

東南技術學院機械系
專題研究報告

風扇之逆向工程實驗

指導老師：翁文德

學生：方正閔 2902135

李建勳 2902150

辛宣德 2902137

林宗憲 2902134

卓聖龍 2902132

中華民國 年 月 日

東南技術學院機械系
專題製作評審老師審定書

方正閔 辛宣德 李建勳
卓聖龍 林宗憲 所提之報告

風扇之逆向工程實驗

經過審議後，認為符合專題製作標準

專題製作評審老師

專題製作指導老師

中華民國 年 月 日

目 錄

第一章

- (1-1) 摘要。1
- (1-2) 前言和背景。2

第二章

- (2-1) 何謂逆向工程。5
- (2-2) 國內常用三次元掃描器之比較。7

第三章

- (3-1) 逆向工程的製造過程。8
- (3-2) 逆向工程的系統與設備。9
- (3-3) 雷射掃描點資料的處理。12
- (3-4) 研究方法。15

第四章

- (4-1) 專題製作過程。19
- (4-2) 問題與討論。20
- (4-3) 未來的發展趨勢。24

第五章

- 結論。28

第六章

- (6-1) 參考文獻。29
- (6-2) 對照圖例。 附錄工作分配表。31

第 一 章

(1-1) 摘要：

本專題是利用機械系上所擁有的非接觸式雷射掃描儀，將我們原本的實體物件進行掃描以求得點資料，並將掃描到的點資料利用一些 C A D 軟體進行曲面結合以及修整的方式建構出最佳的曲面，並完成一個虛擬的物件以達到和原本的實體物件進行比對或修改。這項技術常使用在產業界，也就是把已經有的產品以逆向的技術做出一樣的模型，再利用這些模型進行優缺點的研究並進行改良，而逆向的技術並不是用來模仿的，而是將原本已經擁有的產品加以改良的技術，以提昇產品的競爭力。

第 一 章

(1-2) 前言與動機：

人類從工業發展以來用機械代替人力生產到現在,大致可分三個階段：

- 1.從 18 世紀末至 20 世紀初，人類以機械取代人力來生產各式工業產品為 "無"到"有"之階段。
- 2.從 20 世紀初至 1980 年: 自動化機械生產規劃進行大量生產提供便宜物美之工業產品為 "有" 到 "量" 之階段。
- 3.從 1980 迄今由於各項先進科技之迅速發展，尤其電腦科技突飛猛進人們對產品要求提昇逐漸走向求新求變，多樣少量之傾向，此段可說是由 "量" 到 "快" 的階段。

而為了達到由 "量" 到 "快" 的境界，全球產業的需求及目標則必須要：

1. 產業開發時程縮短。
2. 產品成本降低。
3. 產品品質提高。
4. 上市快速。

而為了達成此目的，較常用的方式為逆向工程，所謂的逆向工程，

即是先有產品，以量測系統測出數值，在用專業處理軟體或 CAD/CAM 作後處理，然後以快速成型系統或是直接進入數控工具機作產品加工。

設計者可以建立或修改在製造過程中變更過的設計模型。逆向工程的功能和在設計製造間所扮演角色。逆向工程的觀念是簡單而且容易了解的，然而在實際的應用過程中，逆向操作和完成作品往往是緩慢，甚至是痛苦的過程。使整個逆向工程過程自動化的目標存在兩個主要障礙，第一個是人工掃描的障礙，在許多的個案中，有一些具有複雜的幾何形狀和需要精度的物件功能，對這些物件人工掃描仍然是必要。另一個障礙就是處理 CAD / CAM 系統上大量的資料，大都份的 CAD / CAM 系統並非為處理大量輸入點資料而設計。而逆向工程的量測設備是以三次元量測系統為主。基本上以接觸式探針式 和非接觸式(雷射掃描、照相、X 光等式) 兩大類早期是以探針式為主，雖然價格較便宜，但速度較慢，而且以探針與物體接觸處會有盲點並且使軟體物體容易變形，影響量測精度，姑且不論其缺點來看，它可以具有很高量測精度，適合做相對尺寸的量測與品質管制；雷射掃描式快、精確度適當，並且可以掃描立體的物品獲得大量點資料，以利曲面重建，量測完後在電腦讀出數據，通常這部份稱為逆向工程前處理。

而得到產品的數據資料後，以逆向工程軟體進行點資料處理，經過分門別類、族群區隔、點線面與實體誤差的比對後，再重新建構曲面模型、產生 CAD 資料，進而可以製作 RP Part，以確認機構與幾何外型，或 NC 加工與模具製造，這些是屬於後處理部份。

近來三次元量測已廣泛受到重視。一方面三次元量測的量測精度已接近次微米的水準。另一方面，三次元量測儀可以廣泛量測不同工件的尺寸與誤差，這使得三次元量測成為工廠與實驗室普遍使用之量具設備。然而目前大部份三次元量測操作仍僅現於手動與簡單的 NC 指令，其自動化的提升有賴於電腦輔助設計系統(CAD)的緊密配合，使得三次元量測的彈性和精密度可以充份的發揮和利用。

本專題製作的目的是學習並利用三次元量測技術、曲面建構編修等技術、量測出模型(CPU 風扇)的點資料，並將得到的點資料加以處理編修。使用資料切除、連接曲面等等的技術，將多餘的訊號刪除則可得到比較完整的點資料，對於曲面建立有相當的幫助，而建立曲面則在經過修整、分析等等的技術方法建立出完整的曲面模型，再將其修整過的檔案資料傳輸到雕刻機，用雕刻機的刻畫功能，雕刻出一模一樣的完整樣品。

第 二 章

(2-1) 何謂逆向工程：

本來在台灣已經有 CAD/CAM 的存在，慢慢地因為工業的轉型由勞工工業轉型成為資本和技術的密集，而這些雷射高科技的技術產業也開始崛起，因為逆向工程牽涉到三次元量測，還必須處理大量 3D CAD / CAM 的系統，所以必須慢慢地累積經驗，才有辦法把 逆向工程這項技術發揮效用，後來逆向工程也就被廣泛的使用，成為不可或缺的技术之一。

『如何爭取時效，降低開發費用，減少投資風險及成為各企業經營，管理目標之一』，(出處：逆向工程技术及整合應用)。想要得到優良的產品就必須『慢工出細活』，製造出與原形極為相似的產品，所以逆向工程就孕育而生，慢慢地逆向工程也扮起了相當重要的角色。

就台灣生產型態而言，大致可分為傳統是如矽膠模、石膏模及仿削機作仿削等；以及借用電腦輔助繪圖設計與製造之 CAD/CAM 的系做產品開發、繪圖、設計和加工等二大類。這兩種生產方式均各有其優點，仿消機生產速度快，但精度差，而 CAD/CAM 系統的精度高，但人員培訓難，同時造型工作比較費時，然而逆向工程結

