

3D量測在鞋款設計之應用

黃台生

朝陽科技大學設計研究所

tshuang@cyut.edu.tw

摘要

鞋款型式隨著流行趨勢而有多種變化，為了流行而穿不合腳型的鞋款，往往會造成腳部永久性的傷害。本研究的目的是應用逆向工程技術，擷取消費者腳部相關重要尺寸，並結合網際網路功能，開發出一套客製化鞋款設計系統，以達到符合消費者腳型的設計目標。首先，運用自行設計的三次元光學逆向腳型掃描量測平台，取得消費者腳型外觀立體點資料，再透過本研究所提出的截面差異分析比較演算法，進行腳型點資料與資料庫標準三維鞋楦模型進行計算比對，找出兩者差異之處，產生適合消費者腳型的客製化建議值。配合此建議值，並達到符合消費者足部曲線之合適性，系統自動進行內襯模組與鞋墊模組選擇，使消費者可得到最合適自己腳型的鞋款。透過本系統程式所設計的使用介面，消費者能夠在操作過程，透過每一介面的顯示內容，逐一了解個人腳型與標準鞋楦間的差異性。最後，消費者能選擇自己所喜愛的款式與顏色，並以虛擬原型的技術，透過網路與互動式動態展示方式，呈現出最終的結果。

關鍵字：逆向工程、鞋楦、客製化、鞋款設計、虛擬原型

論文引用：黃台生(2008)。3D量測在鞋款設計之應用。《設計學報》，13(1)，71-90。

一、緒論

1-1 研究背景和重要性

二十一世紀為顧客需求導向的時代，產品週期的縮短，導致產品開發設計的時間與生產作業流程已有所改變 (Boyton, 1993)。因此，生產者的經營理念，必須保持高度的環境應變能力，隨時視市場的反應加以因應。隨著產品週期與市場環境的改變，生產的觀念已經從 Make-to-Stock，轉變為 Build-to-Demand，此觀念的出現，顯示產品客製化的需求也日益提升 (Joseph, 1996)。除此之外，由於各種消費者需求不同，為確實滿足各個的要求，而必須使產品有差異性。因此，業者更需要持續強化滿足顧客需求之能力。轉型已經成為傳統鞋業中極為重要的課題，如何提升產品的創新與研發能力，是台灣鞋業應該面對的轉型問題 (姚文龍、陳庭俊、簡幸旭、劉佳營，2001)。

近年來，鞋業發展隨著社會進步與流行服飾的驅動，促使鞋款與服飾的相互搭配已成造型的必要考量，卻也因此衍生出許多足部健康的問題。人們經常過於注重鞋子的外觀而不在意舒適與否，常因此買到一雙不合腳的鞋子，勉強穿著一雙不合腳的鞋子是造成腳部疾病的主要原因之一。文獻探討中數位專家皆認為盲目的追求流行及穿著不良的鞋製品都是造成腳部疾病的主因（洪輝嵩，1990）。除此之外，文獻也提到舒適感應該是選擇鞋款的主要考量之一，合適的感覺應來自雙腳，讓腳的感覺告知哪雙才是適合自己的鞋，而不是以鞋款的外觀、品牌或其他象徵性符號，作為第一的優先考量。但在追求流行的情形下，不良鞋款對足部的健康已造成嚴重的影響，並產生極大且永久性的傷害。如何能開發一套適合個人腳型的鞋款設計系統，減少國人足部疾病與傷害的機率，是極為重要的課題，也是本研究的重點。

1-2 研究目的

本研究之目的，在發展一套應用 3D 逆向量測技術進行鞋款設計的流程系統。本系統的流程架構，是經由自行設計的量測系統，獲知消費者三維腳形尺寸，作為選擇適當鞋楦號數的參考依據（吳博雄，1995；林承哲，2001；鄭豐聰，1998）。透過系統的分析判斷，得知與現有標準鞋楦之尺寸差距後，再選擇適當的鞋楦或鞋款內襯，達到適合個人足部曲線化之符合性（吳大川，1986）。另一方面，研究將運用模組化的概念，將鞋款部分零組件作模組化之概念設計，擴大與其他不同鞋款之相容性，以擴充產品功能性之多樣化，達到符合消費者腳型之真正需求（黃柏翰，2000）。最後，運用虛擬原型模擬最終之設計協款，使消費者得知該設計是否適合本身之搭配。綜合上述所言，將本研究之目的臚列如下：

1. 為協助鞋業之發展，針對鞋楦與腳型，建構一套比對與鞋款設計系統，以供業界之參考。
2. 以創新的演算法，對關鍵部位的截面進行差異比較，計算三維點群資料與鞋楦的差異值。
3. 配合現今網路的發展，本研究之成果可強化產品、設計與消費者三者之間的互動性。
4. 以虛擬原型技術讓消費者瞭解本身腳型與產品的配合性。

二、文獻探討

2-1 製鞋業生產系統的演進

以往，製鞋工業是勞力密集的產業，現今世界各國的製鞋業者，已意識到必須突破勞力密集的導向，朝向資本密集、技術密集、資訊密集與管理密集的方向發展。因此，先進國家的製鞋業者，積極進行研發新品構想與製作流程、技術的改良，以因應鞋類市場產品週期之變化。現今市場競爭激烈，業者必須能迅速地反應整體市場需求，鎖定消費者的喜愛趨向，才能確實滿足消費者的需求，在最短的時間內提供並保持最高品質的產品給消費者（曾昱仁，2000）。

2-2 客製化

現今社會產業結構的變化，造就快速客製化的發展。快速客製化的產品與服務，已不只是一項潮流而已，而是整個經濟市場的未來走向，大量生產的製造模式與產品週期較長的商品，已經無法成為二十一世紀的競爭策略（王海山，1998；Feitzinger, 1997；Kotler, 1989）。在流行的趨勢下，消費者逐漸體認人的獨特性和相異性，深刻意識到自我的同化與異化。因此，強調個性化的差異，要求產品與他人不同的需求日漸增強，同類商品的種類就不得不多樣化了，甚至走向少量多樣化的選擇模式（Gregory, 1995）。

未來，消費者所需要的不僅是產品而已，更希望藉由購買的行為及過程，彰顯自己的個性與風格的差異（鞋類設計暨技術研究中心，2000；Johnson, 2001；Sandelands, 1994）。近十年來，戴爾（Dell）、愛迪達（Adidas）、Capital One 等公司，已成功地運用此觀念和經營模式。舉例而言，愛迪達在 2005 年推出「我的愛迪達」（mi adidas）服務，由專業人員針對每位顧客不同的運動方式與習慣，提出鞋款、鞋墊材質與避震功能等相關建議，並為客戶量身訂做，提供不少增加健康訴求的服務。在「我的愛迪達」的服務系統，透過量測可得到消費者腳部長度與寬度尺寸，再配合所提供約 90 種顏色與物料，則可創作出自屬於自己的設計。此服務系統雖已商業化，但在號數尺碼的選擇，僅有長度與寬度兩個參考尺寸；而且沒有得到足趾圍、足掌圍、與足背圍的立體尺寸，其舒適性上仍無法達到客製化的目標。香港科技大學的 Ameersing 與 Ravindra，以 B-spline 造型技術產生 3D 的腳部模型，該方法須在受測者腳部標上 11 個圓點，經逆向掃描後，再以回歸方法計算並建立腳部數位模型，最後與掃描資料進行比對分析（Ameersing, 2004）。另有 Tsutsumi 與 Kouchi，以 Bezier 曲線呈現腳部的 3D 形狀，但是並沒有進一步討論其精確度與實用性（Tsutsumi, 1992）。

三、研究方法

本研究結合 3D 量測系統、客製化服務系統與模組化部分，並以消費者需求為主要導向，使產品的設計與開發具有彈性與效率，達到客製化之目的（Pine II, 1993）。以下為本研究主要內容：

1. 創造客製化的產品與服務 (Tailored Customization)

為了達到客製化目的，必須以最小的成本，獲得個別產品客製化之極大差異程度（Gregory, 1995）。其方法是提供標準性生產原型，依據個人化需求、尺寸之差異或喜好，進行部分調整設計。此方式之優點，在於不必重新製作生產的原型，只須針對個人差異部分，作局部設計或調整，如此可節省許多時間與成本，達到快速客製化服務之目的。方法是以截面差異分析演算法，求得消費者腳型立體資料，並依此資料進行標準鞋楦的比較與選擇，做為鞋墊與內襯模組選擇之依據。

