

整合模糊理論與田口方法於產品美感評價 模式之研究

一、前言

1.1 研究動機

在現今的消費模式下，供給與需求必須被精準的掌握，以滿足消費者的需要、創造產品競爭力。而消費者的產品購買決策與對產品的滿意度，不再只考量產品「物理機能」的滿足，更包括在精神上的滿足，也就是所謂的產品「心理機能」。Max Bill 認為造形是「綜合所有的機能成為一和諧的整體，並且將美視為一產品機能」，其更提出“造形 = 形式 * 機能 * 美”的關係式。(3) 此造形發展的觀點，面對技術普同化的商品現況，更突顯出產品美感的重要性。換言之，設計師如何藉由形態構成達到消費者對產品美感要求，即是產品造形行為的重要準則。Garvin (1987) 提出消費者品質認知的衡量構面，包括：實用績效 (performance)、可靠性 (reliability)、一致性 (conformance)、耐久性 (durability)、特色 (features)、可服務性 (service ability) 與美感 (aesthetics) 等，亦將美感視為產品品質的一環。

近年來在「品質管理」領域裡，發展方向由「物理面的品質」逐漸轉向「心理面的品質」。「物理面的品質」所關切的是產品或服務的物理狀態，例如：耐用度、操作性、功能等；「心理面的品質」所在意的則是消費者的主觀反應或滿意程度。(楊錦洲，1993) 而消費者對產品造形的主觀反應或滿意程度，即包括了對產品的感性與美感反應。因此，產品「感性」與「美感」可被認為是產品「品質」(quality) 中的一種，是影響消費者「選擇」與「滿意度」(satisfaction) 的重要屬性，且重要性與日俱增。

一般產品質的特性可分為兩種形式：一種是可以客觀量測的品質特性，例如，風扇的轉速、印表機的列印速度等；另一種是無法量測的品質特性，大多需要藉助主觀的判斷，例如，產品感性、美感或偏好等。而目前大多數的研究都是針對可量測的品質特性加以探討，以找出最佳的參數組合達到品質的最佳化。但是對於無法量測的品質特性，由於在分析上較為困難，因此在這方面的研究較少見。而目前有關無法量測品質特性之參數最佳化分析模式，是先主觀地將這些無法量測的品質區分成數個類型或等級 (例如：評估產品美感品質時，可將其造形品質的美感程度區分成：具高度美感、具美感、美感尚可、美感不佳等類別)，再予以分析。然而依據專業知識來主觀評估(subjective estimation)產品品質時，可能會因評價人員的認知差異，造成模

擬兩可(ambiguity)的情形，使得這些無法量測的品質特性所隱含的資訊無法充分有效地定義出來。

田口方法 (Taguchi method) 的品質概念和品管工程已被公認為追求品質穩定、改善品質和降低成本的方法之一，其廣泛應用在工業界製造、加工、開發等，均有得到很好的評價，是最常用的製程參數最佳化方法之一。田口品質工程主要是結合實驗設計(experimental design)的特質與衡量品質損失函數(quality loss function)的觀點而成的分析技巧，以較少的實驗次數來達成有效的分析。在處理有關等級類別變數的參數最佳化方面，田口也曾發展累積分析法(accumulation analysis，簡稱 AA 法)來進行等級分類(ordered categorical)參數的最佳化，但是此方法無法有效地將主觀判定所提供之資訊引入參數最佳化的分析。而這些關於產品品質的人為主觀評估，在本質上大都具有某種模糊性，由於模糊集合理論(Fuzzy set theory) 是一個對於語意性措辭相當適當的分析技巧，可以有效地將主觀判斷予以數量化。

有關「產品感性、美感」與「品質管理」整合成為跨領域的評價系統，以滿足企業與消費者雙方的需求是有其必要性，然而，至目前為止，尚無將此二領域整合之研究。因此，本研究將整合模糊集合理論與田口方法應用於產品感性與美感品質評價模式的建立，賦予「感性、美感」一種「品質屬性」，以更精確的掌握消費者在產品造形的反應。並藉由相關分析以釐清影響消費者美感評價與產品形態因子的相關性，能更有系統、有效率的發展出令消費者滿意的產品設計。

1.2 研究問題描述

以下乃針對本研究，所欲探討的問題，予以說明：

1. **產品美感的評價因素：**早在西元前，希臘的聖哲就針對美感判斷，提出相當具體的說詞。諸如蘇格拉底認為，人之所以有美或不美的認識，是因為人對於美有一種共通的觀念，凡是符合審美條件的事物，便稱之為美的事物。而亞里斯多德更進一步說出「美的主要元素是 - 秩序、對稱、明瞭」(1)。除了希臘聖哲的形上美學，Birkhoff 以純藝術的角度對產品美學加以量化計算，提出： M (Aesthetic Measure, 美學量測) = O (Order, 秩序、對稱、調和) / C (Complexity, 複雜度) (3)；Schmitt 則以複雜度與表現度來區別風格美學 (Aesthetic Style)。 (14)；乃至近代產品造形風格中，追求最低限主義的優雅、簡潔性。到底簡潔性是造形美感成立的要素，亦或是目前短暫的風尚？同時，除了造形的簡潔程度外，是否還有其他因素是決定美感品質之因素？這些相關因素的確立，對於產品設計之品質提昇是相當有幫助地。

2. **有效量化主觀判斷之模糊田口美感/感性評價模式的建立：**“品質”功能的一部分角色是決定顧客所要產品的品質特徵，而設計的角色即協助將這些特徵轉化為實物。品質是創造於

產品的設計階段，大多數的品質問題，多是起因於不良或不適當的設計。因此，為達到最佳的產品造形品質，即必須先具備有效的美感品質評價，才能將主觀判定所提供之資訊引入參數最佳化的分析。研究中藉由模糊理論中特殊歸屬函數(membership function)的表示，可以有效地將主觀的判斷予以數量化，並整合田口方法之損失函數（是一衡量品質損失的有效方法），發展一適用於語意性措辭描述定性式之參數最佳化法，以有效地達成設計參數的最佳化。

3. 美感多品質最特性之最佳化參數設計：田口方法的特色，為其利用直交表來簡化整個實驗過程，由損失函數定義以計算實驗結果和回應值之間的偏差，進一步把損失函數轉變成 S/N 比(signal to noise ratio；信號雜音訊比)。藉由計算對每一個實驗回應值的過程中，找出最理想水準的製程回應。然而，在實驗過程中其回應值的最適化選擇，通常不可能只以單一品質的回應最適化那麼簡單，往往在一組實驗之中，具備了多種品質的特性回應，而各種品質的 S/N 比特性值的回應往往不能一致，而使多重品質特性回應中最佳化的 S/N 比難以評估。而消費者對美感品質的評價，即具有多品質特性，因此本研究為解決田口方法中多重屬性的品質改善問題，利用灰關聯分析來解決實驗中若干回應的模糊的複雜關係，並透過實驗的回應來得到最適化的結果。

1.3 研究重要性

1. 目前大多數的研究都是針對可量測的品質特性做最佳化的探討，至於無法量測的品質特性的研究較少見。本研究嘗試藉由模糊理論的應用，以為人為主觀美感品質評估的工具，進行產品感性與美感參數最佳化法的探討，使得參數最佳化法的應用更具彈性。

2. 藉由產品美感評價因素的分析與確立，及找出形態與美感之間的相關性，不僅對於設計者之造形發想與構成上有極大的幫助。同時，美學因子的確立，對於瞭解時代美感的演變與當代美學理論的研究皆有相當的助益。

3. 整合設計人文思維與科技技術，並以產品設計為探討對象，能將研究成果確實應用，有助於提昇設計之效益，並將理論予以務實化。同時，相關技術與理論的整合，可以作為未來相關研究的參考。

1.4 研究範圍與限制

本研究將以「隨身數位產品-行動電話」為例，發展產品「感性、美感」與「田口方法」相互結合的可能性。但限於研究時程、研究目的與研究重點，本研究將有以下限制：

1. 以產品圖片為測試樣本，排除觸覺所造成的影響，僅探討「造形元素」對視覺所產生的影響，以及其與「感性意象」之間的關聯。

2. 「造形元素」中將不包含產品的「表面質感」、「螢幕圖像」與「按鍵文字」。
3. 測試樣本中須避免「品牌」、或任何引起強烈品牌聯想的「造形元素」，如此以利於分析「造形元素」與「感性、美感」之間的關係。

二、文獻探討

2.1 產品造形的認知與語意表達

設計工作是一訊息傳達的工作，設計者將自身對設計主題的詮釋，藉由產品造形媒材，與消費者產生溝通互動的關係。而產品的外在造形所傳遞的訊息，並非單純的視覺感受與美感認知，其中更包含了價值判斷、操作功能、文化因素...等內容。這些訊息內容藉由色彩、線條、質感、結構...等等的造形構成元素，在人們心理形成感覺，並與視覺經驗、感覺經驗相比對(mapping)後，對物品產生辨識、感知的機能。而使用者即藉此能進一步了解產品的意圖與內涵。

隨著感性消費時代的來臨，設計師在設計過程中必然要揣摩消費者意圖，並且忠實的將其心中所渴求的意象與美感表達在產品。在感性工學興起之後，消費者的意象透過定量分析程序，設計師已能在特定範圍內掌握住消費者的感受。不過這些定量分析的提前，必須是受測的消費者對問卷所採用的意象語彙有相同的認知。然而是否所有消費者對一意象語彙的意涵都有相同的認知？(「優雅」就必定有「弧線」的形態?)反過來說，是否同一形態的產品對所有消費者而言皆具有相同的美感判斷？此語意的模糊性對產品設計師而言，即可能導致量化資料的不客觀，訊息傳達的誤差，而無法真正符合消費者的偏好與認知。因此，本研究的目的即在發展一適用於模糊語意性措辭描述之參數最佳化法，以有效地達成設計參數的最佳化。

2.2 感性工學

在 1970 年由長町三生提出「情緒工學」的概念，1986 年山本建一也在馬自達汽車的設計案中成功演練類似的方法，一直到 1988 年的第十屆世界人體工學會議中，「感性工學」(Kansei Engineering)正式被定名。(邵承珍等，2000)「感性工學」簡言之是：將人們所具有之「感性」加以量化呈現，並由其中探索「設計元素」與「感性」的關聯。

「設計元素」包含「物」所能被「人」感受到的所有元素，主要有：造形、色彩、觸感、氣味...等。而「感性」則可以被詮釋為：「人」對「物」所持有之「感覺」或「意象」，是對「物」在心理上的感受。「感性工學」主要用以針對不同的消費者，生產其所偏好意象的產品

設計。正如同「工業設計」的誕生是為了賦予工業產品適當的形式，以提高消費者的滿意度與產品銷售量。「感性工學」應用的主要功能也在於透過「了解」、「滿足」消費者「感性意象」的認知與偏好，以達到企業獲利、消費者滿意的目標。以企業經營管理的角度來看，「感性工學」對於訂定產品設計策略與達成獲利目標，具有相當的助益。

以行動電話為例的研究眾多，以下僅列出幾篇以代表「感性工學」領域現今的研究成果，以及未來的發展方向。

張建成（2000）探討「設計師」和「使用者」對產品造形的認知差異、使用者對於「實體產品」和「影像樣本」意象認知的差異性，並以使用者對產品的偏好和意象認知模式為基礎，推論產品設計發展的參考模式，並進而推導產品造形標竿，發展新產品構想。

邵承珍等（2000）就行動電話「造形元素」與消費者「感性」之關聯性進行研究。主要以「語意差異法」檢定使用者對行動電話的主觀評量與其造形要素的關係，所得的結果在分別與「線性」（數量化一類）與「非線性」（類神經網路）統計方法作定量分析，以建立行動電話造形元素與消費者感性的關聯性。

謝政峰（2002）探討人類對立體形狀特徵資訊處理的特性，以及立體形狀特徵對心理認知的影響，並試圖去建立消費者與設計師對於產品造形特徵辨識與意象之間的關係。藉由該研究可了解產品造形屬性特徵變化對使用者感官意象的影響，設計師也能透過此一模式，有效的控制各特徵的變化量，迅速建構符合使用者風格需求的產品。

練季旺（2003）提出一套辨別消費者對產品造形偏好之推論模式，直接以「產品圖片」作為設計人員與消費者溝通的介質，消費者只需要選擇其喜歡的產品造形圖片，設計人員可經由圖片中所預先分析的造形元素，組成消費者所喜歡的造形。如此一來不僅可以補足感性工學之不足，而且可以作為設計人員在概念設計階段之參考。

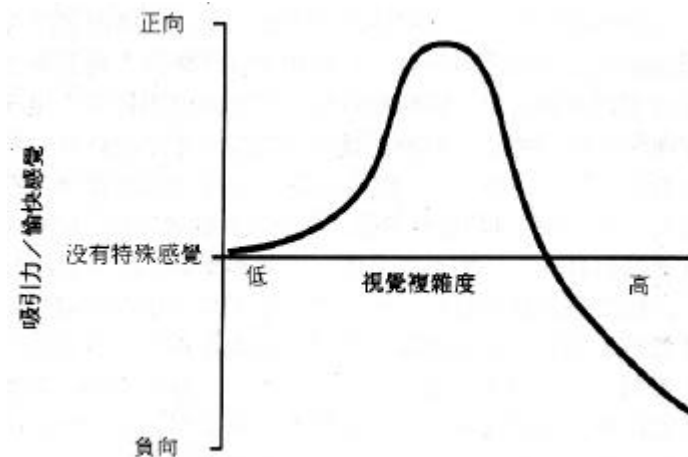
2.3 產品美感評價因子

造形不僅僅是一群構成元素的堆砌，而是在某種原則之下，給予人們視覺上的刺激，更可以令人產生美的感受，稱之為造形的心理機能。有關美感的判斷早在西元前，希臘的聖哲們對於美的事物，就提出了相當具體的說詞。諸如蘇格拉底認為，人之所以有美或不美的認識，是因為人對於美有一種共通的觀念，凡是符合審美條件的事物，我們便稱之為美。柏拉圖則將此觀念定義為「變化的統一」；同時，亞里斯多德更進一步說出「美的主要元素是 - 秩序、對稱、明瞭」。除了希臘聖哲的形上美學，有現代美學之父之稱的德國美學家 - 費希納(Fechner, 1801-1887)，更透過實驗的方法，來檢證美的標準與內容，提出了美的六大法則(1)：美感域的法

則、印象的助成與增進、印象的變化與統一、印象的不容矛盾、明瞭的法則與聯想的法則；完形心理學強調「好的統形」(一致性、規律性、簡潔)(1)。Meyer 認為美學風格是由主要屬性、複雜度、表現度三者所共同界定，而主要屬性包括顏色、形狀、材質。(10) Schmitt 等人用兩極化的向度來區別風格美學：複雜度 (Complexity) 與表現度 (Representation)。複雜度兩端分別為簡潔對裝飾 (Minimalism versus Ornamentalism)，簡潔致力於結構及形態的簡化，將裝飾視為多餘的；裝飾則喜歡繁複及多變的主題和複合的意義。表現度的兩端為寫實與抽象 (Realism versus Abstraction)，寫實為表現、描繪周遭環境的物體及人群的外關；抽象則依賴對色彩及形態直覺的作用。(14)

另外，近代的 Ethernets (1916) 在〈形式的高度與純度〉的論文中指出：造形行為是有等級之分，每一個形式均顯示了造形的某種高度。因為在眾多形式中具有更大程度上的「一致性」與「多樣性」(形式純度及形式高度)，故可以將較高與較低的形式區別出來。「一致性」的概念也可以說成是秩序，而「多樣性」的概念可說成是複雜，因而形式高度即是由秩序 (O) 及複雜 (C) 所生成的產物。而 Birkhoff 更以此概念，以純藝術的角度對產品美學加以量化計算，提出： M (Aesthetic Measure, 美學量測) = O (Order, 秩序、對稱、調和)/ C (Complexity, 複雜度)。而量測項目包括：垂直對稱值、水平對稱值、旋轉對稱值、垂直水平交叉關係值、平衡值與形之不滿意值。Max Bencs 則在六十年代，發展出了「精確美學」(Exaktn Asthetit) 的觀念，其格言是：「造形即秩序的產生」。此項看法與機能主義的觀點緊密結合在一起，發展出以簡單幾何元素及形體(方形、三角形、圓形、立方體、錐體、球體等)為基礎的形式觀念。(3) 因而，造成近代的造形工作總是在秩序及複雜的相互牽引中發展。

心理學家 Daniel Berlyne 提出一條視覺複雜度的偏好曲線〔4〕(如圖一所示)。由圖中可知：外觀造形太簡單或太複雜的產品較不具有吸引力，而視覺複雜性中等程度的產品則較獲偏好。由 Berlyne 的研究可以得到四個結論：一、某一產品是否具有吸引力的主要決定者不是該產品本身的複雜度，而是觀察者所真正感受到的視覺複雜度。二、複雜性和熟悉度的交互作用會隨時間改變而在物件的吸引力方面產生改變。三、在一個物品被判定具有吸引力之前，人們通常會說它很有趣味性。四、決定一個產品熟悉度的另一個重要因素是該物品的象徵意義。(4)



圖一 Daniel Berlyne 之視覺複雜度的偏好曲線 (4)

在機能主義的美學標準下，造形是建立在秩序這個先設目標。以 Berlyne 的研究角度來看很明顯的是要減弱刺激，其造成許多設計領域上，如建築、都市計劃、視覺傳達、工業設計等的視覺單調性。相對於「複雜」此造形手段，例如，材料、表面處理、質地紋理、結構、色彩、產品圖案等等，反而令人印象深刻。究竟在產品美感的判斷上，除了簡潔 - 複雜度外，是否還有其他因素是決定造形品質之因素？這些相關因素的確立，亦是本研究所欲探究的課題。

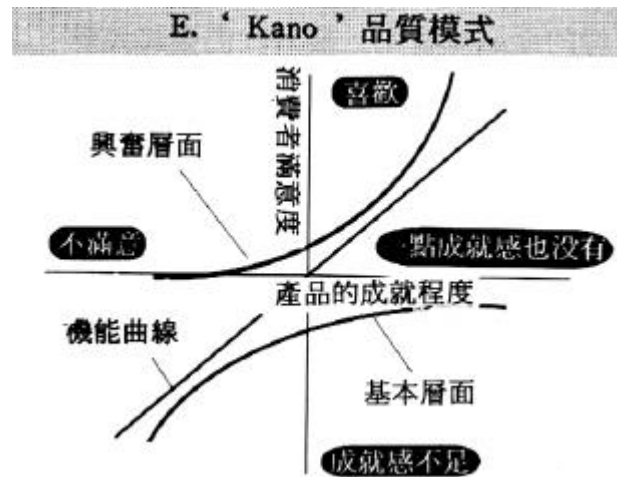
Tjalve(1979)指出，若大部分的人都能同意某件物品具有美感，那麼一定有辦法找出到底是哪些造形上的特性迎合了所有人、給予人們美的感受。Tjalve 將這些造形特性歸納為整體性、次序性、視覺平衡、韻律感、尺寸比例等。其中，具有整體性的產品造形能將其零碎的架構與細部元件組合起來；次序性能將複雜的產品元件加以簡化、整齊配置；視覺平衡包括對稱平衡與不對稱平衡兩種形式；韻律感可運用數量、配置、尺寸、形狀與色彩等變化的組合加以創造；而黃金比例則是具有美感的尺寸比例。

同時，Tjalve 亦提出一些表現輕盈、穩重、動感或速度的產品造形設計法則。例如，若將物體的底部以較小的底座、柱角取代，或以較大的圓角、截角修飾，則可以減少物體沈重的感覺；另外，將底部邊界的線條上揚亦有同樣的效果。在穩重感的表現上，可選用重心較低的造形或加裝較大的底座。若欲表現動感或速度感，則可將物體前方修飾成尖形，並依其移動方向在物體側邊以平行線裝飾。(4) 而本研究亦引入田口方法之實驗設計，以產品形態特徵為參數，藉由品質分析模式，找出形態與美感之相關性。

2.4 產品造形品質

Kano 博士提出之品質分析模式是結合了基本期望和興奮因素，同時在基本期望和興奮因素之間還包括一個決定消費者滿意度的因素，稱為機能因素。機能因素包括各種消費者對某一特

定產品所期望的品質。消費者對產品品質的感受不同，但是它和產品達成理想機能的程度有直接的比例關係，其品質模式如圖二所示。（4）



圖二 Kano 博士之品質模式（4）

確認產品基本品質因素可以透過市場產品分析，一般是其產品機能。而興奮因素則必須真正了解消費者的需求。達成消費者滿意度的基本因素是成功商品的先決條件。然而，一旦基本需求被滿足之後，我們便很難再進一步發展。由基本需求曲線可以看出產品進一步達成基本需求時，消費者的滿意度的增加幅度非常和緩。相對地，決定消費者滿意度的興奮因素卻沒有這種拖著尾巴的現象。興奮因素達到越多，消費者越能有歡心的感受。藉由 Kano 品質模式可以預測，當我們達到某一程度的基本機能因素時（亦即可避免消費者不滿意的程度，多餘的心力或資源應花在達成興奮因素而非機能因素上。換言之，在提供產品實質機能外，其象徵機能與美感的賦予更形重要。

2.5 田口方法（Taguchi method）

田口方法是由田口玄一博士所倡導。田口品質工程強調的重點是在產品或製程設計時就考慮品質問題，亦即如何降低產品績效的變異。而有關衡量產品的品質損失（quality loss）田口博士提出一品質損失函數，藉由此一快速又經濟的方法，除可對“品質”給予量化外，尚可比較不同產品或製程設計之品質損失。（1）在進行產品或是製程最佳化的研究時，設計因子和雜音因子是兩種影響品質的可能因素（11）。所謂的設計因子是指可由設計者或是試驗者所控制的因素，而雜音因子則是指設計者或試驗者無法控制或是不想控制的因素，例如：環境條件。一個具穩健性的設計是希望尋求一組最佳的參數水準組合，使得產品或是製程的品質可達其目標值且同時具有最小的變異（13）。