合此二者之優點，結合三次元量測系統，開發出來的新技術。

逆向工程顧名思義，就是反其道而行，先有產品或樣品，以量測系統測出數據資料，進入專業處理軟體或 CAD/CAM 作後處理，最後以快速成型系統或數控工具機進行加工。量測設備是三次元量測為主要系統。基本上以接觸式〈探針式〉和非接觸式（雷射掃描、照相、X 光等式）兩大類。在早期是用探針式的方式來探測原形，雖然價格便宜，但是將嚴重影響到精度，話雖如此，還是可作為相對尺寸的量測和品質的管制。在後期的發展中，慢慢地將改用雷射來代替探針，解決了精度不高的問題，而且速度快也可得到大量的點資料，以便進一步的加工。

(2-2) 國內常用三次元掃描器之比較：

方式	接觸式	單點雷射	帶狀多點雷射
資料	需要計算與球頭半徑輔正	表面資料	表面資料
速度	很慢	慢	快
精度	高	中等	高
量測死角	受球頭半徑	光學陰影區域	光學陰影區域
誤差	變化大	小	小
工件材質	硬質材料	不限制	不限制
價格	中等	中等	高
與 NC 連線	可	可	可

第 三 章

(3-1) 逆向工程的製造過程：

逆向工程通常是以專案方式執行一模型的仿製工作。往往一件擬製扇葉片、高爾夫球頭、木鞋模請製作單位複製出來。傳統的複製方式適用立體雕刻機或液壓三次元靠模銑床製作出一比一成等比例的模具，在進行量產。這種方法稱為類比式複製，無法建立工件尺寸圖檔，也無法做任何的外形修改，已漸漸維新型式數位化的逆向工程系統所取代。

目前所稱的逆向工程是針對一現有工件利用 3D 數位化量測儀器準確、快速的將輪廓座標量得，並加以建構曲面 編輯、修改後，傳至一般的 CAD/CAM 系統，再由 CAM 所產生刀具的 NC 加工路徑送至 CNC 加工機製作所需模具，或者送到快速成型機將樣品模型製作出來，此一流程稱為逆項工程，因此逆向工程可歸納為：功能導向、描述模式、系統仿造以及非所屬數系統。

註解：

我們專題所量測的物件為風扇。我們先利用白色的噴漆將所要量測的工件，處理成為白色的表面，可防止雷射光線被工件本身的顏色所干擾。因為雷射掃瞄會因為間距過大而造成誤差，因此，我們先將所要量測之風扇做適當的破壞，所以我們只掃瞄其中的一個風扇，避免兩物件的間距過大而造成嚴重的誤差，在量測工件時，必

須先將原形放上三個圓形的鋼球，讓座標系統可以量測出工件的間距及大小。而那三個鋼球是運用座標轉換的原理，由三個鋼球的量測資料決定座標的轉換關係，再將兩組量測的座標系統轉為一致。量測物件時需要黏貼三個鋼球為基準球，並與個次量測同時量測。注意：必須將工件的所有的面都量測出來。

此時，將量測的面做唯一個資料的依據，便可將此複製我們需要風扇葉片的片數。再做成資料之前我們必須先將所掃描的資料，做一次曲面重建，再把這些資料轉檔。變成 CAD 檔以方便我們做快速原形系統，如此一來我們就可以複製出一模一樣的工件。

(3-2) 逆向工程的系統與設備：

建立一套完整的逆向工程系統所需要的幾本配備有量測探頭、量測機台、點群資料處理軟體、CAD/CAM 軟體、CAE 軟體、CNC 工具機、快速成型機、量產機器。

- 1.量測探頭：有接觸式(觸發探頭、掃描探頭)。非接觸式(雷射位移探頭、雷射干涉儀探頭、線結構光及 CCD 掃描探頭、面結構光 CCD 掃描探頭)。註：圖 1.2 為我們所使用的非接觸雷射掃描儀。
- 2.量測機台：有三次元量測儀、多軸專用機台、多軸關節式機械臂、及雷射追蹤站等。

- 3.點群資料處理軟體：雜訊濾除、細線化、曲線建構、曲面建構、曲面修改、內插補點。註：19.20 為軟體處理介面。
- 4.CAD/CAM 軟體：一般 PC 級或工作站級 CAD/CAM 系統。
- 5.CAE 軟體：執行模流分析或強度分析。
- 6.CNC 工具機：執行模仁加工及模具製造。
- 7.快速成型機：模型產生(有光化學法、粉末成型法、繞線成型法、切紙成型法等等)。
- 8.量產機器：塑膠射出機、押出機、鈹金成型機等。

以上機具、軟體的基本設備和資料而其使用操作的詳細介紹我們以所用到的機具設備來介紹之。

1.量測探頭：我們所用的探頭是(線結構光及 CCD 掃描探頭)，結構光法只使用普通光或雷射光為光源，將一個已知的圖案經由已知視角角度的方向頭設置物體上，此光圖案由於曲面高低起伏而在感測器視角上形狀成一平移量，再經由簡單的三角幾何計算，將此平移量轉成曲面起伏值。結構光圖案可能是點或陣列點、線或陣列線、網路、或一系列複雜圖案，由於使用非常少的計算量，唯一需要的訊息為光的 $x-y$ 影像點座標值，代入幾何方程式而得到 z 座標值，投射光圖案愈簡單，則計算速度愈快，其量測敏感度取決於所使用的幾何關係參數。

所有的結構光三為感測逼近法都有些限制，當使用簡單圖案時，2度空間的訊息無法完全對映到第3度空間得訊息，對表面斜率變化較大的試體而言，結構光系統亦會受陰影影響而得不到所要的資料，此外對光高反射或高吸收的標面也會造成問題，故我們將掃描物件噴成白色包括定位鋼珠使掃描呈現的圖案較為完美。

2.量測機台：我們使用三次元座標量測儀，三次元量測儀可定義

註解：

“一種具有可做三個方向移動的探頭，在三個相互垂直的導軌上移動，此探投以接觸式或非接觸等方式傳送訊號，三個軸之位移量測系統(如光學尺)經數據處理器或電腦等計算出工件的各點座標(x, y, z)及各項功能量測的儀器”。故知，三次元量測儀屬直角座標系統，其機台結構種類繁多，常使用於逆向工程上的為移動橋架型無論是接觸式或非接觸式探頭，均可置於其之軸上，對待測工件做逐點或掃描式量測。由於掃描探頭都有一固定的量測範圍，如果工件輪廓變化大於此範圍時，量測軟體須適時控制三次元量測範圍的z軸做上下位置調整，以使探頭回到其量測範圍，此動作稱為路徑追蹤。

