

3D 人體體型銀行的建立與應用

游志雲¹，劉祖華²，邱文科²，林顯昌³，楊宜學³

¹清華大學工業工程及工程管理學系

email: cyyu@mx.nthu.edu.tw

²長庚大學工業設計學系

e-mail: thliu@mail.cgu.edu.tw, wkchiu@mail.cgu.edu.tw

³工研院光電研究所

e-mail: hslin@itri.org.tw, h880023@itri.org.tw

摘要

本計劃的目的是建立一套 12000 個人以上的大型 3D 人體體型資料庫一體型銀行，並將這個體型銀行應用在工業、醫療及設計界。利用我們自行合作研發的 3D 人體掃描技術，可以在 12 秒內精確地抓取二十萬個人體表面的 3D 座標點。12,000 名樣本人擬來自四個來源：長庚醫院健診中心的就診人員、服裝公司客戶、現役軍人及展覽會場的參觀人員。體型銀行架構包含 (1) 個人資料檔、(2) 1D 尺寸檔 [173 個尺寸]、(3) 2D 的側影及剖面檔 [24 個剖面檔]、(4) 皮膚表面積 [21 個肢段]、(5) 肢段體積檔 [21 個肢段]。完成後的體型銀行資料庫會架設在長庚大學、清華大學及工研院三個網站供社會大眾瀏覽取用。應用方法分為工業應用、醫療應用及設計應用，在工業應用方面首先是建立女性胸衣與鞋楦的尺碼分級系統、人台模型或鞋楦的自動化製作系統。在醫療上的應用有慢性呼吸面罩，與美容手術的變形模擬等。在設計界的應用方面是發展一套 3D 活動人體模型的 Auto Cad 電腦系統(3D Human CAD)，讓設計師可以用來模擬人的真實體型、姿勢和動作，在電腦中檢討人—機界面的吻合情形。

1. 前言

本計劃的目的是建立一套 12000 個人以上的大型 3D 人體體型資料庫一體型銀行，並將這個體型銀行應用在工業、醫療及設計。

許多傳統產業的產品，如呼吸防護具、服裝、鞋子、衛浴、桌椅、車輛、運動器材以及義肢、醫療支架等產品首要品質需求就是講求產品與人體體型的吻合，因此在設計及

製造這些產品時就必須有精確的3D人體體型資料作為設計的依據。然而在過去我們並沒有3D人體體型的量測技術，當然我們就無法精確地掌握3D人體體型。無法精確掌握3D的人體體型是產品品質、生產技術以及設計水準無法提升的癥節。

能夠精確掌握3D的人體體型以提昇產品品質、生產技術以及設計水準是許多先進國家重要的研究目標。近十餘年來，由於3D量測技術的快速進展，歐美日的學者咸認為必須趕快建立3D的人體計測資料庫（Roeback 1995, Hendy 1997）。利用最新的3D人體掃描技術，可以在數秒內抓取數十萬個人體表面的3D座標點。這個技術大大的優於傳統使用馬丁尺及皮尺的1D人體計測。其優點如下（摘自CAESAR網站）：

- 1.由於這種量測技術為非接觸性的自動量測，因此降低因為不同量測人員探觸（palpation）與認定解剖標記點（anatomical landmarks）標準不一所造成的量測誤差。
- 2.在量測時，量測的結果比較不受量測姿勢擺位（postural positioning）的影響。量測完了之後，我們可以在掃描檔中抓取任何我們所要的尺寸，無論1D尺寸、2D曲面或3D的形狀。

3.傳統的1D人體量測資料沒有足夠的資訊可以用於重建原來的體型，因此必須加上許多無謂的猜測；而3D量測技術所提供的是人體體型的真實體型，使得量測結果可以直接用於電腦輔助設計（computer-aided design）及快速成型（rapid prototyping）。