2. 產品模組化

產品模組化的設計原則，是先將產品中較不具風險的零組件組裝成半成品，等待需求確定後，才將關鍵組件組裝出貨，以增加成品的變化與存貨效率。零件標準化與模組化，其目的是使產品最終具備彈性、快速，且簡單的組裝能力，透過模組化合理的分解出許多次要製程架構，進而提升彈性生產系統的效益，對客製化有實質助益（廖漢雄，2002）。本研究針對個人差異之部分，作鞋墊與內襯模組客製化設計，達到真正符合消費者腳型需求之鞋款設計。

量測與分析主要分為兩大部分，第一部份為自行設計的個人腳型逆向掃描系統，第二部份是截面差異分析比較演算法，針對關鍵部位的截面型態進行比較與分析。有關整個系統程式的設計與撰寫以及實例驗證，將在第四節與第五節中詳細說明。

3-1 個人腳型逆向量測系統

本研究之腳型量測系統運用 Breuckmann 3D 光學掃描系統(圖 1(a))，進行點資料擷取，再將點資料經過 PolyWorks 3D 逆向工程軟體進行，並透過 Rhino 軟體取得足長與足寬的尺寸，經由系統判斷程式，選擇適合的鞋楦號數。之後，針對特徵截面輪廓以 Geomagic Qualify 軟體進行檢測分析比對，其中以截

面差異分析法判斷腳型與鞋楦原型間的差異值，再以其值進行鞋墊模組的快速客製化設計，最終，達到真正貼合消費者腳型之目的。量測系統內容程式是以 C++ Builder 撰寫，並針對整個系統流程設計出完整的操作介面，包括：資料庫的建構、判斷式的建立、資料的擷取、軟體間的連結、配合操作介面的指引說明等等。整個系統設計是期望達到友善的操作模式，其差異性之結果是以圖形顯示，可看出客製化設計的差異點，讓消費者對客製化設計的鞋款能有更進一步的了解與認識（林承哲，2001；姚文龍、陳庭俊、簡幸旭、劉佳營，2001）。

針對腳部外型資料的取得，先進行量測平台的設計與開發工作。首先，針對站姿進行角度調整，以 90°角規進行站姿的角度確認(圖 1(b))。足背採用機器環繞量測平台(圖 1(d)) 的掃描方式，在量測平台中心，規劃腳部的放置位置，量測機器以量測平台的中心，以 60°間隔定點掃描的規劃，取得腳型各角度的點資料。完成足背等部位量測後，再以坐姿方式進行腳底量測。首先，將足部垂直放置在量測平台，為了讓點資料疊合更為準確，利用 90°角規進行角度的確認(圖 1(c))。該步驟分別由左至右共三段，以求能包覆整個足底(圖 1(e))。最後，再補充腳趾頭與腳跟兩部分(圖 1(f))。透過定點掃描的規劃，可讓掃描的過程更加快速，整體量測系統能更標準化（洪國力，2000；張志嘉，1999；Ameersing, 2004）。

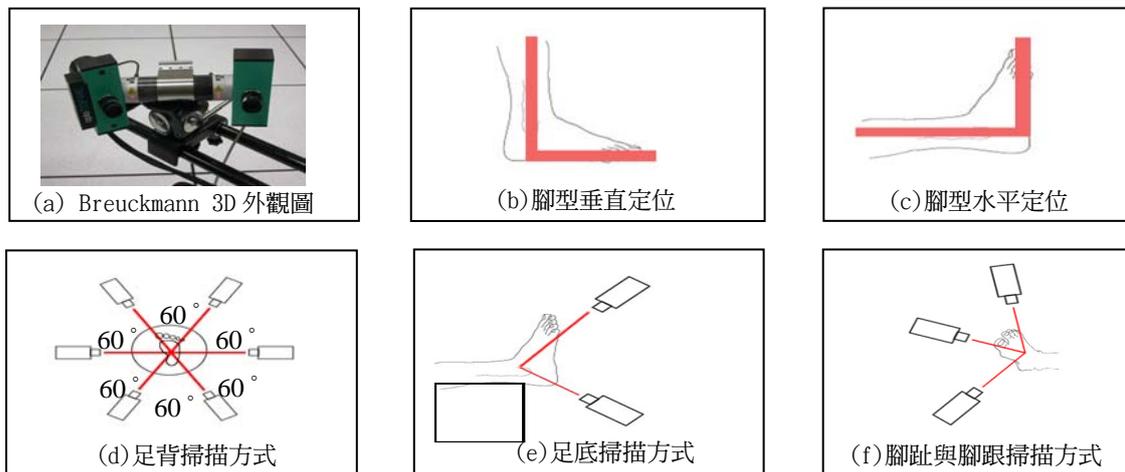


圖 1：3D 腳型量測平台系統

3-2 截面差異分析比較演算法

鞋楦製作的參數很多，該部分經過專家與鞋楦製作老師傅訪談之後，確認鞋楦在製作方面以足長、足寬、足掌圍、足趾圍與足背圍等五個關鍵特徵尺寸最為重要，故以截面差異比較演算法作為比對分析之理論依據，擷取該部位的 3D 數位資料，進行立體型態的比較與分析（葉健任，2000）。首先，以此法掃描與重建消費者腳型的三度空間點資料，再擷取取出足掌圍、足趾圍與足背圍三個關鍵特徵部位的截剖面，與現有鞋楦原型之對應部位進行分析比對。其比對方式是將個人腳型與鞋楦做疊合後，針對相對應的截剖面，進行比對分析，並將差異量化，最後獲得整體差異值，作為選擇鞋楦、內襯模組與鞋墊模組整體差異程度的總指標。依分析比對之結果，選擇適合個人的標準楦頭，或以比對數據之差異值，作為局部設計的依據，進行客製化鞋款設計的製作流程。

截面差異分析比較演算法，從欲比對的兩物體間之形體資料中，以一方為參考組(鞋楦)，另一方為待測組(消費者腳型)，同時進行擷取部位特徵的重要關鍵尺寸。以下說明如何以本研究所提出的演算法，訂定共同參考軸之後，獲得關鍵特徵部位截剖面的尺寸（葉健任，2000）：

- ①. 分別計算包圍鞋楦與腳型的最小長方體；
- ②. 分別求得兩長方體與腳後跟相切平面且通過 X 軸的中心；
- ③. 平移與旋轉腳型立方體，使其腳後跟平面與鞋楦平面貼合；
- ④. 將兩立方體之足中軸共線(第二趾尖與踵點之連線)；
- ⑤. 求出消費者的足長與足寬；
- ⑥. 依關鍵部位分別建立特徵截面(圖 2(a), (b))；
- ⑦. 將腳型截面轉至鞋楦基準面(圖 2(c))；
- ⑧. 以漸增常數角度產生交線(圖 2(d))；
- ⑨. 分別計算交線與腳型和鞋楦截剖面的交點；
- ⑩. 求出兩交點間之垂直距離($D_i = |d_i|_{i=0, n}$)；
- ⑪. 求出五組最大差異值($D_{\max(1,5)} = (d_i)_{i=0, n}$)，進行後續鞋墊客製化設計。

依此演算法所求出的足長與足寬，將會影響鞋款長度與寬度的選擇，進而關係到腳型的合適性，因此在此兩尺寸中取最大的號數，作為決定該消費者所應選擇的鞋楦準則。足掌圍、足趾圍與足背圍等重要尺寸，將分別於截剖面中求出差異最大的五點作為型態差異的參考值(張朝香, 1995)，作為選擇內襯號數之依據判斷。此步驟將依文獻與經驗準則作出以下兩種判別動作：(1) 與標準鞋楦比對後，如快速客製化建議值皆為 2 號模組，則可直接選擇現有鞋楦製作所需之鞋款；(2) 如與標準鞋楦有所差異時，經分析結果可得知腳形與鞋楦差距的部分，再根據其差距部分作為往後鞋墊客製化設計之依據(黃毓瑩, 2001)。

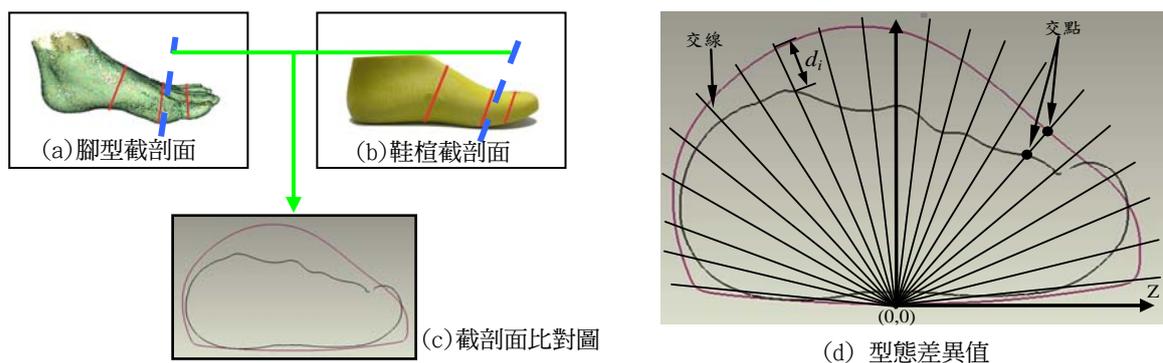


圖 2：型態差異分析比對

四、系統設計

首先，將量測資料轉變成程式所需資料，以便進行個人腳型資料的運算與資料庫的建立。第二階段為截面差異化分析與客製化設計系統程式運作，依分析結果進行鞋墊模組選擇與虛擬產品原型動態顯示，讓消費者能完整看到最終的設計結果。有關程式的運算與分析結果，每一步驟的輸入與輸出介面皆以圖形輔助方式呈現，透過資料的呈現，消費者可瞭解腳型與鞋楦的差異性，能夠更明確地掌握鞋款設計快速客製化的核心。本研究的系統架構流程，如圖 3 所示。

