

模糊感性評估於電腦輔助造形設計之研究 -以 NIKE 籃球鞋為例

Fuzzy Perceptual Evaluation in Computer-Aided Shape Design -the Case of NIKE Sneaker

王中行* 楊凱傑** 張庭瑞***
Chung-Shing Wang* Kai-Jai Yang** Teng-Ruey Chang***

*東海大學工業設計學系 教授
**東海大學工業設計學系 研究生
***南開科技大學 工業工程與管理學系 助理教授

摘要

本研究在於探討籃球鞋造形與消費者感性評價的關係，首先搜集 20 種籃球鞋外側視圖樣本，利用 COREL DRAW X4 軟體描繪出球鞋分件接合處之特徵曲線，將籃球鞋進行造形特徵的解析，並邀請熱愛籃球運動者，從 20 個感性語彙中篩選出消費者感性語彙 5 個，以封閉式型態意象問卷來獲得消費者對 20 雙球鞋線條樣本的感性評價，透過模糊理論進行量化統計分析，建立一套籃球鞋造形與消費者感性意象的操作系統，藉由感性語彙數值化的方式衍生出產品造形，再找出與感性語彙數值對立的造形，來與原型進行混合漸變，讓設計師能藉由此模式作為籃球鞋造型的設計依據，幫助設計師發展符合消費者感性意象的產品造型，達成縮短籃球鞋設計的時程，提高消費者對產品的接受度。

關鍵詞：籃球鞋造形、造形摻合、感性工學、特徵曲線、模糊理論

一、前言

隨著全民運動的普及、專業運動水平的不斷提升和人們生活觀念的日轉變，運動鞋朝著更大眾化、時尚化的方向發展，滿足各種運動需求考慮。

近年來，運動鞋市場競爭激烈，許多產品往往曇花一現，無法獲得消費者的青睞；除了功能外，外形比較受消費者喜好的產品通常比較具有競爭性，就產品生命週期而言，產品在生命週期後半段，往往多著重於造形發展，新造形的衍生更需符合消費者的喜好，才能使產品獲得最佳的競爭力。

本研究以模糊理論與語意差異的運用為基礎，藉由不確定的語彙與設計要素做一連結，達成設計上的考量能數值化，促使用設計自動化的理想能夠實現。

另一方面，產品外觀造型之訊息的傳達，在其內心也會有某種程度的感受因素存在，這種心理感受因素可用形容詞語彙來加以描述，這也是學者所提出的「感性工學」理論，其方法是將消費者對產品造形進行形容詞感受語彙的評估，以得到產品造形與意象語彙所呈現的對應關係，讓設計師更了解消費者對產品的認知情形，設計出更符合消費者所要的產品。

因此，本研究目的包含以下幾點：

- (1) 應用模糊理論中三角模糊數進行消費感受意象的量化統計分析，進而建立一套感性語彙與球鞋造形配對模式。
- (2) 透過特徵解析與極端形容詞的造形摻合，建立產品整體造形之關係性，以便提供設計師於造發展時之參考依據。
- (3) 建立一套籃球鞋造形設計系統，用以提供設計師於構想發展初期的參考原型，幫助設計師於短時間內產生大量漸變造形的設計。

二、文獻探討

1、籃球鞋造形設計

籃球鞋的款式造型是建立在各部件外形輪廓設計的基礎上。各部件在統一的設計理念下，經過組合設計，形成整體的鞋款造型。籃球鞋的結構主要包括：鞋底(大底、中底、內底)和鞋幫(幫面、幫裡)等，其中又可分為

- (1) 低幫：重量輕，但沒有高幫鞋的護踝作用好，適合快速跑動型的球員。
- (2) 中幫：適合以速度見長的運動員，若高幫鞋有很大的束縛性，那麼中幫鞋正到腳踝處是最好的選擇。
- (3) 高幫：最佳的護踝作用，適合強力進攻型運動員和大範圍跑動型運動員，在這種類型中的鞋中還往往更傾向於要求穩定性。

流行鞋樣設計與技法一書[6]中提到籃球鞋植型不像正裝鞋具有流行傳遞的功用及迅速變化，在強調舒適性及功能性機能要求下，通常一支好鞋植可沿用好幾年，因此開始設計此類鞋種時，建議可找類似的鞋款先加以描繪其外觀輪廓，進而再加以內部線條修改變化，這樣所設計出來的鞋款才不會與實品鞋相差太多，鞋圖繪製也比較迅速確實，算是繪製運動鞋的一種捷徑。