田口方法的特色，為其利用直交表來設計實驗，由損失函數定義以計算實驗結果和回應值之間的偏差，進一步把損失函數轉變成 S/N 比(signal to noise ratio；信號雜音訊比)。通常在 S/N 比最佳化回應的過程的分析計算方法有四個範疇，分別是望小特性、望大特性、望目特性與動態特性。在計算對每一個實驗回應值的過程中，S/N 比不管過程回應的範圍如何，最大的 S/N 比就是最好的回應值，也就是最理想水準的製程回應。同時，藉由 S/N 比配合變異數分析(analysis of variance, ANOVA)可輕易找出可控因子的最適水準組合並辨識出影響品質特性的顯著因子。

然而，在實驗過程中其回應值的最適化選擇，通常不可能只以單一品質的回應最適化那麼簡單，往往在一組實驗之中，具備了多種的品質特性回應，在這些製程回應之中，各種的製程的 S/N 比特性值的回應往往不能一致，而使多重品質的製程回應中最佳化的 S/N 比難以評估。為了解決這個問題，過去的相關研究報告有：Logothetis 等人[6]以田口方法解決多品質特性製程之最佳化方法，此方法建議在於實驗之前，須先分析資料的特性，再將資料轉換成雜訊績效統計量(noise performance statistic，NPS)和目標值績效統計量(target performance statistic，TPS)，最後由線性迴歸方式，找出最佳因子組合。洪等人[7]應用在半導體生產製程，此研究建議將品質特性標準化，分別求出個別離差平方平均數，並給予適當權重，最後加總其平均數計算整體 S/N 比，而求得最佳因子組合。陳等人[8]提出經驗式品質損失函數於多重品質特性最佳化問題，其方法認為田口式的二次損失函數未能表達出品質的真正的損失意義，而提出經驗損失函數，以估計品質特性的損失，並給予適當權重，加總各類品質特性之標準值，以求得多重品質特性之總損失；再藉標準化的總損失，計算整體 S/N 比，並畫回應圖，已決定最佳因子水準組合。柯等人[10]建立多重品質特性之產品穩健設計決策模式，此方法利用模糊及合理論的概念，將 S/N 比轉換成模糊隸屬函數，並用多元迴歸分析求得各品質特性的迴歸式，利用數學規劃方法出最適因子水準組合。在以上的相關研究，經由實驗驗證顯示，其皆有特殊的適用性考量。由於感官評價實驗數值的模糊性，往往經由多重處理之後會有數值失真的現象發生。Lin 等人[11,12]曾提出利用灰色理論中的灰關聯分析，解決田口方法中多重屬性的品質改善問題，其利用灰關聯分析來解決實驗中若干回應的模糊的複雜關係，並透過實驗的回應來得到最適化的結果。

產品「美感」品質的評價是具有模糊性與多品質特性，因此本研究為解決田口方法中多重屬性的品質改善問題，利用灰關聯分析來解決實驗中若干回應的模糊的複雜關係，並透過實驗的回應來得到最適化的結果。

2.6 模糊集合理論(Fuzzy set theory)

大多數的產品或是製程的品質，其品質特性通常都是可以量測的。然而，在某些情況下品質特性可能是無法直接量測出來的，必須藉由語意性措辭(linguistic descriptions)的方式，以人為

或主觀地判定產品品質。應用定性式評估(qualitative evaluation)經常會導致不確定性(uncertainties)的情況，特別是需使用主觀評估的時候所導致確定性將更難與以明確地定義出來，但是語意性的措辭描述將可以適切地定義出主觀的評估〔18、19〕。在傳統的二元集合論中，對於評定的結果只有兩種情形：是(通常以 1 或是 yes 表示)或非(通常以 0 或是 false 表示)，如果直接使用二元集合論的定義來評估語意性措辭時，將可能產生一些誤導。為避免產生可能的誤導，Zadeh〔18、19〕發展出模糊集合的理論來處理需主觀評估的分析。在其所發展的模糊集合論中，語意性措辭可以透過歸屬函數來與以量化。歸屬函數可以將各語意性的描述轉成介於 0 和 1 之間的數值，然後經由此數值的大小來表現可能的影響因素所導致的不同程度之影響。基本上，一個模糊集合是由許多的集合成份(set elements)所構成，集成分可以定義成影響語意性措辭的可能因素；對於語意性措辭之分析，模糊集合理論(Fuzzy set theory)是一個相當適當的分析技巧〔18、19〕。對於品質特性之語意性評價所產生的模糊性，透過模糊集合理論中特殊的歸屬函數(membership function)的表示，可以有效地將主觀的判斷予以數量化。

2.7 灰色理論 (gray theory)

灰色理論是由鄧聚龍教授[14,15]提出，乃是針對系統模型中資訊不明確及數據不完整的部分，進行有系統本身之關聯分析、模型架構建立，並藉由其預測與關聯對系統做更進一步之探討，已被廣泛地應用於不同領域之決策與預測行為。灰色理論主要針對事物的不確定性、多變量輸入、離散數據及數據的不完整性做最有效之處理。而灰關聯分析則是在灰色系統中，分析系統離散序列間，相關程度大小的測度方法。目的在尋求一種能夠衡量各種因素間其關聯程度之大小的量化方法，以便找出影響系統發展態勢的重要因素，其基本思想是一種相對性的排序分析，同時對系統進行定量描述與比較的方法；實際則為幾何曲線形狀相似程度之分析比較[13]。

本研究結合灰色系統中的灰關聯分析與田口方法來設計，最適影響因子參數的組合，首先利用田口方法中的 S/N 比分析實驗結果，再利用灰關聯度來表示各品質特性中的 S/N 比特性序列間的關聯程度，以解決中美感多重屬性的品質改善問題。有關灰關聯分析步驟，說明如下：[5, 21, 26]

在灰色系統中，灰關聯分析可以評定兩個推論資料系列間的關係程度，此兩個推論資料系列分別是參考系列 (reference series) 與比較系列 (compared series)；對於下面所示之序列

$$x_0(k) = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))$$

$$x_1(k) = (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n))$$

...

$$x_m(k) = (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(n))$$

$x_0(k)$ 是具有 n 筆屬性資料的參考系列，即 $k=1, \dots, n$ 。而 $x_i(k)$ 是第 i 個比較系列， $i=1, 2, \dots, m$ ，同時亦擁有 n 筆屬性資料。

步驟 1：選擇適當的參考系列：選擇各個屬性中的最佳值作為參考系列的屬性值。

步驟 2：線性化數據前處理[6]：傳統的序列前處理[16, 17]並不完全是線性轉換，因此可能會造成序列失真，導致灰關聯分析的結果與事實有所出入；同時，特別大的屬性因子可能會在決策分析中扮演決定性的角色，如此會導致不良的結果；因此宜進行線性化數據前處理。

步驟 3：計算灰關聯係數 (Grey Relational Coefficient)：灰關聯係數可以表示如下

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}} \quad (4)$$

$r(x_0(k), x_i(k))$ 為 x_0 and x_i 中第 k 個灰關聯係數， $\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$ 是 $x_0(k)$ 和 $x_i(k)$ 的序列差絕對值。而 Δ_{\min} 是所有序列差 $\Delta_{0i}(k)$ 中的最小差，而 Δ_{\max} 則是所有序列差 $\Delta_{0i}(k)$ 中的最大差。 z 稱為辨識係數(distinguish coefficient)，介於 0 與 1 之間，典型值為 0.5；其 z 值減小時辨識能力將增大。

步驟 4：計算灰關聯度 (Grey Relational Grade)：灰關聯度表示兩個系列 (參考系列與比較系列)的關聯程度，可表示如下：

$$r(x_0, x_i) = \sum_{k=1}^n b_k r(x_0(k), x_i(k)) \quad (5)$$

其中 b_k 表示第 k 屬性的常態化權重，而且 $\sum_{k=1}^n b_k = 1$ 。而權重可以利用 Entropy 法、AHP 法 (Analytic Hierarchy Process method)、特徵向量法 (Eigen-Vector method) 等求得。

步驟 5：排列灰關聯序 (Grey Relational Order)：灰關聯度只是在表示兩個系列的關聯程度，而各個關聯度之數值之前後排序才是最重要的訊息；將 m 個比較序列對同一參考序列的灰關聯度按其值大小順序排列起來，組成一個大小關係稱為灰關聯序。

步驟 6：進行評選與決策：依據排列出來的灰關聯序進行決策，選取最佳的解答或策略。

2.8 層級分析法與模糊層級分析法

層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, 簡稱 AHP 法) 為 Saaty 於 1971 年所提出的一套決策方法 (Saaty, 1980)，主要應用在不確定性情況、以及具有多數個評估準則的決策問題。自 AHP 法發展後，已廣泛地應用於各領域。層級分析主要是將複雜、多變化與多評估準則的問題，經由專家學者將其分解成一簡單之層級系統，使問題得以層級化、結構化與量化，再透過成對比較而求

得各層級之權重值，最後進行綜合比較以決定一最佳方案的決策理論。層級分析法之假設共有九種，茲說明如下：

1. 一個系統可被分析成許多種類(Classes)或成分(Component)，並形成有向網路的層級結構。
2. 層級結構中，每一層級之要素間均假設具有獨立性(Independence)。
3. 每一層級內的要素，皆可以用上一層級內的某些或全部要素作為評準，進行評估。
4. 比較估計時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度(Ratio Scale)。
5. 成對比較(Pairwise Comparison)後，可使用正倒值矩陣(Positive Reciprocal Matrix)處理。
6. 偏好關係滿足遞移性(Transitivity)，此不僅優劣關係滿足遞移性，同時強度關係亦滿足遞移性(A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)。
7. 由於偏好關係欲完成具備遞移性並不容易，因此容許不具遞移性的存在，但須測試其一致性(Consistency)的程度。
8. 要素的優勢程度，經由加權法則(Weighting Principle)而求得。
9. 任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何的小，均被認為與整個評估結構有關，而並非檢核階層結構的獨立性。在利用層級分析法處理決策問題時，通常可將其分為下列幾個主要步驟：
 - A. 問題界定。
 - B. 建立層級架構。
 - C. 建立成對比較矩陣：各層級要素間權重的求取，首先需經由決策者對兩兩準則間之相對重要性進行成對比較。若決策狀況中有 n 個評估準則，則決策者共必須進行 $n(n-1)/2$ 個成對比較，而這些成對比較後的相對重要性，容許有某一限度的不一至性存在。
 - D. 計算特徵向量及特徵值，以求取各層級要素間相對權重。
 - E. 一致性的檢定：評估的結果要能通過一致性檢定，方能顯示填卷者的判斷前後一致，否則視為無效問卷。Saaty 在此步驟中乃是利用一致性指標(Consistence Index, C.I.)與一致性比例(Consistence Ratio, C.R.)來檢定成對比較矩陣的一致性，並且建議 C.R. 0.1 時為較佳結果，當 C.I.= 0，表示前後判斷完全具一致性，而 C.I. = 1，則表示前後判斷不一致 Saaty 建議 C.I. 0.1 為可容許的偏誤。
 - F. 整體層級權重的計算：各層級要素間的權重求得後，在進行整體層級權重的計算。最後則依各替代方案總和權重，以決定最終目標的最適替代方案。

在一般的層級分析法中，一直有個不精準的問題存在，也就是在此方法的應用中，總是將決策者主觀認定的數值當成精確值來處理。這種做法在大部分的情況下皆不甚合理，因為面對這些問題的專家學者，並非皆在相同的客觀環境條件下進行決策評估。針對傳統 AHP 法具有(1)比例尺度應用上的限制；(2)決策屬性具相關性問題；(3)平均數問題；(4)群體決策問題；(5)不精

確問題等缺失(張有恆,徐村和,民 82), Hsu(1997)以模糊測度理論(Fuzzy measure)發展模糊測度 AHP 方法,來解決上述問題。而針對傳統 AHP 法中各成對比較矩陣值具主觀、不精確、模糊等問題, Laarhoven 及 Pedrcz(1983)利用模糊集合理論及模糊算數(Fuzzy arithmetic)加以解決之; Buckley(1984)則提出順序尺度(An ordinal scale), 取代傳統 AHP 法以數字的比率(Ratios of numbers)來表示其對兩兩要素間相對重要程度的看法,以解決成對比較值過於主觀、不精確、模糊等問題, Laarhoven 及 Pedrcz(1983)利用模糊集合理論及模糊算數(Fuzzy arithmetic)加以解決之; Buckley(1984)則提出順序尺度(An ordinal scale), 取代傳統 AHP 法以數字的比率(Ratios of numbers)來表示兩兩要素間其相對重要程度的看法,以解決成對比較值過於主觀、不精確、模糊等缺失。針對傳統 AHP 鄭文英(民 79)以常態隨機誤差項來探討成對比較時,因屬性相關干擾所造成誤差。Buckley(1985)等人的模糊 AHP 法,在給專家填寫二屬性的成對比較值時,要求輸入模糊數,然後再將 N 個專家的模糊數,以幾何平均數來綜合專家的意見,但上述做法會面臨下列問題:

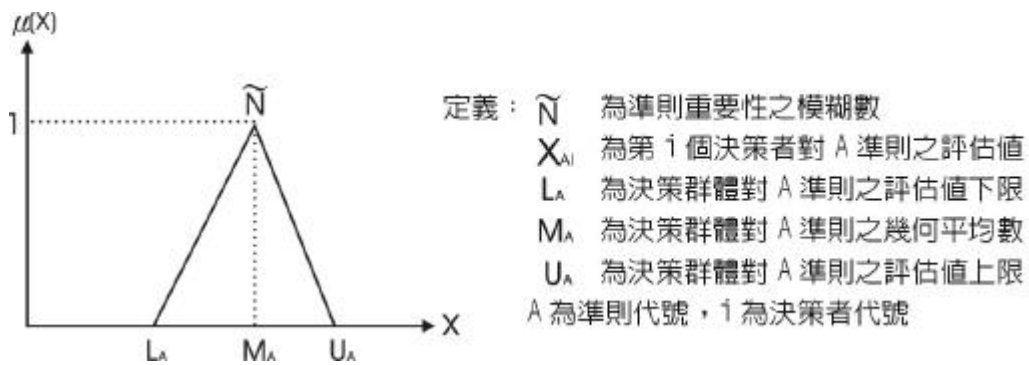
- (1)專家往往不了解模糊數的意義,必須由專人解說,增加問卷調查的時間及耗費人力。
- (2)專家習慣以明確值表示,因此很難給定模糊數,增加問卷調查的複雜度及困難性。
- (3)以幾何平均數綜合專家意見,易造成少數人意見,被多數人聲音掩蓋的問題,而這些少數人往往是方案執行最大的抗拒者。
- (4)由專家給定模糊數,容易產生模糊正倒值矩陣,模糊一致性過低的問題。

本研究考量美感評價的主觀差異性與模糊性,因此,藉由模糊層級分析法 (fuzzy analysis hierarchy process, FAHP) 的應用,取得各準則之權重值。模糊層級分析法其概念是引用三角模糊數的概念,對於專家群體的個別意見加以整合,以求取決策準則的模糊權重。

以下針對模糊層級分析法的實施步驟加以說明:

- (1) 專家層級分析法的進行:委由專家針對評估準則進行成對比較,並輸入二屬性的成對比較明確值(亦即和 Saaty 的 AHP 法一樣),再藉由計算特徵向量及特徵值,以求取各層級要素間相對權重。
- (2) 建立專家準則權重之模糊三角函數:藉由層級分析法求得各專家對於準則的權重值,然而所得的權重值未必相等,若以平均數來求取其代表權重,則可能會失去部分所應有的訊息,因此以三角模糊數的概念,求得各準則的模糊權重。模糊三角函數的建立是根據所有專家的準則權重資料,依下列各式來構建各準則之模糊三角函數,而模糊三角函數如圖三所示。

$$\begin{aligned}\tilde{N} &= (L_A, M_A, U_A) \\ L_A &= \min(x_{Ai}), i = 1, 2, 3, \dots, n \\ M_A &= (X_{A1} \times X_{A2} \times \dots \times X_{An})^{1/n} \\ U_A &= \max(x_{Ai}), i = 1, 2, 3, \dots, n\end{aligned}$$



圖三 準則評價之模糊三角函數

- (3) 同時，必須針對專家給定的「明確」成對比較值進行一致性檢定，再轉成三角模糊數，避免直接給定模糊數，模糊一致性低的問題。
- (4) 專家的模糊權重數值並非一明確數值，無法對於各準則之重要性程度加以比較，本研究再以重心法則進行除模糊化(defuzzification)，以取得模糊權重值之非模糊數值。

三、研究方法與步驟

本研究整合模糊理論與田口方法應用於產品感性、美感品質評價模式的建立，並藉由分析釐清形態特徵因子與消費者產品感性與美感評價之相關性，以找出最佳化參數設計。研究可分為三大部分：(1)產品感性品質之最佳化參數設計；(2)產品美感評價準則與權重之建構；(3)產品美感多品質之最佳化參數設計。

本研究以「行動電話」為探討之對象，主要是因為「行動電話」是當下最普遍也最熱門的產品，試圖採用消費者最熟悉的產品類型，使調查的內容更容易了解，以提昇研究的準確性。同時，行動電話的產品生命週期已進入成熟期商品，以消費者的購物決策或品質評價上，產品美感機能的考量勝於產品機能需求，符合「產品心理面品質」研究之屬性。

3.1 產品感性品質之最佳化參數設計

產品感性品質最佳化參數設計的探討，考量消費者感性評價所產生的模糊性，透過模糊集合理論中特殊的歸屬函數(membership function)的表示，有效地將主觀的判斷予以數量化。並藉由

田口方法之直交表與品質損失函數的應用，探討造形特徵因子對於產品感性品質的影響效果，並以獲取最佳化參數設計。研究是利用田口實驗的參數設計以探討造形因子對感性品質的影響效果。而研究進行步驟包括：

- (1) 參數設計：田口方法的進行，首先必須找出「設計因子」（指可由設計者或是試驗者所控制的因素）與「雜音因子」（指設計者或試驗者無法控制或是不想控制的因素），本實驗的設計因子為產品之造形設計元素，而雜音因子為受測者的個體差異性。為找出影響感性品質的有效造形因子，首先，委請專家進行焦點小組研究法(focus group research method)的討論，並針對行動電話造形進行「形態分析」，以確認實驗之造形因子之參數項目。
- (2) 測試樣本：根據造形因子之參數項目，配合直交表進行參數設計，建構感性品質評價實驗之測試樣本。
- (3) 感性品質模糊評價：考量產品感性品質評價是屬於人為主觀的評估，本質上具有某種模糊性，因此，利用模糊評價問卷的實施取得受測者對測試樣本之品質評價結果，有效地將主觀判斷予以數量化。感性品質模糊評價結果之解模糊運算，研究是利用重心法(Center of gravity method)將模糊數轉換為一明確數值，以求得非模糊數值。
- (4) 田口分析：利用田口損失函數計算實驗結果和回應值之間的偏差，進一步把損失函數轉變成 S/N 比，藉由 S/N 比取得因子效益圖，再配合變異數分析(analysis of variance, ANOVA)，找出設計因子的最適水準組合並辨識出影響品質特性的顯著因子。






















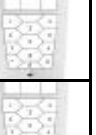
















3.1-1 行動電話形態分析

首先，蒐集相關行動電話感性工學之研究(邵承珍等, 2000; 謝政峰, 2002; 林聖岳, 2003)，鎖定「直立式」、「無天線」的行動電話形式為主，進行產品形態分析。同時，依相關文獻與設計專家意見，「螢幕尺寸」、「功能鍵形式」、「發音孔」等設計元素影響較不明顯(邵承珍等, 2000)，故不列入形態分析的項目中。以上三種造形元素在所有測試樣本中，皆使用相同的樣式。而產品「色彩」與「質感」亦不在討論的範圍內。

再委請專家參考現有行動電話產品，進行焦點小組研究法，針對影響行動電話感性與美感評價之造形因子，進行型態分析法(morphological method)的討論，以確認實驗之參數項目與水準。而焦點小組研究法是一種運用團體訪談的質性研究方法，用以蒐集小組成員(專家)對研究主題的認知、態度及行為等資訊，屬於探索性資料蒐集的方法，經常在研究過程被應用於初始資料的確認性工具。(15、19)。本研究焦點小組(產品設計專家)是由 6 位交通大學應用藝術研究所

研究生所組成，包括男生 3 位、女生 3 位，其大學與研究所皆是攻讀工業設計，同時其中 3 位具有 3 年以上設計實務經驗。在造形的解構與分析上，委由焦點小組成員進行討論，根據相關參考樣本所具有之形態特質，考量其形態特徵（單一元件所採用的不同形態與形式）與構成關係（不同元件之間的相對位置、接合關係、相對比例）兩個向度為導向，予以解構為組成之設計單元。經由焦點小組的充分討論與分析，歸納出影響行動電話造形感性評價的形態特徵與構成關係，如表一所示。

表一 行動電話造形參數之型態分析法

造形參數		Level 1		Level 2		Level 3		Level 4	
A	數字鍵排列	圓弧		直線		-	-	-	-
B	機身造形輪廓	左右 上下對稱		不對稱		傾斜對稱		左右對稱 (上大下小)	
C	機身側邊曲線	直線		外凸		內凹		複合形	
D	機身上緣	直線		外凸大曲		外凸中曲		外凸小曲	
E	接面關係	小圓角		中圓角		半圓		導角	
F	機身正面造形分割 (色塊裝飾)	無		下緣色塊		側邊環繞色塊		上下緣色塊	
G	數字鍵形式	獨立		水平分割		垂直分割		整體	
H	數字鍵造形	三角弧形		圓弧形		正方形		六角形	
I	數字鍵視覺完形	方形		弧形		梯形		圓形	
J	機身比例	長 (115*45)		中 (107*46)		寬 (100*45.6)		小 (80*46)	