4.量測的3D體型資料雖然是靜態的，但可以經由解剖學、運動學及電腦動畫賦予擬實的活動，成為虛擬的動態人體模型，用於服裝套試及動態展示、設備之工作場合的試用評估。

目前3D人體計測資料的建立與研究正在世界各地如火如荼的進行中。在日本，自1992年6月一項重大的3D人體計測調查就在人間生活工學研究所的主持下開始。利用NKK Voxelan三次元曲面形狀計測裝置，進行為數46000人的體計測調查，之後3D人體計測也在歐美次序展開，其中規模最大的是由美國汽車工程協會主導的美國歐洲平民體表人體計測資源（Civilian American and European Surface Anthropometry Resource, CAESAR）。自1998年開始分別在美國及歐洲各量測4000個樣本人，作為發展人體體型資料庫及應用。

相同的，本計劃的目的是建立一套本土的大型 3D 人體體型資料庫—體型銀行，並將這個體型銀行應用在工業界、醫療用途及設計界。體型銀行架構包含 (1) 個人資料檔、(2) 1D 尺寸檔 [173 個尺寸]、(3) 2D 的側影及剖面檔 [24 個剖面檔]、(4) 皮膚表面積 [21 個肢段]、(5) 肢段體積檔 [21 個肢段]。完成後的體型銀行資料庫會架設在清華大學、長庚大學及工研院三個網站供社會大眾瀏覽取用。在工業應用方面首先是建立女性胸衣與鞋楦的尺碼分級系統、人台模型或鞋楦的自動化製作系統。而後再漸漸的推廣至其他產業，如汽車工業與醫療器材。在醫療上的應用有義肢、呼吸面罩，與美容手術的變形模擬等。在設計界的應用方面是發展一套 3D 活動人體模型的 Auto Cad 電腦系統(3D Human CAD)，讓設計師可以用來模擬人的真實體型、姿勢和動作，在電腦中檢討人—機界面的吻合情形。

2. 研究方法

研究方法可以分成體型銀行的建立與應用發展二部分。在體型銀行建立方面，是以自行研發的 3D 人體掃描系統來量測 12000 人以上的樣本人。在應用方面分為工業應用、醫療應用與設計應用。本研究擬以兩年的時間來建立體型銀行，並以兩年的時間來發展應用的事

項，總共為期四年。

2.1. 體型銀行建立

以下就針對建立體型銀行有關的研究事項 (1) 3D 人體掃描系統 (2) 抽樣 (3) 量測程序 (4) 資料庫及資料處理詳述於後：

1) 3D 人體掃描系統

3D 人體掃描系統包括一套全身掃描系統與一套頭、手、腳局部精細掃描系統。3D 全身掃描系統是以六組同步升降的雷射測頭來量測人體體表上點的 3D 坐標(圖一)。這六組雷射測頭分別架設在三支垂直滑軌上，3D 座標中的 Z 值由解碼器測知。其餘的 X 與 Y 值則由雷射測頭量測。雷射測頭包含一套雷射鎗，一個 CCD 照相機及一個反射鏡。雷射鎗產生一個水平光平面，水平光平面與人體表面相交就形成一條光曲線。CCD 照相機在光平面的下方，以傾斜向上的角度將光曲線映射在 CCD 的相片面上，相片面為一個 520 × 520 陣列的感光器。感光器成像的位置可以求出光曲線上點的 3D 坐標。反射鏡的目的是為了消除遮蔽的現象。將 CCD 反射到雷射鎗的上方，就好像一個測頭有兩個 CCD 照相機，分別在光平面的上方及下方觀測一般，可以避免遮蔽的效應。

相同的，本計劃的目的是建立一套本土的大型 3D 人體體型資料庫—體型銀行，並將這個體型銀行應用在工業界、醫療用途及設計界。體型銀行架構包含 (1) 個人資料檔、(2) 1D 尺寸檔 [173 個尺寸]、(3) 2D 的側影及剖面檔 [24 個剖面檔]、(4) 皮膚表面積 [21 個肢段]、(5) 肢段體積檔 [21 個肢段]。完成後的體型銀行資料庫會架設在清華大學、長庚大學及工研院三個網站供社會大眾瀏覽取用。在工業應用方面首先是建立女性胸衣與鞋楦的尺碼分級系統、人台模型或鞋楦的自動化製作系統。而後再漸漸的推廣至其他產業，如汽車工業與醫療器材。在醫療上的應用有義肢、呼吸面罩，與美容手術的變形模擬等。在設計界的應用方面是發展一套 3D 活動人體模型的 Auto Cad 電腦系統(3D Human CAD)，讓設計師可以用來模擬人的真實體型、姿勢和動作，在電腦中檢討人—機界面的吻合情形。

