

以全身掃描器建立人體計測資料

王茂駿¹, 吳文言², 林國照¹, 楊熙年³

¹ 清華大華工業工程與工程管理學系

² 義守大學工業工程與管理學系

³ 清華大學資訊科學系

E-mail: wywu@isu.edu.tw

摘要

傳統人體計測是以捲尺和卡尺等接觸式的量測方式, 在人體表面目標點位置直接量測尺寸。隨著三度空間掃描器(3-D Scanner)的發展, 如 Cyberware(US)、[TC]²(US)、Vitronic(Germany)、Telmat(France)等, 其高解析度(約 1.4-8mm), 在掃描一標準姿勢的受測者後會建立超過 400,000 點的 3-D 原始資料, 這些點資料足以充分描述詳細且準確的 3-D 數位人體模型, 使得能夠利用非接觸式三度空間全身掃描器的技術來建立 3-D 人體模型資料, 並進行廣泛運用。本文主要介紹利用全身掃描器建立人體計測資料庫的工作, 以 Vitronic 全身掃描器得到的 3D 與彩色資料, 配合身上所預置的 37 個標記點座標資料, 以得到人體計測所需量測項目。

關鍵詞: 人體計測, 標記點, 全身掃描器

1. 緒論

3-D 人體資料在資料的完整性與再利用性上明顯與優於傳統計測[5, 10, 11, 15], 因此在國內外已廣泛的運用三度空間掃描器, 進行龐大的研究計劃。在 CAESAR (Civilian American and European Survey of Anthropometry Research)計劃中, 使用最新的三度空間量測技術在美國量測 4000 人, 在荷蘭和義大利量測 10,900 人, 建立 18-65 歲的三度空間人體計測資料庫, 這些資料可得到人體特徵變化, 可用來有效設計任何有關人類穿著和工作的事物, 這也是美國和歐洲第一個使用 3-D 全身人體計測研究[3, 14]。

日本 HQL 協會 (Research Institute of Human Engineering for Quality Life) 早在 1992-1994 年時, 利用三度空間雷射掃描器量測 34,000 位 7-90 歲的男性和女性, 建立 3-D 人體資料庫。並計劃於 1999-2002 年更新資料庫資料, 並致力研發新的 3-D 量測系統(3-D Body Surface Measurement System) 和可以分析 3-D 人體外型(3-D Human Body Shape)的新資料格式[9, 16]。

英國 3-D 電子商務中心(The Centre for 3-D Electronic Commerce)開發三度空間全身掃描器技術在衣服銷售和製造上, 於 2000 年開始利用 3-D 掃描器量測 30,000 人(分男性、女性和小孩各 10,000 人), 並開發相關軟體,

一但開發成功, 也將對服裝零售、3-D 設計和醫療界產生很大的衝擊[17]。

在國內也開始有三度空間全身掃描器(3-D Whole Body scanner)量測技術的研究, 有利用三度空間掃描器所建立的資料庫, 並由 3-D 資料庫建立成衣尺碼分類系統[18]。透過三度空間全身掃描器的使用, 我們將能快速建立完整且詳細的 3-D 數位人體模型資料(3-D digital body model), 並能運用此資料做不同的運用, 以利用三度空間全身掃描器較早的日本為例, 大多運用在服裝業(43%)和汽車工業(25%)[8, 13, 16]。

本研究使用 Vitronic Viro 3D 1600 三度空間全身掃描器(如圖 1), 掃描一成年男性完整人體, 系統會產生約 400,000 點的 3-D 點座標資料與彩色資料, 利用其產生的點座標檔(BSF)和彩色檔(BTF)分析辨識出掃描前所貼的特徵點, 本研究利用尋找身體各部位特徵, 在加上原始檔案中的彩色(RGB 值)資料來減少雜點干擾, 以完成更可靠的辨識, 然後才能更進一步進行相關的人體尺碼計算和重要的人體體型(shape)擷取, 這些尺碼和體型資料便成為剪裁系統的尺寸資料來源。



圖 1. Vitronic Viro 3-D 1600 三度空間全身掃描器外觀圖

2. 人體計測量測資料

經相關文獻探討發現最佳量測角度約在相鄰較近的兩個掃描器間, 約 75 之間, 經由本實驗儀器測試也得到相同的結果, 所以量測位置採取面向 75 兩雷射掃描器鏡頭組之間, 如圖 2, 這樣的方向對我們所需偵測的標記點會產生最佳的影像效果[2]。

