

量測設備差異性評估與補償量估計之實務探討

王建智、蕭慧君

摘要

影像量測設備主要可分接觸式與非接觸式，目前廣泛運用於製造業於產品的品質評估。實務上，由於工廠量測設備不只限於一種機型，但不同設備產生的量測結果卻經常出現有不同品質判定的情況，導致工程師面臨量測系統不穩定的瓶頸問題。本研究提出針對兩種不同品牌量測設備差異性評估與補償量估算的方法。透過 Gage R&R 比對，探討不同影像量測設備差異性，並透過所估計的補償量，讓不同的量測設備具一致性的檢驗能力。在驗證上，以台北某 S 工廠為例，研究顯示使用快速量測設備加上補償值的量測結果，與原本 MV 量測機台的具有無顯著統計差異的結果。將成果導入在實際場域中，經評估可有效提升量測流程效率，並為公司節省一年約 1,584,000 元的品質成本。

關鍵詞：影像量測、量測系統分析、回歸分析、補償值

The practical study of differential evaluation of measurement equipment and compensation value estimation

Chien-Chih Wang & Hui Chun Hsiao

Abstract

Image measurement equipment can be divided into contact and non-contact measurement equipment, widely used in the manufacturing industry for product quality evaluation. Since the measurement equipment in a factory is not limited to one model, but the results from different equipment often result in different quality judgments, engineers are faced with the bottleneck of unstable measurement systems. In this study, we propose a method for evaluating the differences between two brands of measuring devices and estimating the compensation amount. Through Gage R&R comparison, we investigate the evaluation of the differences between different video-based measurement devices and estimate compensation value for the differences so that different measurement devices can have the same inspection capability, which makes the factory more efficient and saves time. In the case of a Taipei S factory, the study shows that using rapid measurement equipment plus the compensated estimated quantity is consistent with the original MV measurement machine. The specific benefits of implementing the results into the actual field were evaluated to save the company approximately \$1584,000 in quality costs and effectively increase the measurement efficiency.

Keywords: image measurement, measurement system analysis, regression analysis , compensation value

Chien-Chih Wang (Corresponding Author), Professor, Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University of Technology, E-mail: iecchwang@mail.mcut.edu.tw

Chun-Hua Chien, Master student, Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University of Technology, E-mail: N0721A110@o365.mcut.edu.tw

壹、緒論

近幾年電子產品市場競爭激烈，產品設計越來越精緻輕薄，筆記型電腦從體積龐大難以攜帶，變成外出可方便攜帶。除了外型變薄外，其相關零件也就越來越精緻，相對零件能調整的公差空間也就越來越嚴格。因應大眾需求，各家大廠持續精緻輕薄路線的研發方向，伴隨而來的就是規格越來越小，導致零件尺寸品質需要 100% 量測與品質分類。

量測在實務上通常被假設是精確的，許多後續製程品質分析都是以該假設為基礎。但在量測進行中可能會無法意識到量測系統中存在各種影響量測系統的量測變差，這些量測變差是影響到量測結論的關鍵因素(王建智，2020)。在 MSA 手冊對於顯示解析度的要求是公差和過程變差較小者的 1/10。以前質量管理活動偏重在產品控制時，按公差的 1/10 選擇量具，當前的質量管理活動強調過程控制，需要按過程變差的 1/10 來選擇。于正道等學者結合部分因子設計實驗，並利用標準塊規以接觸式量測方式進行 CMM 量測效能評估(于正道，馬志民，鄭博文，2009)。Jiang and Hsueh(2003) 提出用於 2D 測量的 CCD 攝像機和用於三維測量的激光探頭組成的量測系統，所提出方法可以進行快速進行混合的 3D 測量系統。林長慶(2006)結合模擬雜散光追跡及分析，再配合客製化及最佳化之雜散光濾除器元件設計，針對元件內外徑及長度、內壁面的幾何形狀、表面結構，以雜散光在其內壁面產生數次的折射與反射，進而衰減雜散光的能量改善精微量測系統之精確度。

本研究案例驗證廠商為 S 廠商，自 1990 年成立研發部門，目前是國際電腦大廠的 OEM、ODM 代工大廠，從研發、設計、產品製造生產電子類、電器類、電腦、資訊類、通信類、照相機、儀器等產品連接軸，來滿足客戶所需求(王建智、陳維鈞，2017)。近幾年因產品朝向輕薄短小的空間，相對產品空間被壓縮，僅能縮減尺寸公差，導致客戶要求規格尺寸需要有 100% 的量測歷程，以確保品質能夠達到目標。在量測設備需求日益增加，如何滿足產能需求與快速量測為 S 廠商現階段所面臨的挑戰。

本研究的量測對象為 S 工廠所製造的齒輪轉軸，該零件主要用於筆記型電腦內的樞紐組件，此齒輪轉軸與其對用的齒輪角度需要配對，才能正確組裝。齒輪轉軸(圖 1(a))量測角度為 53.91 度，其規格為 53.91 度 \pm 1 度與量測方式如圖 1(b)。A 機種開發初期因轉軸角度差異造成組裝異常，這些異常因無法重工，導致其不良率約為 30% 左右。報廢率增加，相對工廠成本也提升。在品保部要求下，該零件必須 100% 進行量測篩選角度與分類不同角度以精準組裝角度，才能夠提高良率。現階段的量測設備因

