

東南技術學院機械工程系  
專題製作報告

探討點群資料座標重整之逆向工程技術

指導老師：翁 文 德

學 生： 王超群  
陳鑫煒  
馬嘉宏  
張佑全

中華民國 90 年 12 月 28 日

## 摘要

逆向工程，在現今模具加工業已進入二十一世紀之際，在市場的競爭下，新的工作母機，CAD/CAM 應用軟體，及新的加工技術不斷的因應而生，如今的技術層次提高，模具製造方法的廣泛應用，其成品品質也更加優良。其中逆向工程顛覆先有工作圖才有成品的傳統，使得模具設計有了很大的突破。

一件物體不可能是簡單平面而已，都是具有複雜曲面的立體形狀，因此即使掃描機台擁有第四軸也無法將物體作一次的掃描，勢必要將物體調整成合適的掃描位置，以產生兩個以上座標的點群資料。

本組研究的目的，為逆向工程技術之應用發展運用雷射掃描機台取得各個曲面的點群資料，再將不同座標系的點群資料利用座標重整技術整合成一個完整的點群資料，以利後續其他的資料處理進行。

關鍵詞：點資料處理、逆向工程、座標重整

# 目錄

摘要.....	1
目錄.....	2
第一章 前言.....	4
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 量測系統工作原理.....	5
2.1.1 非接觸式量測系統.....	5
2.1.2 接觸式量測系統.....	12
2.2 座標系統轉換.....	12
第三章 點資料座標轉換原理.....	15
3.1 空間中兩座標系統轉換程序.....	15
3.2 誤差分析點座標轉換.....	19
第四章 研究方法.....	25
4.1 量測點資料前處理.....	25
4.1.1 量測資料平滑化與處理.....	27
4.1.2 點資料處理方法.....	27

4.2 點資料的初始轉換.....	29
4.3 曲面重建.....	29
4.4 最佳化求解轉換矩陣參數值.....	29
第五章 範例應用(鞋楦之應用).....	32
第六章 結論.....	45
參考文獻.....	46

## 第一章 前言

由於模具產業在量測欲加工件的模型時，必需依照量測模型的外形量身訂做一個適合此一模型的夾治具來固定欲量測的模型，而通常此一夾具只適合該模型的夾持，在這種情形之下模具業者就必須在每一次量測一個新的模型時，再製造出一個適合該模型的夾具，在時間和材料的浪費下久而久之業者的生產成本必然要提高許多。

本組所研究之主要目的是提出一套利用點資料處理及座標重整方法，可在逆向工程中，重整各組點資料座標系統，而成為一完整的點群資料，以重建幾何模型。實驗中本組利用非接觸式 3D 雷射掃描量測機取得點群資料，並用 CAD 相關軟體的點資料座標重整方法，使

其點群資料的重疊區域建構成曲面，再利用座標系統轉換，將誤差分析點座標轉換之後得到一個新的曲面。

然而當我們得到一個新的曲面之後我們再利用誤差分析點座標轉換（數值矩陣轉換），將由各個點群資料所建構出來新的曲面與另一新曲面之間的誤差（rms）降至最小。由上述的點資料及座標重整的作法可使我們精確的得到點群資料來使模型座標定位更加的精確，也可以節省製作適合模型的夾治具所需的時間及成本。

## 第二章 文獻回顧

在逆向工程中，點群資料取得的精確度及後續點群資料的處理是決定逆向工程成敗的重要關鍵。影響點群資料的品質，除了工件本身之外，量測系統也是重要的關鍵因素。取得好的點群資料，必須經過一連串嚴謹的編修整合作業，成為合理可以運用的資料。

量測系統一般可分為非接觸式系統與接觸式系統。而點資料前處理方法有週期性取樣、弦弧偏差取樣法、高斯過濾法、平均值過濾法等。座標系統轉換的方法有三點對三點、三球對三球、基準面方法等技術。誤差分析點座標轉換則事先找出一  $4 \times 4$  的矩陣，將點群資料成上這一矩陣，而計算出一新的點群資料，這就是我們專題研究目的的

結果。

## 2.1 量測系統工作原理

量測系統一般可約略分為非接觸式與接觸式兩大系統【1】，以下將就兩大系統作說明。

### 2.1.1 非接觸式量測系統

非接觸式量測方式其中之一是雷射掃描系統，雷射光由雷射二極體（Laser diode），經聚光透鏡直射待測工件物體，藉由一種陣列式光耦合檢像器（Charge Coupled, CCD）擷取反射光線，投射在放置於旋轉工作台上之立體物件，並利用兩台相對角度之高解析度 CCD 作為雷射光反射接收器，並將反射回來雷射光的變化，影像數位化之後可以測得到位置座標值判讀轉換為三度空間座標系的點群資料。

其作動程序如下：

- （1）由柱面鏡將雷射線轉換成平面。
- （2）雷射光照在物體後，反射至 CCD 鏡頭，然後成像在 CCD 感測器上。
- （3）CCD 感測器的內處理電路，將影像轉換成影像訊號。
- （4）根據影像訊號計算物體之 3D 座標值。

如圖 2-1 所示，雖然測頭的可視範圍頗大，但在聚焦面上的量測精度最佳，距離聚焦面越遠則精度最差。

此外，待測物表面上的點，必須能夠被雷射光照射，到並由 CCD 相機攝取到，才有辦法進行量測。所以，在量測過程中，應依照待測物表面之外形，決定使用左邊或右邊的 CCD 相機。圖 2-2 雷射測頭元件配置圖 2-3 為 CCD 相機視也被遮蔽的例子。

另外，非接觸式尚有可見光疊紋掃描系統，利用光學干涉原理，配合 CCD 攝影機、影像記憶單元與 A/D、D/A 轉換器，所組合成的影像處理系統，最後利用三角測距原理，依照所得之影像，計算出待測物表面之三次元座標值。表 2-3 為其優缺點。

表 2-1 雷射掃描頭規格

型號 (智泰科技)	CT-L1	CT-L2	CT-L3	CT-L4
掃描寬度 (mm)	50	60	70	90
量測景深 (mm)	+ -70	+ -70	+ -100	+ -100
量測物距 (mm)	130	180	230	330
可依系統使用用途選擇決定雷射掃描頭的型號				
雷射頭雷射功率：可調功率式，最大 20mW				
解析度：最小可達 0.005mm				