在以逐點式掃描量測時，通常是將探頭在橫向以等速度或等間距逐點移動，再以等時間或等間隔位置量取工件z軸座標。但當工件輪廓有明顯起伏變化時，需要增加量測點以提高解析度，最簡單的方

式是取 $x/z = \text{常數}$ ，亦即當 z 變大時， x 須變小，量測點將更密集。換言之，當工件斜率變大時，量測速度為減慢，此動作稱為速度追蹤。

3. 點群資料處理軟體 CAD/CAM 軟體 CAE 軟體 CNC 工具機、快速成型機、量產機器等使用機器和軟體是使用學校提供之設備故詳細資料無法得知而未加解釋。

(3-3) 雷射掃瞄點資料的處理：

由於雷射掃瞄是採用非接觸式雷射光數來掃瞄原形的界面，因為使用雷射受了很多外在因素的影響，例如：量測工作的反光性、空氣中的微塵或者是機器本身震動而影響的精度，使得大量的資料產生了很大的誤差或者無法得取到資料，為了得到完整和更正確的點資料，以下的方法方便利用曲面重建提升模型的精確度：

1. 掃瞄資料的重整:

由於雷射掃瞄比較容易受到原形表面反光影響而造成資料的遺失，所以我們可以將點資料重新將它們分配達到均勻分布，使得曲面重建時，可以得到比較好的曲面。必須在兩點之間作內插，但是這種作法兩點的相距並不可以太大，否則點資料並無法平均分配，因此所有的曲面也有可能失真，這個方法我們稱為內插法

2. 點資料取點：

資料點編輯發現掃描點資料密度過高，可減少點資料來增加點資料的處理速度，或者是補足點資料資料的不足的現象。點資料重新取點的方法有以下幾種：

- 1.平均取點法 將點資料依固定間格重新取樣。
- 2.倍率法 將所有的點資料除上一個因子，以達到減少點資料的目的。
- 3.間距法 這個方法是讓操作者指定一個容許值，如果相鄰兩點間的距離大於容許值，資料才保留，否則予以去除。
- 4.玄線偏差法 是將兩個三考用的參數值：把最大偏差量或者是最大距離來決定是否將點資料保留。
- 5.差補法 差補法的意思是重新取樣，假設我們所需要重新排列的點數為 N 個，再 N 個點數內我們把它任意的增加或者是減少來決定我們所需要重新取樣的點數，但是任意的增加或者是減少，都會影響到點資料，造成失真的現象。

3.資料點平滑化:

就對雷射的區域而言，由於所量測的精度並沒有很高，而其像在量測比較特殊的幾何形狀、或者是比較容易受到物件的反光作用，而導致點資料的雜訊變大，失去雷射掃描的意義。平滑化是有助於去除雜訊的功能。一般平滑化的方法有三種：1.中值法 2.

平均法 3.高斯法。

4.掃描點資料的分隔:

因為雷射掃描所得到的資料將會相當龐大，所以我們可以將掃描出來的點資料出分間區隔開來，分成幾個部分來做特別的處理，可以節省因資料龐大而浪費的時間。分隔時我們用滑鼠區隔開來，當資料點達到滿意的判斷式時，即可把我們所需要的點資料分隔開來。

5.掃描點資料的重組:

將分隔成的區域依邊界資料作資料重組以方便曲面重建，作曲面重整隻前我們必須先將依方向重整的掃描資料重新調整範圍，沿著工件的幾何特徵做重組的區分，並逐一與掃描點群做交集將其與空間結合，之後我們在用交集的資料分以 B-spline 曲線與以擬合。再將擬合曲線內的點資料做重建曲面，將所建立完成的曲面再與雷射掃描點資料做一次交集，交集後的點資料依照曲面的方向予以重新組合。

6.掃描點資料亂點濾除:

雷射掃描量測容易受到空氣中灰塵的影響而產生額外的亂點，而這些資料點並不屬於量測工件本身，如果不將這些亂點去除，將會造成曲面重建的錯誤，所以必須用濾波器來去除亂點，來保持

完整性。

7.特徵萃曲:

是依工件的幾何形狀將工件曲面上的幾何特徵從掃瞄點資料中萃取出來，為了達成雷射掃瞄的分隔，可以利用邊界線來尋找，並做為分隔曲面的基礎來源分割成不同的區域，以方便輔助雷射掃瞄點資料的分隔，以利曲面重建。

(3-4) 研究方法：

本專題是利用雷射掃描儀及相關軟體建構出最佳的曲面資料，製作過程是以雷射將原型工件經過掃描定位的方式尋找出點資料，再將求得的點資料做曲面整合的方式建構出最佳的曲面模型，再利用 CAD 軟體來重建出曲面，透過檔案轉成格式，轉換成 CAM 檔案格式，在上面做模擬加工來轉出 NC 碼來銑削出工件。

1.量側、掃描原件的點資料：先將原型工件依照其型態做適當的初步測量規劃，再利用非接觸式雷射掃描儀依照所規劃的範圍，量側出原型工件的曲面點資料。其中必須注意工件的本身顏色、形狀曲度、高低介面都會影響點資料的好壞。而我們所測量掃描的工件必須翻轉才能測量出完整的曲面資料，故採用教授的三球定位的方式，達到座標定位和重整的效果。

2.點資料的處理：由於雷射光掃描容易受物體原件的反光影響而造成點資料的散失，所以我們必須將原件噴漆使反光度變小，再從點資料檔案中檢查所掃描不到不正常的點資料雜訊並加以消除，使在曲面建立、建構的時候能夠得到完整較佳的曲面。

點資料的平滑化，因為雷射掃描所量側的點精度並不是非常的高，由其在量側特殊的幾何形狀凹凸面，或是易反光的工件時，點資料的雜訊較大，點資料的平滑化是為了將有助於雜訊的除去雜訊，而同時也會改變物體其他部分的正確性，故原始點的資料會遭到變更，使得一些特殊幾何曲面改變處會出現失真的現象，所以才需要將點資料平滑化。資料點的取點是當使用者發現所掃描的點資料密度過高時，可以將資料點予以減少加速資料的處理，相反的一可取點資料來補足不足的點資料。

3.座標轉換及復合：再掃描時通常會受到 1.工件尺寸 2.特殊曲面角度測量不易 3.工件形狀複雜 4.工作環境和設備限制等因素，所以掃描動作必須經過一次又一次的重複量測才能的到一個叫完整的資料，所以需將物體區分為數個區域，分區掃描和作業，但是在區作業完畢時，將資料復合的程序，多組點資料群的整合顯的非常的重要，而分區測量的座標系統不可能一模一樣，所以必須定出提供轉換的基準座標點，才能將不同的座標位置進行轉