需要花費較長的量測時間導致量測進度落後，造成後製程因為零件短缺進而影響組裝進度。

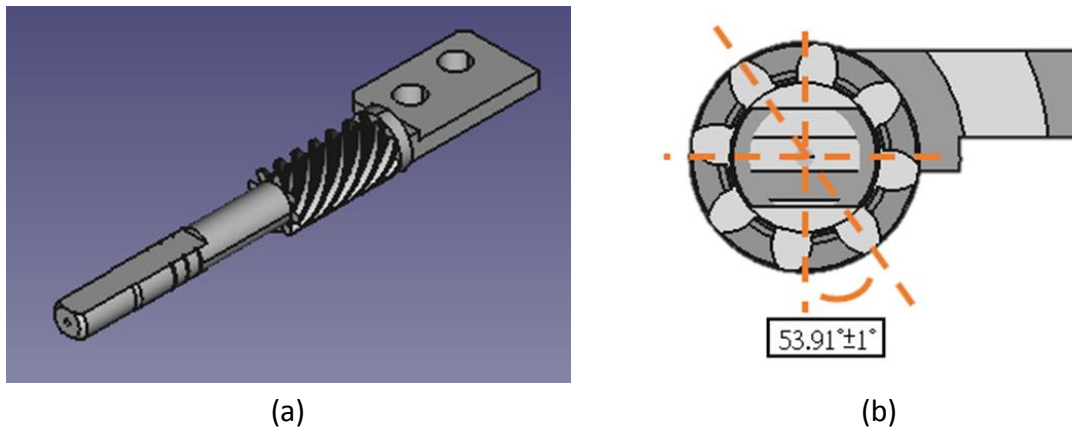


圖 1. (a)齒輪轉軸示意圖；(b)齒輪轉軸零件量測角度位置

由於工廠有不同廠牌的量測設備，故本研究將整合另一種量測設備，透過兩種量測設備進行補償值，來克服目前瓶頸以及協助與加速量測流程，以提升量測效率與檢驗品質。做法上，使用台超 MV 與基恩斯-快篩機兩種量測設備進行 Gage R&R 比對，確認其機台的再現性與重複性，並將此兩種設備的量測數據，進行差異性分析並應用回歸分析得到兩種量測設備的補償模式與補償值估計。

貳、影像量測設備

量測系統基本上可以分成簡單測量系統和複雜測量系統。以簡單測量系統來說，在一般情況下主要的變異是由量測設備、量具、操作者和量測方法所造成的。然而影響複雜測量系統的變異源相對要複雜無法追蹤或量化，甚至還需要其他的統計方法來確定其變異，形成適合某種特定複雜測量系統的分析程序。本研究探討的 S 工廠兩種影像量測設備，分別為台超 MV 與基恩斯-快篩機。目前廠內主要使用台超 MV 量測，以下為兩種量測設備說明。

(一). Micro VU Automated Vision Systems 非接觸式 2.5D 的量測儀器(楊善丞，2016)

VERTEX 是為一款輕巧且高密度的非接觸式影像量測儀，適用於量測較精密小的零組件、精密醫療零件、精密刀具、小型模具等特殊尺寸及幾何公差，並可搭配雷射、探針、旋轉軸等配件，達到全面性的量測，解析度可達 $0.1\mu\text{m}$ ，樣式如圖 2(a)所示。軟體畫面圖 2(b)分為五個區塊，第 1 區塊為量測圖形區：顯示量測的圖形；第 2 區塊為單元摘要區：顯示執行中單元的資訊；第 3 區塊為狀態顯示視窗：顯示座標、單元

及光源控制；第 4 區塊為影像擷取視窗區：顯示正在量測的影像及視覺工具；第 5 區塊為程式編輯區：顯示程式編輯列及相關單元工具。



圖 2. (a)台超 MV 設備；(b) 圖 2 台超 MV 螢幕畫面

(二). 基恩斯-影像量測儀器(楊善丞，2016)

僅需按單鍵執行數秒，既可以快速完成尺寸量測且具有自動辨識位置，輕鬆調整焦距，解析度可達 0.1um，如圖 3(a)所示。軟體畫面可分為 4 種測定模式：[連續測定]、[測定設定]、[統計・解析]、「連續測定」，如圖 3(b)所示。



圖 3. (a) 基恩斯-快篩機；(b) 基恩斯-快篩機畫面之測定模式

台超 MV 與基恩斯-快篩機設備解析度都相同，就量測時間基恩斯-快篩機較節省時間；鏡頭對焦部分台超 MV 鏡頭會伸縮定位 Z 軸，需要花費較多時間對焦；然而基恩斯-快篩機為花費數秒即可對焦完成。量測面向部分台超 MV 可寫程式將零件分多面去進行量測，但基恩斯-快篩機僅只能以一個平面進行量測。優缺點如表 1 所示。

