

品管實務期末報告

——鈕釦的量測變異分析——

學號：C44921371

學生：陳玟伶

指導老師：潘浙楠

目 錄

第一章	研究動機與目的	1
一、	研究背景與動機	1
二、	研究目的	1
第二章	研究文獻與原理的探討	2
一、	前言	2
二、	Classical GR & R法	2
三、	ANOVA法	3
第三章	量測實驗的進行	6
一、	要因分析	6
二、	量測儀器的使用	6
三、	量測產品與實驗儀器	6
四、	量測參數的決定	7
五、	實驗進行步驟	7
第四章	實際資料分析	8
一、	量測資料分析	8
二、	GR & R Study	10
三、	製程能力指標之估計	11
第五章	結論	12
	參考文獻	13
	附錄	14

第一章 研究動機與目的

一、研究背景與動機

鈕釦也寫成鈕扣，又稱扣子。是服裝或其他衣著（如鞋子）上所附的一個配件，通常是圓形的。鈕扣通常可以用來將兩個分離的部分接合，也有一些純粹只是裝飾用途。雖然只是小小的扣子，但在服裝業是不可或缺的小配件。

會進行這次的研究，是對於廠商在製造鈕釦的時候，其直徑大小是否一致產生興趣。如果其產品變異太大，生產出來的產品中有一定比例會無法使用，便有可能使製作的服裝不美觀，必須進行改善。因此以這學期在品管實務課程所學到的量測方法來看看扣子是否符合規格，並探討量測方面是否有所誤差。

二、研究目的

◎ 應用所學—

經過一學期的品管實務課程，學到許多實務應用上的理論，以進行實驗的方式來驗證所學的理论和實際量測上是否有所出入。

◎ 量測儀器之精密度是否適當—

利用 P/T Ratio 可以看出量測是否穩定，包含量測員是否穩定，及量測儀器是否穩定。

◎ 產品變異—

檢測各個產品的直徑是否呈現一致。

第二章 研究文獻與原理的探討

一、前言

在評估量測變異時，除了課本提到的 Classical GR&R 法以外，在江巧玉學姊的研究論文中也看到了以 ANOVA 的角度來評估量測系統的量測變異，因此先對上述兩種評估方法的原理作探討。

二、Classical GR&R 法

這種方法是沿用品質管制圖 $\bar{X}-R$ Chart 中以“以全距來估計變異數”的觀念。這種方法由於計算簡單，所以非常適合比較沒有統計觀念的檢驗員。以下簡述 Classical GR&R 法的適用條件和使用方法：

1. 適用條件： \bar{R} 必須皆落在 R Chart 的管制界線內，其目的是使量測系統具有鑑別能力。

2. 使用方法：

(1) 首先以 \bar{R}/d_2 估計重複性 (Repeatability) 的變異如下所示：

$$\bar{R} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{R}_i$$

$$\hat{\sigma}_{repeatability} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

其中 \bar{R}_i 為第 i 個操作元重複量測樣本所得全距的平均數。

(2) 再以 R_X/d_2 估計再現性的變異如下所示：

$$R_X = \bar{X}_{\max} - \bar{X}_{\min}$$

$$\hat{\sigma}_{reproducibility} = \frac{R_X}{d_2}$$

(3) 最後估計量測總變異：

$$\hat{\sigma}_{gauge}^2 = \hat{\sigma}_{repeatability}^2 + \hat{\sigma}_{reproducibility}^2$$

三、ANOVA 法

在相同的量測條件下（儀器設備、量測方法、環境狀態等）控制下，所設計之二因子實驗設計，以量測人員及待測物為兩個因子，採隨機效果的因子設計，其隨機效果模型如下：

$$y_{ijl} = \mu + P_i + O_j + (PO)_{ij} + R_{ijl} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, p \\ l = 1, 2, \dots, k \end{cases}$$