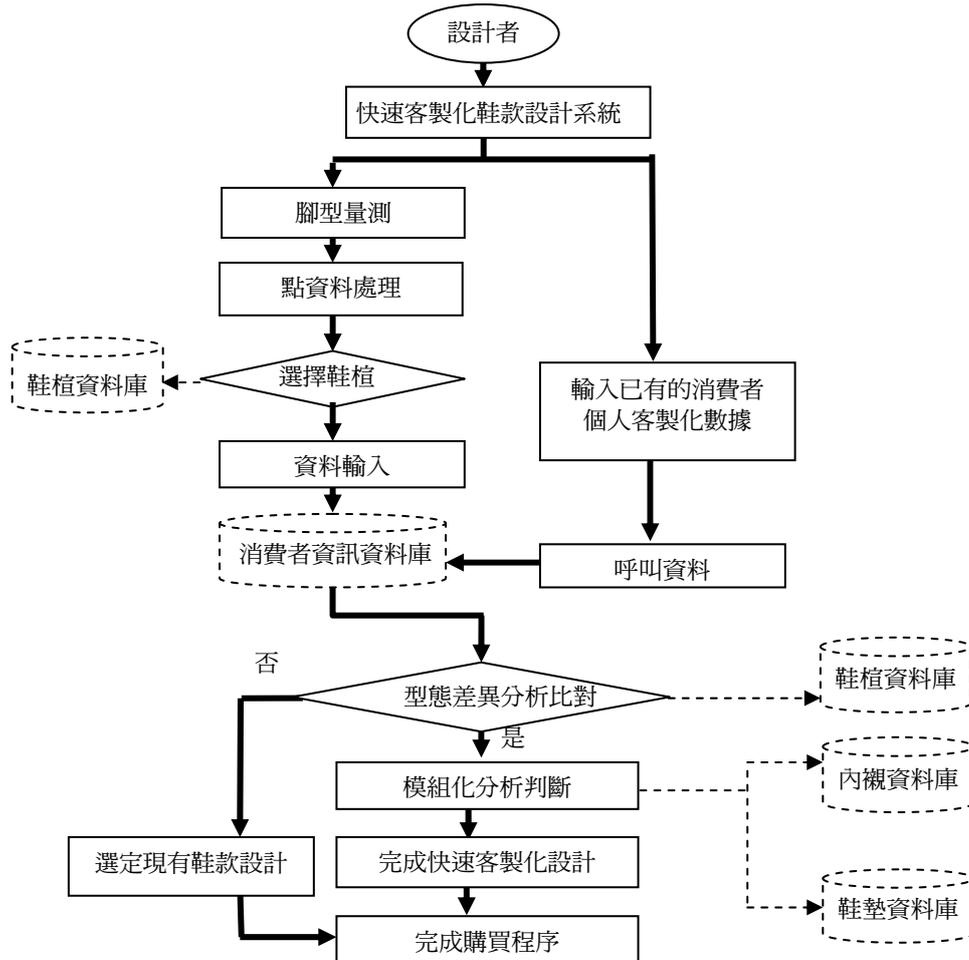


圖 3：系統操作流程圖

4-1 鞋款樣式

為了測試與驗證本研究所規劃的快速客製化設計系統流程，先選定「運動休閒鞋」（圖 4）作為測試的鞋款。該鞋款是不須透過鞋帶進行足部固定的款式，針對時下年輕人對流行的呼應，設定在不穿著襪子的狀態，呈現隨性的穿著與不穿著襪子的風格，進行快速客製化設計系統可行性的驗證，而其他鞋款種類（如：籃球鞋、足球鞋等），將不在此研究進行探討。

4-2 資料庫建構

系統中包含了四個資料庫，分別為：消費者資訊資料庫、鞋楦資料庫、內襯模組資料庫，鞋墊模組資料庫，透過系統的程式運算，可找出較適合的鞋款設計組件尺寸。四個資料庫的內容分述如下：

1. 消費者資訊資料庫：針對每個消費者進行腳型外觀逆向工程掃描，所得到的點資料，透過軟體之間的運用，將點資料轉化成設計所需的數值資料，提供本系統後續的運用。
2. 鞋楦資料庫：建立一整套鞋款的標準鞋楦三維模型資料庫，依照級放的準則，依序建立 6 到 12 號，共 7 組的鞋楦，提供掃描消費者腳型後，點群資料與資料庫三維鞋楦模型相互比對分析之用。

3. 內襯模組資料庫：依據鞋楦的曲面為基礎，以相同的曲率進行複製曲面，建構相同曲率內襯的模型。如同鞋楦作級數的放大設計，分別在每一個關鍵尺寸部分，提供三個裕度設計的模組，並以 1、2、3 作為編號方式，提供更符合腳型配合度的內襯選擇。每個模組號數間主要為厚度差異不同，並不會因消費者腳的外型而有所改變，只針對消費者本身的型態差異值，選擇最合適的模組號數。其內襯模組化設計的範圍，如圖 5 所示。



圖 4：運動休閒鞋示意圖

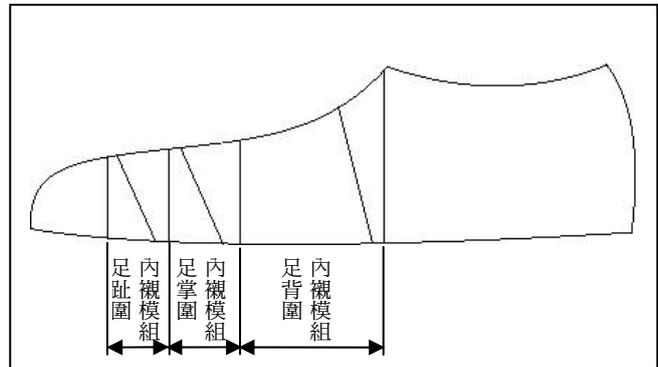


圖 5：內襯模組分佈示意圖

模組間不同號數的設計原則，是以內襯海綿厚度 4mm~12mm 為範圍，將厚度作三等分的區分。但因消費者的腳型型態差距，將保留 0.5mm 的空間裕度，作為各號數的緩衝空間，即兩模組號數會產生 1mm 的空間裕度。本快速客製化的判斷準則，是以 2 號作為基本的參考，衍生另外兩組模組化的選擇，包含：厚度較大的 3 號及較小的 1 號模組號數。因此，每一個鞋楦號數將會配合足掌圍、足趾圍與足背圍三個關鍵尺寸與三個模組化內襯，故一雙鞋款共有二十七種排列組合（此部份後續可擴充），可讓消費者能夠得到更適合自己腳型的內部設計。其各關鍵部位之內襯模組外觀形狀，如圖 6(a)~(c)所示。