換，而我們所使用的是現今逆向工程三維量測座標整合技術，利用三個定位球掃描的點資料群，自動進行座標復合，且不受工件外型、大小所限制。座標復合是運用座標轉換的方式，將其中一組座標系統平移及旋轉後，能讓系統一致並減少其誤差值，而我們用文獻資料中三球對球法來做座標的校正。所謂的三球對三球法是從各基準的量測資料求得球心位置，共有三個球心，用以建立一個區域座標系統，在組量測資料共用三個座標球，因此各區域性座標系統都是定義在該物件相同的地方，經由座標轉換將其中一座標系統轉換成另一座標系統，即可將兩組資料座標結合為一了。

4.CAD 模型的重建由原物件之曲面型態，將點資料以曲面配合的方式建構出最佳化曲面模型，所重建之曲面型態除了滿足元物件之幾何形狀外還需滿足曲面間片之平滑性，因此會採用多種曲面型態的曲面配合法與多組量測資料曲面連續性之曲面配合法，以滿足需求。最後再將曲面間片整合成完整的物件 CAD 模型

曲面建立由量測儀所得到的點資料來建立曲面的方式之一般可分為兩種 1.近似的方式 2.插捕的方式來將順序的點資料建立成為曲線曲面。對於點資料而言，由於點資料數量龐大若選擇近似法來重建曲面將會較插補法節省控制點的儲存空間，而且對於掃描

時所出現的誤差有抑除的效果，然而蟻插補法來建立曲面，卻會耗費大量的電腦記憶體及較多的時間在曲面的計算上，因此我們建立曲面過程中，應配合所測量得點資料數目及精度來決定曲面重建所用的方法。

第 四 章

(4-1) 過程：

我們所選擇的物件為風扇，做為我們這次的專題，首先我們先將風扇用非接觸式雷射掃描儀進行掃描，來得到我們所需要的點資料，但使由於誤差太大我們並不建議使用，因為物件本身是黑色表面而且葉片之間間距過小易產生陰影，產生了相當大的誤差，後來我們將所要量測葉片的左右兩片給破壞以免陰影去影響到掃描面，接著用雷射掃描將整個葉片曲面給掃描出來，這樣一來可以減少誤差。物件本身為黑色，會干涉雷射掃描的結果，黑色本身會吸收雷射光，所以也會造成誤差，在量測時周圍的光線也不可太過於明亮，這樣也會使得資料不完整，因此我們將物件本身利用白色噴漆，將物件噴為白色，讓物件比較容易掃描，處理過後的掃描結果與比之前的比較，確實有相當大的改變。

我們必須不斷的進行量測，直到我們得到認為比較好的資料，來做為我們所需要的點資料，而且我們要掃描物件的正面、反面及側面，因為掃描過後若沒有座標位置的標示，會造成視覺上的錯亂以至於無法將每個面結合在一起，所以我們採用了三球定位的方法，首先：先取得具有相當真圓度的鋼球，在將球噴成白色，主要是因為鋼球的表面十分光滑，當雷射光投射到鋼球時會造成反射時光線的方向不一使得

接收光線的測頭無法得到完整的資料，而球必須放置到物件本身上面，但是不可以阻礙到量測的面，才可以掃描出其點座標的面，這樣一來就有辦法利用座標定位把正面、反面及側面給分辨出來，作成我們需要的三個表面，我們先將三個面做曲面重建得出曲面資料做為結合的資料，再來我們把三個面做結合，就可得出一個風扇葉片的形狀，接著可以利用這個葉片的模型去修改成我們所需要的葉片尺寸。而中間那個圓柱我們可以利用游標卡尺量出，得出各個面的資料。利用繪圖軟體在繪製出圓柱，利用 Solid Edge 和 Digisurf，去修改風扇和圓柱之間的連接處，然後在做空間的封閉，將其變成立體的狀態，而風扇和圓柱之間的空隙，我們在利用繪圖軟體做塗料的方式加以補強，接著我們利用旋轉陣列的方法來做複製，先要在圓柱上找到中心點畫出一條直線做為軸線，然後利用軸線作旋轉的複製，得出一個完整的風扇。

(4-2) 問題與討論：

討論一：因為我們是採用雷射掃描，而光學掃描其光線的強弱與所得到的結果有著非常大的關係。所以在光線的強弱上必須嘗試著以各種不同強弱的幅度去不斷的試驗以便找出最適合的雷射強度。

討論二：由於我們這組是做風扇的逆向實驗，而風扇周圍的每個葉片

都一模一樣，所以事實上我們只需要對風扇上的任何一個葉片進行掃描以及曲面的重建即可，不必大費周章的將所有的葉片都進行掃描和做其他相同的動作，只需將一片整理好的葉片資料進行複製即可得到一樣的效果，而風扇的基準圖也只需用 CAD 或 CAM 軟體進行繪製，之後再將葉片貼上去複製即可得到我們所要的模型。

討論三：由於掃描是多個面分開掃描而不是一次就可以得到整體的結果，所以我們必須將掃描好的幾個面進行接合的工作，而結合必須找出各個面的相關位置，否則是無法接合的。我們採用常見的三球定位法也就是在風扇上黏三顆大小一樣而且真圓度很高的圓球來進行掃描，而在掃描每一個面時三顆圓球都必須有掃到而且在掃描時圓球不可以掉落或者更換位置，要是以上的情況必須全部重新掃描一次，因為如果圓球在掃描途中更換了相對的位置到時候就無法找出正確的相關座標，以至於沒有辦法接合各個面。

討論四：由於是採用光學掃描所以四周的光線對於掃描的結果有著一定的影響，所以在掃描時必須把周圍的光線加以隔離以免不同的光波影響雷射光的反射效果。

討論五：掃描時雷射掃描儀所能掃描到的網格範圍有一定的區域，不可以超過網格的掃描區域，所以掃描的時候必須注意 X 軸方向必須

在網格的範圍內，所以掃描的邊界必須準確的設定。

問題一：因為是採雷射取像所以模型的顏色以及物件的反射，都會影響到掃描的品質，譬如：我們所掃的風扇是黑色的以及鋼球的反射係數都影響到我們掃描時的結果。

解決一：由於我們要掃描的風扇是黑色的，而黑色的東西就我們所知它會吸收光源和熱源，所以黑色的東西嚴重的影響到雷射打到物品上而物品反射雷射光的能力，會使得掃描到的資料不齊全以至於無法構成一個完整的面，而我們使用的鋼球是屬於反射效果很好的物體，但是其表面太過光亮，所以當雷射光射到鋼球表面時鋼球會將其光線反射回去，但是反射的方向卻是向四面八方而不是直接反射回雷射掃描器的接收頭，以至於所得到的鋼球資料亦不清楚，有礙於三球定位法的使用。所以我們把風扇以及鋼球都用漆噴成白色的，但必須注意的是漆不可以噴灑過量以免外形覆蓋太厚的漆而造成過量的漆往低處垂流，而去影響到量測的結果。在將風扇以及鋼球都噴成白色之後果然得到非常好的點資料。註：圖 3.4 的兩張圖是未做噴漆處理前所掃出來的曲面。