對一位新手鞋類設計師而言，必需先了解設計師在進行設計時的繪製順序及基本原則[7]：

- (1) 線條要簡單但不單調，悅目而不牽強，明朗而不過分誇張。
- (2) 設計線條不應浪費大塊鞋料，更不能因增加少量美觀效果而浪費大量鞋料。
- (3) 鞋的規格適合市場要求，特別注意適合銷售地區人們的一般腳型。
- (4) 設計的款式、工藝製作、要符合大量生產原則。

2、造形摻合

早在1930年設計師就開始使用類似造形摻合(Shape Blending)的方法來創造出流線的火車頭、汽車以及郵輪等交通工具。2D 造形摻合，是由物件邊界上平均分佈或適當位置的點或多邊形來求出大致的外形。

相關研究中Chen & Parent[1]以加權平均的方式來處理造形問題，以 2D 造形均化的方式達到3D 造形均化，設計師只要輸入一組比例數值，藉此比例數值產生新造形，此種方法乃是給予前後兩個圖形，以漸變的方式產生介於兩個圖形間的2D 摻合外型，可口可樂與百事可樂瓶(圖1)的摻合。

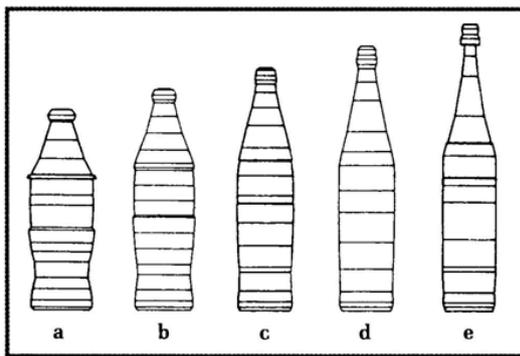


圖 1 造型摻合過程

莊峻超[5]的研究中以非接觸式雷射掃描機量取原始模型樣本外觀，取得群點資料，再以現有點資料處理軟體進行點群斷面資料擷取與相關處理，以舉昇曲面的建構方式和參數化的設定，使設計師能透過相關參數輸入與調整，經由造形均化法則來進行點群的外形摻合，設計師只要輸入兩個實體模型，就能在最短的時間內衍生出一系列具

有原始設計概念的 3D 模型圖檔。

3、電腦輔助感性工學系統(CAKES)

日本長町三生(Nagamachi)提出感性工學的三種模式，其中模式二，電腦輔助感性工學系統(Computer Aided Kansei Engineering System)是透過電腦的運算，操作者輸入感性語彙，將消費者的感覺意象轉換為設計細部要素的電腦系統[2]。爾後有學者加入模糊理論、類神經網路、基因演算模式等邏輯推論，與感性資料庫組成一個專家系統。

電腦輔助感性工學系統是由感性語彙資料、意象資料庫、知識資料庫以及設計資料庫所構成。感性工學系統可應用於兩方面：消費者決策輔助系統與設計師決策輔助系統。消費者決策輔助系統，可接收消費者偏好的感性語彙，系統透過推論引擎瞭解他們的需求，並且輸出符合他們需求的產品。而設計師決策輔助系統可讓設計師在電腦上繪製粗略的草圖，讓電腦來辨識，並輸出感性計算的結果。

相關研究中，林志志[3]以 Visual Basic 6.0 開發出以產品造形意象與特徵導向式的操作介面，作為資料讀取、儲存、輸出與輸入的媒介，提供設計師快速獲得造形意象參考原型進而啟動商業軟體，進而啟動商業軟體 Solidworks 進行細部設計，圖 2 為特徵導向之造形程式介面架構。

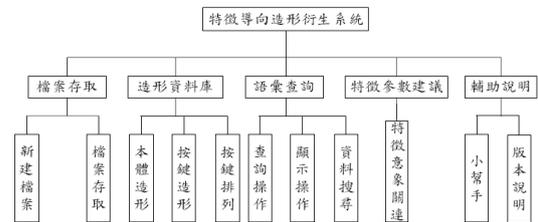
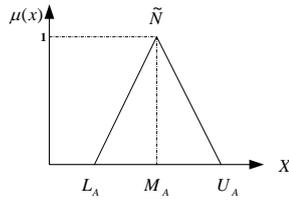