3.1-2 直交法配對實驗樣本

為了避免「刻板印象」或「品牌因素」影響實驗結果，本研究將建構全新的行動電話樣本，以作為問卷測試的樣本。測試樣本是的形態建構是根據專家所分析之造形因子項目與水準，利

用「L 32(2¹ × 4⁹)直交表」(如表二所示)將「形態分析」中的設計元素加以配對,建構出 32 個測試樣本,如圖四所示。

3.1-3 感性語彙的挑選

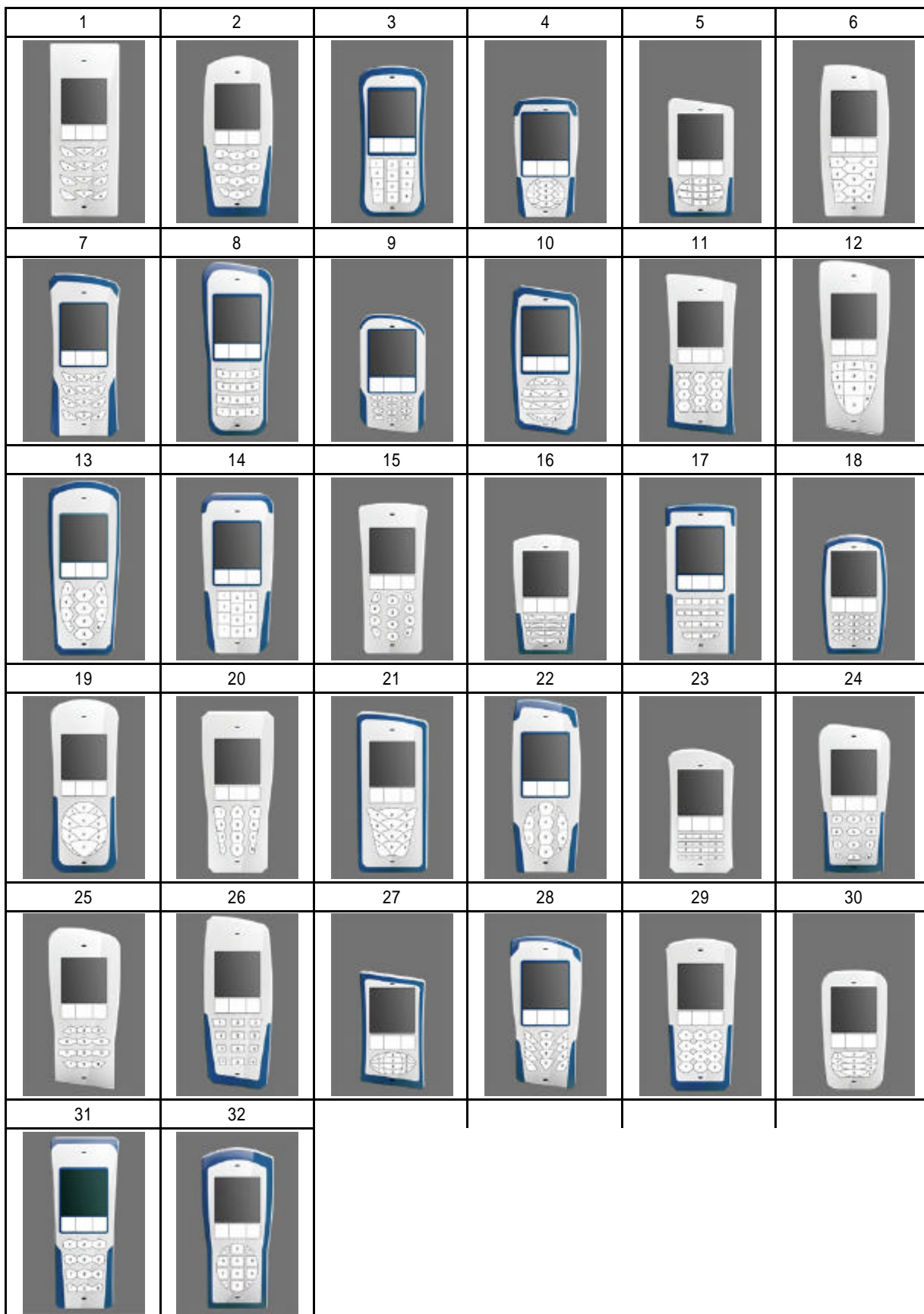
本研究首先從「感性工學」相關的研究裡,挑選以行動電話為例的形容詞(張建成,2000;黃美菁,2000;薛承甫,2000;莊盈祺,2002;林聖岳,2003;周君瑞,2001;邵承珍等,2000;謝政峰,2002)同時,透過網路蒐集當下行動電話文宣中的常用語彙(「手機王」,2004),取得初步的感性語彙;再委由 3.1-1 之 6 位設計專家,藉由焦點小組進行焦點小組討論,選擇合適的感性語彙以為測試之用。在考量測試樣本的數量與顧及受測者的負荷量,測試的形容詞彙不宜過多,最終所採用的「感性」意象語彙(形容詞)共有九組,如表三所示。

表二 根據 L' 32 (2¹ × 4⁹) 直交表之測試樣本設計因子與水準分配

No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	2	1	1	4	1	4	2	3	2	3
2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	18	2	1	2	3	2	3	1	4	1	4
3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	19	2	1	3	2	3	2	4	1	4	1
4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	20	2	1	4	1	4	1	3	2	3	2
5	1	2	1	1	2	2	3	3	4	4	21	2	2	1	4	2	3	4	1	3	2
6	1	2	2	2	1	1	4	4	3	3	22	2	2	2	3	1	4	3	2	4	1
7	1	2	3	3	4	4	1	1	2	2	23	2	2	3	2	4	1	2	3	1	4
8	1	2	4	4	3	3	2	2	1	1	24	2	2	4	1	3	2	1	4	2	3
9	1	3	1	2	3	4	1	2	3	4	25	2	3	1	3	3	1	2	4	4	2
10	1	3	2	1	4	3	2	1	4	3	26	2	3	2	4	4	2	1	3	3	1
11	1	3	3	4	1	2	3	4	1	2	27	2	3	3	1	1	3	4	2	2	4
12	1	3	4	3	2	1	4	3	2	1	28	2	3	4	2	2	4	3	1	1	3
13	1	4	1	2	4	3	3	4	2	1	29	2	4	1	3	4	2	4	2	1	3
14	1	4	2	1	3	4	4	3	1	2	30	2	4	2	4	3	1	3	1	2	4
15	1	4	3	4	2	1	1	2	4	3	31	2	4	3	1	2	4	2	4	3	1
16	1	4	4	3	1	2	2	1	3	4	32	2	4	4	2	1	3	1	3	4	2

表三 測試用感性形容詞對

1.平凡的-獨特的	2.落伍的-時尚的	3.俗氣的-優雅的	4.男性化的-女性化的	5.厚實的-輕巧的
6.幾何的-流線的	7.複雜的-簡潔的	8.無趣的-趣味的	9.成熟的-年輕的	



圖四 測試樣本

3.1-4 模糊感性評價資料的取得

藉由受測者對測試樣本之感性品質評價結果，以為田口信號雜音比分析之實驗數據，並經由分析取得造形因子與感性品質之相關性 而受測者為 30 名長庚大學工業設計系二年級學生(包括男生 15 位、女生 15 位)進行模糊感性品質 SD 調查。以表 1 所列 9 組形容詞對為量尺，採用 7 階的模糊語意量表（如圖五所示），對上述 32 個行動電話測試刺激樣本進行感性品質評價測試。

	平凡的 -----			中性 -----		獨特的	
等級	1	2	3	4	5	6	7
模糊語意	非常高	高	有點高	中性	有點高	高	非常高

圖五 感性語彙模糊語意指標

3.2 產品美感評價準則與權重

亞里斯多德認為「美的主要元素是 - 秩序、對稱、明瞭」(1)；Birkhoff 曾提出造形美感的量測 $M = O$ (Order, 秩序、對稱、調和)/ C (Complexity, 複雜度), 以造形的秩序性與複雜度為美感評價的準則(3)；而近代產品造形風格中, 追求最低限主義的優雅、簡潔性。換言之, 人們對於造形美感評價, 有其特定衡量的標準, 而為有效掌握產品美感品質, 必須確認影響美感評價的準則項目, 並釐清準則之間的權重差異, 即能根據產品造形在準則項目的表現績效, 取得產品美感品質評價。研究是利用專家焦點小組的進行, 界定出美感評價準則項目; 而有關各美感準則權重的分析, 考量美感評價的主觀差異性與模糊性, 藉由模糊層級分析法 (FAHP) 的應用, 取得各準則之權重值。

3.2-1 美感評價準則的建構

美感評估準則之初擬與建構, 涉及諸多專業知識與認知。因此, 在評估準則的選取上, 藉由參考相關造形美感研究之準則設定 (1, 2, 3, 10, 12, 15) 取得初擬之評估因子, 再藉由專家組成之焦點小組進行討論, 建構出產品美感評估準則, 如表四所示。而焦點小組是委由 3.1-1 之 6 位具備相關知識背景之交通大學應用藝術研究所研究生所組成。

表四 美感評估準則

美感評估準則		
1. 獨創性	2. 統一性	3. 完整性
4. 愉悅感	5. 簡潔度	6. 形的滿意度

3.2-2 美感評價準則權重的建構

考量美感評價的主觀差異性與模糊性，採用模糊層級分析法求得評選方案之各準則的權重，期能求得較佳之決策行為。而美感評估是涉及諸多專業知識與認知，因此受測者是委有 10 位專家進行層級分析法 (AHP) (包括 3 位具 5 年以上產品設計實務經驗者與 7 位交通大學應用藝術研究所博士班研究生)，進行成對比較矩陣的建構；同時針對專家建構之矩陣資料，以 $C.R. < 0.1$ 為標準進行一致性檢定，如未通過一致性檢定則要求專家重新考慮評比，直到通過一致性檢定為止，以求得評估準則之權重。再根據所得之 10 位專家權重資料，建立模糊權重之三角函數。

3.3 產品美感多品質之最佳化參數設計

本研究目的在探討造形因子與美感品質的相關性，而產品美感品質評價是具備了多重品質的特性。而一般田口方法的進行，多是針對單一品質的最適水準組合，為解決產品美感多重屬性的品質改善問題，本研究結合灰色系統中的灰關聯分析與田口方法設計，以求得美感多品質之最適參數設計。而研究進行步驟包括：

- (1) 參數設計：找出影響美感性品質的有效造形因子，以確認實驗之造形因子之參數項目。
- (2) 測試樣本建構：根據造形因子之參數項目，配合直交表進行參數設計，建構美感品質評價實驗之測試樣本，本實驗沿用 3.1-2 建構之行動電話樣本。
- (3) 美感評價準則模糊評價：考量產品美感品質評價的主觀性與模糊性，因此，針對 3-2 所界定之美感評價準則，利用模糊評價問卷的實施，取得受測者對測試樣本之美感品質評價結果，有效地將主觀判斷予以數量化。感性品質模糊評價結果之解模糊運算，研究是利用重心法(Center of gravity method)將模糊數轉換為一明確數值，以求得非模糊數值。
- (4) 田口分析：利用田口損失函數計算實驗結果和回應值之間的偏差，進一步把損失函數轉變成 S/N 比，藉由 S/N 比取得因子效益圖，再配合變異數分析(analysis of variance, ANOVA)，找出單一品質 (個別美感準則) 其設計因子的最適水準組合並辨識出影響品質特性的顯著因子。
- (5) 灰關聯度分析：利用田口方法中的 S/N 比分析實驗結果，利用灰關聯度來表示各品質特性中的 S/N 比特性序列間的關聯程度，再將各實驗樣本之灰關聯度值進行田口分析，得到灰關聯度因子回應表、回應圖，並根據灰關聯度變異數分析，得

到美感多品質之最適參數設計。

3.3-1 測試樣本

本實驗沿用 3.1 的參數設計，以 3.1-2 建構之行動電話樣本為美感評價實驗之測試樣本。

3.3-2 美感評價準則與權重

美感評價準則是根據 3.2 專家焦點小組討論的結果，以獨創性、統一性、完整性、愉悅感、簡潔度與造形滿意度等六項準則，以為產品美感評估之項目。

3.3-3 模糊美感準則評價資料的取得

藉由受測者對測試樣本之美感性品質評價結果，以為田口信號雜音比分析之實驗數據，並經由分析取得造形因子與美感品質之相關性。考量美感評估是涉及諸多專業知識與認知，受測者是委由 15 名專家（包括 8 位交通大學應用藝術研究所博士班研究生、3 位具 5 年以上產品設計實務經驗者與 4 位具 5 年以上設計專業教師）進行模糊美感準則評價調查，以六個美感評價準則為量尺，採用 7 階的模糊語意量表（如圖六所示）對 3.1-2 建構的 32 個行動電話（如圖四所示）測試樣本進行評價。

	----- 中 性 -----						愉悅性
等級	1	2	3	4	5	6	7
模糊語意	非常低	低	有點低	中性	有點高	高	非常高

圖六 美感評價模糊語意指標

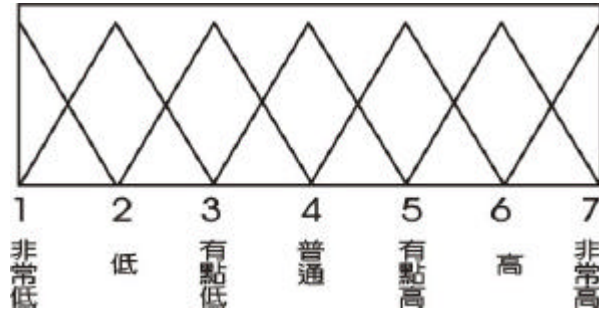
四、實驗結果與分析

4-1 產品感性品質之田口分析

產品感性品質之評價是以 30 位受測者對 9 個感性形容詞對的模糊評估結果為主，模糊語意變數共有 7 階，分析是以右側形容詞為主（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，其三角隸屬函數如圖七所示，而其量化後的模糊數如表五所示；同時，受測者評價結果所得評價模糊數如表六所示，再利用重心法將解模糊化，得到一非模糊化的數值以為田口分析之用，而各測試樣本的感性品質評估解模糊結果如表七所示。

表五 感性品質評價等級三角模糊數

等級	1	2	3	4	5	6	7
模糊語意	非常高	高	有點高	中性	有點高	高	非常高
模糊數	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)	(3,4,5)	(4,5,6)	(5,6,7)	(6,7,7)



圖七 感性語彙評價之三角模糊函數圖

研究是利用田口實驗的參數設計以探討造形因子對感性品質的影響效果，而田口方法藉由損失函數定義以計算實驗結果和回應值之間的偏差，進一步把損失函數轉變成 S/N 比，利用 S/N 比找出品質最佳及變異最小的設計。

表六 感性品質評價模糊數

NO.	獨特的	時尚的	優雅的	女性化的
1	(0.90909, 1.4545, 2.4545)	(1.4545, 2.3333, 3.3333)	(1.9394, 2.8485, 3.8485)	(2.2121, 3.1818, 4.1818)
2	(2.1515, 3.0909, 4.0909)	(2.1818, 3.1818, 4.1818)	(1.9394, 2.8788, 3.8788)	(1.9697, 2.9091, 3.9091)
3	(2.8485, 3.7879, 4.7879)	(2.7879, 3.7576, 4.7576)	(2.7273, 3.6667, 4.6667)	(2.7879, 3.7273, 4.7273)
4	(2.6364, 3.5152, 4.5152)	(2.2424, 3.0909, 4.0909)	(1.6364, 2.4545, 3.4545)	(2.1515, 3.0909, 4.0909)
5	(3.0606, 3.9394, 4.9091)	(2.4848, 3.3636, 4.3636)	(2, 2.8182, 3.7879)	(2.5758, 3.5152, 4.4848)
6	(2.5455, 3.4545, 4.4545)	(2.4848, 3.4242, 4.4242)	(2.2424, 3.1818, 4.1818)	(3.0303, 4, 5)
7	(3.1818, 4.1212, 5.0909)	(2.4848, 3.4242, 4.4242)	(2.2424, 3.0909, 4.0909)	(2, 2.8788, 3.8788)
8	(3, 3.9394, 4.8788)	(2.7879, 3.7273, 4.7273)	(2.5152, 3.3939, 4.3939)	(2.8788, 3.8485, 4.8485)
9	(2.3939, 3.2424, 4.2424)	(1.8485, 2.6364, 3.6364)	(1.7273, 2.4848, 3.4848)	(2.4848, 3.3939, 4.3939)
10	(2.7576, 3.6667, 4.6364)	(2.4848, 3.4545, 4.4545)	(2.303, 3.2121, 4.2121)	(2.3636, 3.3333, 4.303)
11	(3.0606, 4, 4.9394)	(1.9091, 2.697, 3.697)	(1.8788, 2.697, 3.697)	(2.2424, 3.2121, 4.1818)
12	(2.9091, 3.8485, 4.8485)	(2.2727, 3.1818, 4.1818)	(1.8788, 2.7576, 3.7576)	(2.8788, 3.8182, 4.7576)
13	(2.3636, 3.2727, 4.2727)	(2.1818, 3.0606, 4.0606)	(2.2424, 3.0606, 4.0606)	(2.1515, 3.0303, 4.0303)
14	(2.3636, 3.2121, 4.2121)	(2.1212, 2.9394, 3.9394)	(2, 2.8485, 3.8485)	(1.8485, 2.7576, 3.7576)
15	(2.3636, 3.2121, 4.2121)	(2.1818, 3.0303, 4.0303)	(2.2727, 3.1212, 4.1212)	(3.3333, 4.3333, 5.303)
16	(2.3333, 3.2121, 4.2121)	(2.1818, 3, 4)	(1.9091, 2.697, 3.697)	(2.0606, 2.9091, 3.9091)
17	(2.0303, 2.8788, 3.8788)	(2, 2.8182, 3.8182)	(2.1212, 2.9394, 3.9394)	(1.8788, 2.6667, 3.6667)
18	(2.4545, 3.303, 4.303)	(2.4848, 3.3939, 4.3939)	(2.4242, 3.3333, 4.3333)	(3.3636, 4.3636, 5.3333)
19	(2.4545, 3.3636, 4.3333)	(1.9394, 2.7273, 3.7273)	(1.9394, 2.697, 3.697)	(2.3939, 3.303, 4.303)
20	(2.7273, 3.5758, 4.5455)	(2.0303, 2.8485, 3.8485)	(1.9394, 2.7576, 3.7576)	(2.3939, 3.3636, 4.3636)
21	(2.0909, 2.9394, 3.9394)	(1.9697, 2.7879, 3.7879)	(1.8788, 2.697, 3.697)	(2.3636, 3.3333, 4.3333)
22	(3.2121, 4.1212, 5.0909)	(2.4545, 3.3333, 4.3333)	(2.2727, 3.1212, 4.1212)	(2.6061, 3.5758, 4.5758)
23	(2.4848, 3.3333, 4.3333)	(2.4242, 3.2727, 4.2727)	(2.2121, 3, 4)	(3.2727, 4.2424, 5.2121)

24	(2.303, 3.1818, 4.1818)	(1.9697, 2.7576, 3.7576)	(1.9394, 2.7576, 3.7576)	(1.9091, 2.7879, 3.7879)
25	(2.0909, 2.8485, 3.8485)	(1.9697, 2.697, 3.697)	(1.6667, 2.4242, 3.4242)	(2.2727, 3.1212, 4.0909)
26	(2.0303, 2.8485, 3.8485)	(2, 2.8485, 3.8485)	(2.0303, 2.8485, 3.8485)	(2.0303, 2.9091, 3.9091)
27	(2.9091, 3.7273, 4.6364)	(2.2727, 3.0303, 4)	(1.9394, 2.697, 3.697)	(2.7576, 3.697, 4.6667)
28	(2.2121, 3.0303, 4.0303)	(2.1515, 2.9697, 3.9697)	(2, 2.7879, 3.7879)	(2.2121, 3.1515, 4.1515)
29	(2.3636, 3.2727, 4.2424)	(2.2424, 3.1212, 4.1212)	(2, 2.8788, 3.8788)	(2.303, 3.2424, 4.2424)
30	(2.4545, 3.2727, 4.2727)	(2.3333, 3.0909, 4.0606)	(2.5758, 3.3939, 4.3333)	(3.4242, 4.3636, 5.2727)
31	(2.4848, 3.303, 4.2424)	(1.8485, 2.6061, 3.6061)	(1.5455, 2.2424, 3.2424)	(1.8788, 2.7273, 3.7273)
32	(2.5152, 3.3939, 4.3636)	(2.4848, 3.3636, 4.303)	(2.2121, 2.9697, 3.9091)	(2.5152, 3.4242, 4.4242)