表 2-2 機台規格

型號 (智泰科技)	LSH300
量測範圍 (mm)	300(X) x 300(Y) x 300(Z)
選購配備	可加裝 Z 方向旋轉軸





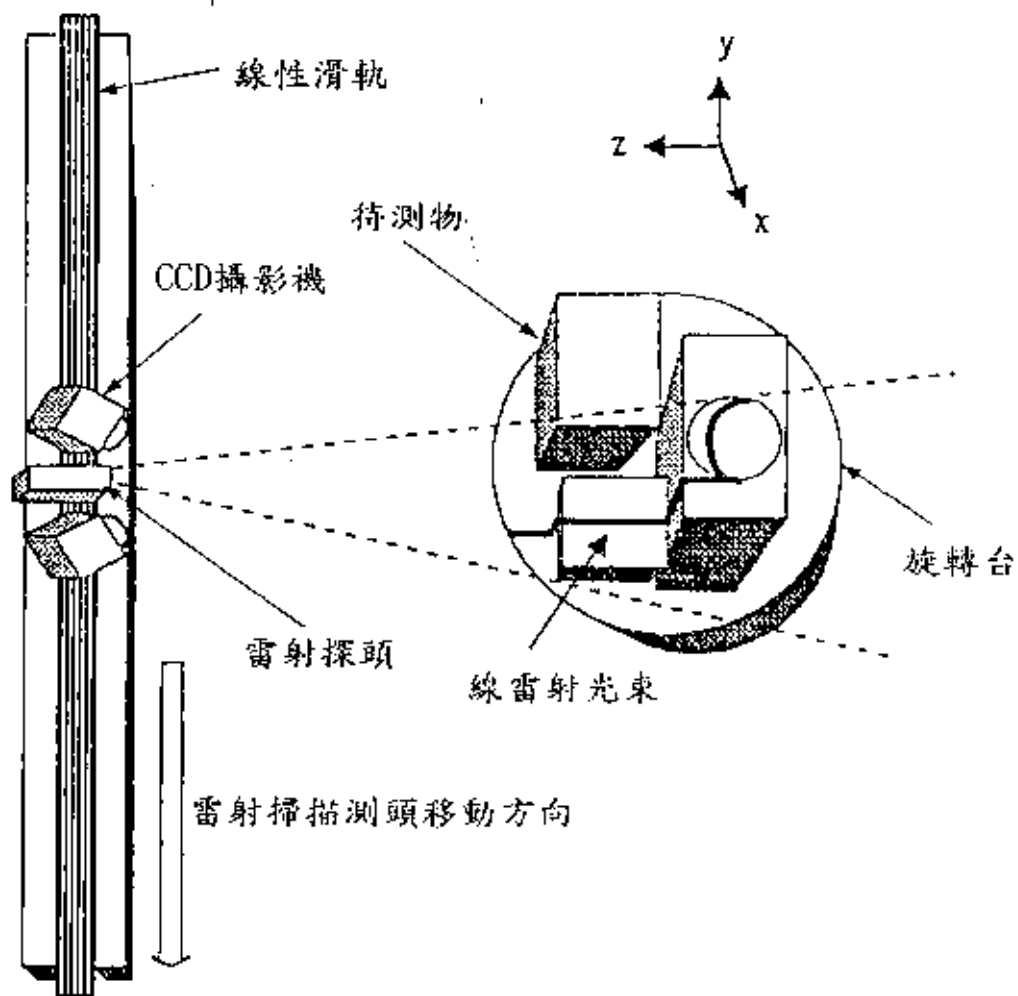


圖 2-1 雷射掃描機台結構原理

# 雷射測頭

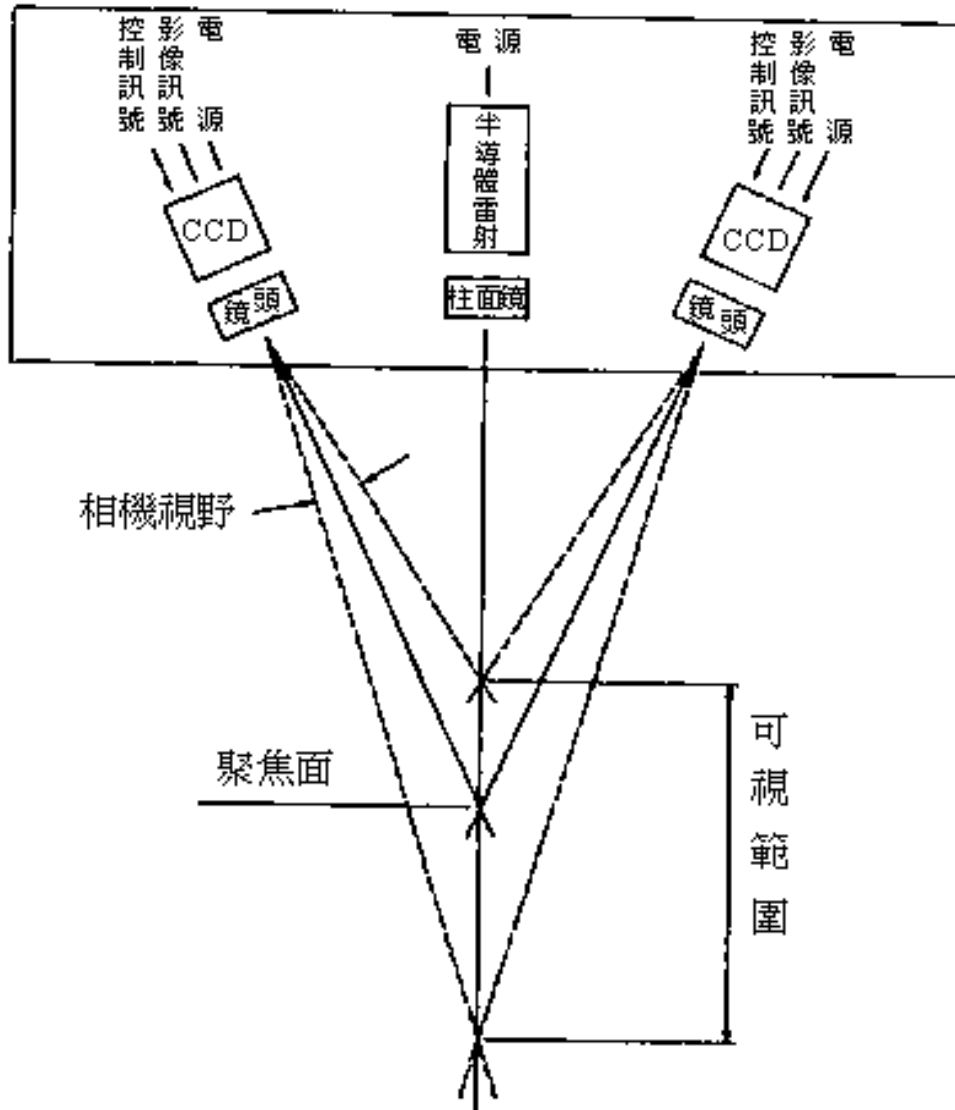


圖 2-2 雷射測頭元件配置圖

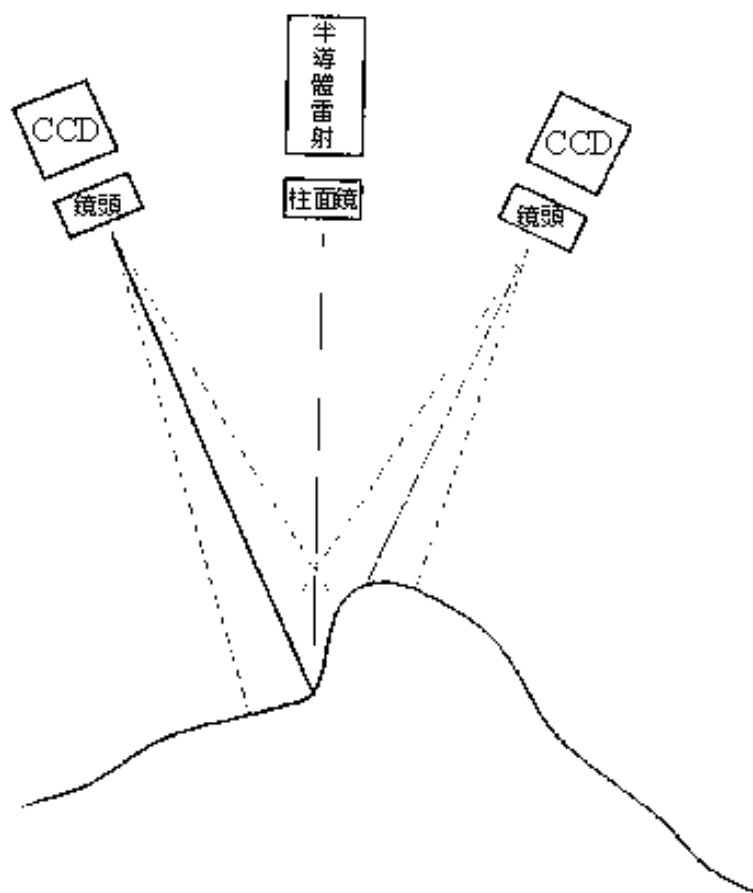


圖 2-3 可用 CCD 相機之選擇

表 2-3 非接觸式量測的優缺點

優點	缺點
<p>1、 可用於軟性材、質薄工件，不可接觸之高精密度工件亦可使用非接觸式量測。</p> <p>2、 雷射光點位置亦工件表面位置，故不必做探頭半徑補正。</p> <p>3、 可以在短時間之內完成整個物件得掃描，且得到龐大的資料量（每分鐘可量測 200,000 點）。</p> <p>4、 掃描量測時，不受測頭半徑之限制及不會磨損測頭本身。</p>	<p>1、 量測精度較差，約為 20 <math>\mu\text{m}</math> 以上。</p> <p>2、 待測物表面的反射性（Reflectivity）會影響量測之精度（表面太亮則反射之光線不易聚焦，會導致點座標有平移或亂點之現象，若表面太暗則反射光線太弱，感測器得不到資料）。</p> <p>3、 量測得到之點資料用來建立曲面時，常常還需要複雜的處理，才可得到量測物之曲面外形。</p> <p>4、 若量測物曲面間的高度差突然增大（如陡峭面、凹孔、不連續形狀）則進行量測時，會有資料遺失（Loss）的現象發生。</p>

### 2.1.2 接觸式量測系統

接觸式量測方法主要的是三次元量測儀，是指在一個六面體的空間範圍內，能夠表現幾何形狀、長度及圓周分度等量測能力的儀器。利用探針或球形探頭接觸工件表面，藉由軟體設定決定取點密度，做來回移動取得點資料。表 2-4 為其優缺點。

### 2.2 座標系統轉換

座標系統轉換的方法則有三點對三點、三球對三球、基準面方法等技術【2】。

#### (1) 三點對三點

當工件表面尺寸較大，需分開進行掃描且有部份點資料重複時，就可以使用這個方法。分別依序選取三個特徵點，分別為 A、B、C 與 a、b、c，當前三點與後三點互相嵌合後即可形成相同的座標系。

#### (2) 三球對三球

將三個球固定於物體上，一起被掃描進去形成點資料一部份，此法適合用在不同掃描面的疊合上。其原理與(1)相似，選取其中一資料為固定組，另一組資料作旋轉嵌合，當前三球的座標位置與後三球的座標位置嵌合時，兩個曲面便都在同一個座標系上。需要注意的是定位球的真圓度與量測誤差，都會影響到處理後的資料的準確性。