圖 2 特徵導向造形衍生系統架構

4、模糊理論

模糊理論(Fuzzy Theory)是一種用數學模式來描述語意式模糊概念的方法，透過If-Then描述系統的運作，並使用近似推理的演算取代傳統精確數值的演算方法來操縱系統。三角模糊數為模糊集合中的一種簡化形式，其模糊集合的歸屬函數圖形是一實數的標準凸集合(圖4)，且運算較為簡單，因此廣為大家所應用。其典型的表示方法為三角模糊數 $A = (L, M, U)$ ，其中 L 、 M 、 U 為實數且 $L \leq M \leq U$ ，其特性如下：



定義: \tilde{N} 為準則重要之模糊數
 X_{Ai} 為第*i*個決策者對A準則之評估值
 L_A 為決策群體對A準則之評估值下限
 M_A 為決策群體對A準則之幾何平均數
 U_A 為決策群體對A準則之評估值上限

圖 3 準則評價之模糊三角函數

柯雅娟等人[4]以模糊理論作為理論基礎架構，分別探討生物形態資料與設計需求語彙彙整，於實驗的部份以形態意象問卷的方式得到適當型態樣本與相關的產品語意，並建立隸屬函數資料庫與相關的運算法則，架構出一套型態概念發想的諮詢系統。

三、研究方法步驟與分析

本研究考量消費者在選購球鞋是視整體為主，故將不分別對鞋面與鞋底做調查。研究流程圖如圖 4 所示，首先搜集球鞋之造形，包含鞋面與鞋底，並且確立感性語彙來完成感性評價問卷，再以模糊理論來對消費者的感性評價作運算。

研究中以探討球鞋造型線條為主，並以具代表性的曲線特徵為主，所以排除變化不大的線條，如：鞋帶、撕拉扣、透氣孔、材質紋路、NIKE LOGO。

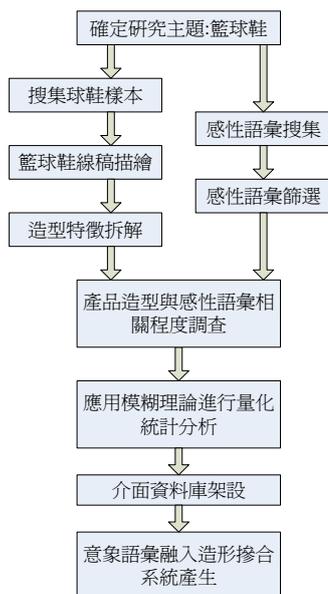


圖 4 研究流程圖

步驟 1 目標產品選定：籃球鞋。

步驟 2 產品資料蒐集：從網路、書籍、通訊雜誌收集目標產品的資料。由於籃球鞋結構複雜多變，初期樣本以 NIKE 2010 年的籃球鞋 20 張外側視圖為例。

步驟 3 以 COREL DRAW 繪圖軟體描繪出 20 組圖片之線稿 (圖 5)。



圖 5 2010 NIKE 籃球鞋線稿

步驟 4 意象語彙的篩選：選定產品相關的造形意象語彙，透過問卷的方式，讓 10 位愛打籃球的人依據心目中對球鞋造型線條的意象，從 20 個形容詞語彙(表 1)中篩選出 5 個形容詞語彙。

表 1 20 個形容詞語彙

籃球鞋造型之形容詞語彙				
平凡的	簡潔的	前衛的	隨性的	個性的
氣派的	復古的	速度的	豪華的	活力的
科技的	神祕的	狂野的	敏捷的	力量的
裝飾的	銳利的	輕盈的	流線的	大方的

步驟 5 選出的語彙作為造形與意象認知的評分項目。

步驟 6 造形特徵解析(表 2): 分解產品造形特徵參數，依據體、面、線、點的拆解方式將產品的造形特徵要素拆解出為：

- (1) 鞋外廓：為球鞋的造形的主要特徵，功能上可分為高、中、低幫三種類型。
- (2) 鞋舌線：與鞋外廓的造形變化相互影響，但對整體造形的影響不大，尤其又是從外側視圖的角度觀看。
- (3) 鞋頭線：以外側視圖而言，受鞋外廓造形影響不大，但就三維立體的變化來看其對腳的舒適程度影響最大
- (4) 鞋面線：此部位多半與造形美感有關，無功能上的作用，所以是整體造形最重要的特徵，且線條變化多端，難以以一條特徵線去定義出來。
- (5) 後踵線：此線變化隨著大鞋底線段的變化相