表 1 台超 MV 與基恩斯-快篩機之優缺點

優缺點	台超 MV	基恩斯-快篩機
解析度	0.1um	0.1um
量測時間	慢(52 秒)	快(26 秒)
鏡頭對焦	需要花時間對焦	僅花數秒拍照完成
量測面向	可多面量測	僅一個平面量測

參、研究方法

本研究應用量測系統分析評估 S 工廠使用的二次元影像量測儀，來建立量具變異指標 EV 重複性(Repeatability)、量測者變異指標 AV 重要性(Reproducibility)及量測系統能力指標%GR&R 數值，藉此確認兩種量測設備整體性能精準程度與相關性比對。接著進行一次性的量測由方程式進行補償值的估計。

一、實驗流程

本研究實驗流程分成兩個部分，第一個為進行 Gage R&R 分析(Mandel, 1972；Montgomery, 1993)，第二部分為進行相關性分析與驗證。第一部分實驗流程如圖 4，先取樣 10PCS，請平常量測的人員(A、B、C)進行量測，針對 10PCS 中的每 1PCS 進行重複量測三次，總共三個人各量測出 30 筆數據，比較兩者機台數據差異，確認% R&R 是否為 30%以內，若是為量測系統可接受或可有條件接受才可繼續下一個步驟。第二個部分隨機取樣兩次各 45PCS，第一次對數據進行相關性分析，第二次對數據進行驗證，其實驗相關性流程如圖 5。

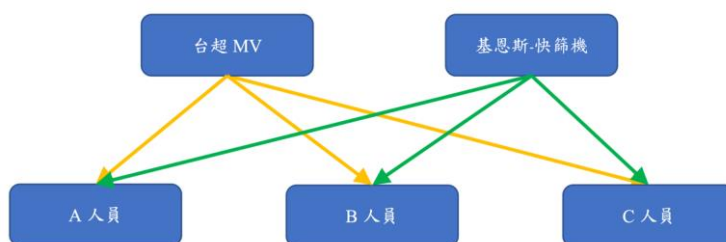


圖 4. 實驗 GR&R 流程

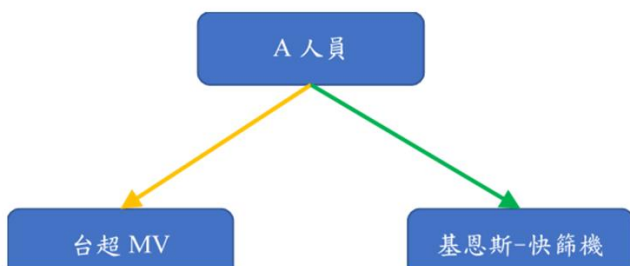


圖 5. 實驗相關性流程

第三次隨機抽驗 45PCS，將第二次與第三次的實驗結果作分析驗證。探討台超 MV 與基恩斯-快篩機兩種量測設備的數據比對與分析其差異性，藉此找出其回歸方程式，得到其補償值，實驗步驟如圖 6。

