

三次元 坐標量測儀 (CMM) 教程

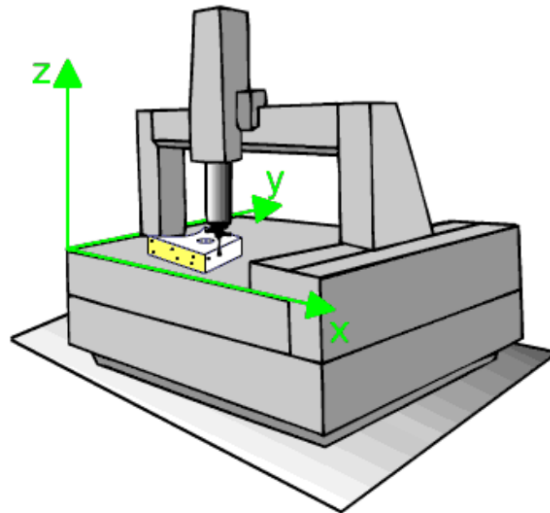


AtomSolve
元析科技

TN01250715T0002

介紹

坐標測量機（CMM）是一種高精度的計量設備，用於測量物體的物理幾何特徵。CMM 利用探測系統來確定工件表面上各點在三維空間中的精確座標，該探測系統可以是機械式、光學式、雷射或白光式。這些測量對於確保製造過程中的尺寸精度與品質管控至關重要，特別是在航空航太、汽車及精密工程等產業中。



© QFM Erlangen 2001

Figure 1: 三次元坐標量測示意圖 [1].

數學概念

1. 標準差：標準差是一種用來衡量一組數值之間離散程度或變異性的統計指標，量化評估各個數據點與整體平均值之間的差異程度。標準差 (σ) 的計算方式是：先計算每個數據點 (x_i) 與該數據集平均值 (μ) 之間差值的平方，然後取其平均值，再開平方根，計算公式如下，其中 N 為數據點的總數：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

2. 平面度：平面度依據 ISO 1101 [2] 的定義，是指限制該表面的兩個平行平面之間的距離，且這兩個平面需以使其間距達到可能的最小值的方式排列 [3]，所以“平面度”實際上是“平面便宜度”，數值越大則越不趨於平面：

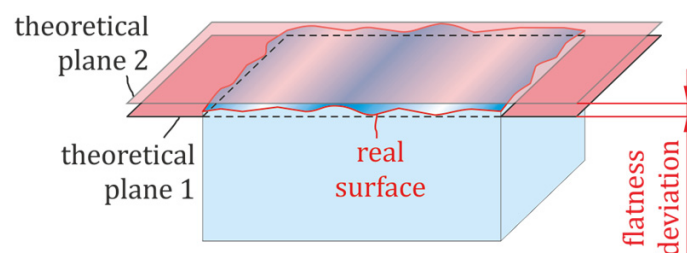


Figure 2: 平面（偏移）度的定義 [3].