模型的符號意義：

y_{ijl} ：第 j 個量測員第 k 次量測第 i 個產品之量測值

μ ：代表量測平均數

P_i ：代表產品的效應

O_j ：代表量測員的效應

$(PO)_{ij}$ ：代表產品與量測員間的交互作用效應

R_{ijl} ：重複量測的效應

模型的基本假設：

1. $P_i \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_P^2)$

2. $O_j \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_O^2)$

3. $(PO)_{ij} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_{PO}^2)$

4. $R_{ijl} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_R^2)$

5. 所有樣本皆隨機抽取，且彼此獨立

6. 變異數 σ_P^2 、 σ_O^2 、 σ_{PO}^2 及 σ_R^2 均假設為常數

當所有數據量測蒐集完後，利用變異數分析法，可得 ANOVA 表如表 2.3.1 所示：

表 2.3.1：二因子之變異數分析表

變異來源 Source	平方和 SS	自由度 DF	均方和 MS	期望均方和 EMS
產品 Parts	SS _P	n-1	MS _P	$\sigma_R^2 + k\sigma_{PO}^2 + pk\sigma_P^2$
量測員 Operator	SS _O	p-1	MS _O	$\sigma_R^2 + k\sigma_{PO}^2 + nk\sigma_O^2$
產品*量測員 Parts*Operator	SS _{PO}	(n-1)(p-1)	MS _{PO}	$\sigma_R^2 + k\sigma_{PO}^2$
隨機誤差 Error	SS _R	np(k-1)	MS _R	σ_R^2
總和 Total	SS _T	npk-1		

由表 2.3.1 中的期望均方和運算求解，可得下列各項變異數的估計：

$$\hat{\sigma}_R^2 = MS_R$$

$$\hat{\sigma}_{PO}^2 = (MS_{PO} - MS_R) / k$$

$$\hat{\sigma}_O^2 = (MS_O - MS_{PO}) / nk$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = (MS_P - MS_{PO}) / pk$$

進一步可求得重複性變異、再現性變異及整個量測系統的變異，如下所示：

$$\hat{\sigma}_{repeatability}^2 = \hat{\sigma}_R^2 = MS_R$$

$$\hat{\sigma}_{reproducibility}^2 = \hat{\sigma}_O^2 + \hat{\sigma}_{PO}^2 = [MS_O + (n-1)MS_{PO} - nMS_R] / nk$$

$$\hat{\sigma}_{gauge}^2 = \hat{\sigma}_{repeatability}^2 + \hat{\sigma}_{reproducibility}^2$$

當量測員與產品的交互作用不存在時，可將其併入隨機誤差項中，可得不含交互作用的 ANOVA 表，如表 2.3.1 所示：

表 2.3.2：二因子不含交互作用項之變異數分析表

變異來源 Source	平方和 SS	自由度 DF	均方和 MS	期望均方和 EMS
產品 Parts	SS_P	$n-1$	MS_P	$\sigma_R^2 + pk\sigma_P^2$
量測員 Operator	SS_O	$p-1$	MS_O	$\sigma_R^2 + nk\sigma_O^2$
隨機誤差 Error	SS_R	$np(k-1) + (n-1)(p-1)$	MS_R	σ_R^2
總和 Total	SS_T	$npk-1$		

各項變異之估計如下所示：

$$\hat{\sigma}_R^2 = MS_R$$

$$\hat{\sigma}_O^2 = (MS_O - MS_R) / nk$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = (MS_P - MS_R) / pk$$

重複性變異、再現性變異及整個量測系統的變異，如下所示：

$$\hat{\sigma}_{repeatability}^2 = \hat{\sigma}_R^2 = MS_R$$

$$\hat{\sigma}_{reproducibility}^2 = \hat{\sigma}_O^2 = (MS_O - MS_R) / nk$$

$$\hat{\sigma}_{gauge}^2 = \hat{\sigma}_{repeatability}^2 + \hat{\sigma}_{reproducibility}^2$$