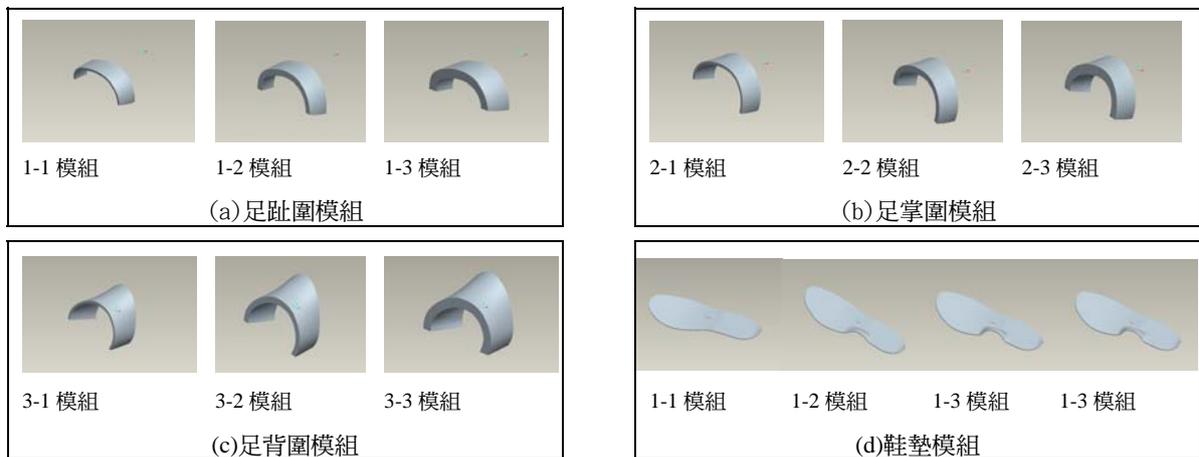


圖 6：內襯與鞋墊模組外觀形狀圖

4. 鞋墊模組資料庫：針對足弓的高度，建構四種不同足弓高度的鞋墊。整個鞋墊模組化的資料，可依消費者腳型差異分析結果進行選擇，提供更符合腳型配合度的設計。鞋墊合適度的判斷準則，是以 2 號作為參考的基準，衍生出另外三組模組化的選擇，包含較大的 3 號、4 號及較小的 1 號。因此，每一鞋楦號數將會配合四種模組化的鞋墊選擇，讓消費者能夠得到更適合自己腳型的鞋墊設計。鞋墊模組的設計原則，主要是依據文獻與設計經驗，針對足弓的高度進行設計，分別有：0mm、15mm、19mm 及 30mm 四種不同的足弓支撐高度，提供適合消費者足弓的模組，鞋墊的四種模組尺寸編號分別為 1-1、1-2、1-3、1-4。各鞋墊模組外觀形狀，如圖 6(d)所示。

4-3 鞋款設計流程

鞋款設計快速客製化系統內容，分為兩部分：(1)腳型量測與程式運算部分；(2)客製化結果呈現部份。基於篇幅有限，僅針對重要內容，分別說明如下：

1. 腳型量測與程式運算運作

(1). 進入鞋款設計之快速客製化系統程式首頁：為了讓消費者能更清楚的了解此鞋款設計之快速客製化系統與整個流程架構，進而能更清楚的明瞭快速客製化所針對的差異點為何，本系統可透過各項操作說明，呈現快速客製化的核心架構。首頁將有三個功能的選擇(見圖 7(a))：執行逆向工程掃描、執行快速客製化，離開程式功能，其各項功能鍵所代表的意義如下：

- 執行腳型量測掃描工程：執行[腳型量測]功能，是進入第一階段的消費者腳型逆向量測工程步驟。如果是首次進行客製化設計的客戶，因為沒有腳型的 3D 資料，必須選擇該項功能進行掃描。
- 執行快速客製化：執行[快速客製化]功能，是提供第二階段的資料讀取，進行快速客製化程式的運算，並將結果顯示給消費者，使其了解整個鞋款設計與差異的流程步驟。
- 離開程式：[離開程式]功能鍵是結束該程式的功能鍵，選擇後將會完全離開本系統程式狀態。

(2). 軟硬體系統操作選擇：該階段為逆向工程操作的範圍，當進入腳型量測選項後，透過介面所提供的三個選項(見圖 7(b))，依序完成掃描程序。其各項功能鍵的代表意義簡述如下：



圖 7：客製化系統與各項相關工作

- 執行逆向工程設備操作：該選項將啟動 Breuckmann 3D 光學掃描系統進行腳型整體外型掃描，配合腳型量測平台，取得整個腳型輪廓外觀的點資料，作為判斷與選擇鞋楦之依據。
- 執行逆向工程資料處理：透過 PolyWorks 3D 軟體，進行點資料的疊合處理，將每單一筆點資料，進行點資料邊界萃取、邊界分割、雜點去除及點群疊合等相關工作。透過重疊的部分，進行兩筆點資料疊合的步驟，依序將所有單筆點資料進行相同動作，直到完成所有腳型外觀點資料的處理為止。
- 執行足長足寬量測：以 Rhino 軟體進行腳型點資料的尺寸量測，以最大外框理論的方法，計算包圍腳型點資料，得知點資料的最大範圍。根據此外框進行長與寬的量測，其值分別代表足長與足寬。得到左右腳的足長與足寬數值資料後，這些數值將會運用在往後鞋楦選擇的程式運算。

(3). 資料輸入：當完成足長、足寬量測步驟後，將進入資料輸入的程式介面(見圖 7(c))。操作中為避免資料的遺漏，必須依序完成每一步驟，下一步驟的功能鍵才會顯示出其功能。該介面主要分別進行六項重要工作，內容如下：

- a. 開新專案：首先，進行輸入消費者姓名資料，開啟一個新資料庫的儲存欄位。
- b. 輸入足長足寬：輸入透過 Rhino 量測所取得的尺寸數值，進行後續的運算。
- c. 鞋楦號數計算：透過程式內部計算，進行選擇鞋楦準則的判斷。因長度與寬度是直接影響到鞋子可穿與否的重要因素，故將其列為計算考量的第一要素。
- d. 執行型態差異比對分析：透過 Qualify 軟體執行檔案開啟功能，進行腳型與鞋楦比對分析，產生各組型態的差異值資料，作為內襯模組與足弓比對分析之用。
 - (a). 內襯模組比對分析：在腳型點資料與鞋楦三維模型的截剖面(見圖 8(a))，分別擷取足趾圍、足掌圍與足背圍等三個關鍵尺寸的型態差異值。依序從每一個截剖面(見圖 8(b))，由左至右，依前述之方法，共求出五點輪廓差異最大值，兩腳完成共三十組的資料，將此資料帶入系統程式的運算，作為判斷選擇合適內襯號數之依據。

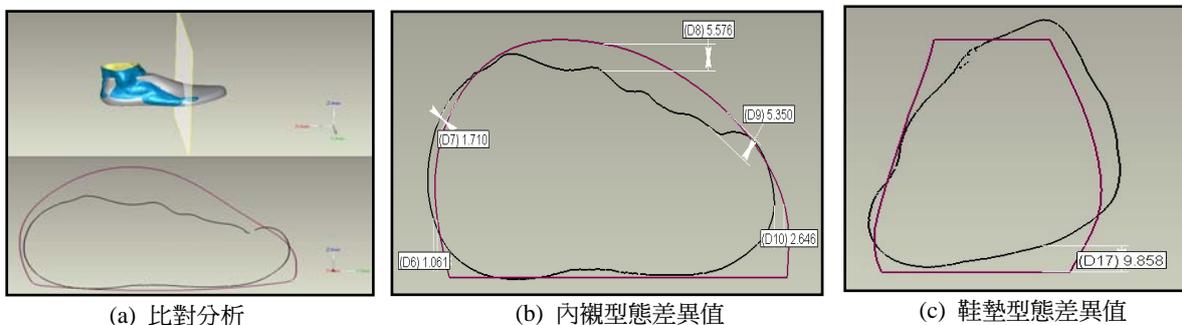


圖 8：內襯與鞋墊之型態差異平均值比對分析圖

- (b). 足弓比對分析：依製作經驗與設計準則，將提供四種足弓高度模組的選擇。足弓量測重點是針對足弓與鞋墊接觸的最高點進行量測(見圖 8(c))，得知腳型與鞋墊最合適的高度後，於最接近消費者的模組號數中，選擇一個最適合消費者足弓高度的鞋墊進行設計。
- e. 開啟檔案：將產生一個開啟資料檔案的介面，進行該消費者於 Qualify 軟體比對分析後所輸出的資訊檔案，程式會依序自動讀取比對分析後的型態差異值，並進入後續程式操作介面。
- f. 差異值計算：依據內襯與鞋墊的判斷準則，經程式內部運算判斷，將差異結果逐一以圖像方式顯示於介面中，再透過資訊的顯示，作為選擇參考的依據。
- g. 儲存檔案：完成儲存消費者所有資料的動作，結束資料輸入介面的所有步驟程序。

2. 客製化結果呈現

- (1). 執行快速客製化(見圖 7：(a))：此部份進行讀取前一階段所完成的資料，再將資料透過本系統轉換成快速客製化的建議值，最後，將差異結果以圖像方式提供給消費者瞭解。
- (2). 了解鞋楦的關鍵尺寸：透過(圖 9)關鍵尺寸的選項，可觀看快速客製化之關鍵因素的位置所在，依序選擇所有選項，進而顯示各鞋楦關鍵尺寸的解析圖，讓消費者能更清楚的瞭解，構成快速客製化判斷主要鞋款合適度之關鍵設計因素的差異點所在。
- (3). 開啟舊檔：瞭解關鍵尺寸後，分別進行[開新檔案]與[開啟舊檔]功能。開新檔案是提供新增消費者資料，儲存至本系統之消費者資料庫的功能。開啟舊檔功能，是從消費者資料庫讀出所需的資料。