互影響，設計在於設定鞋後踵高度界限，以求能確實穩固腳後踵。

- (6) 大底線：因有時後會因漸剖面或是浮凸的形狀做設計，此線設計也是難以用單一線段去定義，卻也是影響整體造形關鍵的因素之一。

表 2 球鞋特徵曲線解析

造形特徵 解構	原始造形	對比造形
	11	15
鞋外廓		
鞋舌線		
鞋頭線		
鞋面線 (一)		
鞋面線 (二)		
後踵線		
大底線		

步驟 7 造形漸變衍生(圖 6):根據造形衍生法則，衍生出不同的產品造形，以提供後續在電腦輔助感性工學系統中造形發展之參考，只要改變摻合比值便可得到不同的產品造形參考原型。

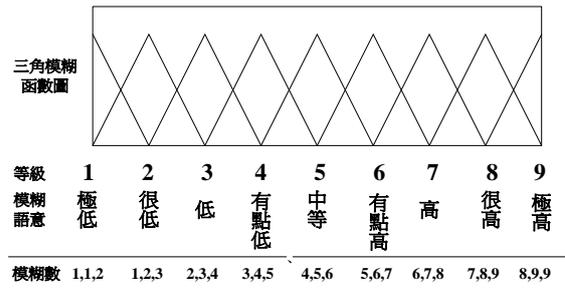


圖 6 籃球鞋造形漸變衍生圖

步驟 8 造形特徵與消費者認知關係之建立：將問卷收集會來的資料，利用模糊理論的方法，進行量化統計分析，找出造形特徵與消費者認知的關係。

- (1) 產品造形之評價是 10 位受測者對 5 個感性形容詞對的模糊評估結果為主，模糊語意變數共有 9 階，分析是以右側設定為最佳值，採用三角隸屬函數將模糊語意變數，量化成三角模糊數，其三角隸屬函數(表 3)。

表 3 感性語彙評價之三角模糊函數圖



- (2) 將受測者觀看每一種籃球鞋造型樣本後所勾選的感性程度語彙運用函數式量化為球鞋造形模糊陣列 (Linguistic Value of Sneaker)。

$$LVs = [lv_{s_{ijk}}]_{20 \times 5 \times 10}$$

$$i = 1, 2, \dots, 20 \quad j = 1, 2, \dots, 5 \quad k = 1, 2, \dots, 10$$

i 為籃球鞋樣本，計有 20 個； j 為感性語彙，計有 5 個； k 為受測者，計有 10 位。

- (3) 平均所有受測者之籃球鞋模糊陣列，為模糊平均感性評價值 (Average Values of Fuzzy perceptual Evaluation)。

- (4) 計算受測者評價結果所得感性評價模糊數。

$$\overline{LVs} = [\overline{lv_{s_{ijk}}}]_{20 \times 5 \times 10}$$

$$\overline{lv_{s_{ijk}}} = \left(\sum_{k=1}^{10} lv_{s_{ijk}} \right) / 10 =$$

$$\begin{bmatrix} (3.7, 4.6, 5.5) & (4.2, 5.2, 6.2) & \dots & (3.8, 4.7, 5.7) \\ (4.8, 5.7, 6.7) & (3, 4, 5) & & \dots & (4.7, 5.8, 6.9) \\ \dots & & & & \\ (4.6, 5.6, 6.4) & (2.3, 3.3, 4.3) & \dots & & (4.8, 5.7, 6.4) \end{bmatrix}_{20 \times 5 \times 10}$$

步驟 9 建構完整電腦輔助籃球鞋造形設計系統。

四、實例驗證與討論

進入電腦輔助感性工學造形設計系統裡，出現 5 組 9 階尺度的(科技的、簡潔的、速度的、流線的、力量的)感性語彙，這是經由 20 張籃球鞋線條圖片與所得的隸屬函數，加入三角模糊演算法則，建立出的知識庫，可選擇產品語彙及相對

程度別。

以圖 7 為例，使用者依其所需輸入感性語彙的數值：科技的=7、簡潔的=4、速度的=6、流線的=5、力量的=5，按下進行模糊比對鍵，系統從 excel 資料庫(表 3)的感性評價模糊數中，計算出 20 個樣本中最高的數值作為近似樣本，結果為樣本 11，其歸屬度分別為：科技的=0.875、簡潔的=0.7、速度的=1、流線的=0.7、力量的=0.778，5 項語彙總合為 4.053。