第三章 量測實驗的進行

一、要因分析

分析可能造成量測結果不一的原因如下：

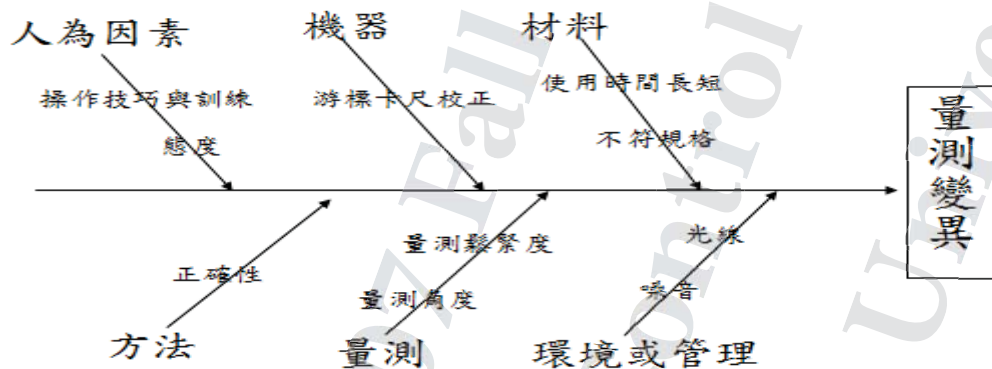


圖 3.1.1:鈕釦量測之魚骨圖—影響量測變異之 7M

二、量測儀器的使用

在本次實驗中，以避免其他因素來影響實驗結果，因此訂定統一量測準則，準則如下：

1. 統一量測的位置
2. 訂定相同量測手法
3. 每次量測完後均歸零
4. 使用相同的量測儀器

達成以上共識後，便正式開始進行量測實驗。

三、量測產品與實驗儀器

- ◎量測物品：圓形鈕釦
- ◎產品品質特性：鈕釦直徑
- ◎規格公差：0.4 mm
- ◎量測儀器：游標卡尺
- ◎量測儀器精密度：0.01 mm

四、量測參數的決定

- ◎產品數：30 個
- ◎量測人員數：2 人
- ◎總量測次數：2 次
- ◎總共進行實驗次數： $30*2*2=120$ (次)

五、實驗進行步驟

1. 先隨機抽取扣子。
2. 再隨機指派量測員。
3. 當兩位量測員均對該鈕釦完成一次量測後，再進行下個扣子的隨機選取。
4. 重複上述步驟直到 30 個鈕扣均完成量測為止。
5. 再以相同步驟進行第二輪的量測實驗。

當紀錄完所有數據後，以 Classical GR&R 法及 ANOVA 法進行量測系統的評估。

第四章 實際資料分析

一、量測資料分析

(1) Classical GR&R 法

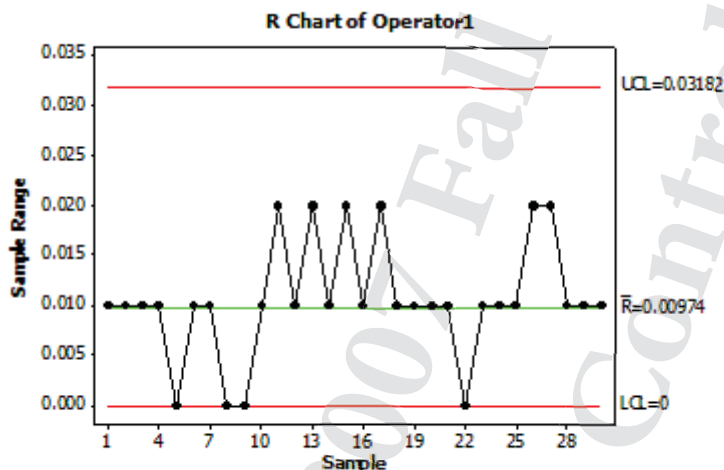


圖 4.1.4:R Chart of Operator1

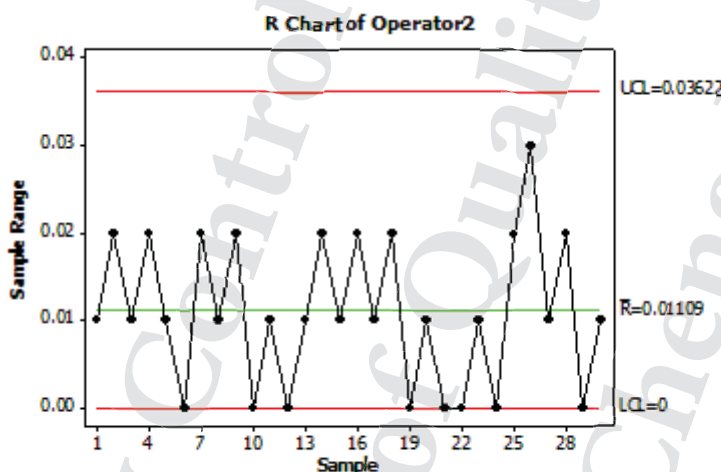


圖 4.1.2:R Chart of Operator2

由圖 4.1.1 和圖 4.1.2 可看到兩位量測員的全距均落在管制界線內，因此能以 Classical GR&R 法來估計量測變異，由實際資料數據（見附錄）可算出下列數值：

$$\bar{R} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{R}_i = \frac{1}{2} (0.01067 + 0.011) = 0.010835$$

$$R_{\bar{X}} = \bar{X}_{\max} - \bar{X}_{\min} = 11.50517 - 11.50367 = 0.0015$$

因此重複性、再現性及量測總變異如下：

$$\hat{\sigma}_{\text{repeatability}} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.010835}{1.128} = 0.0096$$

$$\hat{\sigma}_{\text{reproducibility}} = \frac{R_x}{d_2} = \frac{0.0015}{1.128} = 0.00133$$

$$\hat{\sigma}_{\text{gauge}} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\text{repeatability}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{reproducibility}}^2} = \sqrt{0.0096^2 + 0.00133^2} = 0.00969$$