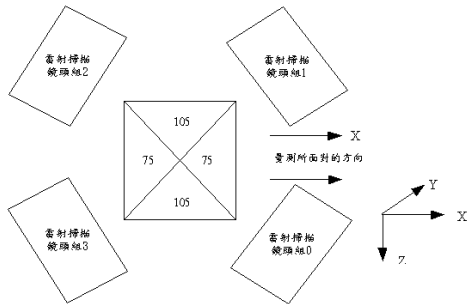


圖 2. 量測位置採取面向 75°兩雷射掃描器鏡頭組間之上視圖

受試者的標準姿勢，採取雙腳張開約 30cm 寬，雙手自然下垂向外張 25~35°伸直，五指微張攤平手掌朝前，抬頭挺胸平視前方，標準姿勢可使掃描影像獲得最佳掃描效果，立姿標準量測姿勢如圖 3。量測前除確定受試者姿勢位置正確外，如果掃描過程中受試者呼吸或是身體微微搖晃，都會影響掃描品質[3, 4]，所以我們請受試者在量測前幾秒微吸一口氣，在量測過程中不可呼吸並維持受測姿勢，以得到較佳的掃描品質。

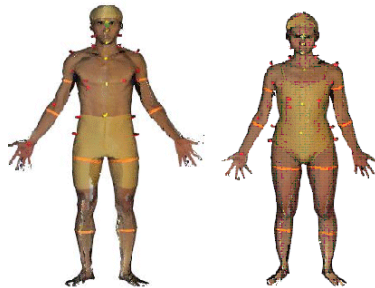


圖 3. 立姿標準量測姿勢

本研究共選出 37 個重要的人體特徵點，所採用的標記點有黃、綠、紅三種顏色螢光紙，其中有 6 個黃色點、1 個綠色和 30 個紅色點，共 37 個顏色定位點，大部分的標記點尺寸為 1.5*1.5 cm 的正方，1 個 2*2.5 cm (中指指尖處，因掃描影像容易不完整)，和 11 個為 2.5*1.5 cm 的立體標記點，之所以會使用立體標記點和加大標記點尺寸，是因雷射光性質的因素，對掃描邊界處會有取像上的限制 [11]，所以在邊界處需使用凸起的標記點和加大尺寸，經測試後決定將邊界處的特徵點使用 2.5*1.5 cm 立起的標記點，指尖處使用 2*2.5 cm 的標記點，各特徵點編號、名稱和所使用的標記點顏色大小如表 1，相關位置如圖 4，標記點顏色大小如圖 5。本研究希望將 3-D 全身掃描器所得到的原始資料，透過標記點自動辨識，得到各特徵點的 3-D 座標，並運用各特徵點資料進行尺寸的計算。本研究以成衣尺碼分類系統中選出 20 項成衣製造之重要尺寸進行計算，如表 2。

表 1. 特徵點編號、名稱、顏色和大小

編號	位置	顏色	顏色編號	大小(cm)
1	眉間	Y	Y001	1.5*1.5
2	鼻骨尖	Y	Y002	1.5*1.5
3	額下點	Y	Y003	1.5*1.5
4	胸上點	Y	Y004	1.5*1.5
5	胸下點	Y	Y005	1.5*1.5
6	肚臍	Y	Y006	1.5*1.5
7	頸點 C7	G	G001	1.5*1.5
8	鼻樑點	R	R001	1.5*1.5
9	左下頰角	R	R002	2.5*1.5(立)
10	右下頰角	R	R003	2.5*1.5(立)
11	左頸根外側	R	R004	2.5*1.5(立)
12	右頸根外側	R	R005	2.5*1.5(立)
13	左肩峰	R	R006	2.5*1.5(立)
14	右肩峰	R	R007	2.5*1.5(立)
15	左腋窩前點	R	R008	1.5*1.5
16	右腋窩前點	R	R009	1.5*1.5
17	左腋窩後點	R	R010	1.5*1.5
18	右腋窩後點	R	R011	1.5*1.5
19	左乳頭	R	R012	1.5*1.5
20	右乳頭	R	R013	1.5*1.5
21	右乳下點	R	R014	1.5*1.5
22	右肩胛下點	R	R015	1.5*1.5
23	右肘尖下點	R	R016	2.5*1.5(立)
24	右尺骨莖突	R	R017	1.5*1.5
25	右中指第三指節(掌骨-指骨)	R	R018	1.5*1.5
26	右中指指尖(指骨遠側)	R	R019	2*2.5
27	右手腕中點	R	R020	1.5*1.5
28	右手肘中點	R	R021	1.5*1.5
29	左髌膈	R	R022	2.5*1.5(立)
30	右髌膈	R	R023	2.5*1.5(立)
31	左大轉子	R	R024	2.5*1.5(立)
32	右大轉子	R	R025	2.5*1.5(立)
33	右臀後緣(最大臀)	R	R026	1.5*1.5
34	右臙骨中點	R	R027	1.5*1.5
35	右脛骨前下點	R	R028	1.5*1.5
36	右膝?	R	R029	1.5*1.5
37	右外踝點	R	R030	1.5*1.5