(續)表六 感性品質評價模糊數

NO.	輕巧的	流線的	簡潔的	趣味的	年輕的
1	(2.2727, 3.1818, 4.1818)	(1.9091, 2.7879, 3.7576)	(3.8485, 4.7879, 5.6667)	(1.2121, 1.9091, 2.9091)	(2.6364, 3.6061, 4.5758)
2	(1.8182, 2.7879, 3.7879)	(2.6364, 3.6061, 4.6061)	(3.0909, 4.0909, 5.0909)	(2.1818, 3.1212, 4.1212)	(3.303, 4.303, 5.2727)
3	(2.9091, 3.8485, 4.8485)	(3.2727, 4.2424, 5.2424)	(3.3333, 4.3333, 5.3333)	(2.8182, 3.697, 4.697)	(3.3939, 4.3939, 5.3636)
4	(2.303, 3.2727, 4.2727)	(1.9091, 2.8485, 3.8485)	(2.1212, 3.0606, 4.0606)	(1.7879, 2.5455, 3.5455)	(3, 3.9697, 4.9394)
5	(2.7273, 3.697, 4.6667)	(2.1818, 3.0909, 4.0909)	(2.8788, 3.8182, 4.7879)	(2.2727, 3.0909, 4.0909)	(3.3939, 4.3636, 5.2727)
6	(2.6364, 3.6061, 4.6061)	(2.5455, 3.4242, 4.4242)	(2.9697, 3.9394, 4.9394)	(2.4848, 3.3939, 4.3939)	(2.7576, 3.7576, 4.7576)
7	(2.3939, 3.3333, 4.3333)	(2.5455, 3.5152, 4.5152)	(2.4545, 3.4242, 4.4242)	(2.1515, 3, 4)	(3.2424, 4.2424, 5.2121)
8	(2.7879, 3.7576, 4.7576)	(3.5152, 4.4848, 5.4848)	(3.1818, 4.1818, 5.1818)	(2.3636, 3.2424, 4.2424)	(3.1212, 4.0909, 5.0303)
9	(2.0909, 2.8485, 3.8182)	(2.5152, 3.4545, 4.4545)	(2.5455, 3.4848, 4.4848)	(1.6061, 2.3333, 3.3333)	(3.0303, 4, 4.9394)
10	(2.3939, 3.303, 4.303)	(2.5455, 3.4848, 4.4848)	(2.6667, 3.5758, 4.5758)	(2.2727, 3.1212, 4.0909)	(3, 3.9697, 4.9394)
11	(2.9697, 3.9091, 4.8788)	(2.4242, 3.303, 4.2727)	(2.3636, 3.2121, 4.2121)	(2.1818, 2.9697, 3.9697)	(2.8182, 3.7273, 4.6667)
12	(2.6364, 3.5758, 4.5455)	(3.1515, 4.0909, 5.0303)	(2.7879, 3.7273, 4.7273)	(2.1515, 2.9697, 3.9697)	(2.9394, 3.9091, 4.9091)
13	(2.1515, 3.0606, 4.0606)	(2.303, 3.1818, 4.1818)	(2.0606, 2.9091, 3.9091)	(2.2121, 3.0606, 4.0606)	(2.7879, 3.7879, 4.7576)
14	(2, 2.9091, 3.9091)	(1.5455, 2.3333, 3.3333)	(2.5758, 3.5152, 4.5152)	(1.8485, 2.6667, 3.6667)	(2.4242, 3.3939, 4.3636)
15	(3.2121, 4.1818, 5.1212)	(3.1212, 4.0909, 5.0606)	(3.1818, 4.1515, 5.1515)	(2.2121, 3.0606, 4.0606)	(3.1515, 4.1515, 5.1212)
16	(2.1515, 2.9697, 3.9697)	(1.9091, 2.7576, 3.7576)	(2.1515, 3.0606, 4.0606)	(2, 2.7879, 3.7879)	(2.7879, 3.7576, 4.7273)
17	(1.9697, 2.7576, 3.7576)	(1.6667, 2.4848, 3.4848)	(2.8485, 3.7576, 4.7576)	(1.8182, 2.6667, 3.6667)	(2.3333, 3.2727, 4.2424)
18	(3.2121, 4.1818, 5.1212)	(3.3636, 4.3333, 5.303)	(2.9091, 3.8485, 4.8485)	(2.6364, 3.5152, 4.4848)	(3.0606, 4, 5)
19	(2.0606, 2.9394, 3.9394)	(2.4545, 3.3333, 4.3333)	(1.7879, 2.5758, 3.5758)	(1.8485, 2.6061, 3.5758)	(2.8182, 3.7879, 4.7576)
20	(2.4848, 3.4242, 4.4242)	(2.2727, 3.1212, 4.1212)	(2.2121, 3.1515, 4.1515)	(1.6667, 2.4242, 3.4242)	(2.8485, 3.8485, 4.7879)
21	(2.1212, 2.9697, 3.9697)	(2.2424, 3.1515, 4.1515)	(2.1515, 3, 4)	(1.5455, 2.303, 3.303)	(2.6364, 3.6061, 4.5758)
22	(2.4848, 3.3636, 4.3636)	(2.8182, 3.7273, 4.697)	(2.2121, 3.0606, 4.0606)	(2.4848, 3.3636, 4.3636)	(3.303, 4.2424, 5.2121)
23	(3.3333, 4.303, 5.2424)	(2.4545, 3.3636, 4.3636)	(3.2727, 4.2121, 5.2121)	(2.2121, 3.0606, 4.0606)	(3.1515, 4.0909, 5.0303)
24	(1.9091, 2.7576, 3.7576)	(2.1212, 2.9697, 3.9697)	(2.1515, 3.0303, 4.0303)	(1.6667, 2.4848, 3.4848)	(2.6364, 3.6061, 4.5758)
25	(2.2424, 3.0606, 4.0303)	(2.303, 3.1212, 4.0909)	(2.303, 3.1515, 4.1515)	(1.9697, 2.7273, 3.697)	(2.5152, 3.4242, 4.3939)
26	(2.1212, 2.9697, 3.9697)	(2.1212, 3, 4)	(2.697, 3.6364, 4.6364)	(1.9697, 2.8485, 3.8182)	(2.697, 3.6061, 4.5152)
27	(3.1818, 4.1212, 5.0606)	(2.6364, 3.5455, 4.5152)	(2.2424, 3.0606, 4.0303)	(2.4242, 3.2121, 4.1818)	(3.5152, 4.5152, 5.4545)
28	(2.0606, 2.9394, 3.9394)	(2.1818, 3.0909, 4.0606)	(2.1818, 3, 4)	(1.9697, 2.8182, 3.8182)	(2.5455, 3.4848, 4.4545)
29	(2.2424, 3.2121, 4.2121)	(2.303, 3.2424, 4.2424)	(2.7576, 3.7273, 4.7273)	(2.0606, 2.9091, 3.9091)	(2.7879, 3.7879, 4.7576)
30	(3.2424, 4.1515, 5.0606)	(3.0303, 3.9091, 4.8485)	(2.8485, 3.7273, 4.7273)	(2.4545, 3.2424, 4.2424)	(3.0606, 3.9697, 4.9091)
31	(2.2424, 3.0909, 4.0909)	(2.1818, 2.9091, 3.8788)	(2.2424, 3.1212, 4.1212)	(1.8485, 2.6061, 3.6061)	(2.6667, 3.6364, 4.5758)
32	(2.5758, 3.4848, 4.4545)	(2.7879, 3.6667, 4.6364)	(2.6364, 3.5455, 4.4848)	(1.9697, 2.7879, 3.7576)	(2.7879, 3.7273, 4.697)

表七 感性品質評價解模糊數值 g(x)與 S/N 值

NO.	獨特的		時尚的		優雅的		女性化的		輕巧的		流線的		簡潔的		趣味的		年輕的	
	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N
1	1.61	4.12	2.37	7.51	2.88	9.18	3.19	10.08	3.21	10.14	2.82	9.00	4.77	13.57	2.01	6.06	3.61	11.14

2	3.11	9.86	3.18	10.05	2.90	9.24	2.93	9.34	2.80	8.94	3.62	11.16	4.09	12.24	3.14	9.94	4.29	12.66
3	3.81	11.61	3.77	11.52	3.69	11.33	3.75	11.47	3.87	11.75	4.25	12.57	4.33	12.74	3.74	11.45	4.38	12.84
4	3.56	11.02	3.14	9.94	2.52	8.01	3.11	9.86	3.28	10.32	2.87	9.15	3.08	9.77	2.63	8.39	3.97	11.98
5	3.97	11.98	3.40	10.64	2.87	9.15	3.53	10.94	3.70	11.36	3.12	9.89	3.83	11.66	3.15	9.97	4.34	12.76
6	3.48	10.84	3.44	10.74	3.20	10.11	4.01	12.06	3.62	11.16	3.46	10.79	3.95	11.93	3.42	10.69	3.76	11.50
7	4.13	12.32	3.44	10.74	3.14	9.94	2.92	9.31	3.35	10.51	3.53	10.94	3.43	10.72	3.05	9.69	4.23	12.53
8	3.94	11.91	3.75	11.47	3.43	10.72	3.86	11.73	3.77	11.52	4.49	13.05	4.18	12.43	3.28	10.32	4.08	12.21
9	3.29	10.35	2.71	8.65	2.57	8.18	3.42	10.69	2.92	9.31	3.47	10.82	3.51	10.89	2.42	7.69	3.99	12.02
10	3.69	11.33	3.46	10.79	3.24	9.97	3.33	10.46	3.33	10.46	3.51	10.89	3.61	11.14	3.16	10.00	3.97	11.98
11	4.00	12.04	2.77	8.84	2.76	8.81	3.21	10.14	3.92	11.86	3.33	10.46	3.26	10.27	3.04	9.66	3.74	11.45
12	3.87	11.75	3.21	10.14	2.80	8.94	3.82	11.64	3.59	11.09	4.09	12.24	3.75	11.47	3.03	9.63	3.92	11.86
13	3.30	10.38	3.10	9.83	3.12	9.89	3.07	9.74	3.09	9.80	3.22	10.16	2.96	9.42	3.11	9.86	3.78	11.54
14	3.26	10.27	3.00	9.54	2.90	9.24	2.79	8.91	2.94	9.37	2.40	7.62	3.54	10.97	2.73	8.71	3.39	10.61
15	3.26	10.27	3.08	9.77	3.17	10.03	4.32	12.72	4.17	12.41	4.09	12.24	4.16	12.39	3.11	9.86	4.14	12.34
16	3.25	10.24	3.06	9.72	2.77	8.84	2.96	9.42	3.03	9.63	2.81	8.97	3.09	9.80	2.86	9.12	3.76	11.50
17	2.93	9.34	2.88	9.18	3.00	9.54	2.74	8.75	2.83	9.03	2.55	8.12	3.79	11.57	2.72	8.68	3.28	10.32
18	3.35	10.51	3.42	10.69	3.36	10.54	4.35	12.78	4.17	12.41	4.33	12.74	3.87	11.75	3.55	10.99	4.02	12.08
19	3.38	10.59	2.80	8.94	2.78	8.87	3.33	10.46	2.98	9.48	3.37	10.56	2.65	8.45	2.68	8.55	3.79	11.57
20	3.62	11.16	2.91	9.28	2.82	9.00	3.37	10.56	3.44	10.74	3.17	10.03	3.17	10.03	2.51	7.98	3.83	11.66
21	2.99	9.51	2.85	9.09	2.76	8.81	3.34	10.48	3.02	9.60	3.18	10.05	3.05	9.69	2.38	7.55	3.61	11.14
22	4.14	12.34	3.37	10.56	3.17	10.03	3.59	11.09	3.40	10.64	3.75	11.47	3.11	9.86	3.40	10.64	4.25	12.57
23	3.38	10.59	3.32	10.43	3.07	9.74	4.24	12.55	4.29	12.66	3.39	10.61	4.23	12.53	3.11	9.86	4.09	12.24
24	3.22	10.16	2.83	9.03	2.82	9.00	2.83	9.03	2.81	8.97	3.02	9.60	3.07	9.74	2.55	8.12	3.61	11.14
25	2.93	9.34	2.79	8.91	2.51	7.98	3.16	10.00	3.11	9.86	3.17	10.03	3.20	10.11	2.80	8.94	3.44	10.74
26	2.91	9.28	2.90	9.24	2.91	9.28	2.95	9.39	3.02	9.60	3.04	9.66	3.66	11.26	2.88	9.18	3.61	11.14
27	3.76	11.50	3.10	9.83	2.78	8.87	3.71	11.38	4.12	12.30	3.57	11.04	3.11	9.86	3.27	10.30	4.49	13.05
28	3.09	9.80	3.03	9.63	2.86	9.12	3.17	10.03	2.98	9.48	3.11	9.86	3.06	9.72	2.87	9.15	3.49	10.87
29	3.29	10.35	3.16	10.00	2.92	9.31	3.26	10.27	3.22	10.16	3.26	10.27	3.74	11.45	2.96	9.42	3.78	11.54
30	3.33	10.46	3.16	10.00	3.43	10.72	4.35	12.78	4.15	12.36	3.93	11.89	3.77	11.52	3.31	10.40	3.98	12.00
31	3.34	10.48	2.69	8.58	2.34	7.40	2.78	8.87	3.14	9.94	2.99	9.51	3.16	10.00	2.69	8.58	3.63	11.19
32	3.42	10.69	3.38	10.59	3.03	9.63	3.45	10.77	3.51	10.89	3.70	11.36	3.56	11.02	2.84	9.06	3.74	11.45
平均數	3.39	10.51	3.11	9.81	2.95	9.36	3.40	10.55	3.40	10.55	3.39	10.52	3.55	10.94	2.95	9.33	3.87	11.74
MAX	4.14	12.34	3.77	11.52	3.69	11.33	4.35	12.78	4.29	12.66	4.49	13.05	4.77	13.57	3.74	11.45	4.49	13.05
MIN	1.61	4.12	2.37	7.51	2.34	7.40	2.74	8.75	2.80	8.94	2.40	7.62	2.65	8.45	2.01	6.06	3.28	10.32

S/N 比計算式為：

(一) 望小特性：以最小化平均值與變異為目標。

$$h = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right) \text{ db} \quad (6)$$

(二) 望大特性：以最大化平均值與最小化變異為目標。

$$h = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \text{ db} \quad (7)$$

(三) 符號型望目特性：有一固定目標值，可以利用 S/N 比最小化變異外，還可利用調整因子將平均值調整至目標值。

$$h = -10 \log(s^2) \text{ db} \quad (8)$$

為 S/N 比特性， y_i 為實驗值， s^2 為變異數， n 為實驗次數，db 為 S/N 比的分貝單位，則不管是何種特性，愈大的（即越大的 S/N 比）對品質特性而言愈佳。

本研究以找出何種造形參數組合能達到感性品質最佳化為目標，屬於望大特性。因此，將受測者的感性品質評價結果代入方程式（7），即可得各測試樣本的 S/N 回應表，如表七所示。再藉由 S/N 比取得因子效益圖，找出代表造形項目各水準的個別效果，結果如表所示，又稱為主效果（main effect）；根據因子效益圖的結果，選擇 S/N 比值較大的水準，決定出各造形參數的最佳水準組合，以“時尚的”表九分析結果為例，最佳水準組合為：A1 數字鍵排列为圓弧、B2 機身造形輪廓為不對稱、C2 機身側邊曲線為外凸、D3 機身上緣為外凸中曲、E4 接面關係為導角、F3 機身正面造形分割為側邊環繞色塊、G3 數字鍵形式為垂直分割、H3 數字鍵造形為正方形、I4 數字鍵視覺完形為圓形、J3 機身比例為寬，造形參數的相關水準設定如表一所示。

同時，藉由比較各項目之水準效益值，選取最佳效益值的水準組合即為最參數佳設計，並將參數組合之水準效益差與平均效益值加總，以為品質預測效益值（例如，時尚的最佳參數組合為 A1B2C2D3E4F3G3H3I4J3，則其預測效益值 = 0.185 (A1)+ 0.530 (B2)+ 0.394 (C2)+ 0.475 (D3)+ 0.223(E4)+ 0.669 (F3)+ 0.228 (G3)+ 0.352 (H3)+ 0.209 (I4)+ 0.275 (J3) + 9.809(平均效益值) = 13.349)

獨特的感性品質之參數水準效益值（M 為平均效益值）

M= 10.512	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	10.644	10.381		
水準效益差	0.131	-0.131		
B (Var2)	9.776	11.207	10.673	10.394
水準效益差	-0.737	0.695	0.161	-0.119
C (Var3)	9.419	10.612	11.176	10.843
水準效益差	-1.093	0.099	0.663	0.330
D (Var4)	10.126	10.388	11.059	10.478
水準效益差	-0.387	-0.125	0.546	-0.035
E (Var5)	10.139	10.521	10.586	10.804
水準效益差	-0.373	0.008	0.074	0.291
F (Var6)	9.816	10.562	10.931	10.741
水準效益差	-0.697	0.050	0.418	0.228
G (Var7)	9.712	10.386	11.222	10.729
水準效益差	-0.800	-0.127	0.710	0.217
H (Var8)	9.797	10.968	10.688	10.597
水準效益差	-0.716	0.456	0.175	0.084
I (Var9)	9.949	10.720	10.436	10.944
水準效益差	-0.564	0.208	-0.076	0.432
J (Var10)	10.105	10.650	10.464	10.830
水準效益差	-0.407	0.137	-0.048	0.318

時尚的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 9.809	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	9.994	9.624		
水準效益差	0.185	-0.185		
B (Var2)	9.639	10.339	9.504	9.754
水準效益差	-0.170	0.530	-0.305	-0.055
C (Var3)	9.226	10.204	9.833	9.974
水準效益差	-0.583	0.394	0.024	0.165
D (Var4)	9.401	9.858	10.284	9.694
水準效益差	-0.409	0.049	0.475	-0.115
E (Var5)	9.622	9.825	9.757	10.032
水準效益差	-0.187	0.016	-0.052	0.223
F (Var6)	9.596	9.558	10.478	9.605
水準效益差	-0.213	-0.251	0.669	-0.204
G (Var7)	9.529	9.893	10.037	9.778
水準效益差	-0.280	0.084	0.228	-0.032
H (Var8)	9.552	9.952	10.161	9.571
水準效益差	-0.257	0.143	0.352	-0.238
I (Var9)	9.765	9.851	9.603	10.018
水準效益差	-0.044	0.041	-0.206	0.209
J (Var10)	9.535	9.630	10.084	9.987
水準效益差	-0.274	-0.179	0.275	0.178

優雅的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 9.357	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	9.475	9.239		
水準效益差	0.118	-0.118		
B (Var2)	9.466	9.688	8.894	9.381
水準效益差	0.109	0.331	-0.463	0.024
C (Var3)	9.005	9.890	9.375	9.157
水準效益差	-0.352	0.533	0.018	-0.200
D (Var4)	8.978	9.349	9.612	9.489
水準效益差	-0.379	-0.008	0.255	0.132
E (Var5)	9.377	9.154	9.506	9.392
水準效益差	0.020	-0.204	0.149	0.035
F (Var6)	9.462	9.063	9.970	8.934
水準效益差	0.105	-0.294	0.613	-0.423
G (Var7)	9.472	9.179	9.756	9.021
水準效益差	0.115	-0.178	0.399	-0.336
H (Var8)	9.433	9.422	9.608	8.966
水準效益差	0.076	0.065	0.251	-0.391
I (Var9)	9.583	9.518	9.119	9.208
水準效益差	0.226	0.161	-0.238	-0.149
J (Var10)	9.287	9.082	9.801	9.258
水準效益差	-0.070	-0.275	0.444	-0.099

女性化的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 10.553	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	10.531	10.574		
水準效益差	-0.022	0.022		
B (Var2)	10.412	10.900	10.465	10.435
水準效益差	-0.141	0.347	-0.088	-0.118
C (Var3)	10.120	10.850	10.862	10.379
水準效益差	-0.433	0.297	0.309	-0.174
D (Var4)	10.029	10.705	10.748	10.730
水準效益差	-0.524	0.152	0.195	0.177
E (Var5)	10.461	10.849	10.633	10.268
水準效益差	-0.091	0.296	0.080	-0.285
F (Var6)	11.548	9.874	11.102	9.687
水準效益差	0.995	-0.679	0.549	-0.866
G (Var7)	10.595	10.140	10.845	10.632
水準效益差	0.043	-0.413	0.292	0.079
H (Var8)	10.377	10.972	10.553	10.310
水準效益差	-0.176	0.419	0.000	-0.243
I (Var9)	10.810	10.245	10.371	10.786
水準效益差	0.257	-0.308	-0.182	0.233
J (Var10)	10.376	9.937	10.598	11.301
水準效益差	-0.177	-0.616	0.045	0.748

輕巧的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 10.555	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	10.601	10.508		
水準效益差	0.047	-0.047		
B (Var2)	10.351	10.802	10.495	10.571
水準效益差	-0.203	0.247	-0.060	0.016
C (Var3)	9.907	10.617	11.364	10.332
水準效益差	-0.648	0.062	0.809	-0.223
D (Var4)	10.409	10.216	10.756	10.839
水準效益差	-0.146	-0.339	0.201	0.284
E (Var5)	10.707	10.653	10.327	10.532
水準效益差	0.152	0.098	-0.228	-0.023
F (Var6)	11.302	10.000	11.092	9.825
水準效益差	0.747	-0.555	0.537	-0.730
G (Var7)	10.528	10.254	11.001	10.437
水準效益差	-0.027	-0.301	0.446	-0.118
H (Var8)	10.208	10.752	10.718	10.541
水準效益差	-0.347	0.197	0.163	-0.014
I (Var9)	10.949	10.375	10.217	10.678
水準效益差	0.394	-0.179	-0.338	0.123
J (Var10)	10.277	10.221	10.428	11.293
水準效益差	-0.278	-0.334	-0.127	0.738

流線的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M = 10.524	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	10.623	10.425		
水準效益差	0.099	-0.099		
B (Var2)	10.416	10.803	10.624	10.252
水準效益差	-0.107	0.279	0.100	-0.272
C (Var3)	9.792	10.778	10.993	10.532
水準效益差	-0.732	0.255	0.469	0.008
D (Var4)	9.698	10.666	11.154	10.577
水準效益差	-0.826	0.143	0.630	0.053
E (Var5)	10.151	10.961	10.767	10.216
水準效益差	-0.373	0.437	0.244	-0.308
F (Var6)	10.852	10.071	11.484	9.687
水準效益差	0.329	-0.452	0.961	-0.837
G (Var7)	10.794	10.294	10.791	10.216
水準效益差	0.270	-0.230	0.267	-0.307
H (Var8)	10.271	11.261	10.257	10.305
水準效益差	-0.253	0.737	-0.266	-0.218
I (Var9)	10.451	10.644	10.300	10.699
水準效益差	-0.072	0.120	-0.223	0.175
J (Var10)	10.708	10.206	10.543	10.638
水準效益差	0.184	-0.318	0.019	0.115