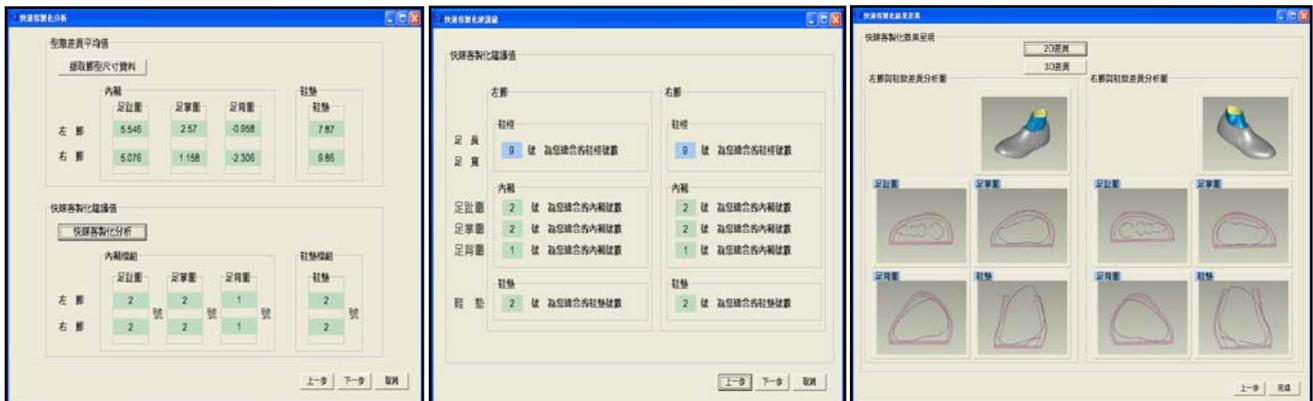
- (4). 資料讀取：透過該介面(見圖 10)與資料庫進行連結，讀取第一階段所儲存的資料。所有資訊將逐一顯示在介面的相關資料欄位上。
- (5). 快速客製化分析：透過[擷取腳型尺寸資料]功能，分別從消費者資訊資料庫，讀取內襯與鞋墊的型態差異平均值資料，顯示於介面(見圖 11(a))。再執行[快速客製化分析]功能，經過系統內部程式運算，產生快速客製化建議值，作為選擇快速客製化設計的標準。



圖 9：鞋楦關鍵尺寸解析圖



圖 10：資料讀取



(a) 運算與分析

(b) 快速客製化建議值

(c) 快速客製化差異結果

圖 11：快速客製化分析與差異化結果顯示

- (6). 快速客製化建議值：該介面是呈現快速客製化最後的所有建議值(見圖 11(b))，包括：鞋楦應該選擇的號數、應選擇搭配的內襯模組。其內襯模組包含：足趾圍、足掌圍、足背圍三個模組間相互搭配的選擇，最後，是應選擇搭配的鞋墊模組。以型態差異分析所得到的搭配結果，讓消費者能更清楚了解鞋款設計系統所有快速客製化設計資訊的相關意義。
- (7). 快速客製化差異結果之呈現：完成快速客製化設計後，透過虛擬原型，將分析設計結果進行 2D 與 3D 互動式的展示。2D 的差異結果透過 Geomagic Qualify，進行腳型與內襯和鞋墊模組化的截剖面分析比對，瞭解其差異部份；3D 的差異結果透過 cult3D 與網際網路，進行鞋款、圖案樣式與顏色的選擇展示，讓消費者能更清楚看到快速客製化的模擬展示。以下，分別針對[2D 差異]與[3D 差異]呈現，說明如下；
 - a. 2D 差異呈現：為快速客製化系統所完成的分析成果，按下[2D 差異]功能(見圖 11(c))，將每

一個內襯模組與腳型的截剖面差異圖，透過每一個差異圖的顯示，讓消費者可看到腳型與鞋款設計之最終結果，以及鞋款與腳型的配合度情形。

- b. 3D 虛擬原型呈現：透過快速客製化系統介面的[3D 呈現]功能(見圖 11(c))，連結至本研究建構的虛擬網頁，將顯示虛擬原型展示的介面，模擬呈現消費者雙腳穿上鞋款的型態，了解各重要關鍵尺寸與自身腳型之配合性，如此更能掌握穿鞋後的差異感。

為以互動式虛擬呈現設計的成果，而以 cult3D 軟體開發網路虛擬展示模組。利用內建的功能節點(見圖 12)，逐一設計、建立相對應的控制動作，各節點的控制方式與動作情形，在表 1 內容中有詳細的說明，而建構的介面，如圖 13(a)所示。在開發完成的網路互動式虛擬原型展示模組介面，透過滑鼠左鍵可進行物件旋轉功能、滑鼠中鍵可進行物件移動功能，滑鼠右鍵可進行物件放大縮小功能，運用三度空間的虛擬呈現，讓消費者能更真實感受設計結果的整體感。除此之外，可透過[Open]功能鍵，顯示鞋款各模組的分解圖，讓消費者了解快速客製化的關鍵設計因素，以上功能所相對應之動作情形圖解，如(圖 13：(b)~(g)) 所示。最後，可透過變更三種款式及配合三種顏色的選項，產生不同鞋款與顏色的搭配樣式。其款式與顏色，分別以款式：1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、3-1、3-2、3-3 表示，共有 9 種搭配可供選擇(如：圖 14(a)~(h))，讓消費者能更瞭解該系列鞋款的搭配性為何，增加對快速客製化設計鞋款的信任感。所有功能設定完畢，即可將所建構的虛擬成果發成布網頁格式，讓消費者能在網上更清楚瞭解快速客製化鞋款的虛擬呈現情形。

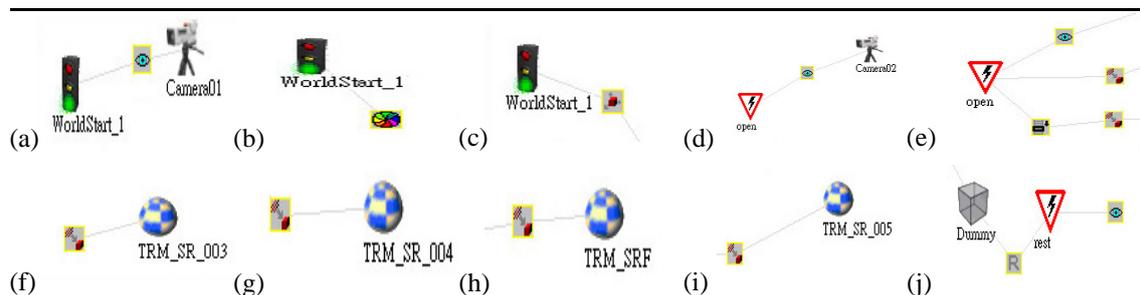


圖 12：節點對應關係圖

表 1：圖 12 各節點相對應關係設定

(a)	設立虛擬呈現的初始介面，物件視角的角度設定。
(b)	設立虛擬呈現的初始介面，背景顏色的設定。
(c)	設定以滑鼠控制鞋款物件動作。左鍵進行物件正向與反向之旋轉動作；中鍵進行物件之移動功能；右鍵進行物件正向與反向之放大縮小動作。
(d)	設立鞋款分件模式的初始介面，物件視角的角度設定。
(e)	設定以[Open]功能鍵開啟物件的分件模式，讓內襯模組往正向 Z 軸移動 250mm 之動作。
(f)	內襯模組 1 號向正向 Z 軸位移，再設定往正向 X 軸位移 60mm 之距離。
(g)	內襯模組 2 號向正向 Z 軸位移，再設定往正向 X 軸位移 60mm 之距離。
(h)	內襯模組 3 號向正向 Z 軸位移，再設定往正向 X 軸位移 60mm 之距離。
(i)	設定以[Open]鍵開啟物件的分件模式，讓鞋墊模組往正向 Z 軸移動 150mm 之動作。
(j)	設定以[Rest]鍵關閉物件的分件模式，讓內襯模組與鞋墊模組回至原位之動作。