問題二：由於風扇上的葉片過於密集以至於在掃描時有部分的陰影會產生，而這些陰影會去擋到所要掃描的部分曲面，所以無法得到完整

的資料。

解決二：在上面有提到由於風扇的葉片全部都一模一樣，所以我們只要將一個葉片掃描出來以及處理即可，故我們將風扇的其中一片葉片定為主要的掃描面，其他的葉片就沒有太大的用處了，所以我們將主葉片兩邊的葉片去除使得主葉片周圍沒有其他的阻礙物，這樣一來就不會產生陰影而去阻擋到掃描的曲面了，而且這樣也使得鋼球的放置簡單的多了。

問題三：在將所需要葉片經過定位及修改過後從掃描面將其切下只保留葉面的資料，必須如何將它做後續的處理。

解決三：我們使用 Solid Edge 及多種軟體進行編修，首先將切下的兩片葉面曲面結合起來，接著將沒有曲面資料的地方進行曲面的建構，之後以風扇整體的中心點去繪製風扇的圓柱體部分，而圓柱的尺寸必須完全依照原本的尺寸去繪製，圓柱完成後它與葉片之間一定會有些許的空隙，將這些空隙填滿之後檢查葉片與圓柱之間的相對位置是否正確，確定位置正確後即可將葉片進行環形陣列即可得到所要的虛擬的模型了。如果還要進行加工則用 CAD 或 CAM 軟體進行轉程式後再加以修改，然後以 CNC 工具機或快速成形機加工即可得到實體的模型了，但由於我們尚未十分熟悉 CNC 工具機的操作，所以我們只

做到模型完成而已並未進行後續的實體加工。

註：圖 8.9.10.11.12.13.17.18 為區面整合組合的圖。

(4-3) 未來的發展趨勢：

由於產品的多樣化及愈來愈複雜的外形設計，使得逆向工程在工業界的應用愈來愈普遍且愈來愈廣，曲線和曲面的重建為其必需之過程，NURBS 具有彈性大、可準確表示解析函數等優點，再加上 NURBS 已逐漸成為 CAD/ CAM 系統的主流，因而以 NURBS 為研究對象，探討 NURBS 曲線和曲面重建的方法。NURBS 的控制點、加權值和節點向量對曲線和曲面外形皆會有影響，故必須針對三者同時加以考慮，找出最佳的控制點、加權值和節點向量。發展自由曲面幾何模型的建立及適應式改變截面切割運算法和數據傳遞應用於快速成型技術。由於 e 世代科技進步之故，各種產業都面臨著莫大的衝擊，無不調整步伐以適應時代的潮流；醫療層面也受其影響，而更具複雜性與專業特質。未來提供最佳的整合解決方案，提昇醫療行為的技術與品質，建立 E-medical 的典範，並符合 e 世紀人類不僅是滿足基本的生活，更要求擁有最好的醫療照護的期望。

CADCAM、RE+RP & PLM 的最新發展，將針對各個產業提出廣泛性的新技術介紹，包含 CAD/CAM，RE(逆向工程)+RP(快速原型)及 PLM 產品生命週期管理的最新發展及如何整合及運用在產品開發

上。對象為 3C 產業、汽、機車業、模具業、對新技術的發展有關者、CAD/CAM 工程師、設計開發者。

21 世紀是產品人性化、舒適化及客制化(Tailor-made)的時代，少量多樣、形狀美觀及符合人體工學成為現代人對產品的基本需求，人們的需求不斷變化，產品設計及制造的時間也要求大幅縮短，為了適應此市場潮流，逆向工程系統技術逐步得到廣泛應用。

目前專用逆向工程系統以高速度、高精度的線激光掃描為主流，但此套設備非常昂貴，並非一般中小型製造業者所能負擔，如何在有限的成本內應用逆向工程生產客制化產品，是未來和現在要探討的主題，"彈性化"逆向工程系統將線激光掃描探頭模塊化後，可任意集成到一般現有的 CNC 加工機，三坐標量測儀或其它掃描機中。

"彈性化逆向工程系統"就是有效地設計出一套激光掃描系統，它可以任意安裝到各種 CNC 工具機上，並可集成其它各種控制系統，如 Fanuc、Siemens、Milltronics 等，亦可集成任何現有的三坐標量測儀，如 CMM、Layout Machine 等，使中小型製造業客戶能在原有的設備上增加掃描功能，不僅可以節省客戶另行採購激光掃描專用機的費用，更可一機二用，提高原有機器的使用效率，尤其可有效減少使用者的學習時間，使產品的設計與製造更具彈性化。"彈性化逆向工程系統"包含一套激光掃描頭，內含雙 CCD 及一組激光、一

套激光控制系統(控制 Laser、 CCD、 第四軸轉盤等), 並且有一套彈性的掃描軟件可連接各種控制系統, 可即時規劃量測路徑, 快速取得三維量測資料, 低價、 方便更有效率的彈性化逆向工程的時代已來臨。

最新一代的 3D 激光掃描頭, 可集成到 CNC 工具機、 三坐標測量儀、 機械手臂及其它專用機中, 使得客戶的單機用途增廣。 該公司的 3D Scanner 彈性化逆向工程系統包括: 3D 激光掃描頭、 激光控制器、 掃描軟件及影像擷取卡等外圍設備。 3D 激光掃描頭的重量非常輕, 並且採用線激光方式, 可達到高速及高精度掃描, 不但能快速取得 3D 曲面的點群資料, 更可連接各種 CAD/CAM 軟件建立 3D 模型。 應用範圍為: 模具業, 產品設計業、 醫學業、 鞋業、 高爾夫球業、 玩具業等。

隨著產品少量多樣化的情形下, 為了有效地縮減模型製作及模具的開發週期, 以爭取市場的新契機, 必須要有更快速的設計與開發模具或樣品流程。 科技不斷地創新, 產品壽命周期逐漸縮短, 進而加速產品研發速度, 所以企業為提昇競爭力, 爭取客戶與訂單, 加強內部製程與研發能力就成為一項必須的課題, 掃描技術與 CAD 系統的整合, 逆向工程的技術也跟著提升, 以往難用基本幾何來表現與定義之產品, 如流線型產品、 藝術浮雕及不規則線條等, 都可利