表 2-4 接觸式量測的優缺點

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> <li>1、 精確度較高。</li> <li>2、 無工件色彩之限制。</li> <li>3、 量測項目多達百項，泛用性高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、 具有測頭半徑的補償問題。</li> <li>2、 工件表面太陡或黏滯性較高時，量測效果不佳。</li> <li>3、 對於軟質材料無法進行量測工作。</li> <li>4、 不適合作為曲面之量測工具。</li> <li>5、 量測速度慢。</li> <li>6、 測頭容易磨損。</li> </ul>

### (3) 基準面方法

把作為定位用的立方體其中三面朝上固定在待掃描的工件上，一起被掃描進去形成點資料一部份，從資料中分別點選六個點，依照公式求出法線方向，再由各平面上一點與此法線方向取得三個平面方程式，解聯立方程式可得原點座標，由此原點和各軸方向可得一座標系。



## 第三章 點資料座標轉換原理

### 3.1 空間中兩座標系統轉換程序

將兩區域座標系統 A、B 之其中一組 A 經由位移、旋轉後，可使座標系統 A 及座標系統 B 相同，在這個過程當中可得到一 4x4 的座標轉換矩陣 [TR]，將目標點群資料乘上此轉換矩陣後，可使兩組量測點群資料之座標系統疊合在一起【2】，如圖 3-1 所示。

#### (1) 全域座標轉成區域座標系統。

首先產生一個新座標系統，由兩座標系統 A 和 B 之 Z 軸方向 N1、N2 之外積 N3 當作新座標系統之 Z 軸，而 N3 和 N1 之外積 N4 當作 Y 軸方向，N1 當作 X 軸方向，以區域座標系統 A 支援點為新座標系統

之原點，而由 N1、N2 及 N3 產生座標系統轉換矩陣[tr]，兩座標系統皆乘上轉換矩陣，可將全域座標轉成區域座標系統。其中 ${}^A P_{org}$

表示全域座標系統 A 原點之位移量

$$[{}^A R_B] = \begin{bmatrix} \hat{N}_1 & \hat{N}_4 & \hat{N}_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[tr_1] = \begin{bmatrix} {}^A R_B^T & -{}^A R_B^T {}^A P_{org} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

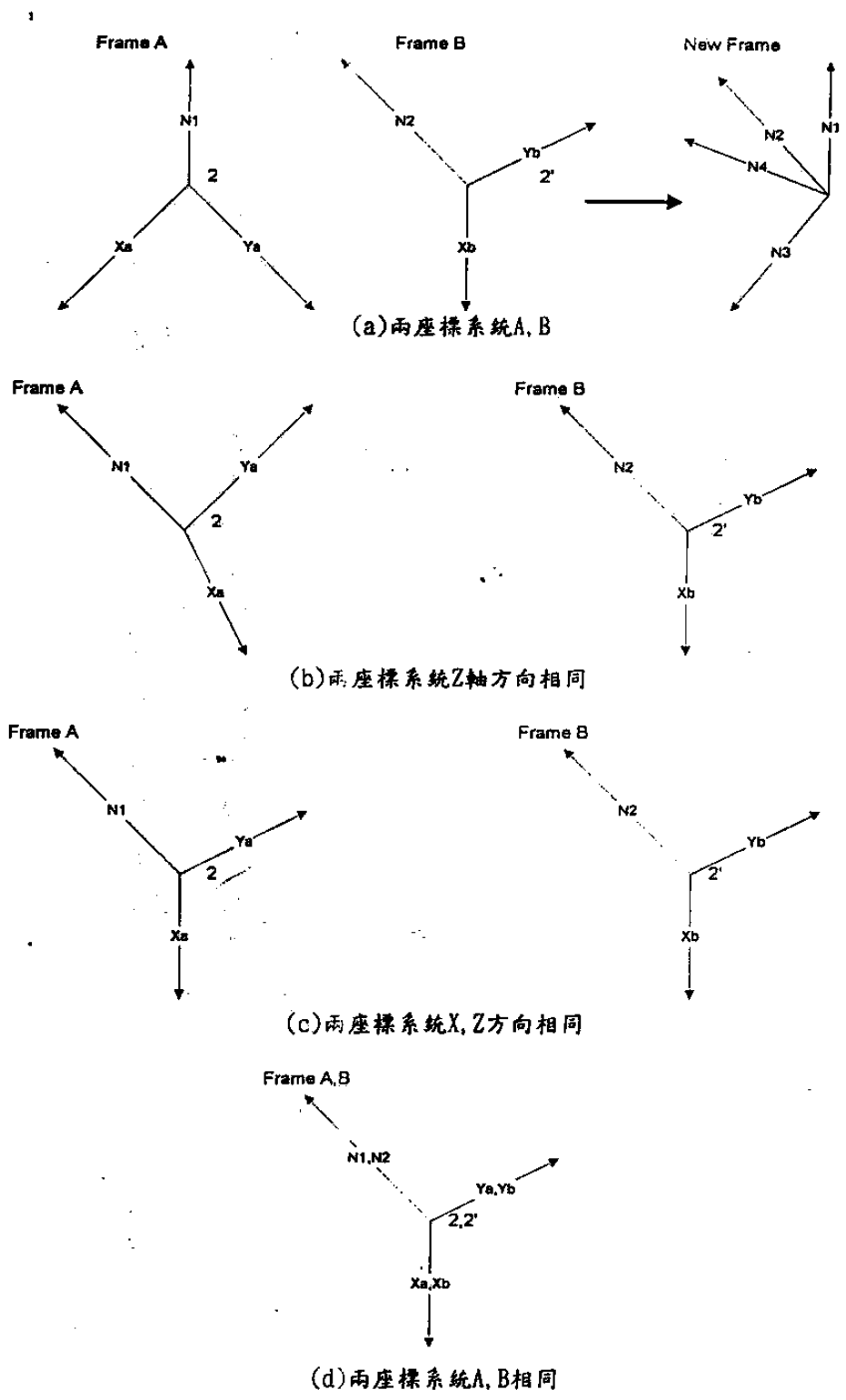


圖 3-1 座標系統轉換圖

(2) 繞 Z 軸轉 角使兩區域座標系統 A 和 B 之 Z 方向相同。

算出 N1 和 N2 之夾角 ，由於不知角度之正負值，所以先讓 N2 繞 Z 軸轉 角，弱 N1 和 N2 之方向仍不相同，則讓 N2 繞 Z 軸轉-2 角度，可使得兩區域座標系統之 Z 軸方向相同。

$$q = \cos^{-1} \frac{\vec{N}_1 \cdot \vec{N}_2}{\left| \vec{N}_1 \right| * \left| \vec{N}_2 \right|} \quad (3)$$

$$] = \begin{bmatrix} \cos q & -\sin q & 0 & 0 \\ \sin q & \cos q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

(3) 區域座標轉成全域座標。

$$[tr_3] = \left[ \begin{array}{ccc|c} & {}^A_B R & & {}^A P_{org} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (5)$$

(4) 全域座標轉換成區域座標系統 A。

$$[R] = \begin{bmatrix} \hat{x}_A & \hat{y}_A & \hat{N}_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$[tr_4] = \left[ \begin{array}{ccc|c} R^T & & & -R^T {}^A P_{ong} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (7)$$

(5) 繞 z 軸轉 角使兩區域座標系統 A 和 B 之 X 軸方向相同。

$$[tr_5] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \mathbf{f} & -\sin \mathbf{f} & 0 \\ 0 & \sin \mathbf{f} & \cos \mathbf{f} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

(6) 區域座標 A 轉成全域座標。

$$[tr_6] = \left[ \begin{array}{ccc|c} R & & & {}^A P_{org} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (9)$$

(7) 位移使兩區域座標系統 A 和 B 之原點重合。其中  ${}^A P_{Borg}$  表示座標系統原點 B 相對座標系統原點 A 之位移量。

$$[tr_7] = \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 0 & \\ 0 & 1 & 0 & {}^A P_{Borg} \\ 0 & 0 & 1 & \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (10)$$

(8) 由上述(1)~(7)過程中可得座標轉換矩陣 TR，使區域座標系統 A 和區域座標系統 B 重合。

$$[TR] = [tr]_1 \times [tr]_2 \times [tr]_3 \times [tr]_4 \times [tr]_5 \times [tr]_6 \times [tr]_7 \quad (11)$$

### 3.2 誤差分析點座標轉換。

使用最小平方法配合最佳化方法 Simplex Method (單純形法)

【3】，找出一座標轉換矩陣，以將原始模型座標系與加工完成件座標系 ”定於同一基準然後利用此矩陣對原始模型之誤差分析點進行座標轉換。

假設每一個誤差分析點與完成件設計曲面之距離為  $d$ ，若將所有距離平方加總，則我們可以得到誤差分析點與完成件設計曲面之總誤差。假若原始模型與加工完成件之外形相當接近，則總誤差的多寡代表這兩個座標系結合的情形，也就是說當總誤差接近一個最小臨界值時，兩座標系已接合在一起，而本文所提的座標系結合演算法則就是建立在這種 ”最小平方法 ” 的準則下。