分析結果

1) 3D scatter plot 3D 散點圖

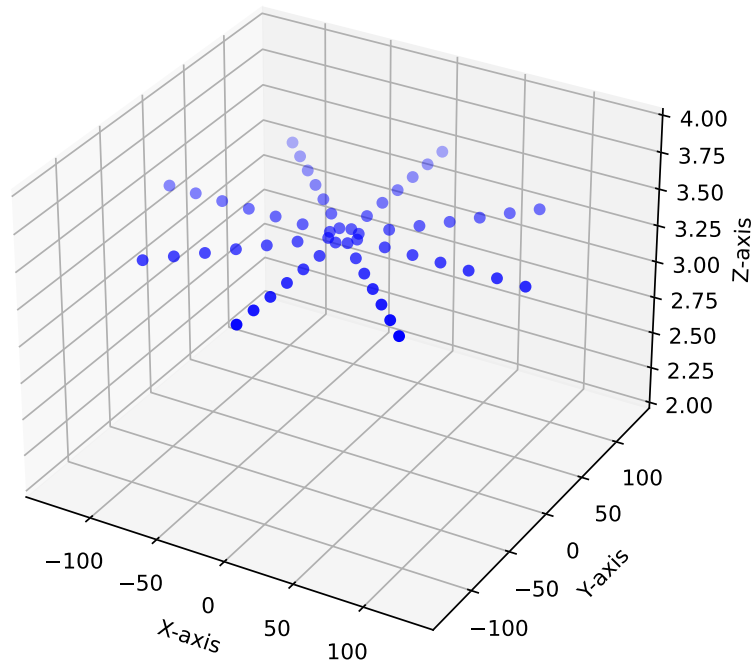


Figure 3: 通過.xyz 數據畫出點陣的 3D 散點圖.

2) Best-fit plane 擬合最佳平面

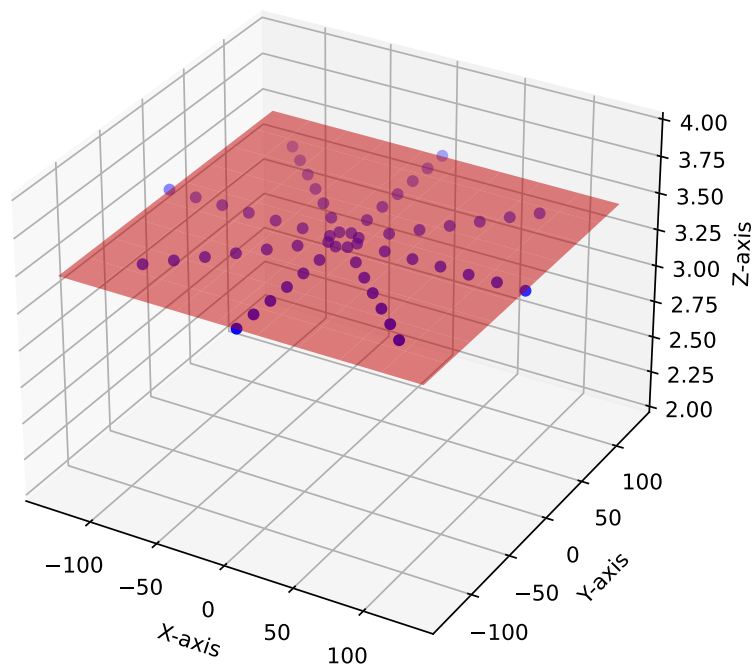


Figure 4: 找到線性回歸的最佳擬合平面.



3) Distance from point to the plane 最上、最下點與平面的距離

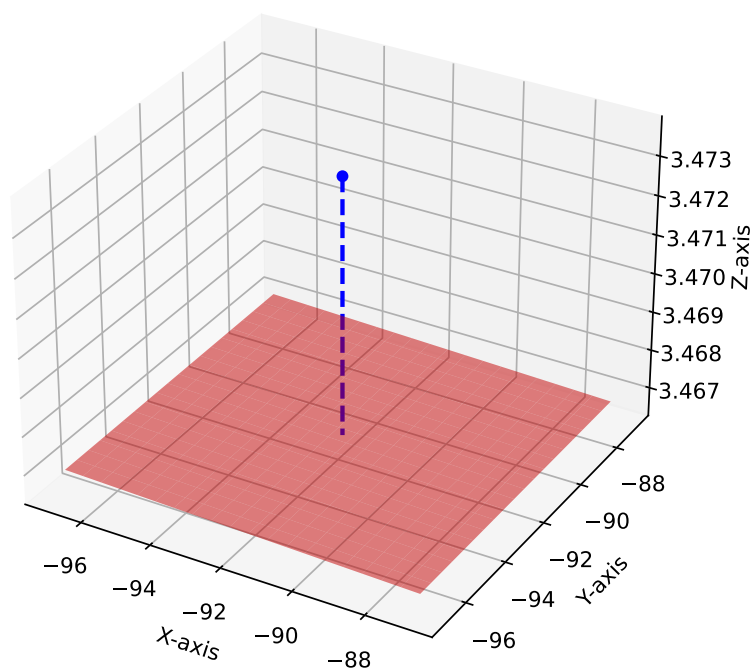


Figure 5: 平面上方的點到最佳擬合平面的距離.