用逆向工程的方式來建構，使得在設計複雜曲面時更有效率所研發逆向工程 3D 雷射影像量測系統及逆向工程曲面軟體，可應用於各種 3D 外形之快速取像量測，適用的行業有產品設計業、機械、電子、模具、航太、玩具、醫療、資訊及 3D 動畫軟體業等。目前科技越來越發達如逆向工程於彩色監視器網罩沖壓模具。台灣之監視器生產量排名佔世界第一位，遠超過第二位（南韓）及第三位（日本）產量之總和，然而此監視器產品之關鍵性元件 - 金屬網罩用成形模具卻仍幾乎完全倚賴自外進口，製造廠除要負擔昂貴的模具費用，尚需支付額外的技術權利金，這都是造成成本壓力之主要因素。監視器電子束網罩精密沖壓成形技術乃利用三次元量測儀量測沖頭成品曲面三次元數據，再藉由 CAE 軟體進行三維立體曲面資料重建，將點數據轉換為曲面，作為三次元 CAD/CAM 系統加工之依據，達到沖頭曲面高精度之要求，再據以完成整組模具相關之曲面尺寸加工。本沖壓成形技術可說是一典型的逆向工程開發流程，可協助監視器製造業者解決監視器用網罩沖壓模具高度曲面精度之要求。所以未來還是以低成本、快速度的以達到降低生產成本為原則，不管開發任何軟體都是一定會更快、更方便、更精準。目前最受注目的就是奈米技術，逆向工程不排除會變成奈米逆向工程，所少出來的資料會更精確。

第 五 章

結論：

由於科技的日新月異，因此，逆向工程也就被廣泛的使用，也許會有人認為逆向工程只有複製別人的作品，可是真正得道理懂得人卻很少，它是將已有的成品加以修改使產品變得更好，因為雷射掃描技術已經在逆向工程中被大量的運用中，只不過掃描的過程中將會出現相當多的問題，那就是我們這次專題所必須探討及克服的。

剛開始我們將點資料轉檔成（IGS）以方便我們做修改得動作，在掃描的過程會因為外在的因素而產生相當大的誤差，所以修改的軟體我們選擇了擁有 3 D 功能的 Solid Edge 及 Digisurf，所以我們就可將我們得點資料把它變成一個立體的曲面，在把兩個物體的連接處做圓滑的曲面修改，便可完成一項逆向工程的結合。

第 六 章

(6-1) 參考文獻：

1. 范光照 1999 - 逆向工程技術應用 -台北：高立。
2. 黃仁清 1999 - 應用綜合加工中心機於逆向工程之大型曲面量測 - 台北：高立。
3. 張仲卿 1999 - 逆向工程技術及整合應用 - 台北：高立。
4. LIN 原著、徐永源編譯 1998 - 數控工具機 - 台北：高立。
5. 陳明俊、修芳仲 2001 - 接觸式和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碩士論文。
6. 陳哲斌、呂維成、許覺良 1999 - 逆向工程針對自由曲面於快速原型加工之研究與應用 - 國立台灣科技大學機械工程研究碩士論文。

7. 林守儀、林清安 1999 - 逆向工程點資料處理與自動化 NC 加工隻研究 - 國立台灣科技大學機械工程研究所博士論文。
8. 姚家瑜、賴景儀 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。
9. 翁文德 1998 - 逆向工程之曲面模型重建技術發展 - 國立中央大學博士學位論文。
10. 章明、許智欽 1999 - 逆向工程技術及應用 - 台北：高立。