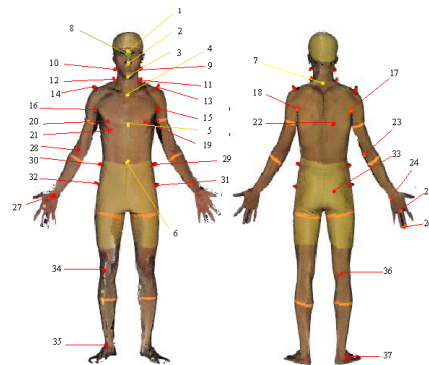


圖 4. 各特徵點相關位置

表 2 成衣製造之重要尺寸定義與計算方法

編號	尺寸	尺寸定義	計算方式
1	身高 (Stature)	受試者直立，從頭頂至腳底之垂直距離	人體頭頂最高點減腳底最低點之垂直距離
2	頸椎高 (Cervical height)	從頸椎點至腳底之垂直距離	頸椎點減腳底最低點之垂直距離
3	肩膀傾斜角度 (Shoulder slope)	切「肩頸點 (SNP)」平面與切「肩頸點 (SNP)-肩峰點 (SP)」平面之夾角	頸根外側點切水平面與肩峰之夾角
4	頭圍 (Head girth)	眉間點與後頭點繞一圈之周長	過眉間點切一橫狀面
5	頸基底圍 (Neck base girth)	經後頸椎點 (BNP)、肩頸點 (SNP)、前頸點 (FNP) 環繞一圈之周長	C7 過兩側頸根外側點切橫斷面之圍度
6	胸圍 (Bust girth)	通過左右乳頭點水平環繞一圈之周長	過左、右乳頭點，切一橫斷面之圍度
7	下胸圍 (Underbust girth)	乳房直下部繞一圈水平之周長	過乳下點切一橫斷面之圍度
8	腰圍 (Waist girth)	過肚臍點部位之圍度	過肚臍點切一橫斷面之圍度
9	臀圍 (Hip girth)	在臀部最凸處，水平環繞測量一圈之圍度，臀圍線 (HL)	臀部最凸處，切一橫斷面之圍度
10	膝圍 (Knee girth)	通過膝蓋骨中央水平一圈之圍度	膝蓋骨之中心點，切一橫斷面之圍度
11	肩寬 (Shoulder length)	左、右肩峰點距離	兩肩峰點相減之直線長度
12	背寬 (Posterior chest width)	左、右後腋窩點間之距離	左、右兩後腋窩點相減之長度
13	胸寬 (Interior chest width)	左、右前腋窩點間之距離	左、右兩前腋窩點相減之長度
14	乳間點 (Nipple breadth)	左、右乳尖點 (BP) 間之直線距離	左、右乳頭點間相減之長度
15	袖長 (Sleeve length)	從肩峰點 (SP) 經肘後點至尺骨莖突點之距離	肩峰減肘後點，加肘後點減尺骨莖突之長度
16	肘長 (Upper posterior arm length)	從肩峰點 (SP) 到肘點之距離	肩峰減肘後點之長度
17	下肢長 (Lower extremity length)	從轉子點至腳底之距離	大轉子減腳底最低點之垂直長度
18	腰圍高 (Waist height)	從腰圍線 (WL) 至腳底之後正中線垂直距離	肚臍減腳底之垂直長度
19	腰膝長 (Waist to knee length)	自腰圍線至膝蓋骨中心點之距離	肚臍減膝蓋骨中心點之垂直長度
20	褲長 (Waist to ankle length)	自腰圍線 (WL) 至外踝點之直線距離	肚臍減外踝點之垂直長度