2. 研究方法

研究方法可以分成體型銀行的建立與應用發展二部分。在體型銀行建立方面，是以自行研發的 3D 人體掃描系統來量測 12000 人以上的樣本人。在應用方面分為工業應用、醫療應用與設計應用。本研究擬以兩年的時間來建立體型銀行，並以兩年的時間來發展應用的事

項，總共為期四年。

2.1. 體型銀行建立

以下就針對建立體型銀行有關的研究事項 (1) 3D 人體掃描系統 (2) 抽樣 (3) 量測程序 (4) 資料庫及資料處理詳述於後：

1) 3D 人體掃描系統

3D 人體掃描系統包括一套全身掃描系統與一套頭、手、腳局部精細掃描系統。3D 全身掃描系統是以六組同步升降的雷射測頭來量測人體體表上點的 3D 坐標(圖一)。這六組雷射測頭分別架設在三支垂直滑軌上，3D 座標中的 Z 值由解碼器測知。其餘的 X 與 Y 值則由雷射測頭量測。雷射測頭包含一套雷射鎗，一個 CCD 照相機及一個反射鏡。雷射鎗產生一個水平光平面，水平光平面與人體表面相交就形成一條光曲線。CCD 照相機在光平面的下方，以傾斜向上的角度將光曲線映射在 CCD 的相片面上，相片面為一個 520 × 520 陣列的感光器。感光器成像的位置可以求出光曲線上點的 3D 坐標。反射鏡的目的是為了消除遮蔽的現象。將 CCD 反射到雷射鎗的上方，就好像一個測頭有兩個 CCD 照相機，分別在光平面的上方及下方觀測一般，可以避免遮蔽的效應。

質，他們不但具有貼身效果，不會對體型造成太大的變形，而且又不會有暴露隱私的感覺。頭套是是使用極薄的高彈性矽膠膜成型，用來將頭髮壓低，盡可能的貼近頭顱表面。

量測

量測首先進行頭、手、腳的局部掃描，而後再進行全身的量測。頭、手、腳的局部量測分三段個別進行，每段的時間均為 12 秒鐘，在量測中分別用姿勢固定架協助姿勢的穩定。在全身量測時受測者站定量測位置，前後擺置三個姿勢，每次量測時間約為 12 秒鐘。量測完

了之後，在被量測人還未離開之前量測操作人必須立即從電腦上檢視量測的結果，如果量測的結果有任何缺失，則必須重新量測。(圖三)