(2) ANOVA 法

將所量測的數據建立 ANOVA 表，如下表 4.1.1 所示：

表 4.1.1：變異數分析表(有交互作用)

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	29	0.249434	0.0086012	247.577	0.000
Operator	1	0.000068	0.0000675	1.943	0.174
Parts * Operator	29	0.001007	0.0000347	0.413	0.995
Error	60	0.00505	0.0000842		
Total	119	0.255559			

由表 4.1.1 可發現產品與量測員的交互作用不顯著 (p 值 > $\alpha=0.05$)，因此將交互作用項併入隨機誤差項中，得表 4.1.2，如下所示：

表 4.1.2：變異數分析表(無交互作用)

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	29	0.249434	0.0086012	126.373	0.000
Operator	1	0.000068	0.0000675	0.992	0.322
Error	89	0.006058	0.0000681		
Total	119	0.255559			

由表 4.1.2 可看出產品效應為顯著 (p 值 < $\alpha=0.05$)，而量測員效應是不顯著的 (p 值 > $\alpha=0.05$)，進一步透過第二章所述之方法可求得重複性、再現性及量測總變異的估計值，如下所示：

$$\hat{\sigma}_{\text{repeatability}}^2 = MS_R = 6.81 * 10^{-5}$$

$$\hat{\sigma}_{\text{reproducibility}}^2 = \max\{0, ((MS_O - MS_R) / nk)\} = 0$$

$$\hat{\sigma}_{\text{gauge}}^2 = \hat{\sigma}_{\text{repeatability}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{reproducibility}}^2 = 6.81 * 10^{-5}$$

二、GR & R Study

(1) Classical GR & R 法

表 4.1.3 : Classical GR & R 法的 GR & R Study

Source	VarComp	%Contribution	StdDev	5.15 * SD	%Study Var
Total Gage R&R	0.0000922	5.51	0.009604	0.049461	23.47
Repeatability	0.0000922	5.51	0.009604	0.049461	23.47
Reproducibility	0.00E-00	0.00	0.00E-00	0.00E-00	0.00
Part-To-Part	0.0015816	94.49	0.0397699	0.204815	97.21
Total Variation	0.0016739	100	0.0409131	0.210703	100
Number of Distinct Categories = 5					

$$P/T \text{ ratio} = \frac{5.15\hat{\sigma}_{\text{gauge}}}{USL - LSL} = \frac{0.049461}{0.4} = 0.124$$

(2) ANOVA 法

表 4.1.4 : ANOVA 法的 GR & R Study

Source	VarComp	%Contribution	StdDev	5.15 * SD	%Study Var
Total Gage R&R	0.0000681	3.09	0.00825	0.042487	17.58
Repeatability	0.0000681	3.09	0.00825	0.042487	17.58
Reproducibility	0.00E-00	0.00	0.00E-00	0.00E-00	0.00
Operator	0.00E-00	0.00	0.00E-00	0.00E-00	0.00
Part-To-Part	0.0021333	96.91	0.0461874	0.237865	98.44
Total Variation	0.0022013	100	0.0469184	0.24163	100
Number of Distinct Categories = 7					

$$P/T \text{ ratio} = \frac{5.15\hat{\sigma}_{\text{gauge}}}{USL - LSL} = \frac{0.042487}{0.4} = 0.106$$

由表 4.1.3 和表 4.1.4 中的 Repeatability 及 Reproducibility 兩項來看，其中 Repeatability 幾乎占了全部的量測變異，也顯示絕大部分的量測變異均來自於量測儀器的誤差，量測員所造成的變異幾乎為零。

按照業界大多採用的 QS9000 中 GR & R 判定準則，無論是以 Classical GR & R 法或 ANOVA 法所得到 P/T ratio 皆落在 10%~30% 之間，且 Number of Distinct Categories ≥ 5 ，表示量測系統雖不滿意但尚可接受。