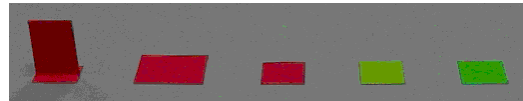


圖 5. 所使用的標記點顏色大小，由左至右分別為紅色 2.5*1.5(cm)立體，紅色 2*2.5(cm)，紅色 1.5*1.5(cm)，黃色 1.5*1.5(cm)，綠色 1.5*1.5(cm)

周長及面積計算需利用平面凸多邊型 (convex hull polygon) 的方法 [1, 7, 19]，找尋可以完整描述形狀的特徵點，先將多邊型分離成四部分，如圖 6 所示。

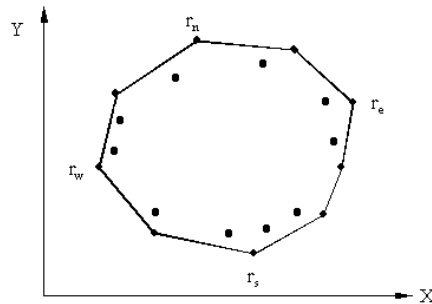


圖 6. 平面凸多邊型限制點

藉由四個限制式，將所有的點區分成四部分，限制式如下 [1]:

$$r_w \in \sum x_w \quad x_i \text{ for all } 0 \leq i \leq N \quad (1)$$

$$r_e \in \sum x_e \quad x_i \text{ for all } 0 \leq i \leq N \quad (2)$$

$$r_n \in \sum y_n \quad y_i \text{ for all } 0 \leq i \leq N \quad (3)$$

$$r_s \in \sum y_s \quad y_i \text{ for all } 0 \leq i \leq N \quad (4)$$

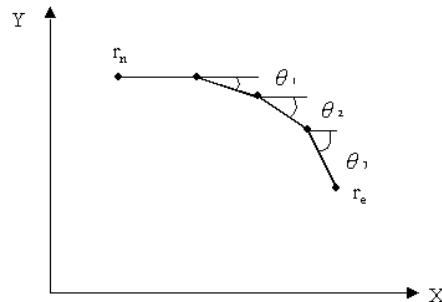


圖 7. 最小相鄰向量決定凸多邊型

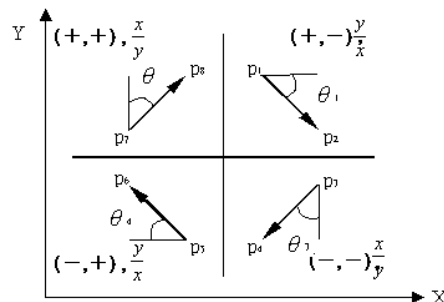


圖 8. 凸多邊形相鄰邊最小的角度計算方式

在四個限制式確定後再利用順時針方向，以後點減前點計算出凸多邊形各點向量，找出凸多邊型相鄰邊最小的角度向量如圖 7，不同方向所需計算之 角與計算方式如圖 8。

$$q_i = \tan^{-1} \left(\frac{y_i - y_c}{x_i - x_c} \right) \quad (5)$$

其中 x_i, y_i : 點座標值, x_c, y_c : 中心點座標值, 當 $(x_i - x_c, y_i - y_c) = (+, +)$, $i = 1 \sim 180$, $(-, +)$, $i = 180 \sim 360$, $(-, -)$, $i = 180 + 1 \sim 360$, $(+, -)$, $i = 360 - 1 \sim 0$

以平面凸多邊型法取得圍度特徵點資料，詳細方法流程如下：

- 1、利用四個限制式找出最邊界的四個點(r_c, r_s, r_w, r_n), 然後強制其只有四次方向改變。
- 2、逆時針方向比對取點
 - (a) 以 r_c 點為起始點: 計算方向為 $(-, -)$, 計算 r_c 與 r_s 間所有點的 θ 值, 取角度值最小的點, 在以該點計算與 r_s 間所有點的 θ 值, 取角度值最小的點, 最後會取到 r_s 點。
 - (b) 以 r_s 點為起始點: 計算方向為 $(-, +)$, 計算 r_s 與 r_w 間所有點的 θ 值, 取角度值最小的點, 最後會取到 r_w 點。
 - (c) 以 r_w 點為起始點: 計算方向為 $(+, +)$, 計算 r_w 與 r_n 間所有點的 θ 值, 取角度值最小的點, 最後會取到 r_n 點。
 - (d) 以 r_n 點為起始點: 計算方向為 $(+, -)$, 計算 r_n 與 r_c 間所有點的 θ 值, 取角度值最小的點, 最後會取到 r_c 點。