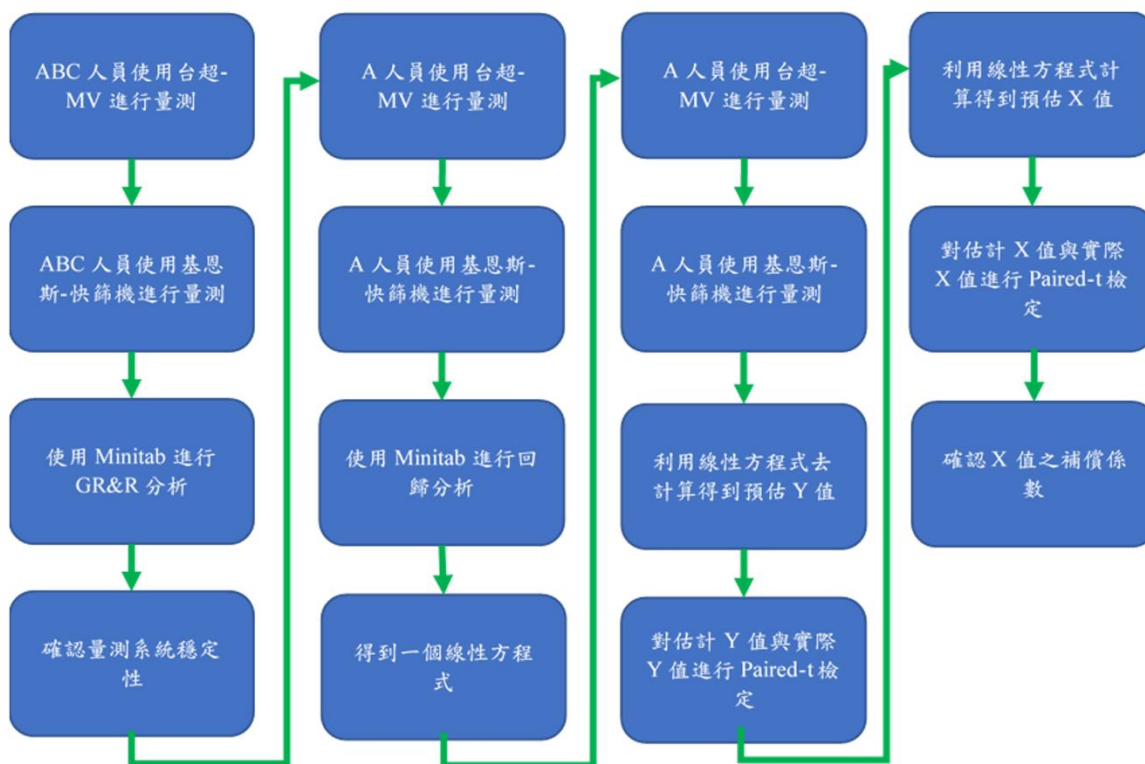


圖 6. 實驗步驟

為維持實驗的準確，列出下列注意事項：

- (1) 台超 MV 與基恩斯-快篩機實驗使用相同的樣品：讓操作員執行 Gage R&R 時，使用台超 MV 與基恩斯-快篩機時量測皆使用相同樣品。
- (2) 所有實驗均使用相同的人，相同的設備，相同環境：比較台超 MV 與基恩斯-快篩機對於 Gage R & R 數值上的差異與其相關性分析，因此人員、環境、在兩次實驗中必須一致，以排除其他可干擾實驗結果的因子。量測設備其溫度均位於在常溫

- 23 度左右，不容易受環境影響量測數據。
- (3) 使用儀器必須被校正：在實驗過程中，不希望儀器設備的變異影響到實驗結果。因此實驗前，所使用的影像式量測設備(MV 與快篩機)皆做過儀器校正。
 - (4) 樣品蒐集：使用為 10PCS 作 Gage R&R 實驗和兩組 45PCS 作相關性分析與驗證比對。以 MSA 手冊第三版建議樣品數大於等於 5($g \geq 5$)為好，其樣品數越多實驗越準確。
 - (5) 測試人員：從 QC 平日有在進行台超 MV 或基恩斯-快篩機量測作業的人員，隨機挑出三位分別是 A、B、C 共 3 位 QC 人員，均受過操作量測設備的教育訓練且通過檢驗認證。
 - (6) 實驗次數：實驗次數分兩種，Gage R&R 量測與相關性量測，第一 Gage R&R 部分為挑選 10PCS 樣品，每次實驗均使用相同樣本，讓 3 位同仁每人每 1PCS 量測 3 次，各別量測 30 次。在正常檢驗的環境下，請三位量測人員在台超 MV 與基恩斯-快篩機兩種設備下進行量測。第二相關性量測部分為抽驗 45PCS 讓 A 人員進行量測，再抽 45PCS 進行第二組的量測。

肆、模型建立與評估

一、個案問題描述

S 公司廠內檢驗設備以台超 MV 機台作為量測設備進行檢驗居多，但因量測時間過長與時效太久導致零件產出時間太久，造成組裝產線的延遲。以廠內現有兩台設備進行比較，台超 MV 量測 1 PCS 花費 52 秒，基恩斯-快篩機則僅花費 26 秒。如使用基恩斯-快篩機則可以有效將量測時間減少一半，也就是提升一倍的量測速度。但不同量測設備產生的量測差異，會導致判不一致的誤判現象，上下限的邊緣值會產生 OK 判 NG 或 NG 判 OK 現象，導致組裝後產生良率下降。

首先以特性要因分析(圖 7)，初期比對時發現輔助治具因無法有效的將工件固定，導致量測數據差異大，量測數據呈現再現性不好，故開立一個新輔助治具將工件限位在治具上，避免因工件偏移產生的量測值差異。

- (1) 篩選零件:避免因零件產生的測量誤差
- (2) 儀器部分:每年都會定期外校，每月定期校正機台參數
- (3) 輔助治具:因初期無完整固定，導致零件擺放到治具上會有歪斜現象，其量測值差異過大，故後續變更治具，將其工件外型限位，避免晃動產生的量測誤差。

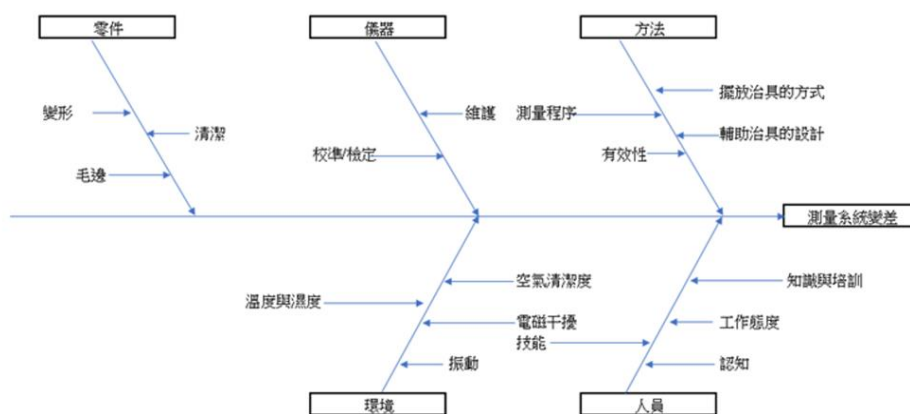


圖 7. 特性要因圖

圖 8 (a)為舊輔助治具，利用磁鐵吸附零件，但因左右並無可固定的地方，易產生零件歪斜現象，導致量測值變異大。圖 8 (b)為新輔助治具，將工件放於新輔助治具上，因有效的限位零件，使零件不會歪斜，降低測量差異性。