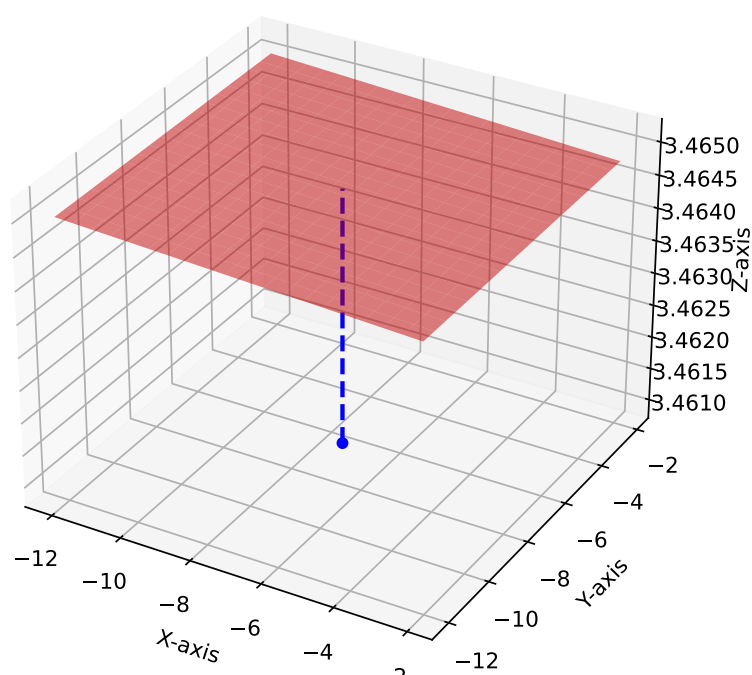


Figure 6: 平面下方的點到最佳擬合平面的距離.



4) 標準差與平面度 (平面偏移度)

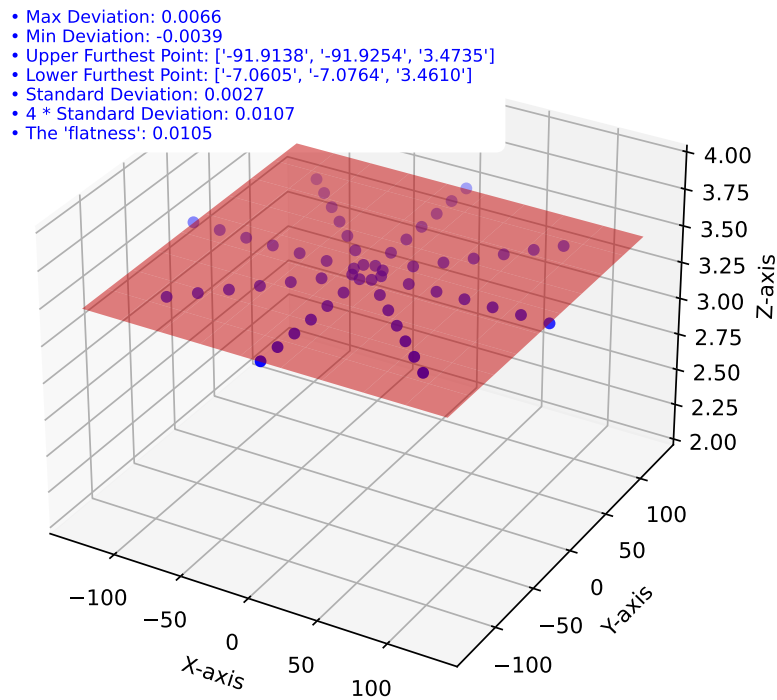


Figure 7: 圖片上標註了標準差與平面度的數值.

