

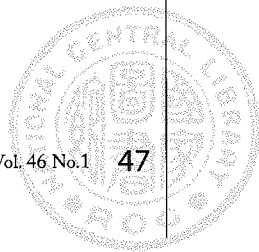
# 如何快速判讀量測系統 分析結果？

## How to Efficiently Judge the Results of Measurement System Analysis?

卡文 Chang, Calvin / 作者為台揚科技品保經理

某日市場裡，小林質疑賣瓜的老王斤兩不足。老王為證明童叟無欺，要小林一起用磅秤稱攤上的十顆西瓜。攤上的西瓜從外觀上即可看出大小明顯不同，想必重量差異很大。為求精確，老王和小林每個西瓜都分別量了三次。結果兩個人所量的瓜重大有出入，旁觀群眾鼓噪，都說今日方知老王是奸商，一齊擁到衙門告官。

青天大老爺問明緣由，吩咐師爺依樣畫葫蘆，也去量三遍，然後把三人的瓜重記錄下來。眾人只見大老爺左手撥著算盤，右手在紙上東畫西畫。突然間，驚堂木一拍！宣佈老王無罪開釋。大夥一頭霧水，欲知詳情，請見下文分曉。



## 量測系統分析之判讀原則

以下圖表(圖一~圖六)係利用 MS Excel 對 AIAG「量測系統分析(Measurement System Analysis, MSA)」參考手冊 Chapter III-Section B, Figure 12, p101 [1] 之數據所繪製(雖然得多花點時間處理,仍可產生類似Minitab gage study 制式圖表)。讀者可假設原始數據加一常數即為上述的西瓜重量,其中 Appraiser A、B、C分別代表老王、師爺及小林。

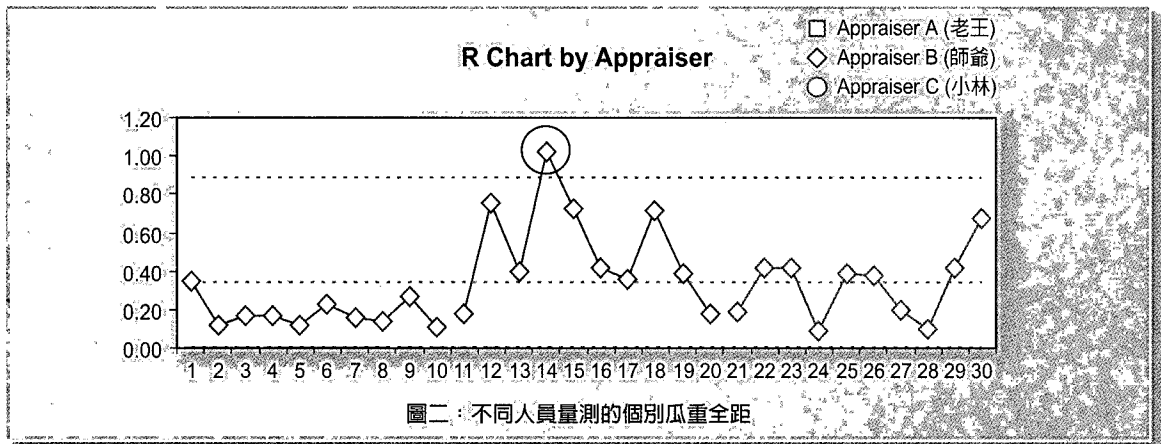
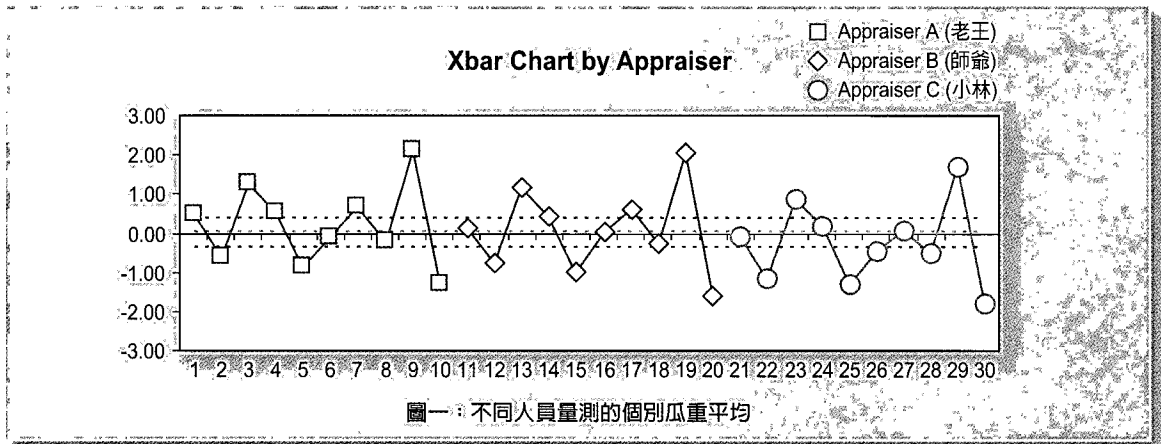
首先,我們看Xbar-R圖。從Xbar Chart(圖一)可以看到管制界限很窄,大部份數據點都