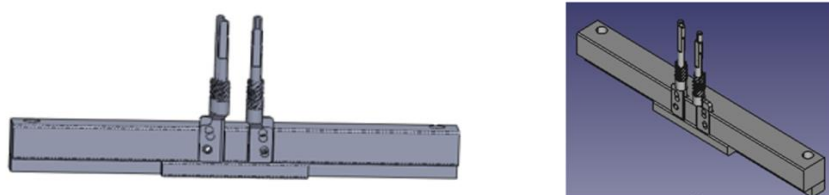


圖 8. (a)舊輔助治具；(b) 新輔助治具

二、台超 MV 量測實驗結果

台超 MV 設備進行量測得到 Gage R&R 的數據如表 2。

表 2. MV Gage R&R 的量測數據

MV設備	A			B			C		
1	54.42	54.564	54.452	54.442	54.363	54.381	54.469	54.376	54.324
2	54.859	54.711	54.856	54.838	54.816	54.862	54.781	54.911	54.834
3	54.052	54.144	54.088	54.037	54.032	54.046	54.104	54.109	54.025
4	54.957	54.881	54.852	54.651	54.656	54.725	54.648	54.681	54.62
5	54.452	54.429	54.434	54.297	54.443	54.343	54.508	54.5	54.522
6	55.052	55.028	55.101	54.991	55.099	55.021	55.053	55.087	55.02
7	54.502	54.499	54.459	54.399	54.409	54.491	54.453	54.507	54.525
8	54.027	54.007	53.98	53.996	54.016	54.053	54.044	54.058	54.087
9	55.197	55.303	55.227	55.044	55.07	55.054	55.184	55.153	55.218
10	54.9	54.938	54.914	54.889	54.985	54.921	54.861	54.968	54.893

分析結果如表 3，樣品 P 值小於 0.05 代表量測有顯著差異，操作員 P 值大於 0.05 代表不同的人沒有顯著差異。

表 3. Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
樣品	9	12.3360	1.37066	143.522	0.000
操作員	2	0.0620	0.03099	3.245	0.063
樣品 * 操作員	18	0.1719	0.00955	4.578	0.000
Repeatability	60	0.1252	0.00209		
Total	89	12.6950			

α to remove interaction term = 0.05

以表 4 來看，Part-To-Part 為 96.62%代表零件的變異大於其他的項目。以表 5 來看，百分比 18.38 為可接受的現象加上 NDC 的值大於 5 才有能力鑑別產品的好壞，NDC=7 代表量測系統良好狀態。

表 4. Variance Components

Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.005289	3.38
Repeatability	0.002086	1.33
Reproducibility	0.003203	2.05
操作員	0.000715	0.46
操作員*樣品	0.002488	1.59
Part-To-Part	0.151235	96.62
Total Variation	0.156523	100.00

表 5. Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.072724	0.43634	18.38
Repeatability	0.045675	0.27405	11.54
Reproducibility	0.056591	0.33955	14.30
操作員	0.026731	0.16038	6.76
操作員*樣品	0.049880	0.29928	12.61
Part-To-Part	0.388889	2.33333	98.30
Total Variation	0.395630	2.37378	100.00

由圖9來看，零件間變異大於其他項目、量測值皆無超過管制界限之外，代表人員量測穩定、大部分的點都超出管制界限代表變異來自於零件間，代表零件有鑑別度、零件的平均值與變異數的變化，即組內變異小，組間變異要大。