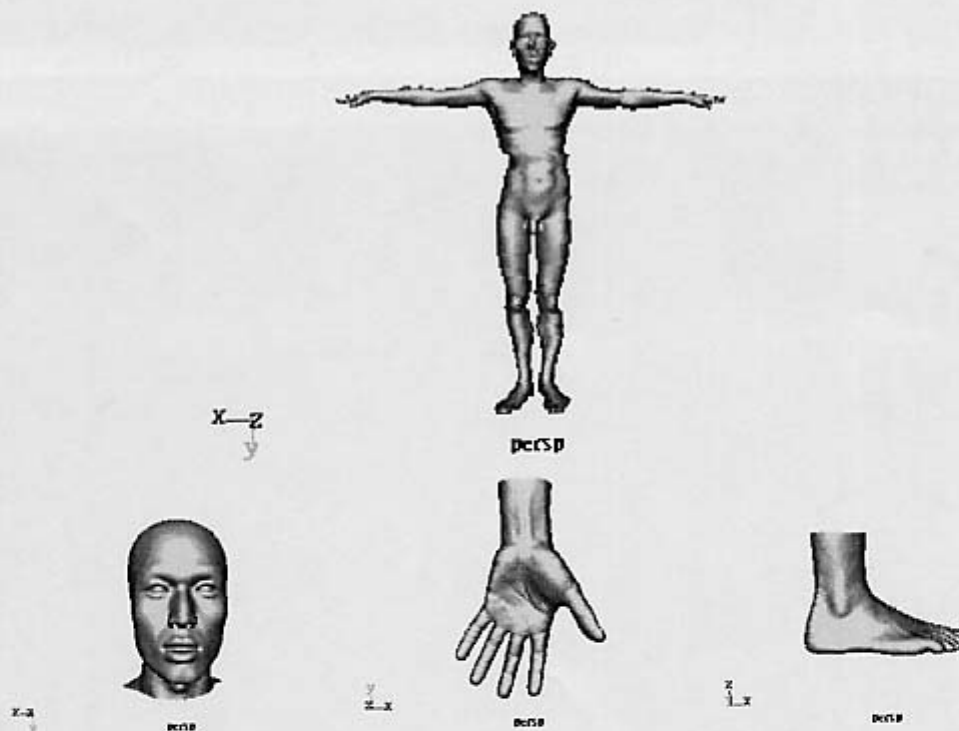
4.) 資料處理及資料庫建立

本資料庫架構包含 (1) 個人資料檔、(2) 1D 尺寸檔、(3) 2D 的側影及剖面檔、(4) 皮膚表面積、(5) 肢段體積檔 (圖四)。同時完整的資料庫具有描述統計功能，可以查詢特定尺寸的分佈圖形及 11 個百分位。本資料庫會架設在長庚大學資料庫網站供社會大眾查詢。(圖五)

種類	年齡層	人數	收集方式
健診人員	40 歲以上 64 歲以下	5000 人	<p>利用健診人員在長庚醫院的健診中心進行健診活動的同時，由醫生徵得其簽名同意，進行 3D 體型量測。</p> <p>回饋：量測後得到的健診人員全身以及局部的 3D 體型型態資料，可以做為醫師診斷的參考。醫師可由此一資料得知病人的體型和一般正常人是否有所異常，異常的部位又為何？藉以輔助醫生診斷病人的病癥與體型。</p>
服裝公司	20~50 歲	2000 人	<p>透過服裝公司在各大百貨公司的專櫃，由美容師向消費婦女做身材塑身美容的教學，在教學中徵得顧客的同意。</p> <p>回饋：量測的結果可以作為美容師及顧客的教學材料。某服裝公司可以將此一</p>

			資料建立成為產品設計所需的人體尺寸資料庫。
軍人	20~30 歲	2000 人	透過國防部的合作，量測國軍士兵的 3D 體型資料。 回饋：軍方目前急需有一套的尺碼策略以提高生產效率，降低成本浪費，並且使得生產的軍需品能夠符合國人的體型。
一般社會大眾	18~65 歲	3000 人 (為調整樣本)	透過紡研與鞋技中心等相關協力廠商，由公司主管向員工宣導並徵求同意。 回饋：提供精美禮品吸引被測試者。同時提供 3D 電子檔案方便進行網路購物，對於紡研與鞋技中心而言，本計畫可提供相關資料庫並協助尺碼策略分析。