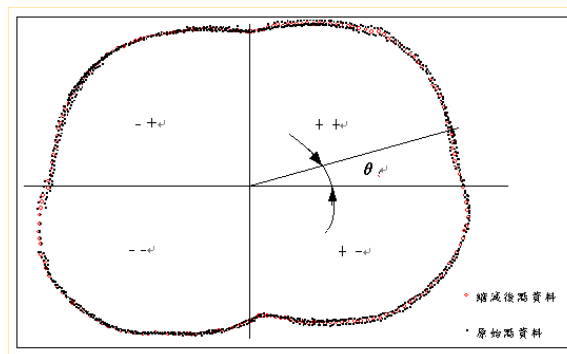


圖 10. 利用角度關係做點資料的初步縮減

所得到的凸多邊型剛好符合人體計測時, 在凹陷處捲尺或數位卡尺會以拉直線方式來量測, 如圖 9, 但這樣的方式我們卻無法得到原始切面形狀, 原始切面形狀也是設計時一個很重要的參考點, 這也是三維量測優於二維量測的地方, 如果我們要取得沿體表周長、面積和形狀, 無法以此種方式直接取得, 需加一些方法輔助。

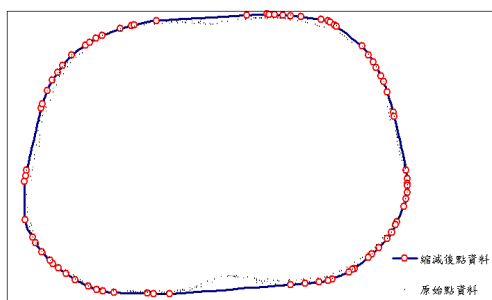


圖 9. 平面凸多邊型法擷取點資料

由於原始點資料分佈散亂如圖 10, 凸多邊型法無法直接沿邊緣取得特徵點, 本研究透過將資料縮減, 利用各點座標與中心座標找出各點與中心座標的 θ 值, 在以角度的關係將點資料縮減, 方法如下：

將點資料依 θ 值排列, 即可利用角度將圍度劃分成 n 等份, 每一等份中所有值平均, 即得該範圍的代表值, 因所使用的 Vitronic Viro 3-D 1600 全身掃描器水平解析度為 1mm, 所以縮減後兩點座標距離盡可能接近 1mm, 才可以保有 Scanner 原來的精確度, 但也不能太小, 否則失去縮減的功效, 因此我們以推估的周長除以 2mm, 即得該分幾等份, 這樣也可以確保無論尺寸大小, 縮減後兩點的間隔接約為 2mm, 以增加系統性的準確度, 角度初步縮減後如圖 10, 所保留下的點資料, 即為影像變異的平均值。

縮減後的點資料還很雜亂, 無法代表正確的形狀變化, 需以局部凸多邊型法尋找代表性特徵點, 方法跟凸多邊型法一樣, 只是不分四段計算, 而是以角度局部尋找的方式(一次增加 10 度), 依每一段本身的變化來判斷前進方向, 因此每一段都能找到最外圍點, 即可找出能表現出形狀變化的特徵點, 如圖 11。