簡潔的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M = 10.936	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	10.623	10.425		
水準效益差	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	11.338	10.535		
水準效益差	0.402	-0.402		
B (Var2)	11.264	11.070	10.591	10.821
水準效益差	0.328	0.133	-0.346	-0.115
C (Var3)	11.045	11.334	10.869	10.498
水準效益差	0.109	0.397	-0.067	-0.439
D (Var4)	10.870	10.776	10.987	11.112
水準效益差	-0.066	-0.161	0.051	0.176
E (Var5)	10.984	11.114	10.857	10.791
水準效益差	0.048	0.177	-0.080	-0.146
F (Var6)	11.693	10.610	11.006	10.437
水準效益差	0.757	-0.326	0.069	-0.500
G (Var7)	11.417	11.227	10.652	10.450
水準效益差	0.481	0.290	-0.285	-0.487
H (Var8)	10.575	11.142	11.652	10.375
水準效益差	-0.361	0.206	0.716	-0.561
I (Var9)	11.585	10.818	10.792	10.550
水準效益差	0.649	-0.118	-0.144	-0.387

趣味的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 9.327	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	9.441	9.213		
水準效益差	0.114	-0.114		
B (Var2)	9.006	9.604	9.319	9.379
水準效益差	-0.321	0.277	-0.008	0.052
C (Var3)	8.522	10.071	9.744	8.971
水準效益差	-0.805	0.744	0.417	-0.356
D (Var4)	8.715	9.351	9.986	9.256
水準效益差	-0.612	0.024	0.659	-0.071
E (Var5)	9.277	9.460	9.274	9.297
水準效益差	-0.050	0.133	-0.053	-0.030
F (Var6)	9.177	9.246	9.941	8.943
水準效益差	-0.149	-0.081	0.614	-0.384
G (Var7)	8.832	9.431	9.889	9.155
水準效益差	-0.495	0.104	0.562	-0.172
H (Var8)	8.816	9.520	9.569	9.403
水準效益差	-0.511	0.193	0.242	0.076
I (Var9)	9.274	9.577	9.031	9.426
水準效益差	-0.053	0.250	-0.296	0.099
J (Var10)	9.105	8.940	9.672	9.591
水準效益差	-0.222	-0.387	0.345	0.264

年輕的感性品質之參數水準效益值 (M 為平均效益值)

M= 11.739	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var1)	11.932	11.545		
水準效益差	0.194	-0.194		
B (Var2)	11.781	12.012	11.640	11.523
水準效益差	0.042	0.273	-0.099	-0.216
C (Var3)	11.402	11.817	12.151	11.584
水準效益差	-0.337	0.079	0.413	-0.155
D (Var4)	11.691	11.730	11.959	11.573
水準效益差	-0.047	-0.008	0.221	-0.165
E (Var5)	11.624	11.863	11.642	11.826
水準效益差	-0.115	0.124	-0.097	0.087
F (Var6)	11.685	11.719	12.038	11.512
水準效益差	-0.053	-0.019	0.299	-0.227
G (Var7)	11.732	11.605	11.961	11.657
水準效益差	-0.007	-0.134	0.222	-0.081
H (Var8)	11.590	12.258	11.653	11.453
水準效益差	-0.149	0.519	-0.085	-0.285
I (Var9)	11.519	11.889	11.623	11.923
水準效益差	-0.219	0.150	-0.116	0.184
J (Var10)	11.654	11.531	11.567	12.203
水準效益差	-0.084	-0.208	-0.172	0.464

田口分析進一步配合變異數分析，以辨識出影響品質特性（9 個感性品質）的顯著因子，分析結果如下列圖、表所示。變異數分析表中變異來源為造形參數，A 為數字鍵排列、B 為機身造形輪廓、C 為機身側邊曲線、D 為機身上緣、E 為接面關係、F 為機身正面造形分割（色塊裝飾）、G 為數字鍵形式、H 為數字鍵造形、I 數字鍵視覺完形與 J 為機身比例。變異數分析的目的在于找出何種造形參數對於實驗的品質輸出結果有顯著影響，藉由 F 值來表示因子效果對於誤差變異的關係。因此，F 值可用以排列因子的重要順序。F 值小於 1，表示因子效果（相較於誤差）算是小；F 值大於 2，表示因子效果不算小；F 值大於 4，表示因子效果相當大。同時，田口分析以貢獻百分比（percent contribution）以建立一因子對總平方和的貢獻度，可用來指出一因子降低變異之相對能力。而以下的分析根據此原則，將 F 值小於 1 的造形參數項目，視為誤差項（即表示該項造形參數不是影響品質的重要因素），並求得其他有效因子的貢獻率。變異數分析結果中，F 值為空格者（-），表示該造形參數不是影響品質的重要因素（例如，表九“時尚的”E、G、I 等因子項目）；而造形參數的貢獻率（%）用以代表對品質之影響效益，數值愈大愈具影響力；（例如，表九 F 因子的貢獻率 15.219 > B 因子的貢獻率 9.006，表示 F 造形參數的影響力大於 B 造形參數）。同時，變異數分析亦針對因子的顯著性進行檢定，以 P-值表示在 $\alpha = 0.05$ 之顯著性，若 $P < 0.05$ 表示達到顯著水準， $P > 0.05$ 表示未達顯著水準（例如，表十 F 因子的 P-值 = 0.03 < 0.05，可判定該因子對於“優雅的”感性品質有顯著的影響存在）。

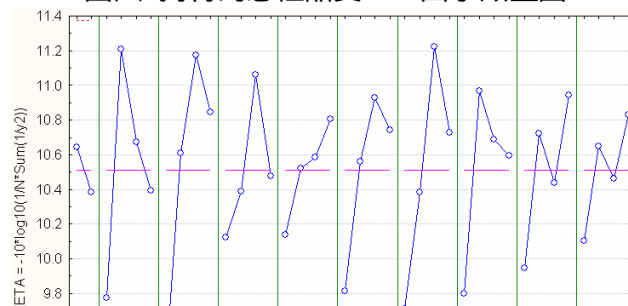
同時，田口方法以誤差項百分比(%)數值，以為實驗適當性(充分性)的估計。若誤差項百分比 15%，可認為該項實驗並沒有忽略掉一些重要因子；若誤差項百分比 50%，可假設有些重要因子被忽略掉了，實驗狀況不是很好或有很大的衡量誤差發生（例如，“獨特的”誤差項百分比為 79.384 與“簡潔的”誤差項百分比為 50.211 感性品質實驗的結果即不佳，表示有些重要因子被忽略掉了；而“優雅的”誤差項百分比為 18.862 實驗的結果較佳）。

最後，藉由田口分析的結果，找出設計因子的最適水準組合（如圖十七所示），並辨識出影響品質特性的顯著因子，以為提升設計感性品質之參考依據。

表八 獨特的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.550*	1	0.550	-	-	0.70
{B}Var2	8.524*	3	2.841	-	-	0.52
{C}Var3	14.030	3	4.677	1.561	13.634	0.36
{D}Var4	3.721*	3	1.240	-	-	0.76
{E}Var5	1.839*	3	0.613	-	-	0.89
{F}Var6	5.718*	3	1.906	-	-	0.64
{G}Var7	9.652	3	3.217	1.074	6.983	0.48

圖八 獨特的感性品質 S/N 因子效益圖



{H}Var8	6.062*	3	2.021	-	-	0.62
{I}Var9	4.430*	3	1.477	-	-	0.71
{J}Var10	2.303*	3	0.768	-	-	0.85
誤差	8.989*	3	2.996	-	-	-
合併誤差	42.138	25	1.686		79.384	
總和	65.821	31			100	

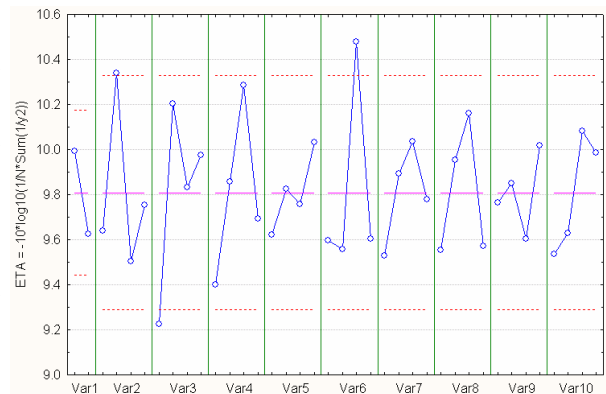
“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

表九 時尚的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	1.097	1	1.097	2.033	3.058	0.25
{B}Var2	3.250	3	1.083	2.007	9.006	0.29
{C}Var3	4.186	3	1.395	2.585	12.813	0.23
{D}Var4	3.265	3	1.088	2.016	9.066	0.29
{E}Var5	0.702*	3	0.234	-	-	0.74
{F}Var6	4.777	3	1.592	2.950	15.219	0.20
{G}Var7	1.110*	3	0.370	-	-	0.62
{H}Var8	2.135	3	0.712	1.319	4.469	0.41
{I}Var9	0.716*	3	0.239	-	-	0.74
{J}Var10	1.717	3	0.572	1.060	2.768	0.48
誤差	1.619*	3	0.540	-	-	-
合併誤差	4.148	12	0.346		43.601	
總和	24.577	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖九 時尚的感性品質 S/N 因子效益圖

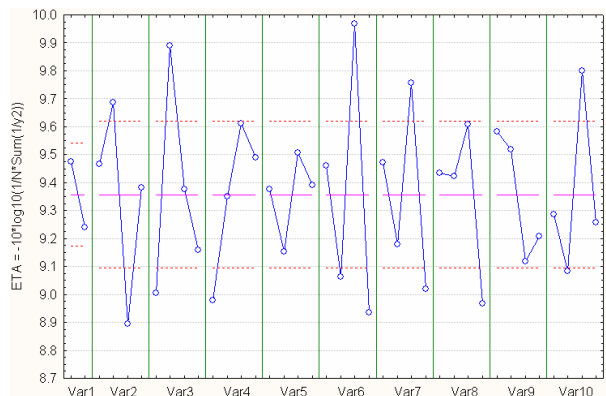


表十 優雅的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.443	1	0.443	3.229	1.356	0.17
{B}Var2	2.691	3	0.897	6.532	10.098	0.08
{C}Var3	3.586	3	1.195	8.706	14.066	0.05*
{D}Var4	1.811	3	0.604	4.395	6.197	0.13
{E}Var5	0.521	3	0.174	1.265	0.484	0.43
{F}Var6	5.213	3	1.738	12.65	21.275	0.03*
{G}Var7	2.538	3	0.846	6.160	9.420	0.08
{H}Var8	1.807	3	0.602	4.387	6.182	0.13
{I}Var9	1.247	3	0.416	3.028	3.702	0.19
{J}Var10	2.298	3	0.766	5.579	8.358	0.10
誤差	0.412*	3	0.137	-	-	-
合併誤差	0.412	3	0.137		18.862	
總和	22.568	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖十 優雅的感性品質 S/N 因子效益圖

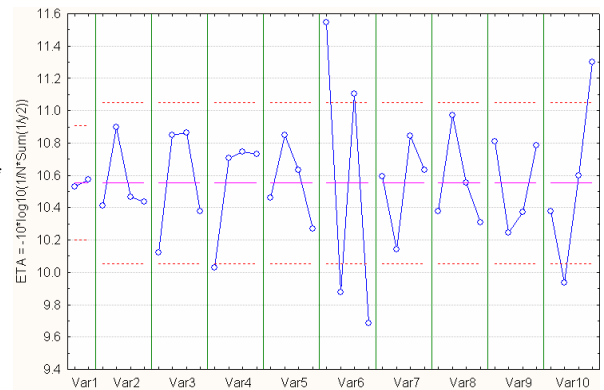


表十一 女性化的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.015*	1	0.015	-	-	0.87
{B}Var2	1.296*	3	0.432	-	-	0.55
{C}Var3	3.211	3	1.070	2.143	4.339	0.27
{D}Var4	2.931	3	0.977	1.956	3.709	0.30
{E}Var5	1.468*	3	0.489	-	-	0.51
{F}Var6	20.017	3	6.672	13.358	42.158	0.03*
{G}Var7	2.111	3	0.704	1.409	1.864	0.39
{H}Var8	2.126	3	0.709	1.419	1.898	0.39
{I}Var9	1.988	3	0.663	1.327	1.587	0.41
{J}Var10	7.776	3	2.592	5.189	14.611	0.10
誤差	1.498*	3	0.499	-	-	
合併誤差	4.277	10	0.428		29.834	
總和	44.437	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖十一 女性化的感性品質 S/N 因子效益圖

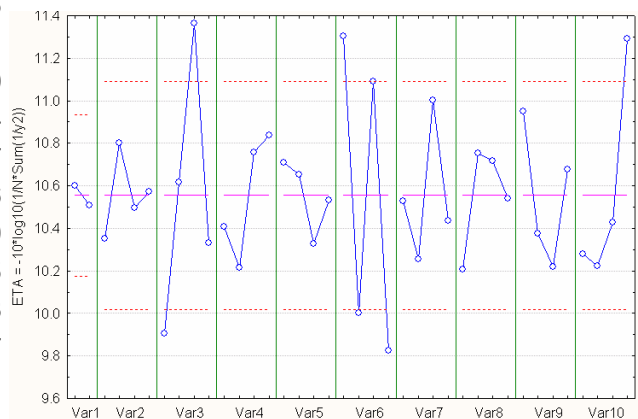


表十二 輕巧的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.069*	1	0.069	-	-	0.75
{B}Var2	0.851*	3	0.284	-	-	0.71
{C}Var3	9.030	3	3.010	5.240	19.625	0.10
{D}Var4	2.062	3	0.687	1.197	2.359	0.44
{E}Var5	0.682*	3	0.227	-	-	0.77
{F}Var6	13.493	3	4.498	7.829	30.684	0.06
{G}Var7	2.430	3	0.810	1.410	3.269	0.39
{H}Var8	1.487*	3	0.496	-	-	0.55
{I}Var9	2.535	3	0.845	1.471	3.530	0.38
{J}Var10	5.992	3	1.997	3.476	12.095	0.17
誤差	1.723*	3	0.574	-	-	
合併誤差	4.813	13	0.370		28.439	
總和	40.356	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖十二 輕巧的感性品質 S/N 因子效益圖

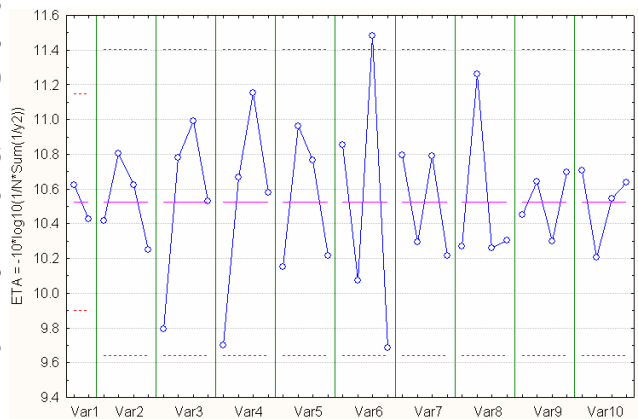


表十三 流線的感性品質變異數分析

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.313*	1	0.313	-	-	0.68
{B}Var2	1.387*	3	0.462	-	-	0.83
{C}Var3	6.567	3	2.189	1.411	8.335	0.39
{D}Var4	8.820	3	2.940	1.895	12.732	0.31
{E}Var5	3.874*	3	1.291	-	-	0.56
{F}Var6	15.482	3	5.161	3.326	25.737	0.18
{G}Var7	2.332*	3	0.777	-	-	0.71
{H}Var8	5.811	3	1.937	1.248	6.858	0.43
{I}Var9	0.802*	3	0.267	-	-	0.91
{J}Var10	1.187*	3	0.396	-	-	0.85
誤差	4.655*	3	1.552	-	-	-
合併誤差	14.550	19	0.766		46.338	
總和	51.230	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖表十三 流線的感性品質 S/N 因子效益圖

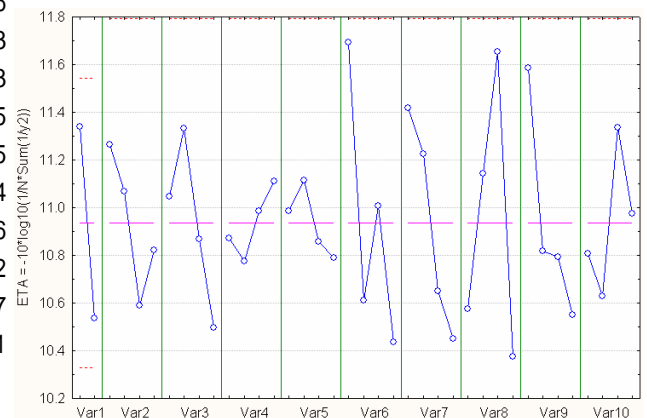


表十四 簡潔的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	5.163	1	5.163	3.512	10.357	0.16
{B}Var2	2.062*	3	0.687	-	-	0.73
{C}Var3	2.932*	3	0.977	-	-	0.63
{D}Var4	0.509*	3	0.170	-	-	0.95
{E}Var5	0.490*	3	0.163	-	-	0.95
{F}Var6	7.468	3	2.489	1.693	12.464	0.34
{G}Var7	5.066	3	1.689	1.148	6.891	0.46
{H}Var8	8.000	3	2.667	1.814	13.697	0.32
{I}Var9	4.845	3	1.615	1.098	6.380	0.47
{J}Var10	2.164*	3	0.721	-	-	0.71
誤差	4.411*	3	1.470	-	-	-
合併誤差	12.569	18	0.698		50.211	
總和	43.112	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

圖表十四 簡潔的感性品質 S/N 因子效益圖

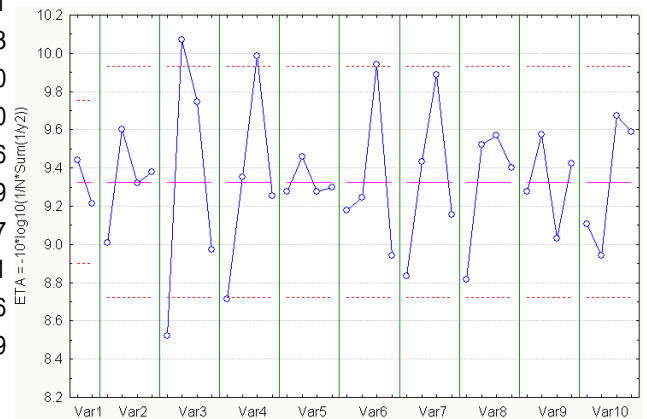


表十五 趣味的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.414*	1	0.414	-	-	0.51
{B}Var2	1.460*	3	0.487	-	-	0.63
{C}Var3	12.018	3	4.006	5.474	27.290	0.10
{D}Var4	6.511	3	2.170	2.966	13.290	0.20
{E}Var5	0.191*	3	0.064	-	-	0.96
{F}Var6	4.433	3	1.478	2.019	8.007	0.29
{G}Var7	4.811	3	1.604	2.191	8.969	0.27
{H}Var8	2.899	3	0.966	1.321	4.108	0.41
{I}Var9	1.302*	3	0.434	-	-	0.66
{J}Var10	3.099	3	1.033	1.411	4.615	0.39
誤差	2.195*	3	0.732	-	-	
合併誤差	5.562	13	0.428		33.721	
總和	39.333	31			100	

“*”表示這些平方和加總成為合併誤差。

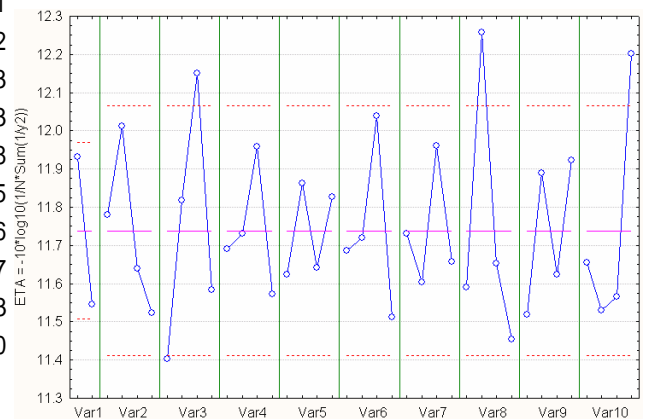
圖十五 趣味的感性品質 S/N 因子效益圖




表十六 年輕的感性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	1.202	1	1.202	5.600	7.004	0.81
{B}Var2	1.061	3	0.354	1.648	3.474	0.42
{C}Var3	2.511	3	0.837	3.901	13.469	0.23
{D}Var4	0.627*	3	0.209	-	-	0.63
{E}Var5	0.365*	3	0.122	-	-	0.78
{F}Var6	1.153	3	0.384	1.791	4.109	0.25
{G}Var7	0.593*	3	0.198	-	-	0.76
{H}Var8	3.045	3	1.015	4.729	17.147	0.47
{I}Var9	0.945	3	0.315	1.467	2.671	0.53
{J}Var10	2.363	3	0.788	3.670	12.445	0.40
誤差	0.644*	3	0.215	-	-	
合併誤差	2.228	12	0.186		39.680	
總和	14.508	31			100	

圖十六 年輕的感性品質 S/N 因子效益圖



品質	最佳參數組合	品質	最佳參數組合	品質	最佳參數組合
獨特的	A1B2C3D3E4 F3G3H2I4J4	時尚的	A1B2C2D3E4 F3G3H3I4J3	優雅的	A1B2C2D3E3 F3G3H3I1J3

					
感性品質	最佳參數組合	感性品質	最佳參數組合	感性品質	最佳參數組合
女性化的	A2B2C3D3E2 F1G3H2I1J4	輕巧的	A1B2C3D4E1 F1G3H2I1J4	流線的	A1B2C3D3E2 F3G1H2I4J1
					