圖 13：Cult3D 建構介面與互動式虛擬展示模組

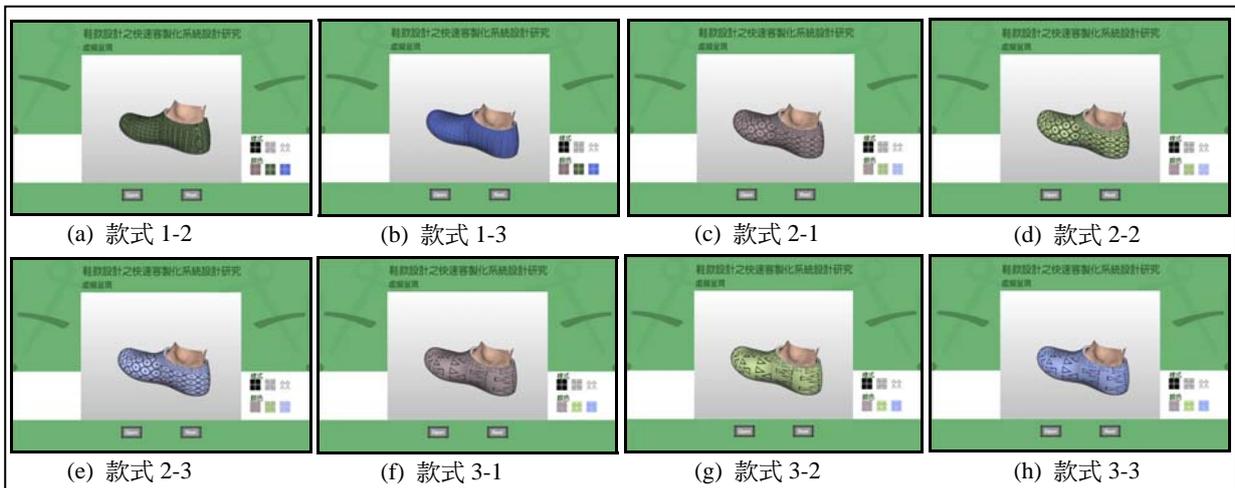


圖 14：鞋子款式與顏色之動態搭配顯示情形

五、實證研究

為了確認快速客製化鞋款設計系統的可行性，以五位受測者進行本系統實驗的驗證，主要受測對象為一般能夠正常購買基本鞋款的消費者。透過快速客製化鞋款設計系統的程式運算與操作，分別將五位受測者的資料進行處理，瞭解每位受測者所適合的鞋款、內襯與鞋墊模組的相互搭配關係，給予適當的快速客製化建議值，完成快速客製化鞋款設計的目的。

5-1 實例驗證

實驗流程乃依照快速客製化鞋款設計系統的步驟進行，過程包括：掃描個人腳型資料、點群資料處理、數位資料轉換、截剖面差異分析比對、產生快速客製化建議值、提供快速客製化鞋款設計的結果等步驟。因每位受測者的實驗過程皆相同，故直接以案例作為實驗過程解說：

1. 首先進入快速客製化鞋款設計系統程式(見圖 7(a))，執行第一階段的逆向工程掃描功能，進入受測者腳型量測步驟。

2. 在軟硬體系統操作介面(圖 7(b))，依序進行以下三項工作：

- (1). 執行[逆向工程設備操作]功能：受測者以裸足進行腳型的實體量測，依序將雙腳平放於實驗中的量測平台(見圖 1(a)~(f))，以量測平台為圓心，量測機台依據量測平台做圍繞的移動，進行腳型的外觀實體量測。
- (2). 執行[逆向工程資料處理]功能：進行 PolyWorks 3D 軟體點資料的疊合處理，依序將所有單筆點資料進行疊合動作，完成所有腳型點資料的疊合步驟。最終，五位受測者的腳型疊合點資料，如(圖 15(a)~(j))所示。
- (3). 執行[足長與足寬量測]功能：開啟 Rhino 軟體，進行腳型點資料的足長與足寬尺寸量測，依序求得左、右腳的足長與足寬資料。

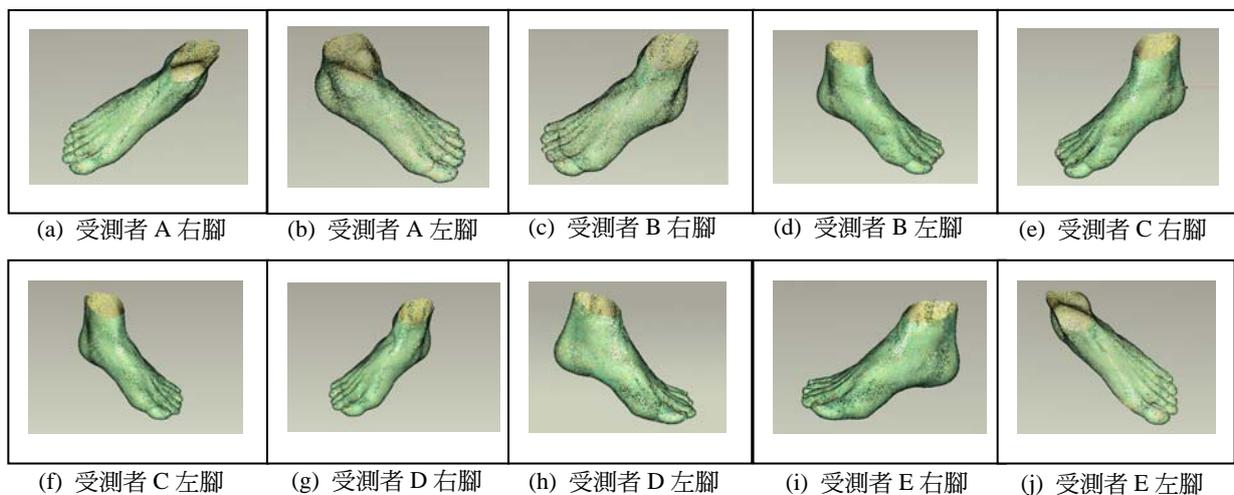


圖 15：五位受測者最終的腳型點群資料

3. 進入資料輸入的系統介面(見圖7(c))，分別進行六項工作，步驟如下：

- (1). 首先，執行[開新檔案]功能：輸入受測者的姓名資料，開啟一個新資料庫的儲存欄位。
- (2). 輸入足長與足寬：透過程式的[鞋楦號數計算]功能，進行運算判斷，求出適合的鞋楦號數。
- (3). 執行[比對分析]功能：程式開啟Geomagic Qualify檢測軟體，進行腳型點資料與鞋楦三維模型比對分析，並取得：足趾圍、足掌圍、足背圍及足弓的型態差異值。
- (4). 執行[開起檔案]功能：開啟受測者用Qualify軟體比對分析後輸出的數值檔案，依序讀取比對分析後的型態差異值，包括左右兩腳的所有資料。
- (5). 執行[差異值計算]功能：經過程式內部計算，針對每個受測者的五個型態差異值進行計算，最後產生型態差異值。
- (6). 最後，執行[儲存檔案]功能：將運算結果的資料，儲存至消費者資訊資料庫，作為往後查詢之用。

經由上述逆向工程操作與程式計算後，五位受測者的實驗資料紀錄，如：表 2 所示，表中分別顯示五組關鍵尺寸的最大差異數值資料，其中，每一筆客戶資料有足長、足寬、足弓，而足趾圍、足掌圍、足背圍乃依照 3-2 節的演算法求得五筆資料，作為提供快速客製化鞋款設計系統運算的輸入條件。再經過程式內部運算後，分別產生各關鍵尺寸的型態差異值(見表 3)。

表 2：受測者實驗資料

單位: mm

關鍵尺寸	受測者A		受測者B		受測者C		受測者D		受測者E	
	左腳	右腳								
足長	265.62	266.26	277.32	276.00	270.03	271.32	260.98	260.32	270.25	270.99
足寬	90.00	92.65	102.36	102.56	98.92	100.02	96.56	95.51	98.01	99.12
足趾圍	-1.07	3.55	4.75	4.02	1.24	4.29	10.29	5.94	1.04	4.03
	5.55	8.01	6.35	7.10	3.53	6.55	10.50	6.76	3.34	6.04
	10.08	10.53	7.29	8.64	5.73	7.74	10.68	6.99	5.55	6.54
	6.72	4.13	1.51	2.01	2.07	2.60	4.31	2.02	2.21	2.53
	4.08	1.48	-1.74	-0.82	2.74	2.93	-1.16	-3.29	2.78	3.22
足掌圍	4.49	-2.92	-1.24	-1.06	3.09	0.65	5.13	1.25	3.45	0.91
	1.62	-1.83	-1.07	-1.71	3.30	0.54	2.66	0.58	3.22	0.54
	6.20	8.43	6.73	5.57	2.99	4.00	10.02	7.42	2.45	3.87
	-4.08	4.96	4.63	5.35	3.38	5.05	6.76	6.29	3.55	5.80
	-2.46	4.21	1.24	2.64	2.10	0.37	-0.49	0.84	2.28	0.63
足背圍	-2.65	-1.47	-1.92	-1.10	1.87	0.71	3.78	3.43	2.05	0.65
	3.19	-5.24	-5.19	-4.37	7.56	5.12	0.52	-1.14	7.01	5.01
	-1.20	1.13	-2.25	-1.59	4.32	2.48	10.45	7.80	4.58	2.35
	-7.34	3.84	-1.65	-0.65	1.03	2.33	3.23	1.75	1.05	2.22
	-3.51	-3.04	-4.50	-6.48	3.90	6.04	9.48	-7.40	4.05	6.52
足弓	9.85	7.87	10.85	9.11	8.77	7.44	9.58	10.07	8.45	7.55