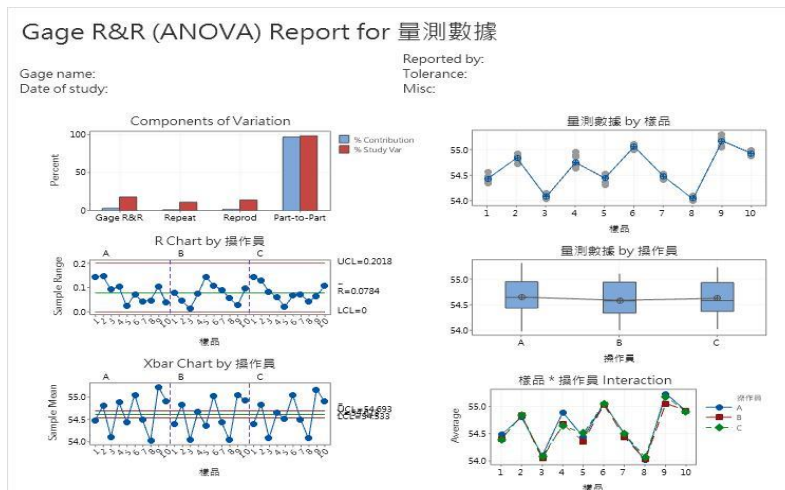


圖 9. 台超 MV Gage R&R (ANOVA) 圖形解析

三、基恩斯-快篩機量測實驗結果

從基恩斯-快篩機設備進行量測得到 Gage R&R 的數據，如表 6 所示。

表 6. 基恩斯-快篩機 Gage R&R 的量測數據

快篩	操作員A			操作員B			操作員C		
1	54.720	54.750	54.690	54.680	54.700	54.720	54.700	54.670	54.610
2	54.890	54.930	54.940	54.840	54.880	54.870	54.910	54.860	54.900
3	54.280	54.270	54.220	54.290	54.310	54.300	54.280	54.270	54.260
4	54.280	54.320	54.280	54.260	54.270	54.240	54.300	54.260	54.250
5	54.550	54.590	54.620	54.720	54.780	54.790	54.680	54.680	54.620
6	55.010	55.020	55.060	55.010	55.010	55.040	54.970	54.910	54.910
7	54.610	54.590	54.610	54.620	54.640	54.650	54.610	54.620	54.630
8	54.250	54.220	54.260	54.270	54.270	54.280	54.220	54.220	54.200
9	55.200	55.180	55.190	55.150	55.160	55.210	55.170	55.130	55.160
10	55.120	55.130	55.100	55.150	55.160	55.180	55.050	55.070	55.060

由表7來看，樣品P值小於0.05代表量測具有顯著差異，操作員-P值大於0.05代表不同的人沒有顯著差異。

表 7. Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
樣品_1	9	9.84777	1.09420	249.023	0.000
操作員_1	2	0.02698	0.01349	3.070	0.071
樣品_1 * 操作員_1	18	0.07909	0.00439	7.664	0.000
Repeatability	60	0.03440	0.00057		
Total	89	9.98823			

α to remove interaction term = 0.05

由表8 Part-To-Part為98.26%代表零件的變異大於其他的項目。由表9百分比13.21為可接受的現象加上NDC的值大於5才有能力鑑別產品的好壞，NDC=10代表量測系統良好狀態。

表 8. Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.002150	1.74
Repeatability	0.000573	0.47
Reproducibility	0.001577	1.28
操作員_1	0.000303	0.25
操作員_1*樣品_1	0.001274	1.03
Part-To-Part	0.121089	98.26
Total Variation	0.123239	100.00

表 9. Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 x SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.046368	0.27821	13.21
Repeatability	0.023944	0.14367	6.82
Reproducibility	0.039707	0.23824	11.31
操作員_1	0.017411	0.10446	4.96
操作員_1*樣品_1	0.035687	0.21412	10.17
Part-To-Part	0.347979	2.08787	99.12
Total Variation	0.351054	2.10633	100.00

Number of Distinct Categories = 10

從圖 10 零件間變異大於其他項目、量測值皆無超過管制界限之外，代表人員量測穩定、大部分的點都超出管制界限代表變異來自於零件間，代表零件有鑑別度、零件的平均值與變異數的變化，即組內變異小，組間變異要大。

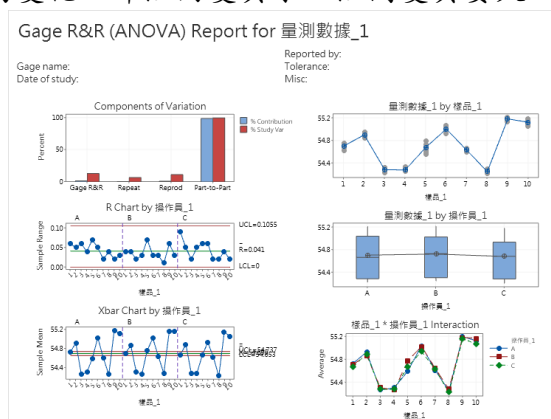


圖 10. 基恩斯-快篩機 Gage R&R (ANOVA)圖形解析

四、相關性實驗結果

隨機抽驗 45PCS 進行 MV 與快篩機其相關性分析，量測數據如表 10。

表 10. 相關性分析之量測數據

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MV	53.943	53.904	53.454	53.771	53.733	54.018	53.692	53.891	53.823	54.018
快篩	54.020	54.060	53.830	54.040	53.860	54.170	54.040	54.010	54.170	54.340
編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MV	53.170	53.090	53.210	53.250	53.050	53.150	53.070	53.190	53.070	54.420
快篩	53.210	53.130	53.290	53.270	53.090	53.220	53.210	53.320	53.110	54.720
編號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
MV	54.859	54.052	54.452	55.052	54.502	54.027	55.197	54.900	54.442	54.838
快篩	54.790	54.280	54.550	55.010	54.610	54.250	55.200	55.120	54.680	54.940
編號	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
MV	54.087	54.297	54.991	54.399	53.996	55.044	54.889	54.469	54.781	54.104
快篩	54.290	54.720	55.010	54.620	54.270	55.300	55.150	54.700	54.910	54.280
編號	41	42	43	44	45					
MV	54.508	54.453	54.044	55.184	54.861					
快篩	54.680	54.610	54.120	55.170	55.050					