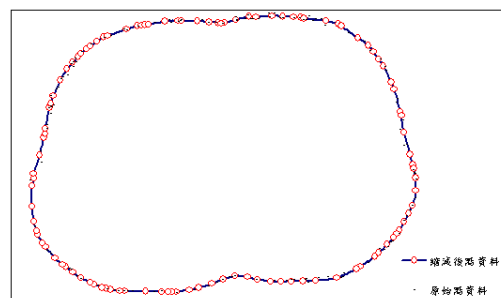


圖 11 局部平面凸多邊形法擷取沿體表點資料

在重要特徵點取得後, 可進行周長及面積計算, 周長可以以兩點距離公式求得。面積可以利用多個三角形面積所組成, 如圖 12, 三角

形面積可以以向量方式求得，如圖 13。

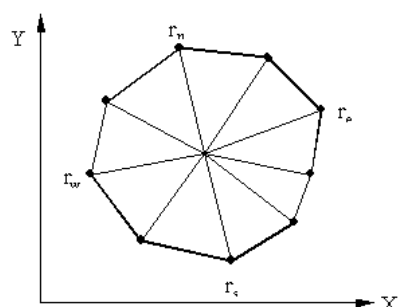


圖 12 圍度面積為多個三角形所組成

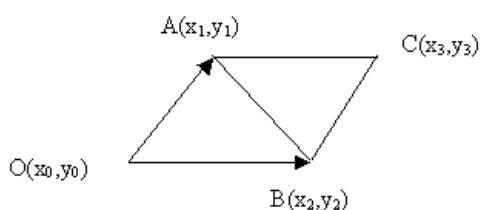


圖 13 以向量方式求三角形面積

三角形面積向量法如下：

$$\square OACB = |\vec{A} \times \vec{B}| \quad (6)$$

$$\triangle OAB = \frac{1}{2} \square OACB \quad (7)$$

$$\vec{A} = (x_1 - x_0)\vec{i} + (y_1 - y_0)\vec{j} \quad (8)$$

$$\vec{B} = (x_2 - x_0)\vec{i} + (y_2 - y_0)\vec{j} \quad (9)$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = [(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (x_2 - x_0)(y_1 - y_0)]\vec{k} \quad (10)$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = \{[(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (x_2 - x_0)(y_1 - y_0)]^2\}^{1/2} \quad (11)$$

$$\triangle OAB = \frac{1}{2} |\vec{A} \times \vec{B}| \quad (12)$$

$$= \frac{1}{2} [(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (x_2 - x_0)(y_1 - y_0)]$$

3. 實驗結果

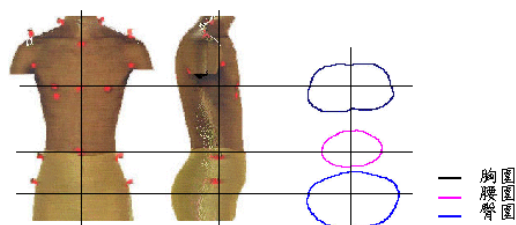


圖 14. 胸圍、腰圍、臀圍、人體正面和側面的體型分析

3D 的特性能夠保留體型的資料，在運用上比傳統 2D 增加了很多優勢，能夠廣泛運用，可作為人檯，為衣服設計時的參考標準，亦可用於護具設計時的依據，如圖 14。在醫學上

也可將胸圍、腰圍和臀圍重疊，來了解身體體型狀況，如是否有脊椎測彎，做為矯正時的判斷依據，如圖 15。

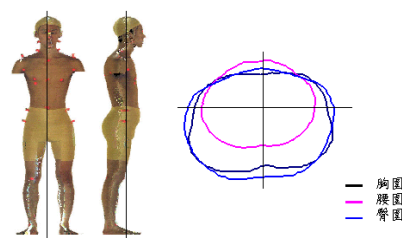


圖 15 胸圍、腰圍、臀圍重疊體型分析

本研究程式利用 Borland C++ Builder 所撰寫，所使用的電腦設備為 DURON-950 和 256M RAM，由於所處理的是大量 3D 點資料運算，所以對電腦的執行速度上需要較高等級，才能減少運算時間。從讀取原始資料 BSF 和 BTF 至標記點辨識和尺寸計算完成，所需的總執行時間約 85 秒，主要時間依序為讀檔約 13 秒、結合成 model 檔約 13 秒、對 40 萬點排序約 7 秒、將排序過的 model 檔寫出約 28 秒，剩餘的有分割約 2 秒、找邊線約 1 秒、點資料過濾評分約 8 秒、標記點辨識約 2 秒、取出所有圍度原始一圈點資料約 9 秒、尺寸計算約 2 秒。執行過的檔案，開啟舊檔時只需 8 秒。

在程式結束後所產生的檔案資料，都會記錄在與讀取的原始檔案(BSF)同一個資料夾，各個檔都有不同的用途，詳述如下：

- 1、辨識結果:可隨時增加不同尺寸的計算和人體計測資料庫建立
- 2、尺寸計算結果:可作為資料庫的建立。
- 3、排序後的人體資料,和切割後資料:方便需對人體不同部位研究的人使用。
- 4、身體邊線資料:為身體邊線資料,未來所貼的標記點較多時,可將邊線資料做為辨識的判斷依據。
- 5、顏色評分結果:可了解顏色性質,在增加別種顏色點時可以此判斷顏色點好壞,另外在補缺陷點時,也需利用此一資料。
- 6、評分結果以顏色表示:可用視覺看出結果,方便做判斷。
- 7、原始圍度點資料:了解圍度原始掃描結果。
- 8、體型點資料:將沿體表點資料和凸邊型點資料保留,在做設計時能用到 3D 所保留的形狀特徵。