三、製程能力指標之估計

由於以 ANOVA 法所估計之量測變異較為可信，因此以期估計之結果來計算鈕釦的製程能力指標，其中產品變異部分如下所示：

$$\hat{\sigma}_{actual}^2 = \hat{\sigma}_{total}^2 - \hat{\sigma}_{gauge}^2 = 2.2 * 10^{-3} - 6.81 * 10^{-5} = 2.13 * 10^{-3}$$

$$\hat{\sigma}_{actual} = \sqrt{2.13 * 10^{-3}} = 0.0462$$

鈕釦的規格公差為 0.4 mm，因此製程能力指標 C_p 如下：

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{0.4}{6 * 0.0462} = 1.44 < 1.67$$

顯示變異有點大，造成製程能力欠佳，需立即進行改善。

Quality Control 2007 Fall
Practice of Quality Control
National Cheng Kung University

第五章 結論

一、在進行量測實驗之前，必須事前訓練

由於第一次進行量測實驗時，沒有討論好一致的量測手法，且鈕釦很薄，易因角度的不同，還有施力的差異，所得到的結果並不好（量具造成的變異太大）。而第二次實驗，訂定一致量測手法，使得結果較可靠，所以必須事前訓練。

二、量測實驗中，應使用同一把量測儀器

由於量具之間必有誤差，同一零件使用不同把游標卡尺量出來的結果也不同，故為了減少誤差，使用同一把游標卡尺較好。

Quality Control 2007 Fall
Practice of Quality Control
National Cheng Kung University

參考文獻

- ◎潘浙楠、李文瑞，「品質管理」，華泰書局，2003，P67-134。
- ◎江巧玉，「量測系統重複性與再現性的分析研究」，成功大學碩士論文，1992。

Quality Control 2007 Fall
Practice of Quality Control
National Cheng Kung University

附錄

實際數據資料如下：

(1) 第一位量測員

樣本編號	第一次量測	第二次量測	Xbar	R
1	11.47	11.46	11.465	0.01
2	11.6	11.59	11.595	0.01
3	11.51	11.5	11.505	0.01
4	11.58	11.57	11.575	0.01
5	11.49	11.49	11.49	0
6	11.5	11.49	11.495	0.01
7	11.47	11.48	11.475	0.01
8	11.48	11.48	11.48	0
9	11.45	11.45	11.45	0
10	11.46	11.45	11.455	0.01
11	11.51	11.53	11.52	0.02
12	11.54	11.55	11.545	0.01
13	11.54	11.56	11.55	0.02
14	11.51	11.5	11.505	0.01
15	11.56	11.58	11.57	0.02
16	11.54	11.53	11.535	0.01
17	11.49	11.51	11.5	0.02
18	11.54	11.55	11.545	0.01
19	11.48	11.49	11.485	0.01
20	11.43	11.44	11.435	0.01
21	11.57	11.58	11.575	0.01
22	11.45	11.45	11.45	0
23	11.42	11.43	11.425	0.01
24	11.44	11.45	11.445	0.01
25	11.55	11.56	11.555	0.01
26	11.56	11.54	11.55	0.02
27	11.47	11.45	11.46	0.02
28	11.5	11.51	11.505	0.01
29	11.51	11.52	11.515	0.01
30	11.46	11.45	11.455	0.01
合計			345.11	0.32
平均			11.50367	0.010667

(2) 第二位量測員

樣本編號	第一次量測	第二次量測	Xbar	R
1	11.47	11.48	11.475	0.01
2	11.58	11.6	11.59	0.02
3	11.5	11.51	11.505	0.01
4	11.57	11.59	11.58	0.02
5	11.5	11.49	11.495	0.01
6	11.5	11.5	11.5	0
7	11.48	11.5	11.49	0.02
8	11.47	11.48	11.475	0.01
9	11.44	11.46	11.45	0.02
10	11.45	11.45	11.45	0
11	11.52	11.51	11.515	0.01
12	11.55	11.55	11.55	0
13	11.54	11.55	11.545	0.01
14	11.5	11.52	11.51	0.02
15	11.57	11.56	11.565	0.01
16	11.53	11.55	11.54	0.02
17	11.5	11.49	11.495	0.01
18	11.54	11.56	11.55	0.02
19	11.48	11.48	11.48	0
20	11.43	11.44	11.435	0.01
21	11.57	11.57	11.57	0
22	11.46	11.46	11.46	0
23	11.43	11.44	11.435	0.01
24	11.45	11.45	11.45	0
25	11.54	11.56	11.55	0.02
26	11.57	11.54	11.555	0.03
27	11.46	11.47	11.465	0.01
28	11.49	11.51	11.5	0.02
29	11.52	11.52	11.52	0
30	11.45	11.46	11.455	0.01
合計			345.155	0.33
平均			11.50517	0.011