感性品質	最佳參數組合	感性品質	最佳參數組合	感性品質	最佳參數組合
簡潔的	A1B1C2D4E2 F1G1H3I1J3	趣味的	A1B2C2D3E2 F3G3H3I2J3	年輕的	A1B2C3D3E2 F3G3H2I4J4
					

圖十七 感性品質之最佳化造形參數組合

最佳值預估與驗證實驗：驗證實驗是田口方法的最後一個步驟，目的在於確認直交表所做的實驗，在適當的條件下是否真正的能夠改善品質。其方程式可表示成

$$\hat{h} = h_m + \sum_{i=1}^o (\bar{h}_i - h_m) \quad (9)$$

其中， h ：最適條件下預估之 S/N 比、 h_m ：總平均 S/N 比、 h_i ：各因子最佳水準之平均 S/N 比、 o ：影響品質特性之主要設計參與數量。

此外，有關參數設計實驗之重現性好壞判定，其方程式為

$$\frac{|\text{確認實驗增益} - \text{預估增益}|}{\text{確認實驗增益}} \times 100\% \quad (10)$$

若其值小於 30%時，則顯示參數設計實驗之重現性佳，否則實驗參數必須重新考慮。

為確認最佳參數是否能改善產品感性品質，委請 3.1-4 之 30 名受測者，針對 9 個感性品質的最佳化參數設計樣本（圖十七），進行模糊感性品質 SD 調查，並將評價結果轉換為感性品質 S/N 值（db），結果如表所示。

表 感性品質最佳化參數設計之實驗結果

感性品質	模糊評價	解模糊值	確認實驗 S/N 值	預估 S/N 值
獨特的	(3.72 ,4.67 ,5.62)	4.667	13.380	15.174
時尚的	(2.44 ,3.36 ,4.36)	3.385	10.590	13.349
優雅的	(3.18 ,4.15 ,5.13)	4.154	12.369	12.675
女性化的	(3.92 ,4.92 ,5.82)	4.889	13.784	14.432
輕巧的	(3.82 ,4.82 ,5.72)	4.786	13.600	14.617
流線的	(3.51 ,4.51 ,5.44)	4.487	13.039	14.765
簡潔的	(4.03 ,5.03 ,5.92)	4.991	13.965	15.417
趣味的	(3.54 ,4.54 ,5.46)	4.513	13.089	13.268
年輕的	(4.54 ,5.54 ,6.33)	5.470	14.760	14.653

驗證實驗的比對對象是以受測者感性評價結果中（表七），選擇 S/N 值最大者。由驗證實驗結果可知（表），品質特性的改善量：獨特的增加了 1.040db、優雅的增加了 1.039db、女性化的增加了 1.004db、輕巧的增加了 0.940db、簡潔的增加了 0.395db、趣味的增加了 1.639db、年輕的增加了 1.710 db，其中以年輕的與趣味的品質增益較大。再將實際增益結果與預期增益相比較，雖然並未達到預估的增益值，但是對於產品感性品質的提昇是有實際幫助。然而，在時尚的（-0.930）與流線的（-0.011）感性品質 S/N 值卻有所減少，此現象可能是由於產品感官評價的模糊性與相對比較性特質，致使在評價中產生誤差，因此，較難以確定數值明顯表現彼此差距的存在。進一步觀察其變異數分析結果（表九、表十三），時尚的（43.601%）與流線的（46.338%）實驗結果之誤差項百分比較大，可能是實驗設計中忽略了某些重要因子，或是實驗狀況不佳、或是衡量誤差所致。

將實驗結果代入方程式（10），求得參數設計實驗之重現性，結果如表所示，在優雅的（29.5%）、年輕的（10.9%）與趣味的（6.3%）之重現性數值小於 30%，顯示參數設計實驗之重現性佳，而此三項感性品質的最佳化參數的品質增益能力亦較佳。

驗證實驗的結果，說明了田口方法應用在產品感性品質最適性參數設計的有效性，同時，

其有效的品質管制技術能協助設計研究者找出影響感性品質的重要造形因子，更藉由重現性與變異數分析之誤差項百分比數值，提供了實驗設計充分性的估計，真正達到品質管值與最佳化的目標。

表 感性品質最佳化設計驗證實驗表（ “ ” 表重現性大於 30% ）

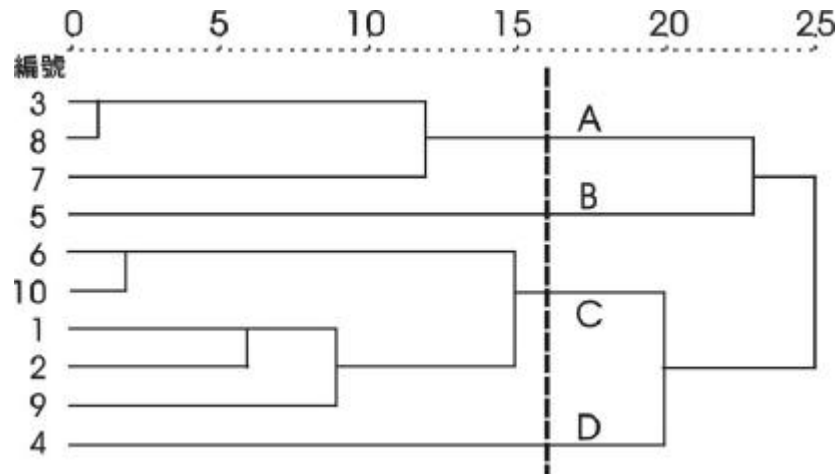
品質項目	最佳參數組合	平均值	Max	確認實驗 S/N 值	預估 S/N 值	確認實驗 增益	預估 增益值	重現性 (%)
獨特的	A1B2C3D3E4F3G3H2I4J4	10.512	12.34	13.380	15.174	1.040	2.834	
時尚的	A1B2C2D3E4F3G3H3I4J3	9.808	11.52	10.590	13.349	-0.930 *	1.829	
優雅的	A1B2C2D3E3F3G3H3I1J3	9.357	11.33	12.369	12.675	1.039	1.345	29.5
女性化的	A2B2C3D3E2F1G3H2I1J4	10.553	12.78	13.784	14.432	1.004	1.652	
輕巧的	A1B2C3D4E1F1G3H2I1J4	10.555	12.66	13.600	14.617	0.940	1.957	
流線的	A1B2C3D3E2F3G1H2I4J1	10.523	13.05	13.039	14.765	-0.011 *	1.715	
簡潔的	A1B1C2D4E2F1G1H3I1J3	10.937	13.57	13.965	15.417	0.395	1.847	
趣味的	A1B2C2D3E2F3G3H3I2J3	9.326	11.45	13.089	13.268	1.639	1.818	10.9
年輕的	A1B2C3D3E2F3G3H2I4J4	11.738	13.05	14.760	14.653	1.710	1.603	6.3

4.2 美感評價準則之模糊層級分析法

將 10 位專家針對美感評價準則所建構成對比較矩陣結果，進行一致性檢定後(以 C.R. < 0.1 為標準)，應用層級分析法 (AHP) 求得 10 位專家對於美感準則的權重結果；而考量人類感官評價的模糊特性，以模糊層級分析法 (FAHP) 進一步找出模糊權重值，依 10 位專家權重值之下限值 (L)、幾何平均數 (M) 與上限值 (U) 以為該項三角模糊數，以區間之模糊概念取代單一明確數值，並應用重心法將模糊數轉為非模糊數，並將各項權重值加以正規化處理，使準則權重值總和等於一，結果如表十七所示。

表十七 專家準則權重之模糊層級分析法 (L 表下限值、M 表幾何平均數、U 表上限值)

準則	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	(L, M, U)	解模糊化	正規化權重
獨創性	0.09	0.19	0.09	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.11	0.10	(0.02, 0.06, 0.19)	0.09	0.087
統一性	0.03	0.05	0.03	0.12	0.07	0.03	0.11	0.03	0.05	0.03	(0.03, 0.05, 0.12)	0.07	0.067
完整性	0.09	0.09	0.04	0.02	0.16	0.06	0.05	0.08	0.03	0.05	(0.02, 0.06, 0.16)	0.08	0.077
愉悅度	0.45	0.42	0.30	0.46	0.35	0.43	0.28	0.26	0.38	0.44	(0.26, 0.37, 0.46)	0.36	0.346
形的滿意度	0.30	0.24	0.45	0.27	0.35	0.29	0.49	0.47	0.38	0.27	(0.24, 0.34, 0.49)	0.36	0.346
簡潔性	0.04	0.03	0.09	0.09	0.04	0.15	0.05	0.12	0.05	0.11	(0.03, 0.07, 0.15)	0.08	0.077
Lamda 值	6.45	6.39	6.47	6.38	6.42	6.44	6.41	6.46	6.46	6.38	-	-	-
C.I.	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	-	-	-
C.R.	0.07	0.06	0.08	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	-	-	-



圖十七 專家準則權重之群聚分析層屬樹狀圖

由表十七中發現，專家在美感準則權重賦予上有所不同，為了解專家評價的差異趨勢，將專家的權重評價結果，針對專家對進行階層群聚分析(Ward 法)。根據群聚分析層屬樹狀圖(如圖十七所示)結果，將專家評價類型分為四種類型，說明如下：

- (1) 群落類型 A：包括專家三、專家七、專家八。此類型主要在準則權重的排序一致性為形的滿意度 > 愉悅度 > 簡潔性，在其他項則略有差異。
- (2) 群落類型 B：僅有專家五，與其專家的評價差異較大。準則權重排序為形的滿意度 = 愉悅度 > 完整性 > 統一性 > 簡潔性 > 獨創性。
- (3) 群落類型 C：包括專家一、專家二、專家九、專家六、專家十。此類型主要在準則權重的排序一致性為愉悅度 > 形的滿意度，在其他項則略有差異。
- (4) 群落類型 D：僅有專家四，與其專家的評價差異較大。準則權重排序為滿意度 = 愉悅度 > 形的滿意度 > 統一性 > 簡潔性 > 獨創性 > 完整性。

由分析結果可知，人類在感官品質的評價上是有模糊差異現象。而面對消費感性的來臨，以往機能主義所強調的美學標準 - 秩序性與簡潔性的重要性也隨著時代而有所改變，相對地是以滿足消費者的心理品質為美感評價的重點。

4.3 產品美感評價之灰色田口法分析

為解決田口多重屬性的品質改善問題，本研究結合灰色系統中的灰關聯分析與田口方法設計，以求得美感多品質之最適參數設計。本實驗 S/N 比灰關聯度分析對產品多重品質特性分析流程，加以說明如下：

- (1) S/N 比計算：產品美感性多品質評價是以 15 位受測者對 6 個美感準則的模糊評估結果為主，模糊語意變數共有 7 階，採用三角隸屬函數將模糊語意變數量化成三角模糊數，資料

分析方式與 4.1 相同，各測試樣本的美感準則評估之三角模糊數如表十八所示，再以重心法解模糊化。研究是以找出何種造形參數組合能達到美感品質最佳化為目標，屬於望大特性。因此，將受測者的感性品質評價結果代入方程式 (7)，即可得各測試樣本的 S/N 回應表，如表十九所示。

(2) 數據前處理：各品質特性在經 S/N 比特性分析後，其每一組數據呈現出不同極性及不同等級的分佈，在依據空間理論的數學基礎，按照規範性、偶對稱性、整體性和接近性，這四項定理，確定參考數列和若干比較數列之間得關聯係數何關聯度，其經數據前處理後，就能關聯度最接近的數值轉換成 1，反之距離最遠的數據將被轉換為 0，因此因子都將介於 0~1 之間，使轉換過的數據資料都具有相當好的一致性[16]，以進行灰關聯度分析。

因此，進一步專家美感準則評價 S/N 值 (表十九) 利用進行數據前處理，將 S/N 值特性處理為 1~0 之間的區間序列，結果如表二十所示。

表十八 專家美感準則評價三角模糊數

NO.	獨創性	統一性	完整性	愉悅性	滿意度	簡潔性
1	(2, 2.8, 3.8)	(3.5333, 4.5333, 5.4)	(3.5333, 4.5333, 5.4667)	(2.5333, 3.4, 4.3333)	(2.6, 3.5333, 4.5333)	(4.2667, 5.2667, 6.0667)
2	(2.8, 3.8, 4.8)	(2.6667, 3.6, 4.6)	(3, 4, 5)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(2.2, 3.0667, 4.0667)	(2.4, 3.4, 4.4)
3	(3.1333, 4.1333, 5.1333)	(2.9333, 3.9333, 4.9333)	(3.3333, 4.3333, 5.3333)	(2.6, 3.4, 4.4)	(2.6667, 3.5333, 4.5333)	(3.1333, 4.1333, 5.1333)
4	(3.3333, 4.3333, 5.3333)	(1.8667, 2.8667, 3.8667)	(1.6, 2.6, 3.6)	(1.2667, 2.2, 3.2)	(1, 1.8, 2.8)	(1.3333, 2.2667, 3.2667)
5	(3.6, 4.5333, 5.5333)	(1.9333, 2.8, 3.8)	(1.8667, 2.7333, 3.7333)	(1.2667, 2.0667, 3.0667)	(1.2, 2, 3)	(2.3333, 3.2667, 4.2667)
6	(2.9333, 3.9333, 4.9333)	(3.2, 4.2, 5.2)	(3, 4, 5)	(2.6667, 3.6, 4.6)	(2.3333, 3.2667, 4.2667)	(3.6, 4.6, 5.6)
7	(3.1333, 4.1333, 5.1333)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(2.4667, 3.4667, 4.4667)	(2.3333, 3.1333, 4.1333)	(2.0667, 2.8667, 3.8667)	(1.9333, 2.9333, 3.9333)
8	(3.2667, 4.2667, 5.2667)	(3.6, 4.6, 5.6)	(3.4667, 4.4667, 5.4667)	(2.8, 3.7333, 4.7333)	(2.8, 3.8, 4.8)	(3.4, 4.4, 5.4)
9	(3, 3.9333, 4.9333)	(2.4, 3.2667, 4.2667)	(2.5333, 3.4, 4.4)	(1.6, 2.4667, 3.4667)	(1.5333, 2.4, 3.4)	(2.5333, 3.5333, 4.5333)
10	(3.4667, 4.4, 5.4)	(2.5333, 3.5333, 4.4667)	(2.3333, 3.3333, 4.3333)	(1.7333, 2.6, 3.6)	(1.8, 2.6, 3.6)	(2.0667, 2.9333, 3.9333)
11	(3.6667, 4.6, 5.6)	(2.5333, 3.4, 4.4)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(2, 2.7333, 3.7333)	(1.7333, 2.4, 3.4)	(2.6, 3.5333, 4.5333)
12	(3.4, 4.4, 5.4)	(2.3333, 3.2, 4.2)	(2.4, 3.2667, 4.2667)	(1.8667, 2.6667, 3.6667)	(1.7333, 2.5333, 3.5333)	(3, 3.9333, 4.9333)
13	(2.8667, 3.8667, 4.8667)	(2.6667, 3.6667, 4.6667)	(3, 4, 5)	(2.6667, 3.6, 4.6)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(2.2, 3.1333, 4.1333)
14	(2.8, 3.8, 4.8)	(3.4, 4.3333, 5.3333)	(3.2667, 4.2, 5.2)	(3.2, 4.2, 5.2)	(3.2, 4.2, 5.2)	(3.7333, 4.7333, 5.6667)
15	(2.8, 3.8, 4.8)	(3.0667, 4, 5)	(3, 3.9333, 4.9333)	(2.9333, 3.8667, 4.8667)	(2.8667, 3.8, 4.8)	(3.8, 4.8, 5.8)
16	(2.6667, 3.6667, 4.6667)	(3, 4, 5)	(3.2667, 4.2667, 5.2667)	(2.2667, 3.2667, 4.2667)	(2.2, 3.2, 4.2)	(2.7333, 3.7333, 4.7333)
17	(1.9333, 2.6667, 3.6667)	(3.8, 4.7333, 5.5333)	(3.8, 4.7333, 5.6667)	(2.6, 3.4667, 4.4667)	(2.8, 3.6667, 4.6667)	(4.0667, 5.0667, 5.9333)
18	(2.7333, 3.7333, 4.7333)	(3.2, 4.2, 5.1333)	(3.4, 4.4, 5.4)	(3.1333, 4.1333, 5.0667)	(3.0667, 4.0667, 5.0667)	(4.0667, 5.0667, 6)
19	(2.4667, 3.4, 4.4)	(1.8667, 2.7333, 3.7333)	(1.8, 2.6667, 3.6667)	(1.8, 2.4667, 3.4667)	(1.5333, 2.2667, 3.2667)	(2.2667, 3.2, 4.2)
20	(3.2667, 4.2667, 5.2667)	(1.8667, 2.6667, 3.6667)	(2.2, 3, 4)	(1.7333, 2.5333, 3.5333)	(1.6, 2.3333, 3.3333)	(2.6, 3.6, 4.6)
21	(2.6, 3.5333, 4.5333)	(2.4667, 3.3333, 4.3333)	(2.6, 3.4667, 4.4667)	(2.2667, 3.2, 4.2)	(2.2667, 3.2, 4.2)	(2.7333, 3.6667, 4.6667)
22	(3.3333, 4.3333, 5.3333)	(2.0667, 2.9333, 3.9333)	(2.4, 3.2667, 4.2667)	(2.3333, 3.2667, 4.2667)	(2.2, 3.1333, 4.1333)	(2.2, 3.1333, 4.1333)
23	(2.2667, 3.1333, 4.1333)	(2.8, 3.6667, 4.6667)	(2.8, 3.6667, 4.6667)	(1.8667, 2.6, 3.6)	(2, 2.8, 3.8)	(3.4, 4.4, 5.4)
24	(2.8, 3.7333, 4.7333)	(2.6, 3.6, 4.6)	(2.7333, 3.7333, 4.7333)	(2.2667, 3.2667, 4.2667)	(1.9333, 2.8667, 3.8667)	(2.5333, 3.4667, 4.4667)
25	(3.2667, 4.2667, 5.2667)	(1.8667, 2.8, 3.8)	(1.8667, 2.7333, 3.7333)	(1.6667, 2.5333, 3.5333)	(1.5333, 2.2667, 3.2667)	(2.0667, 3, 4)
26	(2.6667, 3.6, 4.6)	(3.3333, 4.3333, 5.2667)	(3.1333, 4.0667, 5)	(2.6, 3.5333, 4.4667)	(2.4667, 3.2667, 4.2667)	(3.8667, 4.8667, 5.8)
27	(3.9333, 4.9333, 5.9333)	(2, 2.9333, 3.9333)	(2.1333, 3.1333, 4.1333)	(1.6667, 2.4, 3.4)	(1.6, 2.2667, 3.2667)	(2, 2.9333, 3.9333)
28	(2.7333, 3.7333, 4.7333)	(3, 4, 5)	(2.6667, 3.6, 4.6)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(2.2, 3.0667, 4.0667)	(2.0667, 3, 4)
29	(3, 4, 5)	(3.7333, 4.7333, 5.7333)	(3.8667, 4.8667, 5.8667)	(3.0667, 4.0667, 5.0667)	(3.2, 4.2, 5.2)	(3.7333, 4.7333, 5.6667)
30	(3, 4, 5)	(3.6667, 4.6667, 5.6667)	(3.7333, 4.7333, 5.7333)	(3.2, 4.2, 5.1333)	(3.2, 4.2, 5.2)	(3.4, 4.4, 5.2667)

31	(3, 3.9333, 4.9333)	(2.8667, 3.8, 4.8)	(2.6667, 3.5333, 4.5333)	(2.4667, 3.3333, 4.3333)	(2.2, 3.1333, 4.1333)	(2.8667, 3.8667, 4.8667)
32	(3, 4, 5)	(3.0667, 4.0667, 5.0667)	(3.2, 4.2, 5.2)	(2.4, 3.4, 4.4)	(2.4667, 3.4, 4.4)	(3.2, 4.2, 5.2)