5)* 曲面內插法

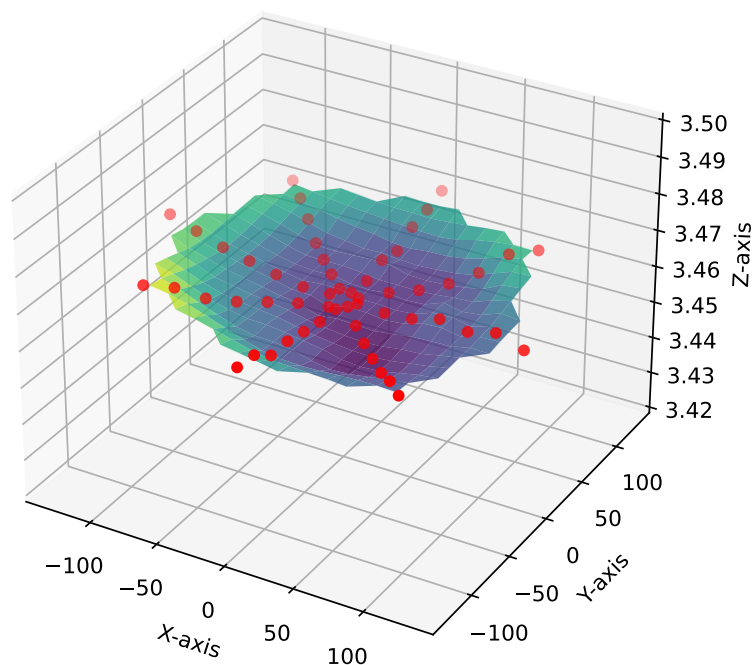


Figure 8: 使用 meshgrid 內插法繪製的三維曲面圖.

三次內插法是對輸入數據中每組相鄰的四個點擬合一個三次多項式，用以估算凸包內的點值。我們在 Python 環境中執行此方法，其原理與 MATLAB 中的方法相似 [4]。