(6-2) 對照圖例：



圖 1 雷射掃描儀



圖 2 雷射掃瞄儀

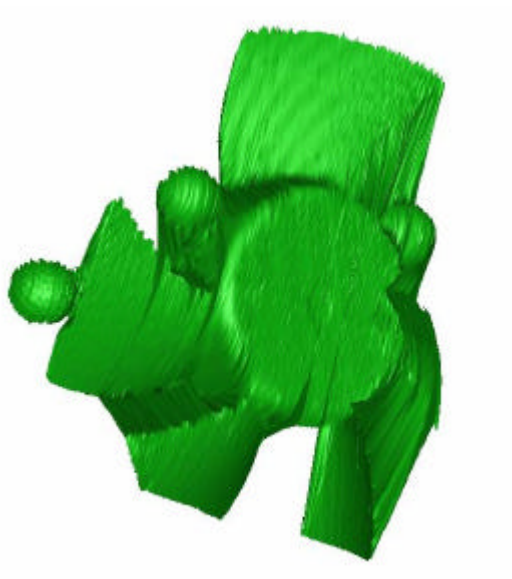


圖 3 未做噴漆處理前所掃之曲面



圖 4 未做噴漆處理前所掃之曲面

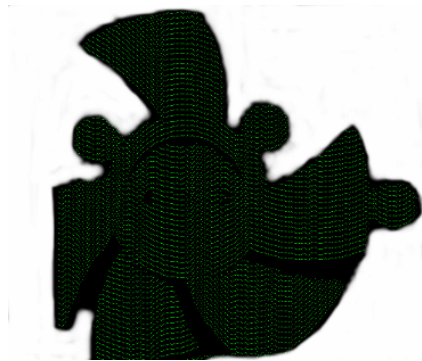


圖 5 掃瞄曲面

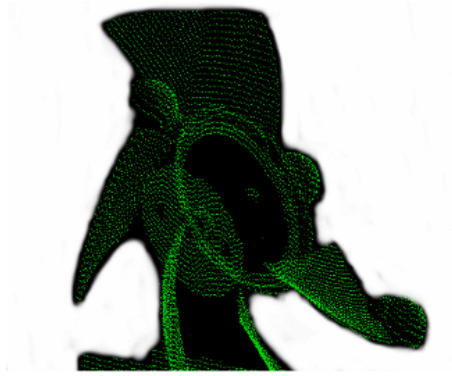


圖 6 掃描曲面

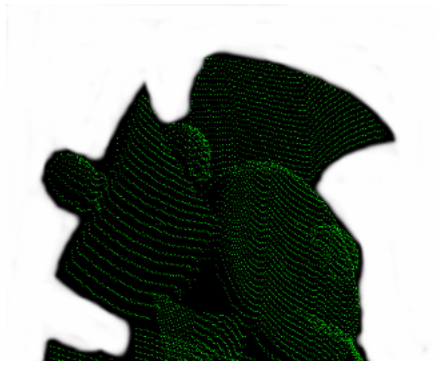


圖 7 掃描曲面

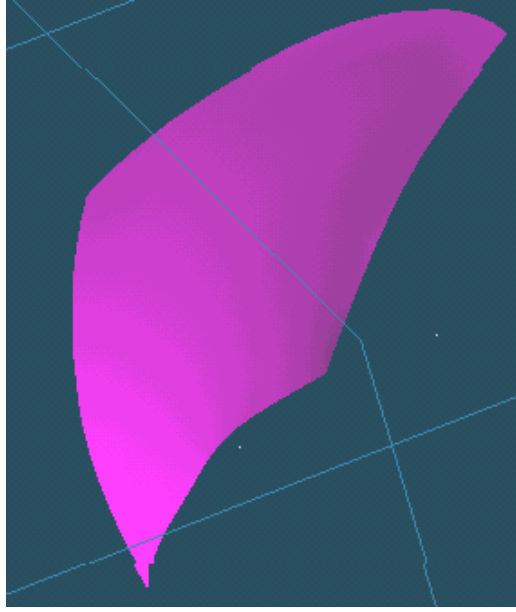


圖 8 曲面整理後的葉面

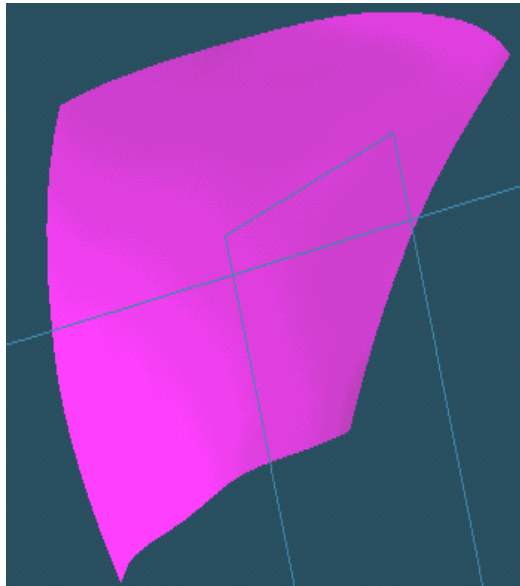


圖 9 曲面整理後的葉面

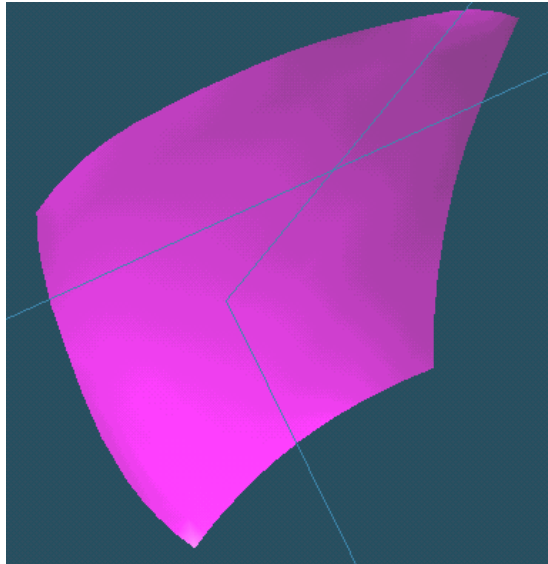


圖 10 曲面整理後的扇葉面

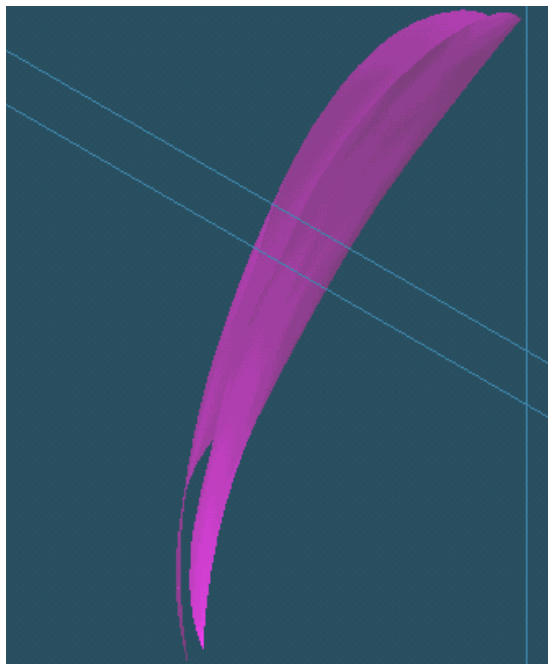


圖 11 曲面整理後的扇葉面

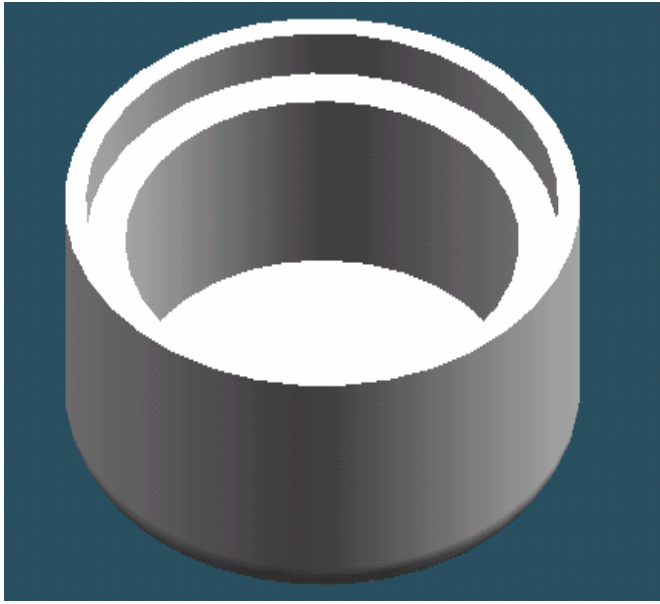


圖 12 風扇中心圓

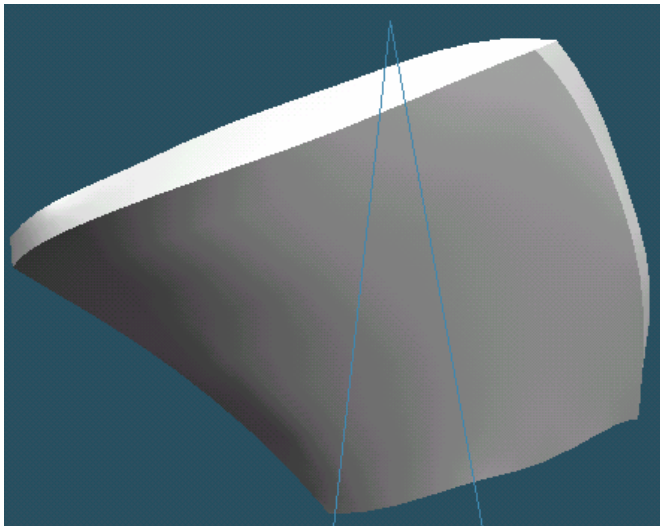


