な学生は第1主成分軸と第2主成分軸の原点付近にクラスターを形成している。それから外れた学生は6名であった。図中にそれらの学生番号を示したので、表1の成績と比べ合わせてみることにする。

Table 2 Accumulation contribution ratio and factor load for each principal component.

| PC Axis | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | |
|-------------|-------|-------|--------|---------|---------|
| AC ratio | 0.355 | 0.574 | 0.780 | 0.909 | |
| Factor load | Q.1 | 0.255 | -0.263 | 0.889 | -0.231 |
| | Q.2 | 0.188 | -0.823 | -0.435 | -0.239 |
| | Q.3 | 0.814 | 0.103 | -0.0998 | -0.374 |
| | Q.4 | 0.702 | -0.311 | 0.0884 | 0.629 |
| | Q.5 | 0.720 | 0.494 | -0.175 | -0.0464 |

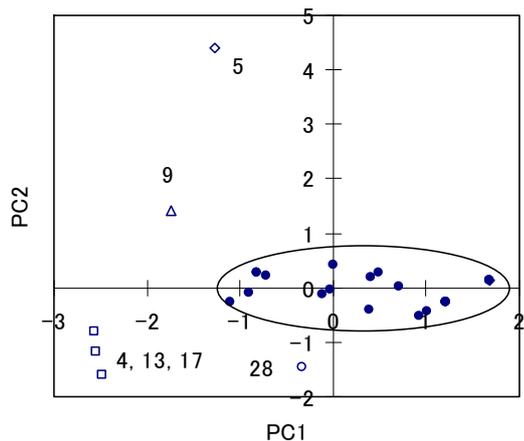


Fig.7 Principal component analysis of the result on the term examination

PC1:the first PC axis, PC2:the second PC axis.
The cluster near the origin was surrounded in the round. Number in the figure is student number.

表 2 から分かることは、第 1 主成分軸に因子負荷した問題は問 3, 4, 5 であり、いずれも Excel 演習課題である。第 2 主成分軸に因子負荷した問題は問 2 で選択問題であり、第 3 主成分軸に因子負荷した問題は問 1 で選択問題であった。

まずクラスタを作っている学生 4, 13, 17 について成績をみると、問 5(分散分析問題)が出来なかった学生である。問 5 が出来なかった者に学生 28 もいたが、この学生は先の 3 人とは問 3, 4 が出来ており、解答用紙を見ると、問 1 から 4 までの解答評点に自信があり、問 5 の解答を放棄した勘があり、この分析結果からも異質性が観察された。

丸囲みから外れた学生 9 については、問 1 に対して受講学生 28 人中たった一人不正解を出したことによるものであり、学生 5 は問 2 に対してたった一人不正解を出したことによるものである。問 2 が第 2 主成分軸に因子負荷

していることもあり、学生 5 は大きく軸から外れていた。

図 1 で丸囲みクラスタから外れたものは学生番号 3, 4, 5, 9, 13, 17, 28 の 7 名であったのに対して、図 2 では 6 名で、学生 3 が主成分分析では抽出されなかった。その理由を考えると、その学生は期末試験の問 3, 4, 5 で評点が低かったが総じて評点があったためである。

以上の成績評価を考えると、学生 4, 13, 17 は Excel 演習において成績が悪く、総合点 60 点以上で合格したものの、Excel での処理技能が評価基準に達していないことが判明した。

謝辞

座学講義「品質管理」を実行する際に、講師を務めていただいた、信越化学工業株式会社的小林巳喜男氏と石坂史朗氏および株式会社福井村田製作所の北畑進氏に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) らくらく ISO9001 講座「口語訳 ISO9001: 2000」；
<http://www.est.hi-ho.ne.jp/atk-uno/>
- 2) 吉村忠与志、Excel による品質管理、サイエンスハウス(2006)
- 3) 上田太一郎監修、Excel でできる統計的品質管理入門、同友館(2005)
- 4) 内田治、菅民郎、『Excel 品質管理』のための統計分析の本、エスミ(2003)
- 5) 吉村忠与志、厳選 Excel で解く問題解決のための科学計算入門、技術評論社(2005)
- 6) 吉村忠与志、青山義弘、技術者のための Excel 活用研究、トランジスタ技術スペシャル、No.78 (2002)
- 7) 吉村忠与志、地球的視点からの技術者教育の実践とその教育的効果、工学教育、53-4, pp.40-45(2005)