一般來說量測點必須在三維空間中做平移及旋轉，使得總誤差降到最低，且能使兩個座標系結合在一起。通常我們會使用齊次座標系統可以用來描述及計算三維空間中點之平移及旋轉，期矩陣形式如

下：

$$T = \begin{bmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

(12)

以上四維矩陣內元素的組合變化，所產生對應基本轉換矩陣形式如下：

(1) 透過 a、b、c、d、e、f、g、i、j 及 k 這九個元素的變化，可以產生旋轉 (rotation) 變化，局部比例 (local scaling) 變化及每一軸向的變形 (shearing)。

(2) 透過 d、h、l 這三個元素的變化可以產生平移 (translation) 的變化。

(3) 透過 m、n、o 這三個元素的變化可以產生透視 (perspective) 的變化。

(4) 透過 p 這個元素的元素的變化可產生整體圖形的比例。

要使兩組座標系統結合在一起，必須對其中一組座標系統做平移與旋轉處理，且盡量降低其誤差值，在此處理過程中可獲得一個  $4 \times 4$  的座標轉換矩陣 M。矩陣 M 可由四部分組成：

$$[M] = \left[ \begin{array}{c|c} (1) & (3) \\ \hline (2) & (4) \end{array} \right] \quad (13)$$

(1) 此  $3 \times 3$  矩陣表示旋轉、反射、變形和局部比例的線性變化。



(2) 此  $1 \times 3$  矩陣表示平移變化。

(3) 此  $3 \times 3$  矩陣表示透視轉換變化。

(4) 此  $1 \times 1$  矩陣表示整體比例變化。

### 平移轉換

將量測點平移，求得三個位移量（dx、dy、dz）與矩陣  $[M_T]$ 。

$$[M_T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ d_x & d_y & d_z & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

### 旋轉轉換

依三軸定義三個旋轉轉換矩陣分別為  $[M_{RX}]$ 、 $[M_{RY}]$ 、 $[M_{RZ}]$ ，再將三個旋轉轉換矩陣合併為一個旋轉轉換矩陣  $M_R$ ，最後可得剛體轉換矩陣  $[M_{RT}]$ 。

X 軸旋轉轉換矩陣  $[M_{RX}]$ ，旋轉角 度：

$$[M_{RX}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos a & \sin a & 0 \\ 0 & -\sin a & \cos a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Y 軸旋轉轉換矩陣  $[M_{Ry}]$  , 旋轉角 度 :

$$[M_{Ry}] = \begin{bmatrix} \mathbf{Cosb} & 0 & -\mathbf{Sinb} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \mathbf{Sinb} & 0 & \mathbf{Cosb} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Z 軸旋轉轉換矩陣  $[M_{Rz}]$  , 旋轉角 度 :

$$[M_{Rz}] = \begin{bmatrix} \mathbf{Cosg} & \mathbf{Sing} & 0 & 0 \\ -\mathbf{Sing} & \mathbf{Cosg} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

三矩陣式合併後 , 旋轉轉換矩陣  $[M_R]$  :

$$[M_R] = \begin{bmatrix} \mathbf{CosaCosb} & \mathbf{CosaSinbSing} - \mathbf{SinaCosg} & \mathbf{CosaSinbCosg} + \mathbf{SinaSing} & 0 \\ \mathbf{SinaCosb} & \mathbf{SinaSinbSing} + \mathbf{CosaCosg} & \mathbf{SinaSinbCosg} - \mathbf{CosaSing} & 0 \\ -\mathbf{Sinb} & \mathbf{CosbSing} & \mathbf{CosbCosg} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

剛體轉換矩陣  $[M_{RT}]$  :

為旋轉轉換矩陣  $M_R$  與平移轉換矩陣  $M_T$  合併之矩陣式  $[M_{RT}]$ 。

$$[M_{rr}] = \begin{bmatrix} \mathbf{CosaCosb} & \mathbf{CosaSinbSing} - \mathbf{SinaCosg} & \mathbf{CosaSinbCosg} + \mathbf{SinaSing} & 0 \\ \mathbf{SinaCosb} & \mathbf{SinaSinbSing} + \mathbf{CosaCosg} & \mathbf{SinaSinbCosg} - \mathbf{CosaSing} & 0 \\ -\mathbf{Sinb} & \mathbf{CosbSing} & \mathbf{CosbCosg} & 0 \\ dx & dy & dz & 1 \end{bmatrix}$$

(19)

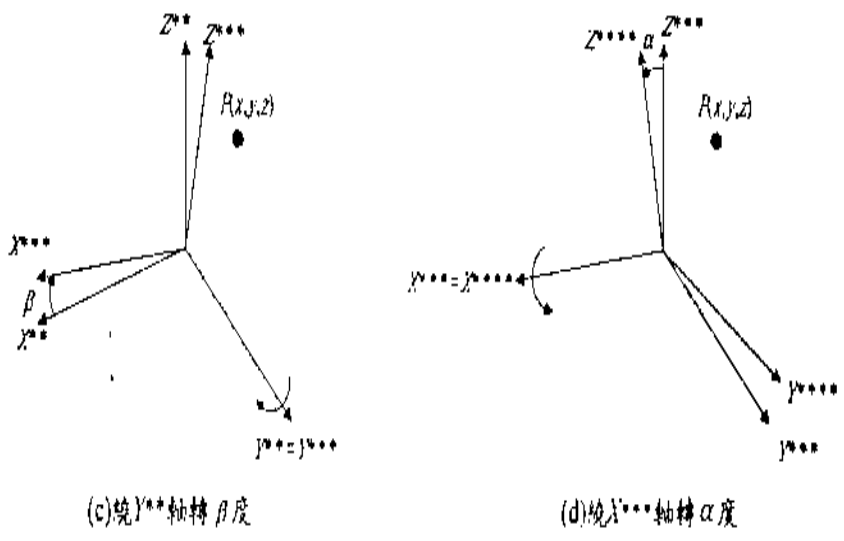
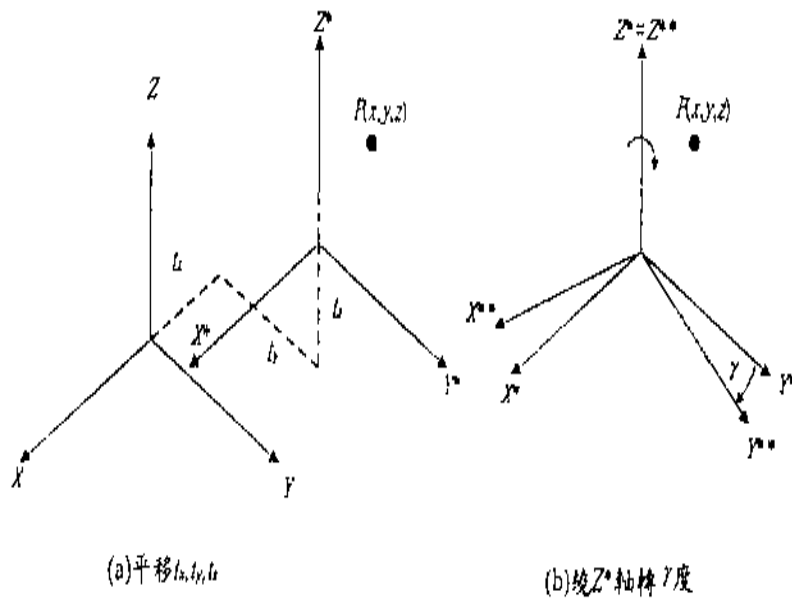


圖 3-2 座標系統旋轉示意圖

## 第四章 研究方法

關於逆向工程研究，在執行逆向工程所需的模型，不至於使用有過於複雜曲面的模型而所使用之模型。我們將經過雷射掃描器所取得的點資料，經由點資料的初始整合，將點資料重疊的部份經由軟體建構出曲面，並使用座標矩陣復合的方式，找到一組新的點資料，而這組點資料就是我們所需要的結果。流程圖如圖 4-1。

### 4.1 量測點資料前處理

點資料取樣的方法有數種，包括週期取樣、弦弧偏差取樣、角度偏差、平均濾波、高斯濾波等【4】，需要針對資料的特性，採用適當的方法消除點資料中的問題。當我們經由雷射掃描器掃描物體，所得的點資料的好與壞會影響到後續的處理工作，所以點資料的量測與處理是很重要的，但由於點資料常因各種外來因素而造成不甚完美的情形，像是局部區域會因點資料缺乏而產生取現不正常震盪與跳動、不適當的凸起與凹陷。