在管制界限外。這是因為MSA建議挑選差異大樣本所導致的必然結果,沒有什麼好擔心!

### 原則 1

量測系統分析應儘可能挑選差異大的待測物(最好是涵蓋50~120%的產品公差範圍),以利判別來自人員與儀器的量測誤差。

再看R Chart(圖二),除了師爺在稱第4顆西瓜時(即圖中橫軸第14點)超出管制界限,可能眼花記錯;還有三次量測的差異也比較大,看來師爺搖筆桿在行,拿秤可不行。老王量測差異最小,可能是經驗老道,但也可能是作假?



**原則 2**

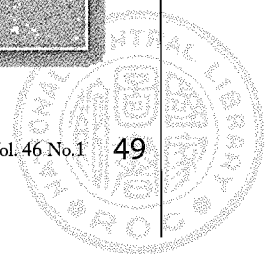
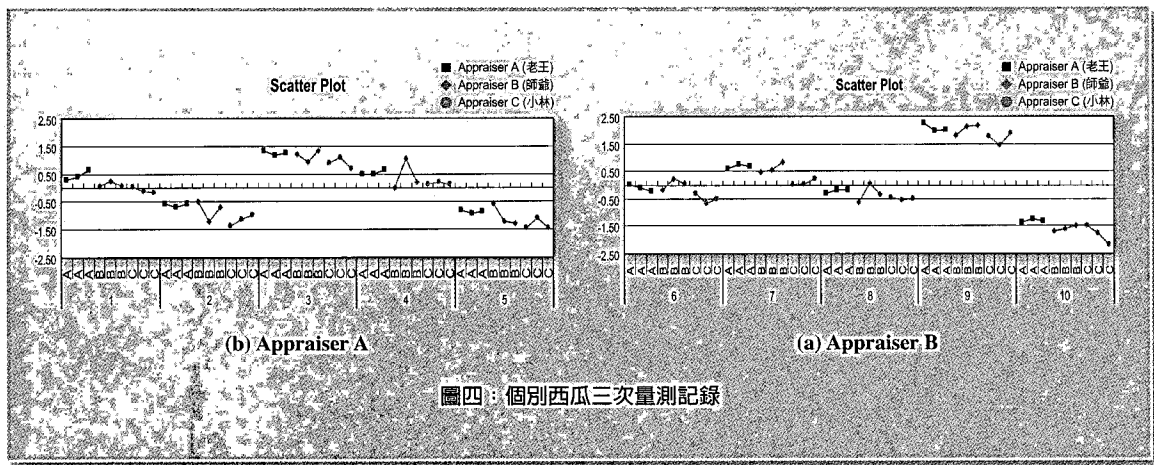
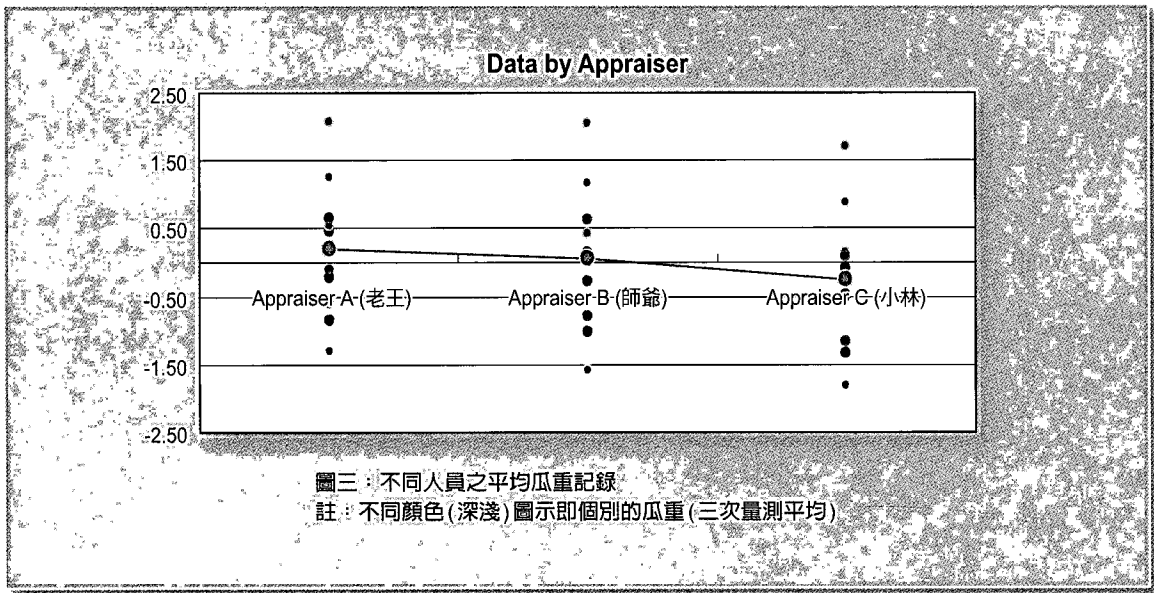
分析超出 R Chart 管制界限的數據，確認有無異常原因或資料記錄錯誤。