針對這兩種設備進行相關性分析量測，利用量測值使用 Minitab 中迴歸分析建立線性方程式結果圖 11。線性方程式與 R-sq(adj)，R-sq(adj)數據越大越好，代表解釋力好且迴歸分析假設成立。方程式為快篩=0.281+0.9977MV，R-sq(adj)=96.82%代表解釋力很好。

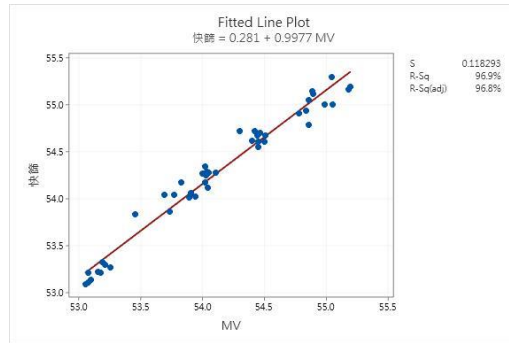


圖 11. Fitted Line Plot

五、驗證實驗結果

隨機抽驗 45 PCS 進行量測，第一：以實際值 X 計算出估計值 Y，進行比較快篩數據與回歸方程式預測的快篩數據如表 11。使用 Minitab Paired T-Test and CI 比較實際 Y 與估計 Y，得到表 12，發現 T-Value 與 P-Value 兩者數值差異性不大，此兩者之間並無明顯差異，代表此方程式可作為補償之參考值，其補償公式為(快篩數據-0.281)/0.9977，利用此補償公式可得到估計 Y 值，使用 Paired-t 知道實際 Y 值與估計 Y 值相似，代表此補償公式可使用。

表 11. 實際值 X 計算出估計值 Y

X為MV, Y為快篩										
編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
實際值	53.100	53.050	53.250	53.210	53.060	54.433	54.899	53.924	54.176	54.591
Y實際值	53.180	53.080	53.300	53.320	53.140	54.490	54.820	54.160	54.210	54.570
Y估計值	53.259	53.209	53.409	53.369	53.219	54.589	55.054	54.081	54.332	54.746
編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
實際值	54.592	53.831	53.995	53.904	53.519	53.771	53.708	54.018	53.677	53.891
Y實際值	54.570	54.160	54.040	54.060	53.830	54.040	53.830	54.170	54.010	54.010
Y估計值	54.747	53.988	54.092	54.061	53.677	53.928	53.865	54.175	53.835	54.048
編號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
實際值	53.923	54.018	54.452	54.856	54.088	54.434	55.101	54.459	53.980	55.227
Y實際值	54.170	54.340	54.590	54.980	54.120	54.720	55.060	54.610	54.260	55.190
Y估計值	54.080	54.175	54.608	55.011	54.245	54.590	55.255	54.615	54.137	55.381
編號	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
實際值	54.914	54.381	54.862	54.046	54.343	55.021	54.491	54.053	55.054	54.921
Y實際值	55.100	54.720	54.920	54.300	54.790	55.040	54.650	54.280	55.360	55.180
Y估計值	55.069	54.537	55.017	54.203	54.499	55.175	54.647	54.210	55.208	55.076
編號	41	42	43	44	45					
實際值	53.090	53.080	53.210	53.220	53.070					
Y實際值	53.210	53.220	53.250	53.240	53.110					
Y估計值	53.249	53.239	53.369	53.379	53.229					

表 12. 估計值 Y 與實際值 Y 相關性比較

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
快篩實際值(Y)	45	54.2089	0.6613	0.0986
快篩預估(Y)	45	54.2196	0.6520	0.0972

Estimation for Paired Difference

Mean	StDev	SE Mean	95% CI for $\mu_{\text{difference}}$
-0.0107	0.1254	0.0187	(-0.0484, 0.0269)

$\mu_{\text{difference}}$: population mean of (快篩實際值(Y) - 快篩預估(Y))

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$
T-Value	P-Value
-0.57	0.569

第二：以實際值 Y 計算出估計值 X，進行比較快篩數據與回歸方程式預測的快篩數據如表 13，使用 Minitab Paired T-Test and CI 比較實際 X 與估計 X，得到表 14，發現 T-Value 與 P-Value 兩者數值差異性不大，此兩者之間並無明顯差異，代表此方程式可作為補償之參考值，其補償公式為 “快篩數據=0.281+0.9977 MV”，利用此補償公式可得到估計 X 值，使用 Paired-t 知道實際 X 值與估計 X 值相似，代表此補償公式可使用。