上述的問題可經由量測點資料編修，使這些數值化的點資料更適合建立 CAD 模型或直接產生加工資料。在各種形式的資料編修方法中，較常用且較實用的可分為點資料平滑化與資料簡化兩類。資料平滑化可以緩和部份因量測雜訊(Noisy points)而產生的錯誤點資

料，使得表面資料較平滑，使建構的實體模型能有比較合理的幾何模

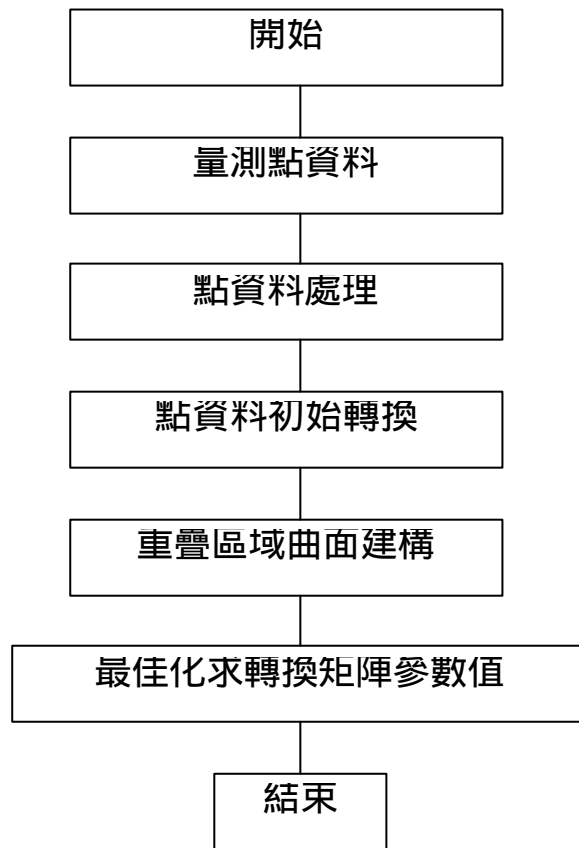


圖 4-1 流程圖

型；資料簡化可以減少運算時對記憶容量的需求，並可以降低系統在處理這些資料時的負荷、加快運算結果。

#### 4.1.1 量測資料平滑化與處理

點資料平滑化的目的在於經由掃描出來的點資料，其所產生的少量隨機誤差予以平均，以得到一較平滑的點資料分佈。

#### 4.1.2 點資料處理方法

(A) 三角形重心法 (Averaging filter)：

三角形重心法的原理是將連續三個資料構成三角形的重心取代第二資料點平滑化的方法（如圖 4-2）。而他的優點是可以將振動狀況予於平滑化、雜訊被消除、另可保存垂直與傾斜邊。

(B) 高斯法 (Gaussian Filter)：

高斯濾波器是將高頻的雜訊濾除來達到平滑化的效果。

(C) 特徵點資料選取

利用兩資料點連成一直線，求下一點資料至此直線的垂直距離；若此距離小於預設的弦高值，則放棄此點資料，繼續往前收尋。若此距離大於預設的弦高值，則此點資料將被選取，而在此點資料被選取後，改與圓直線的第二點與此選取點連成一直線，在繼續往前收尋。

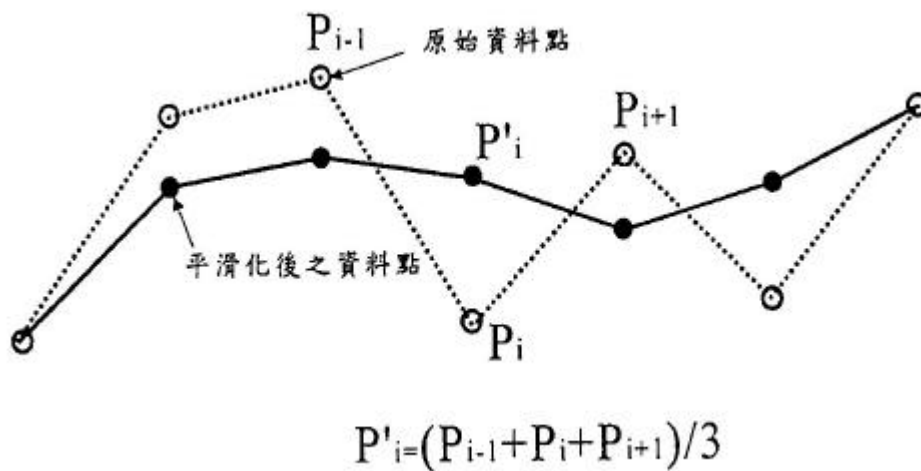


圖 4-2 三角重心平滑示意圖



(D) 弦弧偏差取樣法 (Chord meyhod):

弦弧偏差取樣法主要設定兩個參數值: 最大弦差及最小弦差來決定點資料的保留與否, 若  $d$  最大弦差值則視為跳點去掉, 若  $d$  最小弦差值則為趨近直線的點去掉 (如圖 4-3) 此種方法常用於點群資料有跳點或趨近於直線的狀況。

#### 4.2 點資料的初始轉換

將經過初步處理的點資料，經由 CAD 軟體的平移及旋轉的功能，將多組點資料的位置重合在一起，使其相關位置較為接近【5】。

#### 4.3 曲面重建

當經由量測所取得的多組點資料，經由初始旋轉平移，發現會有重疊的部份，利用這些點資料，將我們要建構曲面的範圍，使用滑鼠定義出 4 條封閉的邊界曲線，利用這 4 條封閉的邊界曲線加上其範圍內的亂點嵌合，找出最佳化的曲面

#### 4.4 最佳化求解轉換矩陣參數值

最佳化形狀誤差分析的方法相當多，像是 Cahchy 法 Powell 法及牛頓法和最大梯度法 (Steepest Decent Method) 等，本專題使用的是 Powell 的方法。

由於所得到的點資料有許多組，因為在掃描的過程中，由於有旋轉座標軸的動作，所以在重疊的部分會有些許的誤差存在，也就是說

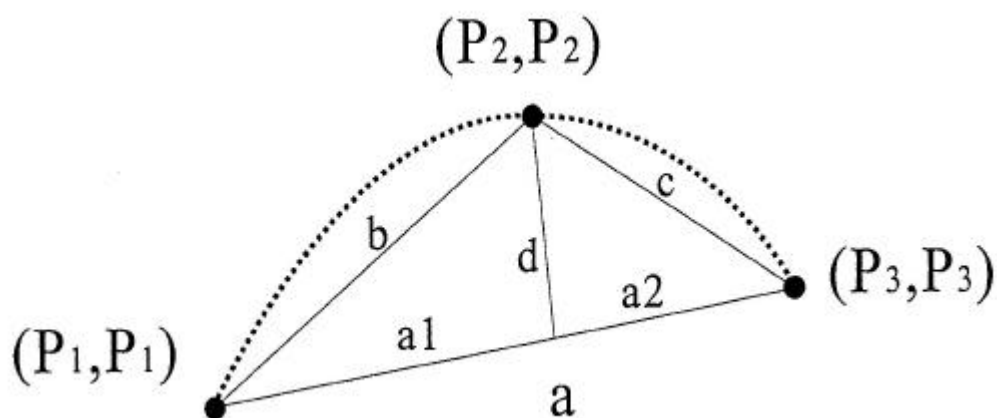


圖 4-3 弦弧偏差取點示意圖

同一點的點資料位置會不一，所以只要將其位置誤差縮為最小，也就是 rms 最小，就可以得到我們需要的點資料。其原理為：將其兩組點資料，先將一組點資料固定不動，移動另一組點資料到此固定面上，也就是將原始的點資料[P]，乘上一矩陣[TR]，而的到一新的點資料  $[P]_{NEW} = [TR] \times [P]$ ，然後反覆的重複這個步驟，直到 rms 收斂為止，如此級得到最佳化的點資料。

## 第五章 範例應用(鞋楦之應用)

實驗設備：非接觸式 4 軸 3D 雷射掃描儀(LSH300 智泰科技提供)。

軟體設備：雷射掃描儀專用軟體 SCAN 3D 智泰科技提供。

實例說明：

本專題使用 3D 雷射測量儀量測鞋楦的點資料，如圖 5 - 1 所示。

點資料是以雷射掃描器來量測得到，因雷射掃描儀無法一次量測到鞋楦所有的面積，所以將鞋楦規劃為 4 個量測面，分別為鞋楦頂面、左右兩側及底部四面量測，其中圖 5 - 2 為說明頂面鞋楦的原始點資料，因無法在一個座標系統下量測 4 個量測面資料，必須翻轉鞋楦本體，以完成鞋楦量測。由於每次翻轉鞋楦，則更動座標系統，因此鞋楦的 4 個量測面資料即有其不同的座標系統，圖 5 - 3 說明，在鞋楦頂面的座標系統下同時顯示另三個量測面資料的情況，由圖中可看出這量測資料並不能直接建構出鞋楦的完整量測資料，4 個量測面無法在同一座標系統下完成量測作業，而會有座標重整的程序。由於本專