表 3：型態差異值

單位: mm

關鍵尺寸	受測者A		受測者B		受測者C		受測者D		受測者E	
	左腳	右腳	左腳	右腳	左腳	右腳	左腳	右腳	左腳	右腳
足趾圍	5.08	5.55	4.19	3.63	4.83	3.07	3.69	6.92	4.47	2.98
足掌圍	1.16	2.57	2.16	2.06	2.13	2.98	3.27	4.81	-1.77	-2.07
足背圍	-2.31	-0.96	-2.84	-3.11	3.34	3.38	0.88	5.49	3.35	3.74
足弓	9.86	7.87	9.11	10.85	7.45	8.78	10.08	9.58	7.55	8.45

- 進入快速客製化分析介面(見圖 11(a))，執行[擷取腳型尺寸資料]功能，擷取、並顯示先前計算的結果。接著，進行[快速客製化分析]功能，針對五筆型態差異值，進行快速客製化鞋款設計系統的程式運算，將受測者的資料轉換成快速客製化建議值資訊，最後，得到快速客製化建議值，如：表 4 所示。表 4 所顯示的資訊數據，為本研究所產生的快速客製化建議值，其中，顯示出五位受測者應選擇的：(1)鞋楦號數；(2)三個關鍵尺寸的內襯模組號數；(3)鞋墊模組號數。從這些數據可進行該模組的搭配選擇，並針對腳型與快速客製化搭配的鞋款，進行最後的比對分析，產生的最後型態差異結果，以 2D 圖像顯示。
- 第二階段進入快速客製化程序，執行[快速客製化]功能(見圖 7(a))。
- 為了讓受測者能了解該快速客製化鞋款設計的核心，依據五個關鍵尺寸判斷個人適合的選擇搭配，可分別點選介面中的五個關鍵尺寸選項(見圖 10)，讓消費者逐一了解關鍵尺寸的所在位置。
- 透過介面中的[開啟舊檔]功能(見圖 10)，開啟讀取資料介面，輸入第一階段所儲存的資料。
- 透過輸入姓名資料與[讀取資料]功能，進行消費者資訊資料庫的連結，並將所有腳型的資訊分析結果顯示在介面上，包括：消費者的足長、足寬、鞋楦號數、型態分析差異值、型態分析平均值。
- 進入快速客製化分析介面(圖 11(a))，執行[擷取腳型尺寸資料]功能，讀取、並顯示先前計算的結果，再進行[快速客製化分析]功能，透過程式內部的計算，產生快速客製化建議值。

10. 透過快速客製化建議值介面，模擬呈現雙腳快速客製化建議值的完整資訊(見圖 11(b))，包括：鞋楦號數的選擇、內襯模組的搭配、鞋墊號數的選擇，讓消費者能更明確的掌握分析結果。
11. 在快速客製化結果差異顯示介面中(見圖 11(c))，將顯示所有關鍵截剖面的差異圖，提供受測者作為參考。最終，將設計鞋款與受測者本身所進行的比對差異結果，再以關鍵截剖面的差異圖方式表示，讓受測者更能明白差異點所在，完成本實驗的最終流程步驟。

表 4：快速客製化之各模組號數建議值

受測者		受測者A		受測者B		受測者C		受測者D		受測者E	
		左腳	右腳								
鞋楦號數		9	9	11	11	10	10	9	9	10	10
內襯	足趾圍	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	足掌圍	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	足背圍	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
鞋墊		2	2	2	3	2	2	3	2	2	2

5-2 實驗結果分析

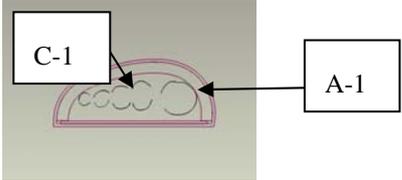
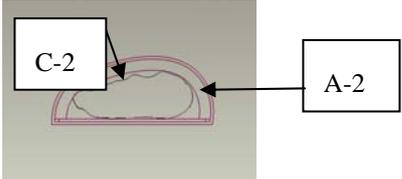
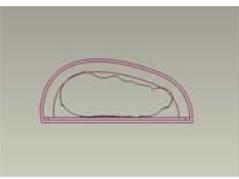
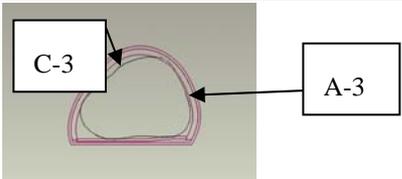
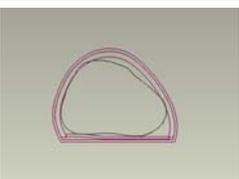
透過快速客製化系統程式的運算後，針對五位受測者分別進行快速客製化鞋款設計，並依照表 4 所顯示模組號數進行搭配。經五位受測者的實際測試，由表 2 的數據可發現，每位受測者的兩腳型間確實存有些許的大小差異。依型態差異法分析所得到的型態差異值，如：表 3 所示。數據顯示，雖然每一位受測者之鞋楦數據皆有差異產生，但仍在鞋楦號數等比例級數縮放的原則範圍；即左右腳皆判斷為同一號數的鞋楦。因此，五位受測者皆無選擇不同號數的鞋楦，如：表 4 所示。

透過該快速客製化系統程式之型態差異分析比對後，產生表 4 的快速客製化建議值，可明顯看出確實皆有些許的差異產生。五位受測者，出現兩位內襯與鞋墊模組配對有所不同的情形，此種結果的產生，可說明人們確實存在雙腳大小不同的問題。由於此種問題的存在，即可透過模組化進行鞋款設計，達到快速解決問題的目的，並可針對個人的差異性重新選擇搭配，找出最適合自己的設計；上述實驗證明了快速客製化鞋款設計概念的可行性。資料顯示，受測者 A 所產生的快速客製化數據，只有足背圍模組號數為 1 號，足趾圍與足掌圍皆為 2 號模組，結果顯示，該受測者的足背圍較為厚大，因此必須選擇內部空間更大的 1 號模組進行搭配，方有較現有的鞋款更適合受測者 A 的鞋款設計選擇。受測者 B、D 的快速客製化數據，內襯模組與鞋墊模組的搭配選擇皆不同。因此，可透過本系統的快速客製化建議值，給予適當的模組化搭配，提供兩位受測者較現有鞋款更合適的設計選擇。受測者 C 的快速客製化數據，內襯與鞋墊搭配皆為 2 號模組，顯示此人可選擇現有鞋款設計，不需透過快速客製化鞋款設計系統重新搭配，因快速客製化的判斷準則是以 2 號為基本參考，所以能快速完成鞋款的選擇。受測者 E 的快速客製化數據，唯有足掌圍模組號數為 1 號，其他皆為 2 號模組，代表該受測者只有足掌圍較厚大，因此必須選擇內部空間更大的 1 號模組進行搭配，方會較現有的鞋款設計更適合受測者 E 的鞋款設計選擇。

為說明各模組的搭配結果，以受測者 A 為例，進行說明。表 5 是受測者 A 的差異結果顯示圖，表中顯示經過快速客製化後的差異性結果，主要是讓消費者瞭解經快速客製化設計的成果，並展示內部空間與腳型的配合度是否合適。其中，包括各個內襯模組與關鍵尺寸的配合是否恰當，鞋墊模組與足弓的高度是否配合等。足趾圍、足掌圍與足背圍的欄位部分，為內襯模組與腳型的配合差異顯示圖，紅線等距範圍部分為內襯模組(A-1~A-3)，黑色不規則線段為腳型各關鍵部位的截剖面輪廓(C-1~C-3)。依程式運

算與圖像顯示分析結果，可驗證腳型與各設計模組間的配合度良好，型態差異之理論分析與結果，確實可達到本研究之目的。

表 5：受測者 A 快速客製化結果資料

模組 \ 腳型	右腳	左腳
足趾圍		
足掌圍		
足背圍		

六、結論與建議

6-1 結論

本研究運用非接觸式逆向工程量測系統，進行個人腳型掃描，並在截面以型態差異分析演算法，比較與分析受測者與標準鞋楦的差異值。由於，針對原始掃描數位資料進行處理，可獲得最佳的數據值與最小的誤差量，其演算法有良好的實用性與正確性。與文獻探討所提到的相關方法比較，本研究採用的比較演算法，可針對關鍵部位同時比對鞋楦與受測者的 3D 腳型，直接進行截面數位資料的擷取與分析，在處理的速度與精確度，可獲得較佳的成果與適合腳型的鞋款設計概念。