6)* Line profiles 線輪廓圖

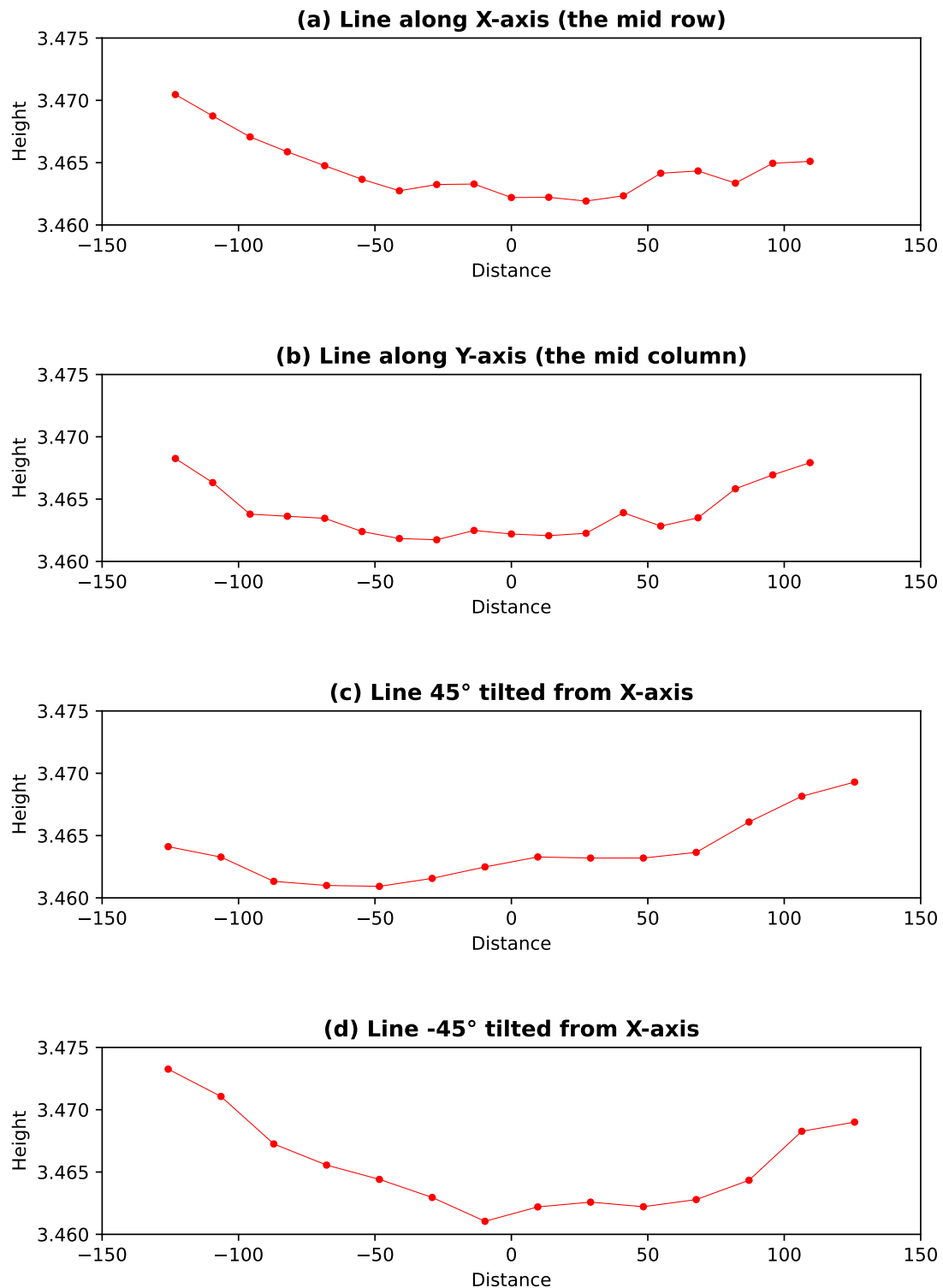


Figure 9: 不同方向的線剖面：(a) 與 X 軸夾角 0 度，(b) 90 度，(c) 45 度，及 (d) -45 度傾斜。數據來自用於繪製圖 8 中三維曲面圖的網格數據。



數據總結

- 最上偏移量: 0.0039
- 最下偏移量: -0.0066
- 最上點坐標: [-7.0605, -7.0764, 3.461]
- 最下點坐標: [-91.9138, -91.9254, 3.4735]
- 標準差: 0.0027
- 4 倍標準差: 0.0107
- **平面度** (實際上是平面偏移度): 0.0105
- 單位: μm

參考資料

- [1] *Coordinate Measuring Machine* - Wikipedia. 2008.
- [2] *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*. Standard. International Organization for Standardization (ISO), 2017.
- [3] Nermina Zaimovic-Uzunovic **and others**. "Flatness measurement on a coordinate measuring machine". in *New Technologies, Development and Application II 5*: Springer. 2020, **pages** 165–172.
- [4] *Interpolate 2-D or 3-D scattered data - MATLAB griddata*. <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/griddata.html>.

聯繫方式

方自仁，業務經理

Email: tjfang@gmail.com

Tel: +886.932.186.234

涂遠, Ph.D., 業務技術經理

Email: ytujimmy@gmail.com

元析科技股份有限公司

統編: 60702634

地址: 台南市仁德區義林路 256 巷 168 號

Web: <https://www.atomsolve.com>



聲明

此教程中的內容為公開資訊，請自由將本報告轉發給您的同仁。

其它技術

- **橢偏儀 Spectroscopic Ellipsometry**
<https://www.atomsolve.com/detailed-introductions/se-details>
- **聚焦離子束掃描電鏡 FIB-SEM**
<https://www.atomsolve.com/detailed-introductions/fib>
- **穿透式電子顯微鏡 Transmission Electron Microscopy**
<https://www.atomsolve.com/detailed-introductions/tem-details>
- **3D 建模與仿真 3D modeling and simulation**
<https://www.atomsolve.com/detailed-introductions/3drendering>
- **Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) 電感耦合電漿體質譜法**
<https://www.atomsolve.com/detailed-introductions/icpms-details>