題乃以點資料座標重整的研究中，必須利用曲面資料間的重疊區域為座標重整的依據，因此在量測規劃上每個量測面之掃描量測區域間必須有量測資料重疊之區域。

由於量測資料之座標重整乃在比對相同區域的誤差值，因此若兩



圖 5 - 1 非接觸式 3D 雷射掃描儀和鞋楦

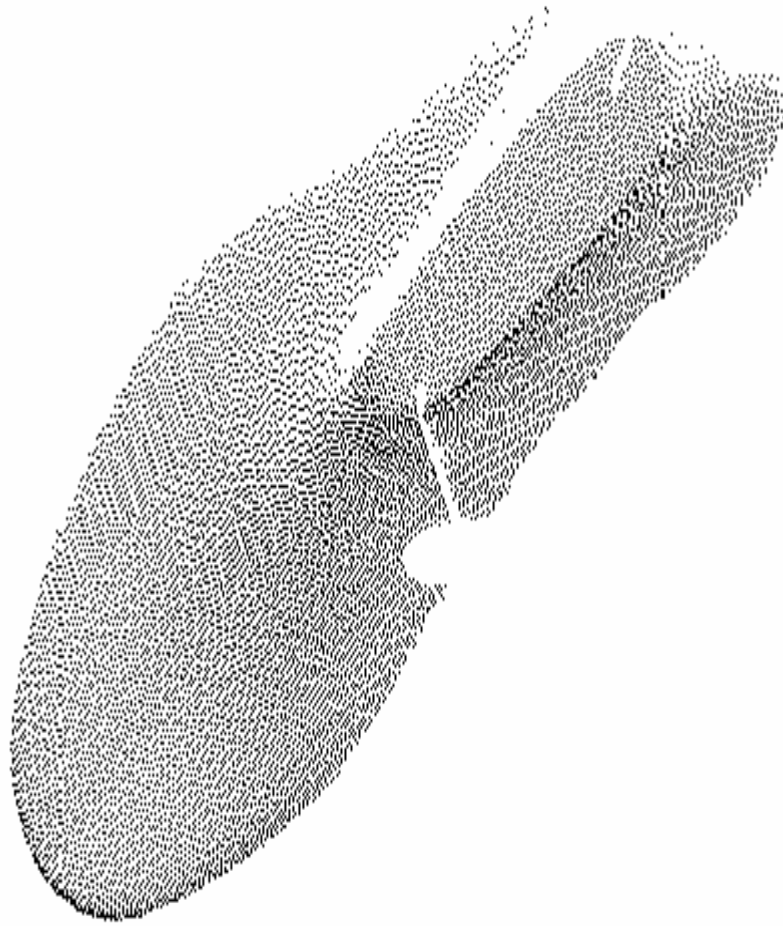


圖 5 - 2 掃描之鞋楦頂面初始點資料



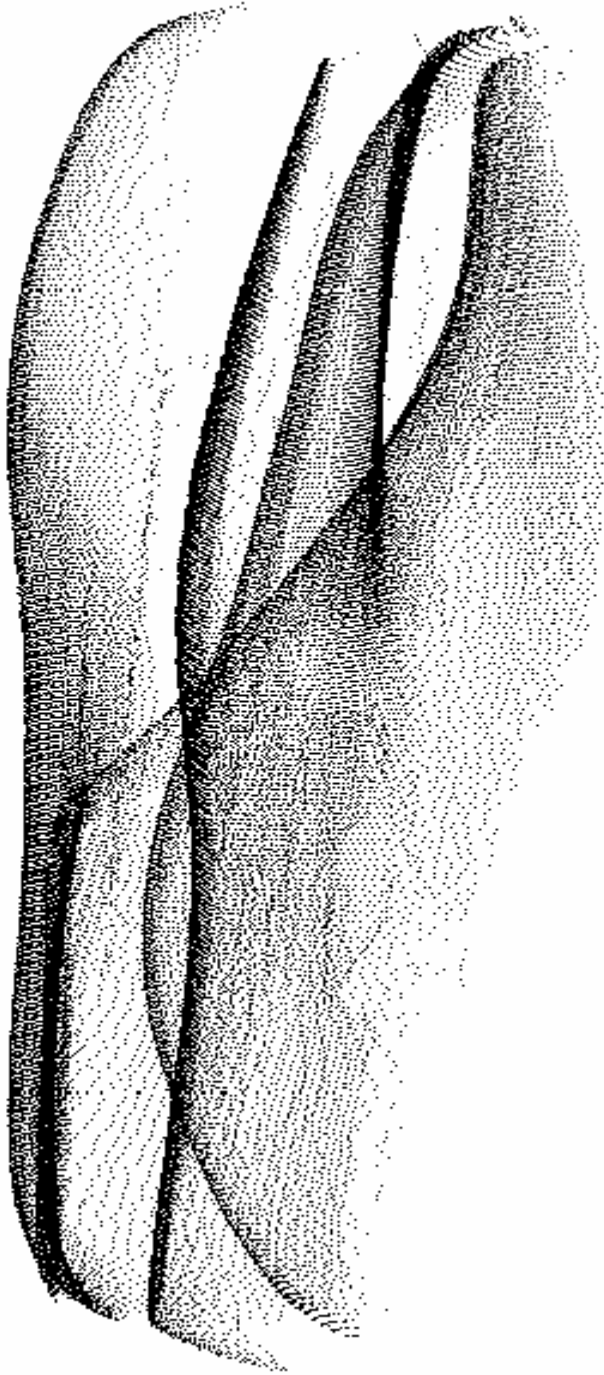


圖 5 - 3 不同四個座標系統視圖的點資料

筆資料間距過大，則在比對位置的過程中無法達到收斂的結果，影響座標重整的正確性。因此這 4 個量測面的資料乃以鞋楦頂面為基礎，以 CAD 系統中之平移及旋轉功能移動其他 4 個量測面資料，使大致置於鞋楦資料之位置，而能初步構成鞋楦之完整資料，如圖 5 - 4(A)所示，由圖 5 - 4(B)中可以清楚的看出以手動的方式並無法使鞋楦頂面與左側的量測的量測資料一致，而有間隙的現象，由於以頂面為基礎因此在頂面的量測資料上擷取與左右兩側重疊區域之 5 組量測資料如圖 5 - 5 所示。在此 5 組量測資料個別將在量測資料之邊緣嵌合出 4 條曲線，視為嵌合曲面之範圍，接著再以曲面嵌合的方式得到 5 組 B-spline 曲面，如圖 5 - 6 所示。

接著，依序再以座標重整方式的方式，移動鞋楦左側與鞋楦右側之量測資料使其在頂面之座標系統下達到最佳化的位置。點資料座標重整的方法乃以左側及右側與頂面重疊的量測資料中，搜尋到頂面嵌合曲面誤差值最小之對應點位置，而得到 6 個自由度的座標轉換矩陣，由此轉換矩陣可得到另一組新的右側與左側量測資料圖 5 - 7(A)說明，左側及右側在經過疊代收斂後之最佳化量測資料。圖 5 - 7(B)顯示左側點資料與頂面點資料之一致性。