程式執行後所記錄的體型資料，可在尺寸計算結果表中點選所需的圍度，即可呈現出該圍度的形狀如圖 16，本研究有兩種體型資料：

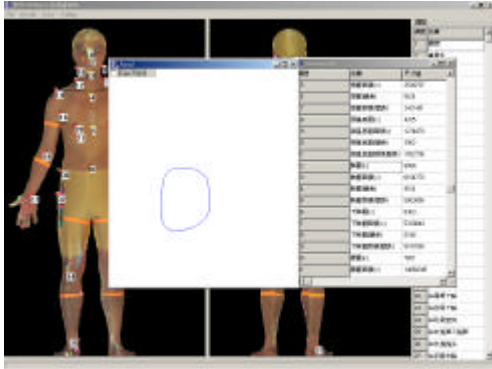


圖 16.圍度形狀的呈現

第一種為沿體表的體型資料，只要點選圍度後面標有“體表”字樣，即可呈現出沿體表資料，如圖 17(a)，另外只要點選 draw point 選項，可呈現出所找出的原始點資料，如圖 17(b)。第二種為使用凸多邊型法所擷取的體型資料，符合人體計測時在凹陷處以拉直線的方式計算，只要點選圍度後面標有“c”字樣，即可呈現出，如圖 18(a)，另外只要點選draw point 選項，可呈現出所找出的原始點資料，如圖 18(b)。在標記點辨識之後，即可利用結果進行各項的尺寸計算，結果如表 3。

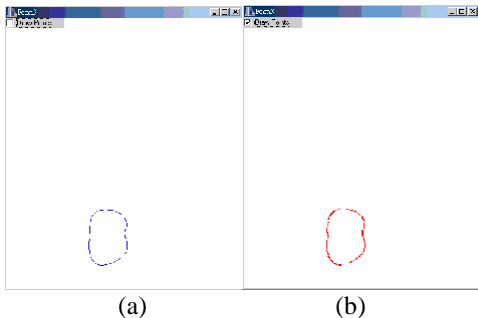


圖 17. 沿體表的體型資料：(a) 沿體表的體型，(b) 特徵點原始資料

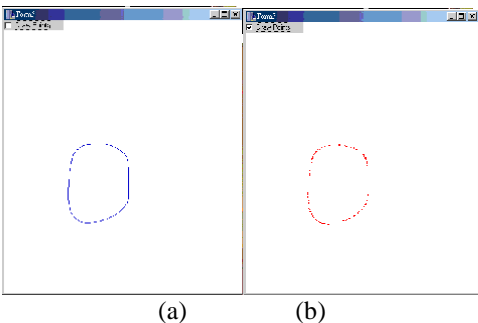


圖 18. 凸多邊型法所擷取的體型資料:(a)凹陷處以拉直線的，(b) 特徵點原始點資料

表 3. 尺寸計算結果(單位：0.01cm)

編號	尺寸	結果	編號	尺寸	結果
1	身高	16605	22	胸圍(c)	9984
2	頸椎高	13998	23	胸圍面積(c)	6044613
3	肩膀傾斜角度	62.3	24	胸圍(體表)	10166
4	肩寬	3526	25	胸圍面積(體表)	5319701
5	背寬	3243	26	下胸圍(c)	10012
6	胸寬	2843	27	下胸圍面積(c)	5844121
7	乳間點	1596	28	下胸圍(體表)	10180
8	袖長	5764	29	下胸圍面積(體表)	4915429
9	肘長	3245	30	腰圍(c)	12544
10	下肢長	8461	31	腰圍面積(c)	6910811
11	腰圍高	9602	32	腰圍(體表)	12538
12	腰膝長	5094	33	腰圍面積(體表)	4654265
13	褲長	9146	34	臀圍(c)	14650
14	頭圍(c)	5781	35	臀圍面積(c)	8906186
15	頭圍面積(c)	2581821	36	臀圍沿(體表)	14606
16	頭圍(體表)	5803	37	臀圍面積(體表)	5732749
17	頭圍面積(體表)	2472361	38	膝圍(c)	6936
18	頸基底圍(c)	3902	39	膝圍面積(c)	2731225
19	頸基底圍面積(c)	1069478	40	膝圍(體表)	9171
20	頸基底圍(體表)	3780	41	膝圍面積(體表)	2162443
21	頸基底圍面積(體表)	998377			