透過本系統架構流程的運作與程式運算的分析，其分析結果會以圖像方式將差異性顯示出來。本研究實驗過程中，根據實驗的數據顯示，兩腳間確實存在著大小差異的問題，為解決此問題，透過本研究的設計，從快速客製化鞋款設計概念為出發點，結合模組化的組裝概念設計，提供消費者更合適的選擇，讓消費者能夠找出最適合腳型的鞋款內部空間配置，設計出真正適合每一個人的鞋款。

以下將以條列的方式，簡略的指出本研究最重要的結論與觀點：

1. 本研究的目的是對腳型與鞋款間的合適性進行探討，針對兩腳型之間存在的大小問題，設計出一套快速客製化的系統架構，分別針對兩個腳型進行比對分析，找出適當的搭配，達到適合腳型的鞋款為客製化設計目標。
2. 本研究整合逆向工程的許多特點，包括：逆向工程掃描量測系統運用在腳型外觀的量測上，透過不同的逆向工程軟體的結合，將腳型量測資料與比對分析結果，運用在快速客製化系統的運算。

3. 消費者第一次以本系統進行設計，需花費較多時間，第二次選購鞋款時，即可立即進行鞋款設計的快速客製化，根據系統先前所儲存的消費者資料，可快速完成鞋款設計的需求。
4. 依據本系統的需求，已建構各種不同的資料庫資源提供程式使用，包括：(1)消費者資訊資料庫，進行消費者所產生的數據資料儲存建檔使用；(2)鞋楦三維模型資料庫，提供與腳型點資料進行比對分析使用；(3)內襯海綿模組化資料庫；(4)鞋墊模組化資料庫，進行快速客製化設計的相互搭配使用，以產生快速客製化的最終鞋款設計，並以虛擬原型方法呈現成果。

6-2 建議

鞋款設計，有許多設計因素會影響到人穿著時的感受，因此，本研究還有許多部份可以做更深入的研究，包括：鞋楦、鞋底、鞋帶等，各部位皆可加入快速客製化的概念。在研究與發展階段中，因有許多因素皆會影響鞋款設計的結果，因此，本研究對未來的相關研究方向建議如下：

1. 本研究針以設計與選擇內襯與鞋墊為研究核心，由於每人腳型的差異處不一定相同，因此，可再進一步考慮是否增加關鍵重要部位尺寸，讓鞋款更貼近每一個人，這部份的快速客製化設計，可更深入的進行相關研究探討。
2. 本研究並未針對其他鞋款的鞋楦種類進行研究，例如：女鞋、童鞋及各式鞋款的鞋楦等。建議未來相關研究者，可繼續進行其他資料庫的建立，增進快速客製化設計的實行。
3. 本研究未針對所有鞋款的各部位進行快速客製化的設計，例如鞋舌、鞋帶、鞋底材質等。建議未來相關研究者，可針對這部分進行鞋款設計之快速客製化的研究。
4. 可針對快速客製化如何運用在鞋款設計上，包括：鞋款外觀設計、模組化組件設計、生產組裝，流程管理等進行相關研究，找出更便利的方式達成快速客製化的目的。

致謝

作者特別感謝匿名審查人對於本文內容與架構給予建設性的修正意見，以及國科會對本研究計畫之經費補助(計畫編號: NSC93-2213-E-324-019)，與林士源研究生在系統開發上的協助。

參考文獻

1. Ameersing, L., & Ravindra S. G. (2004). Foot shape modeling. *Human Factors Journal*, 46(2), 304-315.
2. Boyton, A. C., Victor, B., & Pine II, B. J. (1993). New competitive strategies: Challenges to organizations and information technology. *IBM Systems Journal*, 32(1), 40-64.
3. Feitzinger, E., & Lee, H. L. (1997). Mass customization at Hewlett-Packard: The power of postponement. *Harvard Business Review*, 75(1), 116-121.
4. Gregory, A. (1995). Meeting customer demand for endless change. *Work Management*, 48(5), 25.
5. Johnson, M. D., & John, E. (2001). Technology, customization and reliability. *Journal of Quality Management*, 6(1), 193-210.

6. Joseph, L., & Mintzberg, H. (1996). Customizing customization. *Sloan Management Reprint*, 38(1), 21-30.
7. Kotler, P. (1989). From mass marketing to mass customization. *Planning Review*, 17(5), 10-14.
8. Pine II, B. J. (1993). *Mass customization: The new frontier in business competition*. Boston: Harvard Business School Press.
9. Sandelands, E. (1994). Marking mass customization happen. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(3), 11-12.
10. Tsutsumi, E., & Kouchi, M. (1992). Geometric modeling of the foot. *Proceedings of the 5th ASEE International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry* (pp. 171-174). Washington, DC: American Society for Engineering Education, Engineering Design Graphics Division.
11. 王海山 (1998)。科學方法百科。台北市：恩楷。
12. 吳大川 (1986)。鞋楦型態在人體工學上的研究及微電腦輔助設計。成功大學機械工程研究所碩士論文，未出版，台南市。
13. 吳博雄 (1995)。特徵式鞋楦自動化參數設計系統之研究。台灣科技大學機械工程研究所碩士論文，未出版，台北市。
14. 李炫弘 (1998)。大量定製化產品的設計研究-以行動電話造型設計為例。台灣科技大學工程技術研究所設計學程碩士論文，未出版，台北市。
15. 林承哲 (2001)。以三度空間腳型量測儀建立腳型尺碼分類系統。清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，未出版，新竹市。
16. 姚文龍、陳庭俊、簡幸旭、劉佳營 (2001)。整合逆向工程技術於快速反應工業設計產品之製作。第十六屆全國技術及職業教育研討會論文集工業類(I) (163-168 頁)。
17. 洪國力 (2000)。以三度空間人體資料建立尺碼系統暨標準製衣人台。清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，未出版，新竹市。
18. 張志嘉 (1999)。自由曲面資料擷取辨識與量測規劃之研究。台灣科技大學工程技術研究所碩士論文，未出版，台北市。
19. 張朝香 (1995)。光學式鞋楦 3D 模型構建與特徵資料量測。交通大學工業工程研究所碩士論文，未出版，新竹市。
20. 許家榮 (2001)。利用 3D 臉型資料庫設計呼吸面罩。清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，未出版，新竹市。
21. 曾昱仁 (2000)。鞋模生產系統之分析與模擬。大葉大學工業工程研究所碩士論文，未出版，彰化縣。
22. 洪輝嵩 (1990)。鞋類及鞋材 (103-114 頁)。台中市：中國生產力中心。
23. 黃柏翰 (2000)。於網際網路上提供客製化產品設計與服務之研究-以製鞋業為例。台灣科技大學工業管理系碩士論文，未出版，台北市。
24. 黃毓瑩 (2001)。動態環境下的延遲決策-以標準化、模組化為例。中山大學企業管理學系碩士論文，未出版，高雄市。
25. 葉健任 (2000)。鞋楦設計技術手冊。台中市：鞋類設計暨技術研究中心。
26. 廖漢雄 (2002)。工業用電腦主機板的快速客製化服務之研究-以研華科技為例。政治大學經營管

理系碩士論文，未出版，台北市。

27. 鄭豐聰（1998）。*台灣地區腳型尺碼資訊系統之研究*（86-90 頁）。台中市：鞋技通訊，10 月號。
28. 鞋類設計暨技術研究中心（2000）。*智慧型足部量測系統研究*。台中市：鞋類設計暨技術研究中心。

3D Measurement Application in Shoes Design

Tai-Shen Huang

Graduate Institute of Design, Chaoyang University of Technology

tshuang@cyut.edu.tw

Abstract

Shoes style is changing along with social fashion, but together with it we have many feet-related diseases. This is mainly due to the shoe is unsuited to someone pediform shape, causing indisposition and injury. The purpose of this research is to develop a shoes design system by using reverse engineering to measure customers feet and combining network functions. This research firstly develops a 3D feet measurement platform in order to obtain feet data. A point cloud data obtained from customer's feet can be acquired by using non-contact laser scanner. And then a novel procedure, named cross-section difference analysis comparison algorithm, is proposed for dealing with the comparison between the data and the database of standard shoe last. The system contains a friendly user interface in which designer can set and choose design parameters, and understand the design dissimilitude during operation process. For the different portions, we can redesign it in the fast customization system, and then create a pair of comfortable shoe that match consumer's foot curve completely. Finally, the result of design can be display and choose on the screen by using virtual prototyping technology.

Keywords: Reverse Engineering, Shoe Last, Customization, Shoes Design, Virtual Prototyping