**原則 3**

不同人員量測總平均值之連線越平越好，代表「再現性 (Reproducibility)」佳，較高或較低者應確認原因。

接下來看分佈圖(圖三)。三人平均瓜重所連成的直線還算平，最高與最低的範圍也差不多。雖然小林(即 Appraiser C)相對較低，不過還不能斷言有問題。

再看散佈圖(圖四)。老王(Appraiser A)與師爺(Appraiser B)約略在相同水準，但小林不管稱那個西瓜，似乎都有偏低傾向，難道是顧客貪小便宜心態作祟？



**原則 4** 相同待測物每次量測數據之連線越平越好，代表「重複性(Repeatability)」佳。比較不同人員的曲線可看出彼此間是否有特定量測傾向。

為求慎重，大老爺進一步查看圖五與圖六。其實兩者圖形類似，只是圖五依不同量測人員區分為三條曲線，圖六則顯示每個人所量的瓜重，再將三人平均連成線。

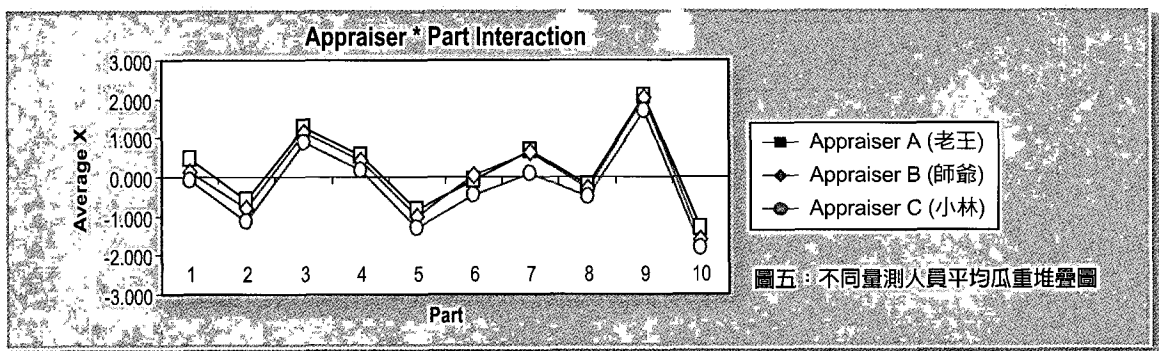
從圖五可以看出三人應無串證之虞，或在稱某些西瓜時，有不尋常的習慣可能影響稱重。

**原則 5** 不同人員之量測曲線應平行，若線與線交叉，代表量測人員與待測物之間可能有交互作用，應深入分析。

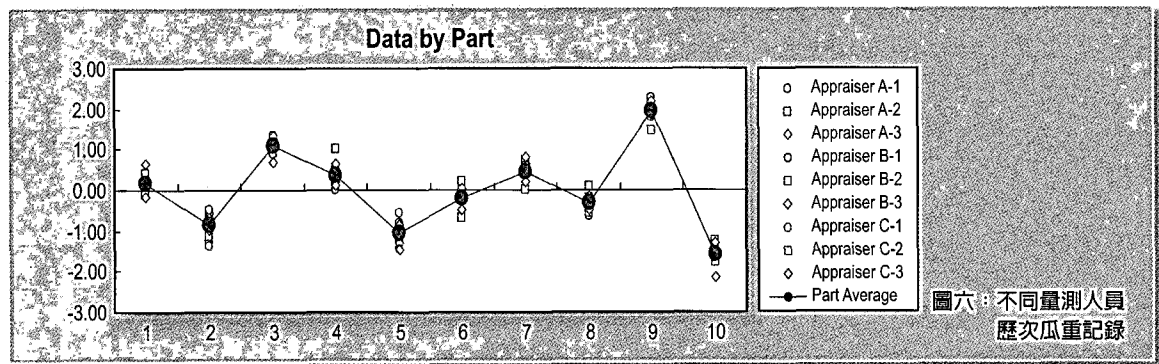
圖六中，個別瓜重上下趨勢一致，三人各量三次(共九次)的瓜重亦無明顯異常。

**原則 6** 待測物之平均量測曲線波動愈大，表示彼此差異愈大(同原則一)；量測數據散佈越大，則表示待測物量測相對難度較高。

至此，大老爺心中已有把握，但要衆人心服口服還需科學證據。