C: 以平面凸多邊型法所得的結果
體表: 以沿體表法所得的結果

4. 結論

3D 比傳統 2D 提供設計時更多參考資訊，在運用上也更加廣泛，能做出更適切設計，許多國家都投入大量的人力物力，結合不同領域的人員進行相關研究工作，如人體計測、服裝尺碼自動擷取、頭盔設計、防護衣設計、設備的配適性、醫療診斷、3D 體型分類和虛擬模擬等，並且建立大量的 3D 人體資料庫，本研究僅在辨識和尺寸計算上略有進展，未來尚需更多不同領域的人力參與研究，建立符合國人的 3D 資料，才能設計更配適國人使用的產品。

本研究利用平面凸多邊型法，找尋最可以完整描述體型形狀的關鍵特徵點，圍度計算以直線的方式相加，不過身體圍度是較圓滑的，如以 bi-arc curves 趨近，曲線將較圓滑。因此未來人體掃描前，需以數位捲尺量測人體一些

重要圍度，才能對本研所得結果與數位捲尺
做一有系統且大樣本的驗證。

誌謝

本文承蒙國科會研究計畫補助(編號 :NSC89-2218-E-007-003 & NSC 89-2213-E-007-117)特此誌謝。

參考文獻

1. Bez, H. E., Edwards, J., Distributed Algorithm for the Planar Convex Hull Problem, *Computer-Aided Design*, 22, pp. 81-86 (1990).
2. Brunsmann, M. A., Daanen, H. M., and Robinette, K. M., "Optimal postures and positioning for Human Body Scanning," *Proceeding of International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 226-273 (2000).
3. CASEAE Project, [http : //www.hec.afrl.al.mil /cardlab/Caesar/summary.html](http://www.hec.afrl.al.mil/cardlab/Caesar/summary.html)
4. Daanen, H. A. M., Brunsmann, M. A., and Robinette, K. M., "Reducing movement artifacts in whole body scanning," *Proceedings of International Conference on Recent Advances*, pp. 262-265 (1997).
5. Daanen, H. A. M. and Water, G. J., "Whole body scanners," *Displays*, 19, pp. 111-120 (1998).
6. Deason, V. A., "Anthropometry: the human dimension," *Optics and Lasers in Engineering*, 28, pp. 83-88 (1997).
7. Douros, I., Dekker, L., Buxton, B. F., An improved algorithm for reconstruction of the surface of the human body from 3D scanner data using local B-spline patches, *Proceedings of IEEE International Workshop*, pp. 29-36 (1999).
8. Geisen, G. R., Mason, C. P., Houston, V. L., Whitestone, J. J., McQuiston, B. K., and Beattie, A. C., "Automatic detection, identification, and registration of anatomical landmarks," *Proceeding of the Human and Ergonomics Society 39th Annual Meeting*, 1995.
9. HQL, <http://www.hql.or.jp>
10. Marc, R., "Colour 3D electronic imaging of the surface of the human body," *Optics and Lasers in Engineering*, 28, pp. 119-135 (1997).
11. Nurre, J. H. and Addleman, S., "3D scan systems integration," *DLA-ARN Final Report*, 1998.
12. Pargas, R. P., Staples, N. J., and Steven, D. J., "Automatic measurement extraction for a three-dimensional body scan," *Optics and Lasers in Engineering*, 28, pp. 157-172 (1997).
13. Pargas, R. P., "Automating information extraction from 3D scan data," *DLA-ARN T2p5 Project Report*, 1998.
14. Robinette, K. M., Daanen, H., and Paquet, E., "The Caesar project: a 3-D surface anthropometry survey," *Proceedings of the Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, pp. 380-386 (1999).
15. Steven, P., David, J. B., Brian, D. C., Peng Li., and Thomas, O., "Automated extraction of anthropometric data from 3D images," *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*, 6, pp. 727-730 (2000).
16. Suzuki, K., "Prospect of the next-term human body measure in Japan," *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*, 6, pp. 748-750 (2000).
17. The Centre for 3D Electronic Commerce, <http://www.3dcentre.co.uk>.
18. Wang, M. J., Wang, E. M. Y., Lin, Y. C., *Anthropometric data book of the Chinese people in Taiwan*, Ergonomic Society of Taiwan, Hsinchu, Taiwan (2002).
19. Ye, Q. Z., A fast algorithm for convex hull extraction in 2D images, *Pattern Recognition Letters*, 16, pp. 531-537 (1995).