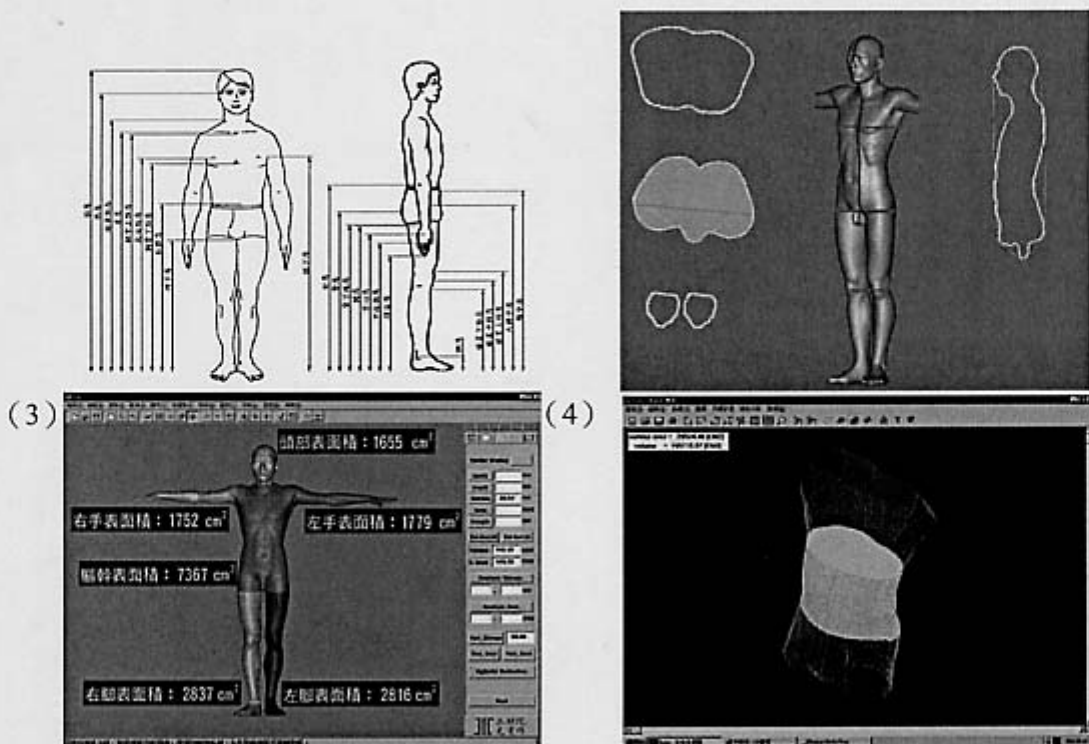
表二.四個樣本人來源的量測人數、性別、年齡層及收集方式



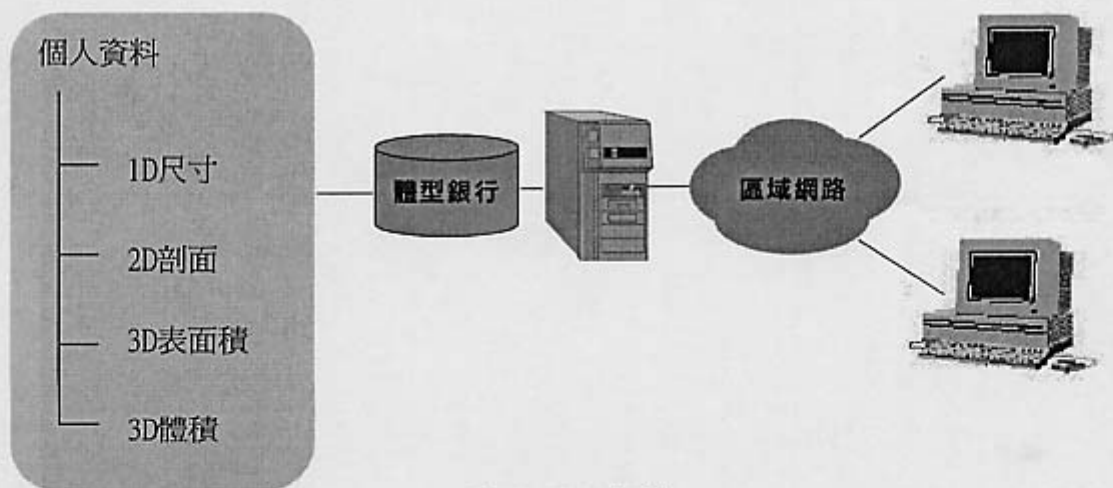
圖三.量測後的資料

(1)

(2)



圖四. (1) 1D 尺寸檔 (2) 2D 的側影及剖面檔 (3) 皮膚表面積 (4) 肢體體積檔



圖五. 網站架構

資料蒐集之後，馬上進行下述的資料處理：

1. 研究助理必須在螢幕上選取 47 個人體解剖標記點，電腦會自動地計算 173 個 1D 尺寸。
2. 再則是選取 12 個標記點並由軟

體進行 24 個 2D 剖面的萃取。

3. 進行標記點的選取及肢體分解，首先將中軸、軀幹與上肢、下肢分開，接著再將中軸分解成頭、頸、胸、腰、腎五個肢段，並將上肢分解為上臂、下

臂、手及五個手指頭；下肢則分解為大腿、小腿。每次分解必須選取兩個解剖標記點，肢段分解軟體會自動產生一個分割面，將肢體分解。

4. 計算上述各個肢段的表面積及體積。

2.2 應用發展

在應用方面分為工業應用、醫療應用與設計應用。在工業應用方面首先是以製衣與製鞋業為例，建立尺碼分級，並製作人台模型及鞋楦。在醫療上的應用有義肢、呼吸面罩，與美容手術的變形模擬等。在設計應用方面是發展一套 3D 的活動人體模型的 CAD 電腦系統(3D Human CAD)。