於是，他選用較簡易的Xbar-R方法(另一方法為ANOVA，雖較精確，如果沒有統計軟體幫忙，計算需花較多時間)繼續計算Gage R&R，即「再現性(Reproducibility)」—不同人員使用相同儀器量測相同產品多次的平均誤差(Appraiser Variation, AV)及「重複性(Repeatability)」—相同人員使用相同儀器量測多次的平均誤差(Equipment Variation, EV)(詳細計算可參考



圖五：不同量測人員平均瓜重堆疊圖



圖六：不同量測人員歷次瓜重記錄



AIAG MSA 手冊，Chapter III-Section B Figure 25, p114)。

計算結果顯示GR&R = 26.68% (%Total Variation)，西瓜本身的變異(Part Variation)則有96.38% (%Total Variation)。精確來說，92.88%(%Contribution)變異來自瓜與瓜之間的差異，GR&R(%Contribution)只有7.12%，其中「再現性」(人的誤差)為4.02%，「重複性」(儀器誤差)為3.10%，兩者均相當低。

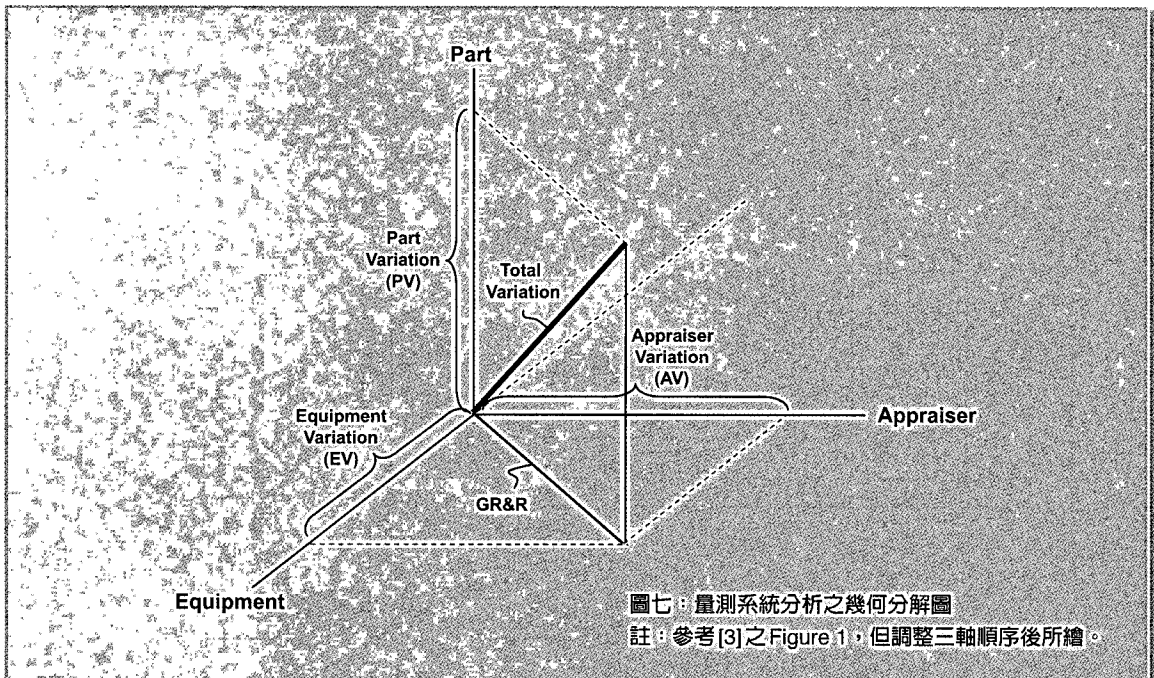
就本案而言，GR&R = 26.68% (%Total Variation)介於10~30%之間，表示整個量測過程可接受，雖然有改善空間，但畢竟三人除了老王賣瓜，小林與師爺不以此道謀生，自無必要對二人加強量測訓練。另一方面，GR&R = 7.12% (%Contribution)，表示目前磅秤量測方式對不同瓜重有很不錯的分辨力，顯見老王無詐欺之意圖，因此當庭開釋。