由於鞋底點資料與頂面資料並無重合的區域，因此利用兩側的點

資料與底面點資料重合的區域，重整鞋底的點資料，圖 5 - 8 說明，

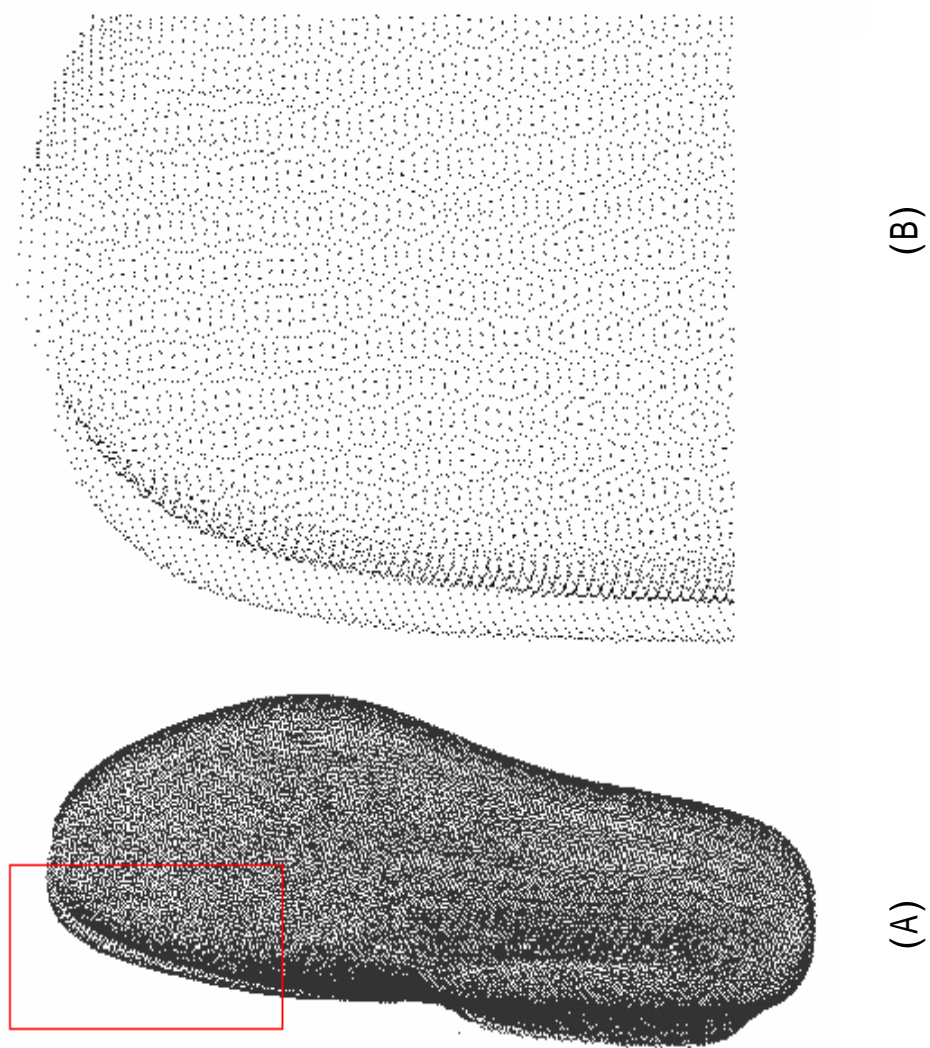


圖 5 - 4

(A)圖 鞋楦點資料座標 CAD 整合 (B)圖 與點資料偏移放大圖





圖 5 - 5 擷取鞋楦頂面之重合點資料

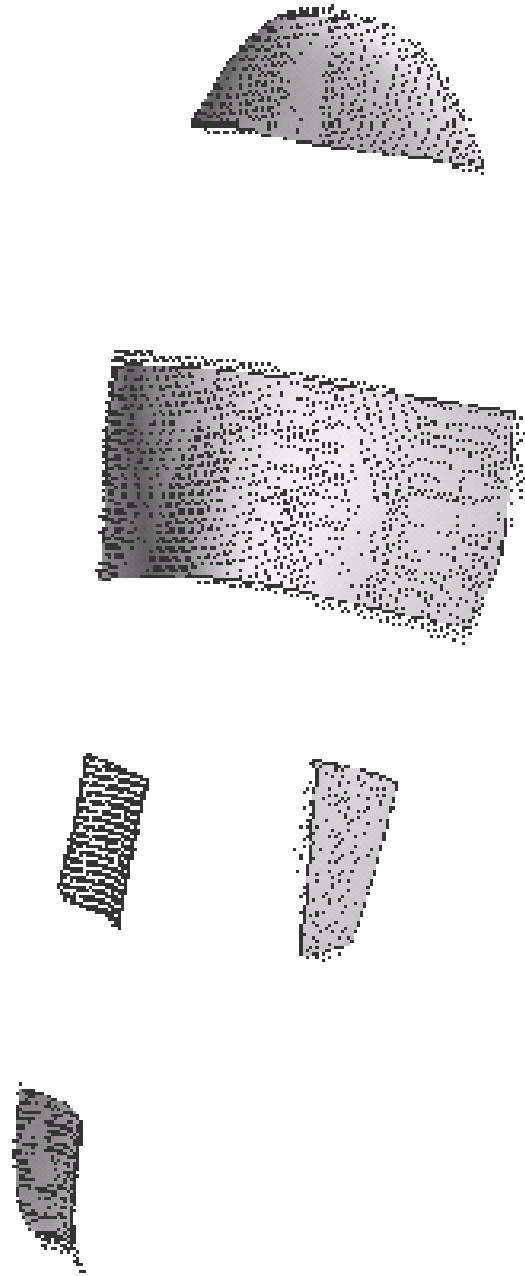
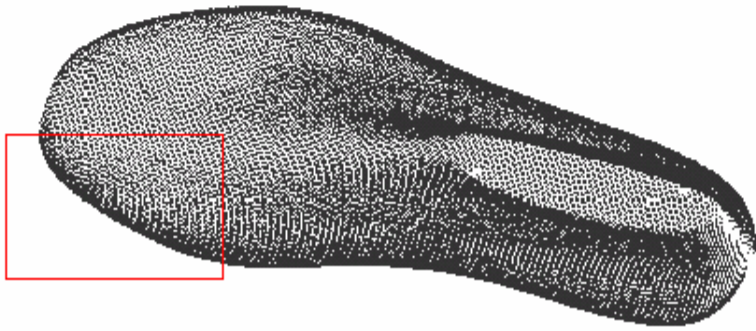
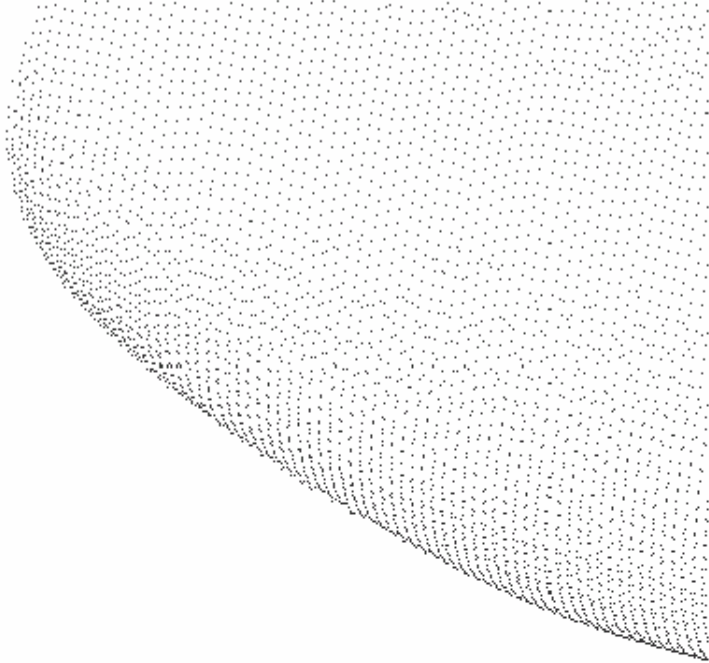


圖 5 - 6 鞋楦頂面重合點資料之曲面重建



(A)



(B)

圖 5 - 7

(A) 為頂端與左側點資料座標最佳化

(B) 為點資料放大圖





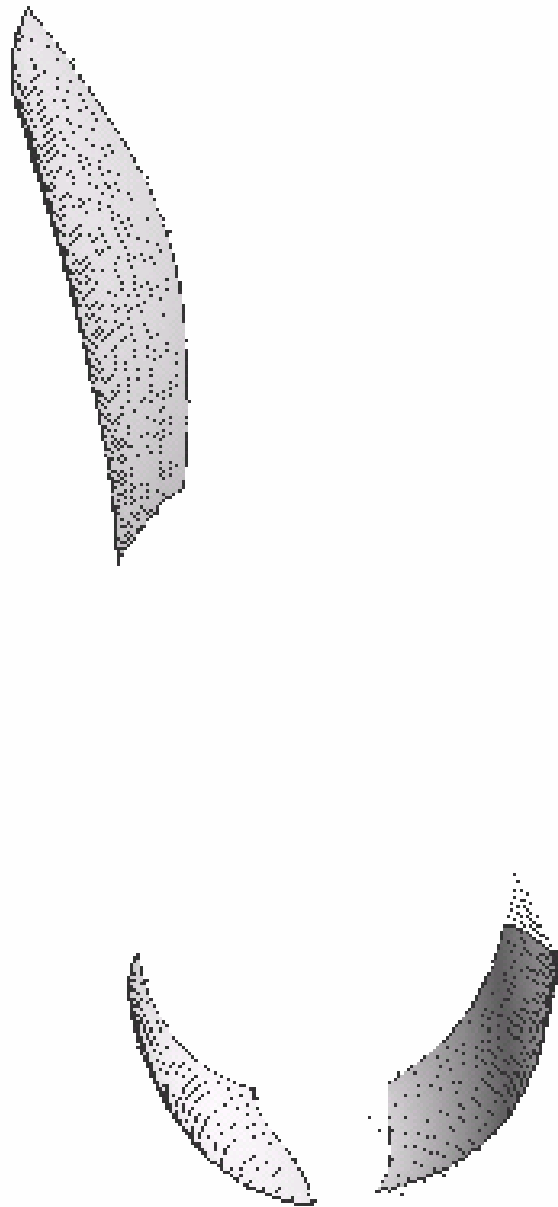


圖 5 - 8 說明擷取鞋楦兩側資料與底面重合之點資料及曲面重建

擷取鞋楦兩側與鞋底重疊的點資料，並建構出 B-spline 曲面。再次利用座標重整的方法，調整鞋底點資料而與兩側點資料達到最佳位置

如圖 5 - 9 所示。圖 5 - 10 說明鞋楦 4 個量測面資料經座標重整後之完整點資料，以上的鞋楦點資料乃經由本專題所提出的點資料座標重整的逆向工程技術，可達到完整的鞋楦點資料，可證明本專題所提出方法的適用性。