表十九 專家美感準則評價解模糊數值與 S/N 值

NO.	獨創性		統一性		完整性		愉悅性		滿意度		簡潔性	
	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N	g(x)	S/N
1	2.87	9.15	4.49	13.04	4.51	13.09	3.42	10.69	3.56	11.02	5.20	14.32
2	3.80	11.60	3.62	11.18	4.00	12.04	3.42	10.69	3.11	9.86	3.40	10.63
3	4.13	12.33	3.93	11.90	4.33	12.74	3.47	10.80	3.58	11.07	4.13	12.33
4	4.33	12.74	2.87	9.15	2.60	8.30	2.22	6.94	1.87	5.42	2.29	7.19
5	4.56	13.17	2.84	9.08	2.78	8.87	2.13	6.58	2.07	6.31	3.29	10.34
6	3.93	11.90	4.20	12.46	4.00	12.04	3.62	11.18	3.29	10.34	4.60	13.26
7	4.13	12.33	3.42	10.69	3.47	10.80	3.20	10.10	2.93	9.35	2.93	9.35
8	4.27	12.60	4.60	13.26	4.47	13.00	3.76	11.49	3.80	11.60	4.40	12.87
9	3.96	11.94	3.31	10.40	3.44	10.74	2.51	8.00	2.44	7.76	3.53	10.96
10	4.42	12.91	3.51	10.91	3.33	10.46	2.64	8.45	2.67	8.52	2.98	9.48
11	4.62	13.30	3.44	10.74	3.42	10.69	2.82	9.01	2.51	8.00	3.56	11.02
12	4.40	12.87	3.24	10.22	3.31	10.40	2.73	8.73	2.60	8.30	3.96	11.94
13	3.87	11.75	3.67	11.29	4.00	12.04	3.62	11.18	3.42	10.69	3.16	9.98
14	3.80	11.60	4.36	12.78	4.22	12.51	4.20	12.46	4.20	12.46	4.71	13.46
15	3.80	11.60	4.02	12.09	3.96	11.94	3.89	11.80	3.82	11.65	4.80	13.62
16	3.67	11.29	4.00	12.04	4.27	12.60	3.27	10.28	3.20	10.10	3.73	11.44
17	2.76	8.80	4.69	13.42	4.73	13.50	3.51	10.91	3.71	11.39	5.02	14.02
18	3.73	11.44	4.18	12.42	4.40	12.87	4.11	12.28	4.07	12.18	5.04	14.06
19	3.42	10.69	2.78	8.87	2.71	8.66	2.58	8.22	2.36	7.44	3.22	10.16
20	4.27	12.60	2.73	8.73	3.07	9.73	2.60	8.30	2.42	7.68	3.60	11.13
21	3.56	11.02	3.38	10.57	3.51	10.91	3.22	10.16	3.22	10.16	3.69	11.34
22	4.33	12.74	2.98	9.48	3.31	10.40	3.29	10.34	3.16	9.98	3.16	9.98
23	3.18	10.04	3.71	11.39	3.71	11.39	2.69	8.59	2.87	9.15	4.40	12.87
24	3.76	11.49	3.60	11.13	3.73	11.44	3.27	10.28	2.89	9.21	3.49	10.85
25	4.27	12.60	2.82	9.01	2.78	8.87	2.58	8.22	2.36	7.44	3.02	9.61
26	3.62	11.18	4.31	12.69	4.07	12.18	3.53	10.96	3.33	10.46	4.84	13.70
27	4.93	13.86	2.96	9.41	3.13	9.92	2.49	7.92	2.38	7.52	2.96	9.41
28	3.73	11.44	4.00	12.04	3.62	11.18	3.42	10.69	3.11	9.86	3.02	9.61
29	4.00	12.04	4.73	13.50	4.87	13.74	4.07	12.18	4.20	12.46	4.71	13.46
30	4.00	12.04	4.67	13.38	4.73	13.50	4.18	12.42	4.20	12.46	4.36	12.78
31	3.96	11.94	3.82	11.65	3.58	11.07	3.38	10.57	3.16	9.98	3.87	11.75
32	4.00	12.04	4.07	12.18	4.20	12.46	3.40	10.63	3.42	10.69	4.20	12.46
平均值	3.94	11.85	3.72	11.28	3.76	11.38	3.23	10.03	3.12	9.70	3.85	11.54
max	4.93	13.86	4.73	13.50	4.87	13.74	4.20	12.46	4.20	12.46	5.20	14.32
min	2.76	8.80	2.73	8.73	2.60	8.30	2.13	6.58	1.87	5.42	2.29	7.19

表二十 專家美感準則評價 S/N 值正規化結果

NO.	獨創性	統一性	完整性	愉悅性	滿意度	簡潔性
理想序列 X_0	1	1	1	1	1	1
1	0.541	0.772	0.774	0.632	0.652	0.847
2	0.686	0.661	0.712	0.632	0.583	0.629
3	0.729	0.704	0.754	0.639	0.655	0.729
4	0.754	0.541	0.491	0.410	0.321	0.426

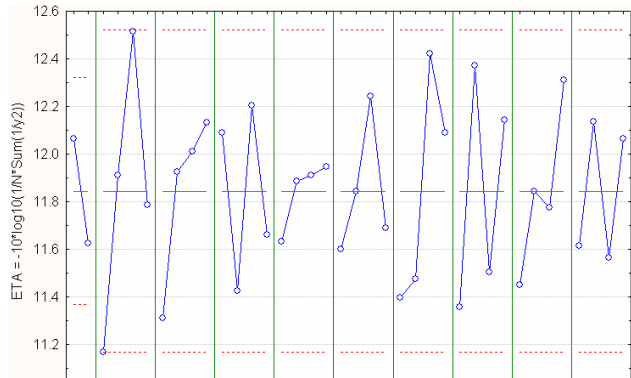
5	0.779	0.537	0.525	0.389	0.373	0.612
6	0.704	0.737	0.712	0.661	0.612	0.784
7	0.729	0.632	0.639	0.598	0.553	0.553
8	0.746	0.784	0.769	0.680	0.686	0.761
9	0.707	0.615	0.636	0.473	0.459	0.649
10	0.764	0.645	0.619	0.500	0.504	0.561
11	0.787	0.636	0.632	0.533	0.473	0.652
12	0.761	0.605	0.615	0.517	0.491	0.707
13	0.695	0.668	0.712	0.661	0.632	0.591
14	0.686	0.756	0.740	0.737	0.737	0.797
15	0.686	0.715	0.707	0.698	0.689	0.806
16	0.668	0.712	0.746	0.608	0.598	0.677
17	0.521	0.794	0.799	0.645	0.674	0.829
18	0.677	0.735	0.761	0.726	0.721	0.832
19	0.632	0.525	0.513	0.487	0.440	0.601
20	0.746	0.517	0.576	0.491	0.455	0.658
21	0.652	0.626	0.645	0.601	0.601	0.671
22	0.754	0.561	0.615	0.612	0.591	0.591
23	0.594	0.674	0.674	0.508	0.541	0.761
24	0.680	0.658	0.677	0.608	0.545	0.642
25	0.746	0.533	0.525	0.487	0.440	0.568
26	0.661	0.751	0.721	0.649	0.619	0.811
27	0.820	0.557	0.587	0.469	0.445	0.557
28	0.677	0.712	0.661	0.632	0.583	0.568
29	0.712	0.799	0.813	0.721	0.737	0.797
30	0.712	0.792	0.799	0.735	0.737	0.756
31	0.707	0.689	0.655	0.626	0.591	0.695
32	0.712	0.721	0.737	0.629	0.632	0.737

為比較單一品質與多品質特性的最佳化參數組合的差異，先針對六項美感準則進行單一品質的田口分析，藉由 S/N 比取得因子效益圖，配合變異數分析，找出美感準則其設計因子的最適水準組合並辨識出影響品質特性的顯著因子，分析結果如下列圖、表所示。最後，藉由田口分析的結果，找出設計因子的最適水準組合（如表二十七、圖二十七所示），並辨識出影響美感準則單一品質特性的顯著性因子。

表二十一 獨創性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	1.561	1	1.561	1.707	2.559	0.53
{B}Var2	7.311	3	2.437	2.665	14.734	0.72
{C}Var3	3.232	3	1.077	1.178	3.780	0.60
{D}Var4	3.205	3	1.068	1.168	3.708	0.71
{E}Var5	0.490	3	0.163			0.77
{F}Var6	1.945	3	0.648			0.57
{G}Var7	5.835	3	1.945	2.127	10.771	0.48
{H}Var8	5.778	3	1.926	2.106	10.617	0.78
{I}Var9	3.012	3	1.004	1.098	3.188	0.59

圖二十一 獨創性品質 S/N 因子效益圖

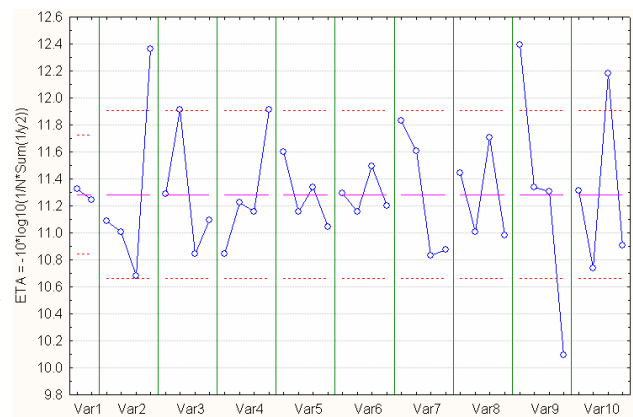


{J}Var10	2.120	3	0.707		0.65
誤差	2.743	3	0.914		
合併誤差	7.299	12	0.608	50.644	
總和	37.234	31			100

表二十二 統一性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.056	1	0.056			0.81
{B}Var2	13.178	3	4.393	5.699	17.529	0.09
{C}Var3	5.015	3	1.672	2.169	5.489	0.27
{D}Var4	4.882	3	1.627	2.111	5.292	0.28
{E}Var5	1.410	3	0.470			0.65
{F}Var6	0.536	3	0.179			0.87
{G}Var7	6.226	3	2.075	2.692	7.274	0.22
{H}Var8	2.998	3	0.999	1.296	2.512	0.42
{I}Var9	21.212	3	7.071	9.172	29.378	0.05*
{J}Var10	9.972	3	3.324	4.312	12.800	0.13
誤差	2.313	3	0.771			
合併誤差	4.314	10	0.431		19.727	
總和	67.797	31			100	

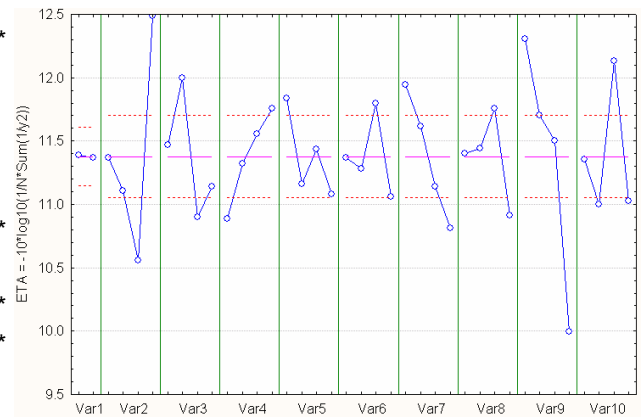
圖二十二 統一性品質 S/N 因子效益圖



表二十三 完整性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.005	1	0.005			0.89
{B}Var2	15.813	3	5.271	24.837	22.200	0.01*
{C}Var3	5.446	3	1.815	8.554	7.188	0.06
{D}Var4	3.329	3	1.110	5.230	4.124	0.10
{E}Var5	2.798	3	0.933	4.395	3.355	0.13
{F}Var6	2.293	3	0.764	3.602	2.624	0.16
{G}Var7	6.008	3	2.003	9.437	8.002	0.05*
{H}Var8	2.900	3	0.967	4.556	3.503	0.12
{I}Var9	23.164	3	7.721	36.383	32.844	0.01*
{J}Var10	6.668	3	2.223	10.473	8.958	0.04*
誤差	0.637	3	0.212			
合併誤差	0.642	4	0.160		7.203	
總和	69.061	31			100	

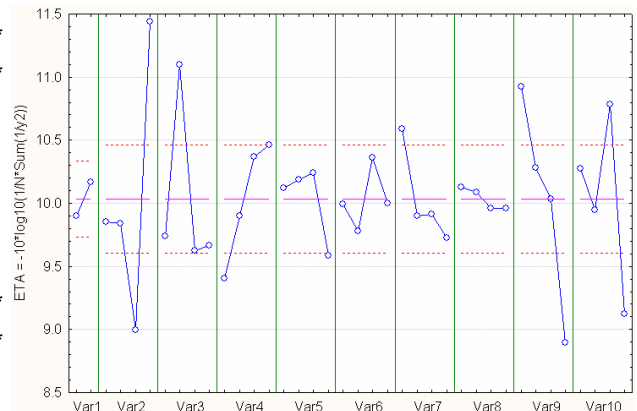
圖二十三 完整性品質 S/N 因子效益圖



表二十四 愉悅性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.582	1	0.582	1.601	0.459	0.30
{B}Var2	24.984	3	8.328	22.926	30.236	0.01*
{C}Var3	12.132	3	4.044	11.133	14.275	0.04*
{D}Var4	5.656	3	1.885	5.190	6.232	0.10
{E}Var5	2.171	3	0.724	1.993	1.906	0.29
{F}Var6	1.421	3	0.474	1.304	0.974	0.42
{G}Var7	3.508	3	1.169	3.219	3.566	0.18
{H}Var8	0.184	3	0.061			0.91
{I}Var9	17.160	3	5.720	15.746	20.519	0.02*
{J}Var10	11.637	3	3.879	10.679	13.661	0.04*
誤差	1.090	3	0.363			
合併誤差	1.274	6	0.212		8.174	
總和	80.526	31			100	

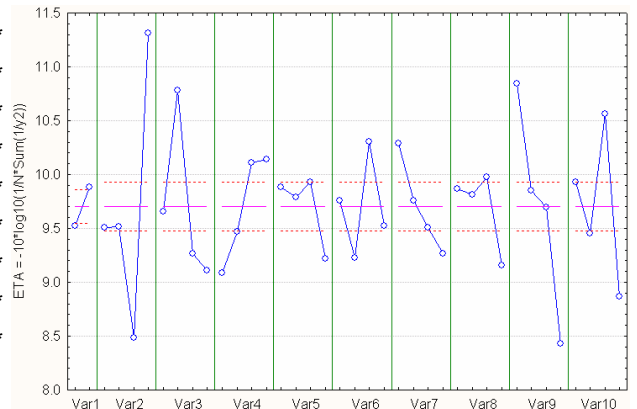
圖二十四 愉悅性品質 S/N 因子效益圖



表二十五 形的滿意度品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.997	1	0.997	9.864	0.845	0.05*
{B}Var2	33.226	3	11.075	109.626	31.065	0.00*
{C}Var3	13.704	3	4.568	45.216	12.645	0.01*
{D}Var4	6.320	3	2.107	20.851	5.677	0.02*
{E}Var5	2.626	3	0.875	8.663	2.191	0.05*
{F}Var6	4.948	3	1.649	16.325	4.382	0.02*
{G}Var7	4.620	3	1.540	15.244	4.073	0.03*
{H}Var8	3.285	3	1.095	10.837	2.813	0.04*
{I}Var9	23.492	3	7.831	77.510	21.880	0.00*
{J}Var10	12.462	3	4.154	41.119	11.473	0.01*
誤差	0.303	3	0.101			
合併誤差	0.303	3	0.101		2.955	
總和	105.982	31			100	

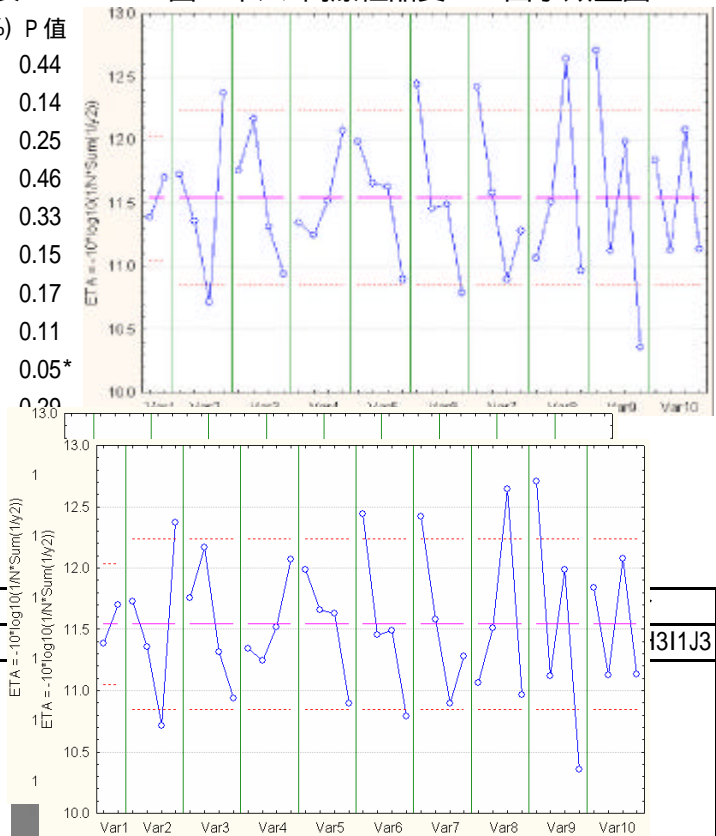
圖二十五 形的滿意度品質 S/N 因子效益圖



表二十六 簡潔性品質變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P 值
{A}Var1	0.780	1	0.780			0.44
{B}Var2	11.495	3	3.832	3.956	9.038	0.14
{C}Var3	6.842	3	2.281	2.355	4.221	0.25
{D}Var4	3.259	3	1.086	1.121	0.512	0.46
{E}Var5	5.118	3	1.706	1.761	2.437	0.33
{F}Var6	11.075	3	3.692	3.811	8.603	0.15
{G}Var7	10.038	3	3.346	3.454	7.530	0.17
{H}Var8	14.214	3	4.738	4.891	11.852	0.11
{I}Var9	25.127	3	8.376	8.647	23.150	0.05*
{J}Var10	5.744	3	1.915	1.977	3.084	0.30
誤差	2.906	3	0.969			
合併誤差	3.686	4	0.922		29.572	
總和	96.599	31			100	

圖二十六 簡潔性品質 S/N 因子效益圖



準則	最佳參數組合	準則	最佳參數組合	準則	最佳參數組合
獨創性	A1B3C4D3E4F3G3H2I4J2	統一性	I3I1J3		
準則	最佳參數組合	準則	最佳參數組合	準則	最佳參數組合
愉悅性	A2B4C2D4E3F3G1H1I1J3	滿意度	A2B4C2D4E3F3G1H3I1J3	簡潔性	A2B4C2D4E1F1G1H3I1J3

圖二十七 美感準則單一品質田口分析最佳化參數設計

根據美感準則單一品質田口分析的結果可知(表二十七),“完整性”、“愉悅性”、“形的滿意度”等實驗的誤差項百分比(%) 15%,表示該準則實驗並未忽略掉一些重要因子。而“獨創性”的誤差項百分比(%) 50%,表示有些重要因子被忽略掉了,此結果可能是因為研

究在造形參數的設定，是根據現有市面上行動電話造形為基礎，是受測者所熟悉的、並不具獨特性。再進一步比較各準則的最佳化參數結果，獨特性的參數與其他準則差異甚大；統一性與完整性的結果是相同的；形的滿意度與愉悅性僅在 H 因子上有所差異、與簡潔性僅在 E 與 F 因子上有所差異。同時，藉由 P-值的判定亦找出影響準則品質的顯著性因子。

表二十七單一品質與多品質最佳參數組合比較表(灰色區塊表該參數與多品質最佳參數不同者)

項目	最佳參數組合	顯著因子	誤差項百分比(%)
獨創性	A1 B3 C4 D3 E4 F3 G3 H2 I4 J2	-	50.644
統一性	A1 B4 C2 D4 E1 F3 G1 H3 I1 J3	I	19.727
完整性	A1 B4 C2 D4 E1 F3 G1 H3 I1 J3	B,G,I,J	7.203
愉悅性	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H1 I1 J3	B,C,I,J	8.174
形的滿意度	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H3 I1 J3	A,B,C,D,E,F,G,H,I	2.955
簡潔性	A2 B4 C2 D4 E1 F1 G1 H3 I1 J3	I	29.572
美感灰關聯	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H3 I1 J3	B,C,I	12.195

(3) 灰關聯度分析：灰關聯度分析為實驗組序對理想組序的比較，在數據前處理中已將 S/N 比特性處理成 1~0 的區間序列。而在其中 1 代表著為最接近理想值，因此，在此灰關聯分析中，將 1 設定為理想值，故理想序列 X_0 在各項準則之數值皆為 1。在各準則權重值的設定是根據 4.2 專家模糊層級分析所求出的正規化權重數值，如表二十八所示。在表二十七直交表實驗組灰關聯度最接近理想序列為第 30 組，關聯度為 0.829，其他各組對理想序列相近程度與灰排序結果如表二十八所示。

表二十八 美感評價與理想序列之關聯係數與灰關聯度

準則	美感準則評價 (多品質)						灰關聯度	灰關聯序	美感評價 (直接評價)		
	獨創性	統一性	完整性	愉悅性	滿意度	簡潔性			美感模糊評價	解模糊化	排序
權重	0.087	0.067	0.077	0.346	0.346	0.077					
X_0	1	1	1	1	1	1					
1	0.617	0.867	0.871	0.696	0.716	1.000	0.744	8	(3, 4, 4.9333)	3.98	5
2	0.753	0.726	0.785	0.696	0.651	0.693	0.694	16	(2.2667, 3.0667, 4.0667)	3.13	16
3	0.807	0.774	0.840	0.703	0.719	0.807	0.741	9	(2.6667, 3.4667, 4.4667)	3.53	11
4	0.840	0.617	0.580	0.530	0.483	0.539	0.551	32	(1.0667, 1.9333, 2.9333)	1.98	30
5	0.879	0.614	0.604	0.518	0.509	0.677	0.572	31	(1.0667, 1.6667, 2.6667)	1.80	32
6	0.774	0.818	0.785	0.726	0.677	0.887	0.736	10	(2.6, 3.4667, 4.4667)	3.51	14
7	0.807	0.696	0.703	0.664	0.626	0.626	0.665	21	(1.9333, 2.6667, 3.6667)	2.76	23
8	0.829	0.887	0.863	0.746	0.753	0.852	0.782	5	(2.8667, 3.8, 4.8)	3.82	6
9	0.778	0.680	0.699	0.568	0.559	0.713	0.612	26	(1.7333, 2.6, 3.6)	2.64	25
10	0.855	0.709	0.683	0.586	0.589	0.632	0.629	25	(1.7333, 2.5333, 3.5333)	2.60	26
11	0.891	0.699	0.696	0.611	0.568	0.716	0.641	23	(2, 2.7333, 3.7333)	2.82	22
12	0.852	0.670	0.680	0.598	0.580	0.778	0.639	24	(1.8, 2.6667, 3.6667)	2.71	24
13	0.764	0.733	0.785	0.726	0.696	0.657	0.718	13	(2.6667, 3.6, 4.6)	3.62	9
14	0.753	0.844	0.821	0.818	0.818	0.907	0.821	3	(3.1333, 4.0667, 5.0667)	4.09	3