圖 13 曲面接合後的扇葉

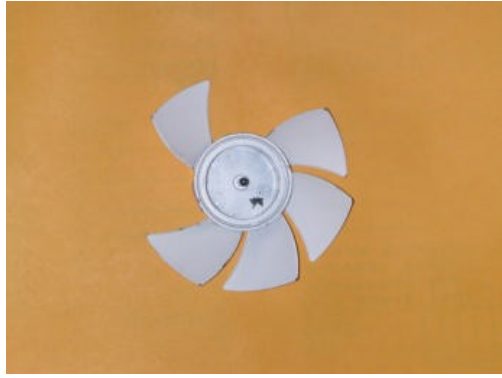


圖 14 掃描物件背面

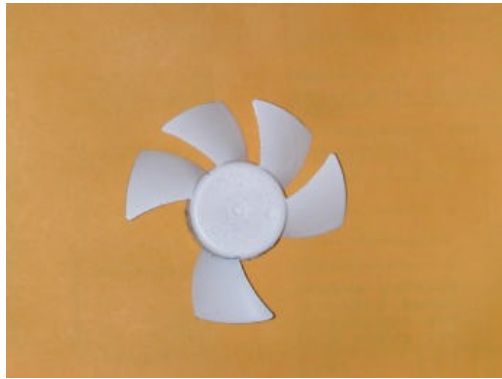


圖 15 掃描物件正面



圖 16 掃描物件側面

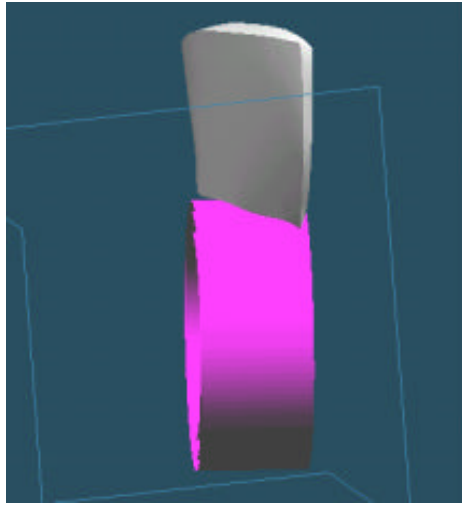


圖 17 未完成風扇組合圖側面

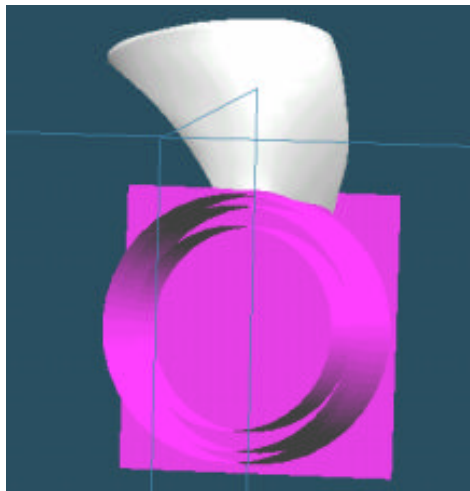


圖 18 未完成風扇組合圖正面

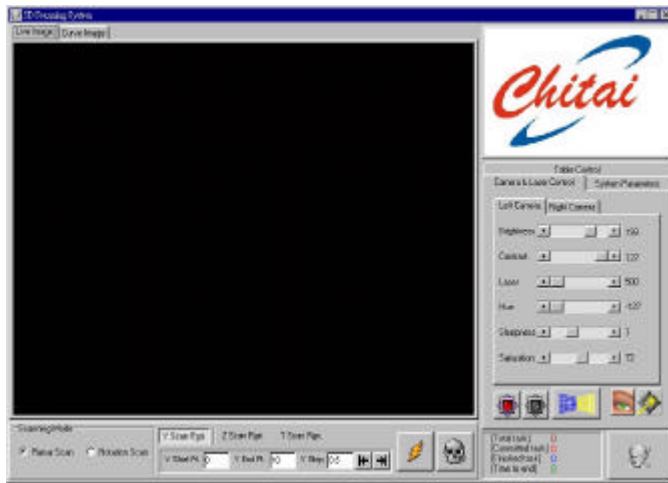


圖 19 Scan3DNow

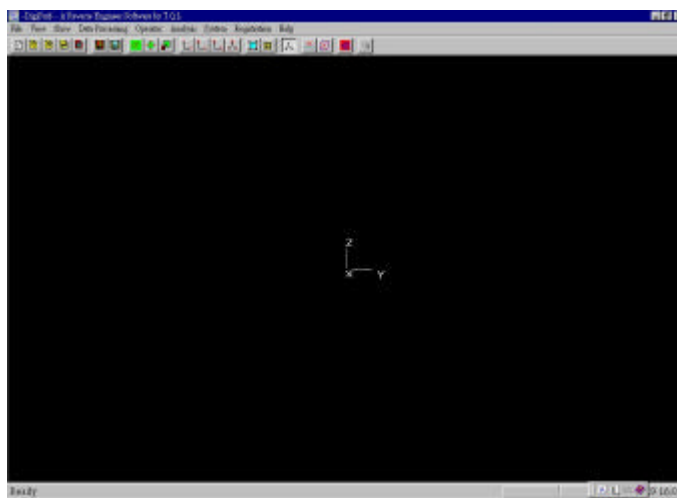
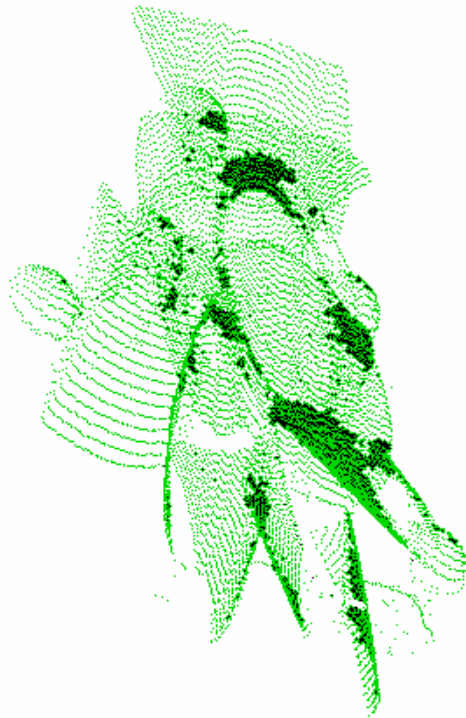


圖 20 DigiSurf



註：此圖為未經三球座標定位的曲面資料，故兩個面重疊在一起無法分辨出每個面的相對位置，所以掃描好的圖還必須經過座標的重整才能進行結合。

組員分工表：

工作項目	執行人員姓名
軟體學習和操作	方正閔、林宗憲
資料蒐集和整理	林宗憲、辛宣德、 卓聖龍、李建勳
資料整合和編排	李建勳、辛宣德、 方正閔、卓聖龍
口頭報告發表	李建勳、林宗憲