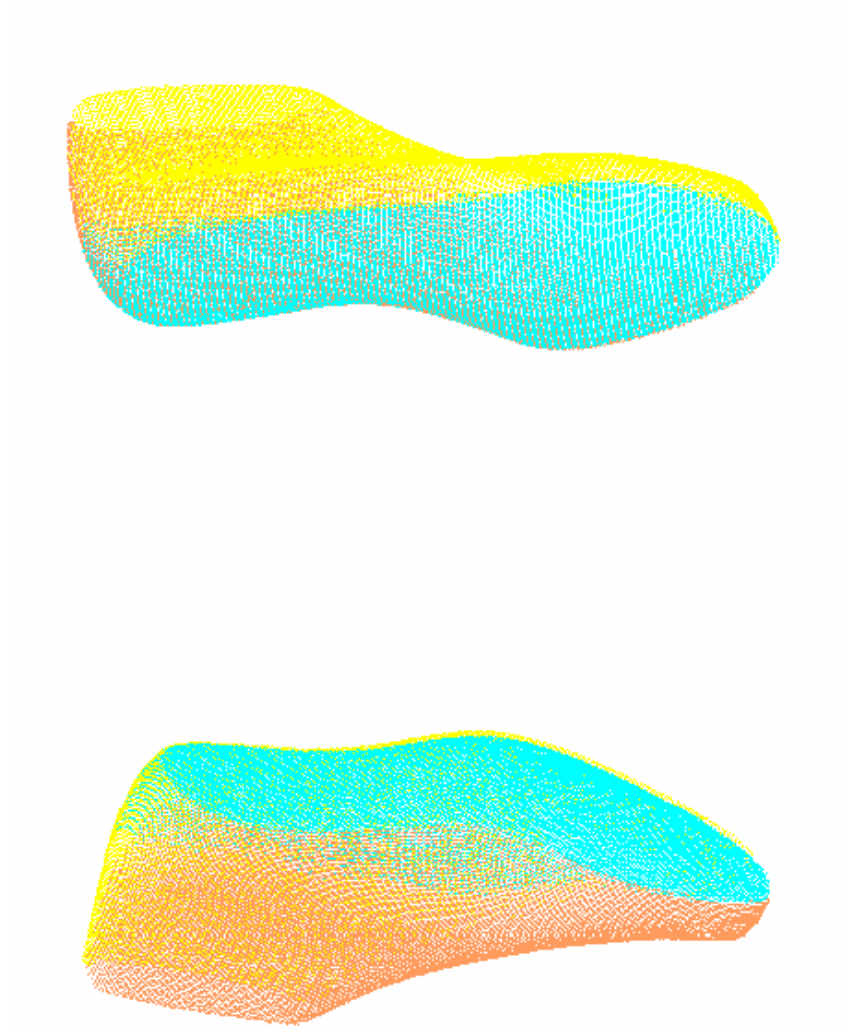


圖 5 - 9 顯示底面與左右兩側的點資料座標重整後之不同視圖

棕色左側點資料

黃色右側點資料

藍色底部點資料

綠色頂面點資料

棕色左側點資料

黃色右側點資料

藍色底部點資料

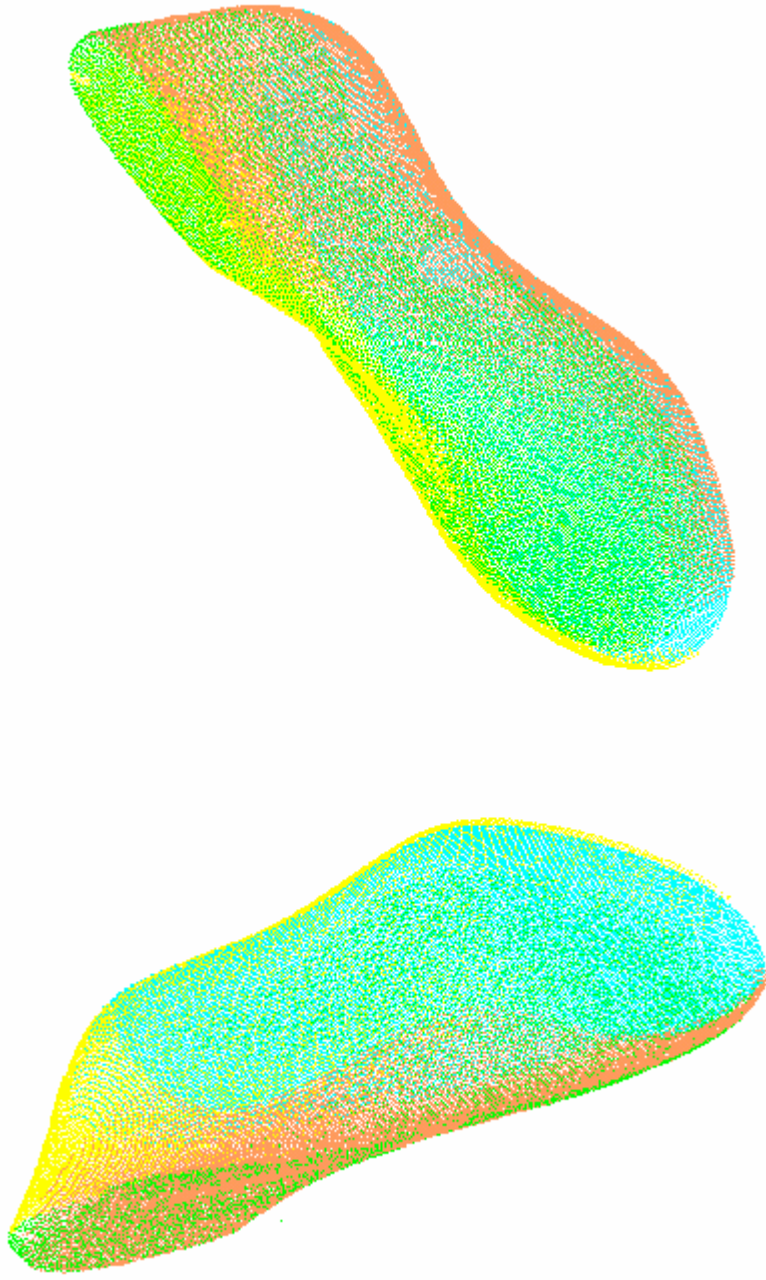


圖 5 - 10 座標重整後完整鞋植點資料

## 第六章 結論

本組專題研究提出一項座標重整的方法，使外加的誤差因素、夾治具成本與時間耗費降低。我們放棄在工件上製作定位物件，因此定位物件位置的決定與定位物件的精度便可以省卻。而為使多組點群資料座標一致製作的夾治具，在本研究中也捨去不用。本研究將座標重整過程分為粗重整與細重整，粗重整中我們將點資料以 CAD 軟體內平移與旋轉的功能，簡易的將兩組資料近乎接合的位置，再運用座標矩陣轉換原理與 B-spline 方法做細重整。經本組專題研究所得結果條列如下：

1. 由於不使用定位物件的點資料作座標定位，使得定位物件的誤差便已去除，而直接使用工件的點資料，確實可使誤差影響降低。
2. 現今的工件形狀均相當複雜，因此夾治具可說單一工件專用的，所以在逆向工程費用中總是居高不下，因此本研究便可將夾治具省卻不用，大幅降低成本。
3. 在減少定位物件與夾治具後，及節省了製作這兩項工具的時

間。再者，先運用 CAD 軟體手動粗重整至相近位置，亦可節省細重整時的運算時間。

## 參考文獻

- (1) 陳明俊、修芳仲 < 2001 >，接觸式與非接觸式探頭系統整合於 CNC 工具機上之混合量測研究，國立台灣科技大學機械工程研究所碩士論文。
- (2) 姚家瑜、賴景義 < 1997 >，量測點資料處理及 CT 影像 CAD 模型重建，國立中央大學機械工程研究所碩士論文。
- (3) 陳昭帆、林清安 < 1995 >，逆向工程點資料處理與誤差分析，國立台灣科技大學機械工程研究所碩士論文。
- (4) 姚宗宏、邱顯智、陳信全 < 1998 >，逆向工程-點資料前置處理與曲面重建，機械月刊，23 < 5 >。
- (5) 范光照、章明、姚宏宗、許智欽，逆向工程技術及應用，高立圖書有限公司。
- (6) 張仲卿 < 1999 >，逆向工程技術及整合應用，台北：高立。
- (7) 翁文德、林志勇、賴景義 < 1997 >，Sweep 曲面量測資料嵌合法研究，機械月刊，21 < 5 >。