2.2.1 工業應用

存在於人體體型銀行的資料室最原始的人體 3D 掃描資料，欲轉化為實際設計製造上有用的資料，尚需要針對特定的用途進行後續分析處理。就以服裝公司設計女性胸罩為例，女性胸罩有各種不同的尺碼，例如 34A、36B、38C...，而且每一個尺碼的潛在消費者的數量不一，有的為熱門尺碼，需求量大，有些為特殊尺碼，需求量很少。因此服裝公司必須根據市場佔有率，產銷能量，訂定最佳化的尺碼策略，提高經營績效。本計畫則根據這個尺碼策略，進行尺碼分級，並在每一個尺碼分級中，利用 3D 體

型差異分析技術，挑選出一個原始代表人體型作為設計的參考。然而這個代表人只是個原始模型，因為這個體型是在胸部自然下垂的情況卜量測的，是真實的身材但不是最完美的身材，設計師通常要竭盡所能的將這個真實的胸部經過墊材支撐與塑性變形才能成為具有商業吸引力的標準體型人台（圖六）與鞋楦（圖七）。我們的工作就是要針對設計的需求，編寫一套計算乳房真實體積與塑性變形的軟體供設計師應用。



圖六.服裝人台



圖七.鞋楦

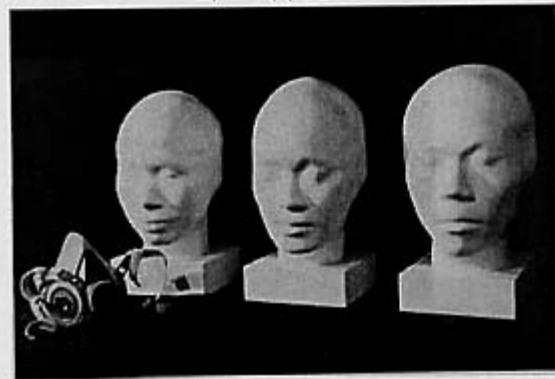
當然這只是其中兩個應用實例，其他的應用如設計汽車座椅、呼吸防護具等則需要不同的資料分析處理方法。

2.2.2 醫療上的應用

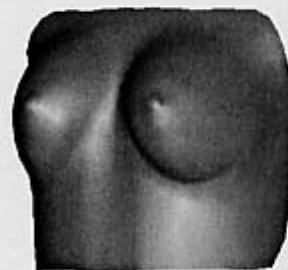
3D人體體型銀行在醫療上的應用非常廣泛，目前我們將主要研究項目由呼吸面罩設計及美容手術後的變形模擬著手。3D人體體型在醫療上的應用非常廣泛，可以作為體型診斷分析病人的肥胖度、骨骼變形、呼吸量與胸腔的體積變化，燒燙傷皮膚的移植面積計算，表皮散熱與體溫控制，義肢、托架等等，著實非常廣泛。唯目前我們選擇三項比較具代表性的研究：義肢（圖八）、慢性病呼吸面罩（圖九），與美容手術的變形模擬（圖十）。在呼吸面罩方面，我們的目標是就所蒐集的體型銀行，做比較細緻的尺碼分級，用來製作50套不同臉型形狀及大小的預製模型，使得不吻合的程度降低。至於美容手術後的變形模擬是根據病患的體型，發展變形軟體。應用在豐胸手術上，或抽脂減肥，可以根據病患目前胸部的形狀，計算其體積，決定墊材的體積與形狀，模擬手術後的體積與形狀（圖十）。