表 13. 實際值 Y 計算出估計值 X

X為MV，Y為快篩

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y實際值	53.180	53.080	53.300	53.320	53.140	54.490	54.820	54.160	54.210	54.570
X實際值	53.100	53.050	53.250	53.210	53.060	54.433	54.899	53.924	54.176	54.591
X估計值	53.021	52.921	53.141	53.161	52.981	54.334	54.665	54.008	54.053	54.414
編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Y實際值	54.570	54.160	54.040	54.060	53.830	54.040	53.830	54.170	54.010	54.010
X實際值	54.592	53.831	53.985	53.904	53.519	53.771	53.708	54.018	53.677	53.891
X估計值	54.414	54.003	53.883	53.903	53.672	53.883	53.672	54.013	53.853	53.853
編號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Y實際值	54.170	54.340	54.590	54.980	54.120	54.720	55.060	54.610	54.260	55.190
X實際值	53.923	54.018	54.452	54.856	54.088	54.434	55.101	54.459	53.980	55.227
X估計值	54.013	54.184	54.434	54.825	53.963	54.564	54.905	54.454	54.103	55.086
編號	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Y實際值	55.100	54.720	54.920	54.300	54.790	55.040	54.650	54.280	55.360	55.180
X實際值	54.914	54.381	54.862	54.046	54.343	55.021	54.491	54.053	55.054	54.921
X估計值	54.945	54.564	54.765	54.144	54.635	54.885	54.494	54.123	55.206	55.026
編號	41	42	43	44	45					
Y實際值	53.210	53.220	53.250	53.240	53.110					
X實際值	53.090	53.080	53.210	53.220	53.070					
X估計值	53.051	53.061	53.091	53.081	52.951					

表 14. 估計值 X 與實際值 X 相關性比較

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
MV實際值	45	54.0630	0.6535	0.0974
MV預估值	45	54.0522	0.6628	0.0988

Estimation for Paired Difference

Mean	StDev	SE Mean	95% CI for
			$\mu_{\text{difference}}$
0.0107	0.1256	0.0187	(-0.0270, 0.0485)

$\mu_{\text{difference}}$: population mean of (MV實際值 - MV預估值)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$	
T-Value	P-Value	
0.57	0.569	

伍、結論

本研究針對 S 工廠的台超 MV 與基恩斯-快篩機兩種量測設備進行 Gage R&R 與相關性分析，建立回歸方程式估計補償值。一開始對兩種量測設備進行 Gage R&R。就場域驗證與效益來說，以 S 工廠 AXXX 機種為例，每個月客戶需求為 600000 套，零件需求為 600000PCS，平均一天需提供零件 3000PCS 給組裝線組裝，以工時一小時 200 元計算，不同量測設備所產生的工時成本差異，如下。

- (1) 以 3000PCS 需花費多少人事成本計算，一天以 8 小時計算，人工成本每小時 200 元計算，台超 MV 每 1PCS 花費 52 秒，基恩斯-快篩機每 1PCS 花費 26 秒。
- (2) 台超 MV：3000PCS 需花費 156000 秒的時間，換算小時約 44 小時左右，則 44 小時×200 元需花費 8800 元。
- (3) 基恩斯-快篩機：3000PCS 需花費 78000 秒的時間，換算小時約 22 小時左右，則 22 小時×200 元需花費 4400 元。

以 3000PCS 來看，基恩斯-快篩機可節省人力成本約 \$4400 元，如以此機種有 1 個月的 600000PCS 需求來看，可節省的成本約 88000 元(600000PCS/3000PCS=20 天；20 天×4400 元=88000 元)。換算此機種有 18 個月需求來看，88000×18 月=約可節省 1584000 元。

依此研究來看，使用基恩斯-快篩機，可以快速量測增加量測效率，也可以降低人工成本。未來研究參考方向，由此本研究以一個尺寸量測可得基恩斯-快篩機設備比台超 MV 設備可節省一半的時候，未來如果不只一個尺寸的量測，或許節省更多的時間。

參考文獻

- 王建智(2020)。六標準差製程優化與實踐課程教材。新北市：明志科技大學工業工程與管理系
- 王建智、陳維鈞(2017)。優化樞紐軸承設計品質之研究：以 S 公司為例。中華民國品質學會第 53 屆年會暨 2017 國際品質管理研討會，元智大學。
- 于正道, 馬志民, & 鄭博文(2009)。三次元量床接觸式量測系統之評估方法。品質學報, 16(3), 213-221.
- 林長慶(2006)。具雜散光濾除器之共焦三維量測系統介紹與建置。工程科技與教育學刊, 567-579
- 楊善丞(2016)。QA-7.1-W120 MICRO-Vu 2.5D 量測儀操作說明。新日興股份有限公司 ISO 文件。
- 楊仲涵(2016)。QA-7.1-W155 Keyence 精密投影量測操作說明_2 版 2 序。新日興股份有限公司 ISO 文件。
- Mandel, J. (1972). **Repeatability and reproducibility**. Journal of Quality Technology, 4(2), 74-85.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (1993). **Gauge capability and designed experiments. Part I: basic methods**. Quality Engineering, 6(1), 115-135.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (1993). **Gauge capability analysis and designed experiments. Part II: experimental design models and variance component estimation**. Quality Engineering, 6(2), 289-305.
- Jiang, B. C., & Hsueh, T. J. (2003). **Develop a methodology for evaluating a hybrid 3D noncontact measurement system capability**. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 20(5), 465-471.