爾後取出數值總合最低樣本 15 為對立的樣本，進行造形摻合衍生新造形，藉由拉桿微調出合適的比值，提供一系列參考的漸變造形給設計師做為參考，讓設計師快速掌握消費者認知。

所得到所需的線條稿，轉出為 dxf 檔，將草圖輸入到 3D 軟體：Catia、Rhino、或是鞋製專用的軟體：Shoemaster、Delcam Crispin 中進行建模，來縮短設計師在產品建模上的時程。



圖 7 電腦輔助感性工學造形衍生系統介面

五、結論

- 1、本研究將消費者對籃球鞋造形的感性評價語彙，以模糊理論的方法數量化，進而瞭解符合各種感性語彙的籃球鞋設計特徵與方向，給予設計師相關的建議。
- 2、受限於時間與人力，本研究僅選取 20 種籃球鞋為樣本作為調查，若能夠將樣本增加，將能夠增加研究的深度與廣度。未來可進一步蒐集並選取大量的籃球鞋樣本，並結合集群分析法將籃球鞋分類，建立更完整的資料

庫，發展為一個可以讓設計師與消費者共同使用的平台。

- 3、本研究將 9 階感性語彙問卷統計轉化為模糊數，以三角模糊函數式計算出上界、上界及模糊歸屬度，作為感性評價的設計知識庫。
- 4、利用 Visual Basic 架構出電腦輔助造形設計系統 GUI，其中以 Excel 作為設計知識庫，藉由輸入意象語彙值得到近似樣本，並加入參數化控制其對比造形的造形摻合而衍生出新造形，輸出為 dxf 至 3D 軟體。
- 5、本研究是以籃球鞋整體外形為評價基準，未來能將鞋面與鞋底造形分別做調查、分析，加入系統資料庫裡，建構出另一種造形組合模式，讓消費者有更多元的選擇方式。
- 6、籃球鞋造形的設計技法與汽車造形設計技法有異曲同工之妙的地方，未來可融入造形摻合理論於汽車造型設計，必定會為汽車造形帶來創新突破的新風貌。

六、參考文獻

1. Chen, S.C. and Parent, R.E. (1989)., "Shape averaging and its applications to industrial design", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 9, No.1,pp. 47-54.
2. Nagamachi, M. (1995). "Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development." International Journal of Industrial Ergonomics , Vol. 15. No. 1, pp. 3-11.
3. 林忠志 (2003)。應用特徵導向與類神經網於產品造形衍生之研究。國立成功大學工業設計研究所碩士論文。
4. 柯雅娟、林振陽、蕭世文、羅際鉉。(2009)。應用模糊理論於創意形態設計之發展。應用藝術與設計學報。
5. 莊峻超 (2001)。應用逆向工程於形態漸變設計模式之研究。國立成功大學工業設計研究所碩士論文。
6. 鞋類設計暨技術研究中心 (2002)，流行鞋樣設計與技法，經濟部工業局。
7. 參考網站：鞋易新聞— 全球最大的鞋資訊平臺。

<http://news.wooshoes.com/>

Fuzzy Perceptual Evaluation in Computer-Aided Shape Design -the Case of NIKE Sneaker

Chung-Shing Wang* Kai-Jai Yang** Teng-Ruey Chang***

*Department of Industrial Design, Tunghai University, cswang@thu.edu.tw

** Department of Industrial Design, Tunghai University, g99740101@thu.edu.tw

*** Department of Industrial Engineering and Management, Nan-Kai University of Technology,
t237@nkut.edu.tw

Abstract

The study aims at treating relationship between sneaker shape and consumers perceptual evaluation. In the first stage, twenty pictures in lateral view of sneakers were collected and use software “COREL DRAW X4” were used to describe feature curves of sneakers. At first, I feature of sneakers were extracted and 5 Kansei words were screened out from 20 elected love basketball. Closed type questionnaire is used to obtain evaluation between consumer's perceptual vocabulary and curves of the 20 pairs shoes. Furthermore, we apply the fuzzy theory for quantitative analysis. To penetrate this database, a basketball shoe design system was established. I apply parameters of Kansei vocabulary to create product shape and then find opposite shape to blend with prototype. According to the relationship built to help designers to be more close consumers. Designers can develop their ideas in shorter time and promote users for products acceptability.

keywords : Sneaker Shape · Shape Blending · Kansei Engineering · Feature Curves · Fuzzy Theory