圖八.義肢



圖九.呼吸面罩



圖十.美容手術變形模擬

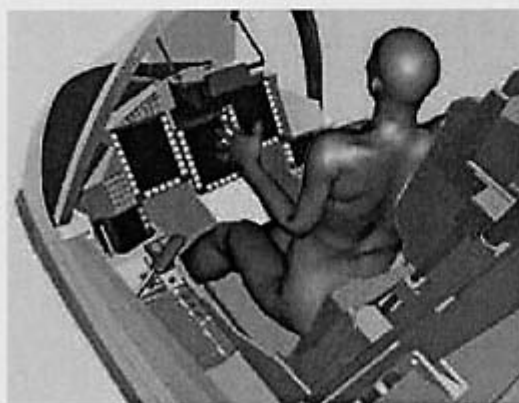
2.2.3 設計應用

類似工業的應用，在設計上的應用為發展一套通用性的人體CAD系統，讓設計師、建築師以及工程師可以在電腦裡評估設計系統的人機吻合程度。首先由學術單位將體型銀行作性別分類，並依身高分佈，求出第1, 2.5, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 97.5, 99等11個百分位，在這11個百分位附近各找出數十名樣本，再依體重分佈求出第5, 50, 95百分位的體型的代表人，將這些代表體型製作成活動的電子人模。人體動態活動模式首先由靜態的3D人體掃描資料，植入骨骼模型與肌肉模型，完成虛擬的靜態人物；再由3D動作資料收集著手，建立動作的資料庫，並依據解剖學、生物力學的數據規範關節活動模式與肌肉牽引模式。之後整合這二方面的資料使虛擬的靜態人物根據動作資料進行姿勢變化。這個活動的電子模型，再與目前市面上通用的3D Human CAD軟體（圖十一）結合。如此一來，工程師、設計師可以直接地於電腦的虛擬環境中直接電子評估人體模型與設計產品或環境間的人機系統吻合。

結論

本文就我們目前正在進行的研究計畫作一概略性的描述。本計畫的第一個目標是建立一套本土化的大型人體體型銀行，第二個目標則是將這個人體體型銀行的應用推廣至

各行各業，雖然在本文中我們只用少數的幾個應用例子來做說明，然而其應用面還相當廣泛。我們的資料庫是個公共財，竭誠地歡迎各位讀者前來取用，使這資料庫的功能發揮到極致。



圖十一.3D Human CAD

REFERENCES

- Cheverud, J, Lewis, J L, Banchrach, W and Lew W D, 1983 "The measurement of form and variation in form : an application of three-dimensional morphology by finite-element methods" *Amer J Physical Anthropol* Vol 62 pp341-350.
- COBLENTZ, A., MOLLARD, R. and LGNAZI, G., 1991, "Three-dimensional Face Shape Analysis of French Adults, and its Application to the Design of Protective Equipment", *Ergonomics*,34(4), 497-517.
- Emanuel, I; Alexander, M.; Churchill, E. and Truett, B 1959 "A

height-weight sizing system for flight clothing", . WADC TR 56-365, Aero. Med. Lab., WPAFB, Ohio: Wright Air Dev. Center, USAF (AD-130-917)

OESTENSTAD R. K., and PERKIN L. L., 1992, "An assessment of critical anthropometric dimensions for predicting the fit of a half-mask respirator", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 53(10), 639-644.

ROEBUCK J. A., 1995, "Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body", *Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica.

Fua P, Gruen A, Plänklers R, D'apuzzo N, Thalmann D 1998 Human Body Modeling and Motion Analysis From Video Sequences, *Proc. International Symposium on Real Time Imaging and Dynamic Analysis*, Hakodate, Japan June.

Ju X., Werghi N and Siebert J P 2000 Automatic Segmentation of 3D Human Body Scans, *Proc. IASTED Int. Conf. on Computer Graphics and Imaging 2000 (CGIM 2000)*, Las Vegas, USA.

Mochimaru, M., Kouchi, M., and

Dohi, M. (2000), Analysis of 3-D human foot forms using the Free Deformation method and its application in grading shoe lasts. *Ergonomics*, 43(9): 1301-1313.

Mochimaru, M., Kouchi, M. (2000), Statistics for 3D Human Body Forms, *SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering 2000*, 2000-01-2149.