15	0.753	0.789	0.778	0.767	0.757	0.923	0.777	6	(2.6, 3.5333, 4.4667)	3.53	12
16	0.733	0.785	0.829	0.673	0.664	0.743	0.700	14	(2.5333, 3.4667, 4.4667)	3.49	15
17	0.601	0.903	0.911	0.709	0.740	0.965	0.758	7	(2.8667, 3.8, 4.8)	3.82	7
18	0.743	0.814	0.852	0.803	0.796	0.969	0.813	4	(3, 4, 5)	4.00	4
19	0.696	0.604	0.595	0.577	0.547	0.667	0.588	30	(1.3333, 1.8, 2.8)	1.98	31
20	0.829	0.598	0.645	0.580	0.556	0.723	0.611	27	(1.6667, 2.5333, 3.5333)	2.58	27
21	0.716	0.690	0.709	0.667	0.667	0.736	0.681	18	(2.6667, 3.6, 4.6)	3.62	10
22	0.840	0.632	0.680	0.677	0.657	0.657	0.680	19	(2.1333, 3, 4)	3.04	18
23	0.661	0.740	0.740	0.592	0.617	0.852	0.648	22	(2.0667, 2.8667, 3.8667)	2.93	21
24	0.746	0.723	0.743	0.673	0.620	0.706	0.672	20	(2.2, 3.0667, 4.0667)	3.11	17
25	0.829	0.611	0.604	0.577	0.547	0.638	0.598	29	(1.2667, 1.8667, 2.8667)	2.00	29
26	0.726	0.836	0.796	0.713	0.683	0.931	0.735	11	(2.6, 3.5333, 4.4667)	3.53	13
27	0.948	0.629	0.654	0.565	0.550	0.629	0.609	28	(1.5333, 2.1333, 3.1333)	2.27	28
28	0.743	0.785	0.726	0.696	0.651	0.638	0.688	17	(2.1333, 2.8667, 3.8667)	2.96	20
29	0.785	0.911	0.935	0.796	0.818	0.907	0.829	1	(3.1333, 4.1333, 5.1333)	4.13	2
30	0.785	0.899	0.911	0.814	0.818	0.844	0.828	2	(3.2, 4.2, 5.1333)	4.18	1
31	0.778	0.757	0.719	0.690	0.657	0.764	0.698	15	(2.1333, 2.9333, 3.9333)	3.00	19
32	0.785	0.796	0.818	0.693	0.696	0.818	0.728	12	(2.7333, 3.7333, 4.7333)	3.73	8

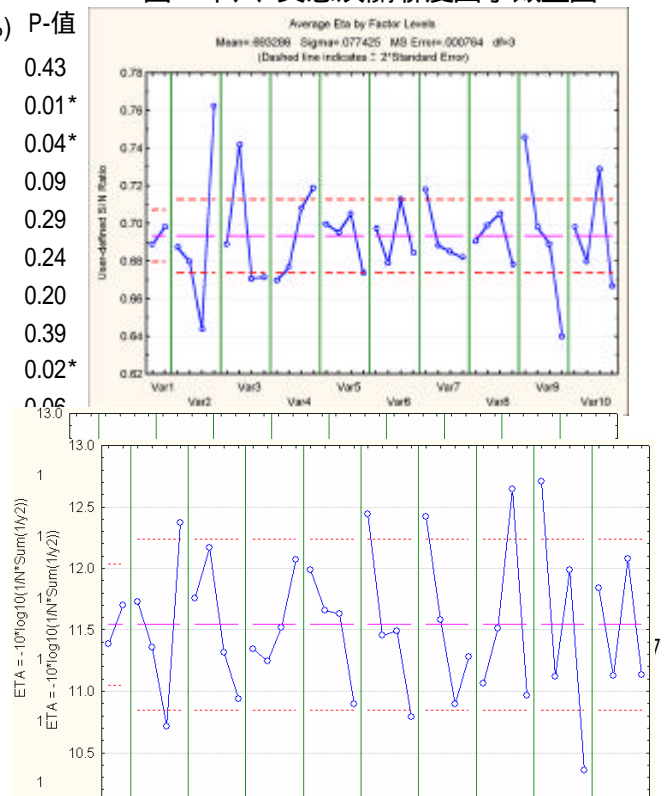
(4) 因子效果分析：將表二十七的關聯度數值進行田口分析，所得變異數分析、因子效益圖與因子回應表，如表二十九、圖二十八、表三十所示。根據灰關聯度回應表中所示，數值愈大者，代表品質愈好，產品品質愈接近理想值，因此 A2B4C2D4E3F3G1H3I1J3 可以找出最大灰關聯度回應值，即為最佳參數組合，經與美感準則的最佳參數結果（表二十七）相比較，是與“形的滿意度”相同的。

(5) 變異數分析：灰關聯度變異數分析的旨在以統計的方法，在多重品質特性的綜合性評估之中，找出對整個系統具有顯著程度因子者，其結果如表二十八所示。由表中之 F 值與 P-值可知，因子 B 機身造形輪廓、C 機身側邊曲線、I 數字鍵視覺完形為顯著因子 (sig.<0.05)，判定因子 B、C、I 因子其對於整個美感多重品質特性有顯著的影響存在。

表二十九 美感灰關聯度變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	貢獻率(%)	P-值
{A}Var1	0.001	1	0.001			0.43
{B}Var2	0.060	3	0.020	25.971	30.839	0.01*
{C}Var3	0.027	3	0.009	11.813	13.385	0.04*
{D}Var4	0.014	3	0.005	6.028	6.252	0.09
{E}Var5	0.005	3	0.002	2.032	1.325	0.29
{F}Var6	0.006	3	0.002	2.415	1.797	0.24
{G}Var7	0.007	3	0.002	2.980	2.494	0.20
{H}Var8	0.003	3	0.001	1.414	0.563	0.39
{I}Var9	0.045	3	0.015	19.546	22.919	0.02*
{J}Var10	0.017	3	0.006	7.634	8.232	0.06
誤差	0.002	3	0.001			
合併誤差	0.001	1	0.001	0.829	12.195	
總和	0.060	3	0.020	25.971	100	

圖二十八 美感灰關聯度因子效益圖



表三十 美感灰關聯度回應表 (*表最大灰關聯度)

	水準一	水準二	水準三	水準四
A (Var 1)	0.689	0.698 *	-	-
B (Var 2)	0.687	0.680	0.644	0.762 *
C (Var 3)	0.689	0.742 *	0.671	0.671
D (Var 4)	0.670	0.676	0.708	0.719 *
E (Var 5)	0.699	0.695	0.705 *	0.673
F (Var 6)	0.698	0.679	0.713 *	0.684
G (Var 7)	0.718 *	0.688	0.685	0.682
H (Var 8)	0.690	0.699	0.705 *	0.678
I (Var 9)	0.746 *	0.698	0.689	0.640
J (Var10)	0.698	0.680	0.729 *	0.666

為檢驗美感灰關聯田口品質特性評價的應用性，進行“美感”模糊評價調查，以了解模式之適用性。考量美感評估的專業性，受測者委由交通大學應用藝術研究所碩士研究生 15 名，針對直交表之 32 個測試樣本（圖四所示），直接針對樣本之美感程度進行評價，評價量尺採用 7 階的模糊語意量表，直接針對樣本之美感程度進行評價，評價結果與排序如表二十七所示。由表中可知，兩者排序並不完全相同；為進一步了解兩者之間的相關性，利用無母數分析之 Kendall 等級相關係數（tau），針對兩模式的評比排序加以檢定，如表三十一所示。由 Kendall 等級相關檢定結果可知，在顯著水準要求下（Pr.=0.00<0.050），兩模式之評選排序相關係數高達 0.863，表示兩者的評選具有高相關，說明了研究提出之美感灰關聯田口評價模式之有效性，可實際應用在產品美感的評價與預測。

表三十一 美感排序與美感灰關聯序之 Kendall 等級相關係數

等級相關係數			
	美感排序	灰關聯序	顯著性
美感排序	1	0.863	0.000 *

為確認美感準則最佳參數是否能改善產品感性品質，委請 3.3-3 之 15 名專家，針對美感準則的最佳化參數設計樣本（圖二十七），進行模糊品質評價，並將評價結果轉換為美感準則品質 S/N 值（db），結果如表三十二所示。

表三十二 最佳化參數設計之樣本驗證實驗結果

最佳參數設計	模糊評價	解模糊值	確認實驗 S/N 值
獨創性	(4.00 ,5.00 ,6.00)	5.000	13.979
統一性	(5.22 ,6.22 ,6.94)	6.130	15.749
完整性	(4.89 ,5.89 ,6.78)	5.852	15.346
愉悅性	(3.50 ,4.50 ,5.50)	4.500	13.064
形的滿意度	(3.58 ,4.58 ,5.58)	4.579	13.215
簡潔性	(4.56 ,5.56 ,6.39)	5.500	14.807

驗證實驗的比對對象是以專家美感準則評價結果中（表十九），選擇 S/N 值最大者。由實驗結果可知（表三十三），品質特性的改善量：獨創性增加了 0.119db、統一性增加了 2.249db、完整性增加了 1.606db 愉悅性增加了 0.604db 形的滿意度增加了 0.755db 簡潔性增加了 0.487db，其中以統一性與完整性的品質增益最大。再將實際增益結果與預期增益相比較，雖然並未達到預估的增益值，此現象可能是由於產品感官評價的模糊性與相對比較性特質，致使在評價中產生誤差，因此較難以確定數值明顯表現彼此差距的存在，但是相關最佳參數組合設計的確對於產品整體美感品質是有所提昇，對於在產品心理面品質（感性與美感）的度量與管制仍是有效的方法。

表三十三 最佳化參數設計之樣本驗證實驗表

品質項目	最佳參數組合	平均值	Max	確認實驗 S/N 值	預估 S/N 值	確認實驗 增益	預估 增益值
獨創性	A1 B3 C4 D3 E4 F3 G3 H2 I4 J2	11.85	13.86	13.979	15.746	0.119	1.886
統一性	A1 B4 C2 D4 E1 F3 G1 H3 I1 J3	11.28	13.50	15.749	17.161	2.249	3.661
完整性	A1 B4 C2 D4 E1 F3 G1 H3 I1 J3	11.38	13.74	15.346	17.001	1.606	3.261
愉悅性	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H1 I1 J3	10.03	12.46	13.064	15.899	0.604	3.439
形的滿意度	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H3 I1 J3	9.70	12.46	13.215	16.692	0.755	4.232
簡潔性	A2 B4 C2 D4 E1 F1 G1 H3 I1 J3	11.54	14.32	14.807	18.691	0.487	4.371

再比較多品質美感分析的最佳參數化品質改善能力，委請 3.3-3 之 15 名專家，對多品質的最佳化參數設計樣本（圖二十七）進行六項美感準則的模糊品質評價，並將評價結果轉換為 S/N 值（db），結果如表三十四所示。驗證實驗的比對對象是灰關聯分析結果中（表二十八），選擇灰關聯度最大者（第 29 組）。由實驗結果可知（表三十五），品質特性的改善量：統一性增加了 0.838db、完整性增加了 0.390db、愉悅性增加了 0.765db、形的滿意度增加了 0.755db、簡潔性增加了 0.082db，其中以統一性的品質增益最大；然而，獨創性（-1.357）品質 S/N 值卻有所減少，觀察其變異數分析結果（表二十七），獨創性的（50.644）實驗結果之誤差項百分比較大，可能是實驗設計中忽略了某些重要因子，或是實驗狀況不佳、或是衡量誤差所致。同時，在全體準則中，獨創性權重（0.087）分配亦較小，在考量多品質最佳化參數選擇時即有所取捨，可導致在該項準則的品質效益未有所改善。

美感多品質最佳化參數實驗的結果，雖然在獨創性品質上並未有所改善，但是，在其他美感準則品質上是有所提昇，亦證明灰關聯田口分析模式在多品質特性最佳化參數問題的有效性。

表三十四 美感多品質最佳化參數之樣本驗證實驗結果

最佳參數設計	模糊評價	解模糊值	確認實驗 S/N 值
獨創性	(2.47 3.42 4.37)	3.421	10.683
統一性	(4.26 5.26 6.11)	5.211	14.338

完整性	(4.16 .5.11 .6.00)	5.088	14.130
愉悅性	(3.47 .4.47 .5.37)	4.439	12.945
形的滿意度	(3.58 .4.58 .5.58)	4.579	13.215
簡潔性	(3.79 .4.79 .5.68)	4.754	13.542

表三十五 美感多品質之最佳化參數設計 S/N 比較表

品質項目	獨創性	統一性	完整性	愉悅性	形的滿意度	簡潔性	參數組合
第 29 組	12.04	13.50	13.74	12.18	12.46	13.46	A2 B4 C1 D3 E4 F2 G4 H2 I1 J3
最佳參數組合	10.683	14.338	14.130	12.945	13.215	13.542	A2 B4 C2 D4 E3 F3 G1 H3 I1 J3
S/N 比差	-1.357	0.838	0.390	0.765	0.755	0.082	

五、結論與建議

田口品質工程強調的重點是在產品或製程設計時就考慮品質問題，亦即如何降低產品績效的變異。而感性工學的研究與發展，已成功地應用在相關設計輔助系統，說明了感性是可藉由造形參數的選擇、設定，達到特定感性量的賦予，亦即可將產品感性視為其品質的一部分。在相關感性工學的研究中，主要是以多變量統計方法論探討造形參數與感性量的相關性，本研究嘗試應用品質工程的田口方法以探討產品「心理面品質 - 產品美感與感性」，同時達到品質提昇與降低品質變異的問題。而研究之相關結論如下：

(1) 藉由模糊理論的應用，將主觀的感性/美感判斷予以數量化，再進一步整合田口方法之損失函數概念，建立產品感性品質的概念；同時，利用田口方法的實驗設計與衡量品質損失函數觀點而形成的分析技巧，以 S/N 因子效益回應表、回應圖配合變異數分析，建立感性品質與造形參數之相關性；並依據因子效益值求得各感性品質的最適水準組合，並辨識出影響品質特性的顯著因子。同時，可藉由誤差項百分比數值，進行實驗的適當性的估計，以確認是否真正有效地掌控了影響感性品質的重要因子，達到產品感性品質研究信度與效度的提升。

(2) 藉由專家焦點小組與模糊層級分析法的應用，建構出產品美感評估準則包括：獨特性、統一性、完整性、愉悅性形的滿意度與簡潔性，並求得各美感準則的權重值，以有效掌握產品美感品質。

(3) 利用田口方法探討產品美感準則品質與造形因子的相關性，求得各準則品質的最適水準組合，辨識出影響品質特性的顯著因子，並進行實驗適當性的評估。

(4) 田口方法的進行，多是針對單一品質的最適水準組合。然而，產品美感品質評價是屬於多重品質的特性；因此，研究整合灰關聯分析與田口方法求得美感多品質之最適參數設計。

並藉由美感準則單一品質分析與美感多品質分析結果進行比較，以確認美感品質的最佳化設計，並辨識出影響多品質特性的顯著因子。

(5)藉由驗證實驗的進行，產品感性與美感品質是的有所增益，雖然並未達到預期增益值，此現象可能是由於產品感官評價的模糊性與相對比較性特質，致使在評價中產生誤差，因此較難以確定數值明顯表現彼此差距的存在，但是相關最佳參數組合設計的確對於產品感性與美感品質是有所提昇，對於在產品心理面品質（感性與美感）的度量與管制仍是有效的方法。

未來的研究方向，可將田口方法推廣於其他類型之產品，檢驗其實際應用的績效。同時，可應用類神經網路分析模式的預測特質，進行產品感性品質評價系統的建構。

參考文獻

1. 丘永福 編著，造形原理，藝風堂，1993.
2. 蘇朝墩編，產品穩健設計，中華民國品質學會，1999.
3. 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，(1996)，灰色分析入門。高立圖書公司
4. 夏郭賢、吳漢雄(1996)。灰關聯分析之線性數據前處理探討。1996 年第一屆灰色系統理論與應用研討會論文集，pp. 23-30.
5. 紅錦輝，「多響應離縣半導體生產製造之品質管制」國立交通大學工業工程研究所碩士論文，新竹，台灣(1990)
6. 陳宗修，「經驗式損失函數於多種品質特性最佳化問題之應用研究」國立交通大學工業工程研究所碩士論文，新竹，台灣(1993)
7. 王春和，「田口方法於線外品管多重品質特性製程最佳化之應用研究」，國立成功大學工業管理研究所碩士論文，新竹，台灣(1993)
8. 柯瑞芬，「多重品質特性之產品穩健設計決策模式」，國立成功大學工業管理研究所碩士論文，台南，台灣
9. 林江龍，粘朝益和鄭永添，「應用灰關聯分析於放電加工製程參數最適化之研究」，1998 年灰色系統理論與應用研討會，彰化，(第 159 頁~164 頁)(1998)
10. 吳漢雄，鄧聚龍和溫坤禮，灰色分析入門，高立圖書有限公司，台北
11. 鍾清章，田口式品質工程概論，中華民國品質管制協會，台北市
12. 陳和賢、黃卓治和蘇育民，「應用灰關聯分析輔助主成份分析檢驗醬油品質之研究」，灰色系統學刊，第三卷，第一期，第 25-35 頁(2000)
13. Bernhard E. Burdek 著，胡佑宗 譯，工業設計，亞太出版社，1996.
14. Mike Baxter 著，張建成 譯，產品設計與開發，六合出版社，1998.
15. Buckil, J.J, " The Multiple Judge, Multiple Criteria Ranking Problem : A Fuzzy sets and systems 13,pp.25-37(1984)
16. Chua, M. S., Rahman, M., Wong, Y. S., and Loh, L.H., " Determination of Optimal Cutting Conditions Using Design of Experiments and Optimization Techniques, " Internation Kournal of Machine Tools&Manufacture, Vol.33,No.2, pp.297-305(1993)
17. Deng, J. L. (1982). Control problems of grey system. System and Control Letters, Vol. 5, pp. 288-294.
18. Deng, J. L. (1989). Introduction to grey system theory. The Journal of Grey System, Vol. 1, No. 1, pp. 1-24.

19. Deng, J. L. (1990). A course on grey system theory. Huazhong University of Science and Technology Press, Wuhan.
20. Deng, J. L. (1992). The essential methods of grey system. Huazhong University of Science and Technology Press, Wuhan.
21. Greenbaum, T. L., (1993), "The Handbook for Focus Group Research", Lexington Books , NY.
22. Hsu, T.H., "Transportation Project Evaluations: A Fuzzy Measure AHP," Proceedings of NSC, Part C, Vol.7, No1, pp.26-34(1997)
23. Ishiduchi, H., Nozaki, K. and H. Tanaka, "Distributable representation of fuzzy rules and its application to pattern classification," Fuzzy Sets and Systems. 52:21-32(1992).
24. Jean, Y.-C. and S.-M. Guo, "Quality improvement for RC60 chip resistor," Quality and Reliability Engineering International, 12, 439-445(1996).
25. Kaufmann, A. and M. M. Gupta, Fuzzy mathematical Models in Engineering and Management Science, Elsevier Publishers B.V., Amsterdam(1988).
26. Ke, K. T. and Hung, T. H. , (1997). , The study and application of the grey relational grade. Master Thesis, Department of Electrical Engineering, Tatung Institute of Technology.
27. Leon, R, V., Shoemaker, A. C. and R. N. Kacker, "Performance measures independent of adjustment (with discussion)," Technometrics, 29:253-285(1987).
28. Lin, J. L., Wang, K. S. and Yan, B. H., " A Study of Grey-Based and Fuzzy-Based Taguchi Methods for Optimizing the Multi-Response Process, " The Journal of Grey System, Vol. 11, No. 3, pp.257-277(1999)
29. Logothetis, N., and Haigh, A., " Characterizing and Optimizing Multi-Response process by the Taguchi Method, " Quality and Reliability Engineering International, Vol. 4, No. 2, pp.159-169(1988)
30. Mon, D. L., Tzeng, G. H. and Lu, H. C. (1995). Grey decision making in weapon system evaluation. Journal of Chung Chen Institute of Technology, Vol. 24, No. 1, pp. 73-84.
31. Matsuoka, Y., Asanuma, T. and Suzuki, T., Macroscopic Information of Forms for Curve Design Support System, Bulletin of JSSD, Vol. 47, No.3, pp.25-34, 2000.
32. Meyer, Leonard B., "Toward a Theory of Style" , The Concept of Style, Philadelphia ,PA: University Pennsylvania Press, pp.3, 1976.
33. Montgomery, D. C, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, Inc(1991).
34. Nair, V. N., "Testing in industrial experiments with ordered categorical data," Technometrics, 28,

- 283-291(1986).
35. Peace, P. G., Taguchi Methods, Addison-Wesley, New York(1993)
 36. Phadke, M. S., Quality Engineering Using Robust Design, Prentice Hall, New Jersey(1991).
 37. Schmit, Bernd H. ,Simonson, Alex and Marcus ,Oshua ,”Managing Corporate Image and Identity”, Long Rang Planning, Vol.28, No.5, pp.82-92,1995.
 38. Suzuki, T., Asanuma, T. and Matsuoka, Y., The Proposal of The Macroscopic Design Information as A Shape Design Index, ,Bulletin of 4th Asian Design Conference, 1999.
 39. Saaty, T. L.(1980) The Analysis Hierarchy Process, McGraw Hill, New York.
 40. Tzeng, G. H. and Tsaor, S. H. (1994). The multiple criteria evaluation of grey relation model. The Journal of Grey System, Vol. 6, No. 2, pp. 87-108.
 41. 16.Taguchi, G., Statistical Analysis (in Japanese),Maruzen, Tokyo(1966).
 42. Yoshiki Ujiie, Yoshiyuki Matsuoka, Curvature Entropy as A shape-Generation Index, Bulletin of 5th Asian Design Conference,2001.
 43. Yeh, M. F., Hung, T. H. and Lu, H. C. (1999). Studies and applications of GM(1,1) model and grey relational analysis. Dissertation for Ph. D. Degree, Department of Electrical Engineering, Tatung Institute of Technology.
 44. Zadeh, L. A., “Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics,SMC-3,28-44(1973).
 45. Zadeh, L. A., “Fuzzy sets,” Information and Control,8. 338-353(1965).