**GR&R (%Total Variation)**理想值應小於10%；若大於30%表示量測系統需要改善。理想**GR&R (%Contribution)**亦應小於10%，代表量測系統可以適當區別待測物之差異；若大於30%表示需要改善。當GR&R 介於10-30%，應先分析製程能力，再行判斷。

## 量測系統是品質的原點

一般MSA多以「標準差」的百分比描述GR&R，即GR&R的標準差與總標準差的相對百分比(%Total Variation)或相對5.15倍規格範圍(假設為雙邊規格)之百分比(%Tolerance)。唯此法各分項總和往往大於100%，易生誤解，致有學者提倡應以「變異數」之相對百分比(%Contribution)表示方為正確，因為分項百分比具有相加性，總和即100%。



量測系統的總變異來源包含待測物、量測人員與儀器，其關係如下：

$$\sigma^2_{\text{Total}} = \sigma^2_{\text{Part}} + \text{GR\&R}$$

$$\text{GR\&R} = \sigma^2_{\text{Appraiser}} + \sigma^2_{\text{Equipment}}$$

如果以XYZ三軸分別代表上述變異來源，則MSA可以圖七幾何圖表示。

實務上，當AV值大，我們可以檢查：

- > 人員是否了解量測儀器的正確使用方法？
- > 需要特別的量測訓練嗎？
- > 不同人員的量測方式是否一致(包括量測位置、數據讀取等)？
- > 量測儀器本身是否已適當校驗？

當EV值大，我們就要確認：

- > 量測儀器的選用是否恰當(包括精密度與適配性等)？
- > 儀器需要保養維護嗎？
- > 量測時，是否確認儀器與產品的相對位置、量測點，固定方式或感測距離等？

換從製程能力角度來看，我們期望量測

系統的「訊噪比(Signal-to-Noise Ratio:  $\sigma_{\text{Part}} / \sigma_{\text{GRR}}$ )」越大越好。圖八顯示當GR&R非0時，Cp實際值與量測值的差異。

舉例來說，當實際Cp = 2.00，GR&R=30% (%Contribution)時量測到的Cp只有1.67；GR&R = 50%、70%，Cp量測值降為1.41與1.10。結果我們可能低估製程能力，而誤認必須採取某些不必要的管制措施，最糟的是反而破壞原來穩定的製程，影響產出的品質。

只有當我們可以正確量測某件事物時，我們才可能去改善它。藉由量測系統分析，我們體認到量測系統是一切品質的原點。量測系統誤差決定改善是否有意義，這是大家往往忽略，卻非常重要的關鍵。 **A**

參考資料：

- [1] AIAG MSA Reference Manual, March 2002, 3rd Edition.
- [2] Ermer, D. S., 2006, Improved Gage R&R Measurement Studies, Quality Progress, March 2006, 77-79.
- [3] Ermer, D. S., 2006, Appraiser Variation in Gage R&R Measurement, Quality Progress, May 2006, 75-78.

