

觸覺形態特徵對操作方向認知之關係

王則眾* 林嘉俊**

實踐大學工業產品設計學系

* zcwang@mail.usc.edu.tw

**deansusu1980@yahoo.com.tw

摘要

本文主要探討產品外形特徵之觸覺形態特徵與其導引操作方向之關係，期能縮短判定時間和降低操作錯誤率，輔助使用者對產品操作之正確性認知。研究初期，分別觀測單獨以視覺和觸覺感官判定操作方向認知之關係，確立研究變項的關係性與相關研究之假設；第二，進行擷取代表性之觸覺形態特徵的參數變項，依據田口式穩健設計法直交表及結合快速原型技術，製作實體樣本，並接續執行實驗與變異數分析。研究結果顯示，若受測者只感受到單一觸覺形態特徵，會以自身的慣用操作方向或操作經驗操作；若觸覺感受為具有兩種明顯差異的形態特徵，部分受測者將會比較其所接觸兩種形態特徵之施力的容易性，而選擇較易施力的形態特徵，進行操作。

關鍵詞：觸覺辨識、形態特徵、操作認知、田口式穩健設計法

論文引用：王則眾、林嘉俊(2008)。觸覺形態特徵對操作方向認知之關係。《設計學報》，13(1)，1-24。

一、前言

就感官辨識外界刺激訊息的過程而言，視覺感官因受限於許多特定操作情境影響；例如：騎乘交通工具與火災現場等環境條件的限制，感官皆難以在操作產品的同時，詳細辨識其相關的介面形態和標示，需藉由觸覺感官辨識和判斷，所以觸覺感官在接觸時間方面，必須優先於視覺的辨識，甚至具有替代的作用性。觸覺辨識的過程，如操作介面形態特徵未能明確提示其操作方式，就容易產生操作方向的認知差異。於此，Norman(1988)提到：「好的設計應能讓使用者在黑夜中使用，不必靠目視，即可操作。」，強調產品操作介面需注重易辨性，應給予控制介面設計在目視與觸摸等方面皆有顯著的差異，讓使用者在自然情境之下，藉由觸覺介面形態特徵的辨識，得以明確了解其操作方式，輔助其視覺辨識的缺失。綜合以上的說明，本研究嘗試藉以手部觸覺可辨識物體形態之特性，探討產品形態特徵在無視覺輔助情境之下，運用觸覺感官辨識形態特徵與導引介面操作方向認知的關係，並解析產品外形特徵在觸覺方面，能否輔助使用者對該產品操作有所認知，導引正確、安全的使用方向，期能縮短操作時間和降低操作的錯誤率，提供設計方多面向的考量和建議，以提升更為美好的使用經驗。

二、文獻探討

文獻探討部分主要分為三個部份，首先探討使用者從感覺、知覺到認知的歷程；第二，探討觸覺生理的基礎特性與其辨識物體之功用；第三，觸覺形態特徵辨識的相關研究與文獻。

2-1 使用者的感覺、知覺與認知

外界訊息經由感官轉換為認知的過程，大致可區分為：「感覺」、「知覺」與「認知」，三階段依序而生。「感覺」是指人體感官接受外界環境變化的刺激；「知覺」是指感官因外界刺激由中樞神經傳達至腦部的直接反應；而「認知」則是人們依其知覺反應的訊號，參照過去學習的經驗和思考轉換而成的決策與判斷的結果。感覺歷程可解釋為人體對外界刺激處理的第一站，由具有特定功能的接受器，將其刺激轉換成可供神經傳達辨識的能量電位，將訊息經由神經傳送至中樞神經和大腦特定的皮質層，此層面是屬於生理機能的運作。相對的，知覺歷程指的是在感官刺激後的心理作用，以感覺歷程作為基礎根據，將提供的訊號轉換並思考而形成知覺。最後的認知模式，是屬於訊息刺激感官後一連串心理作用的過程，牽動著如何運用舊有知識與參照過去經驗辨識刺激的信號，再作出決策與反應。然而，本研究能使部分受測者會依其觸覺對於接觸形態特徵辨識的感受，以比較性的方式，選擇較為容易施力的表面特徵進行操作，所以其決策操作的方向可能會與慣用方向相反；換言之，先行強化「感覺」、提升「知覺」之比對與完成正確之「認知」。

2-2 觸覺的基礎研究

人體感官主要包括觸覺、視覺、聽覺、嗅覺和味覺等，而其中觸覺為感官經驗中最為重要的一部分，因皮膚不但為人體最大的器官，約占總體重的 16%，也是胚胎中最先發育的感覺系統，更是身體中分布最廣、訊息最多也最為複雜的感官系統。

2-2.1 「觸覺」名詞定義

觸覺(Sense of Touch)為皮膚感覺的一種，在心理學所探討的狹義範圍，指皮膚受到機械刺激而產生的感覺；而廣義的觸覺，還包括增加壓力使皮膚部分變形所引起的膚覺，亦解釋為接觸皮膚或施加壓力，其對於力學刺激所引發的感覺。

觸覺依刺激強度可分為觸覺和壓覺(Hall, et al., 1998; Streri & Gentaz, 2004; Weiss, 1992)，輕輕接觸皮膚就可讓人產生接觸感；當增加刺激，就能產生壓覺。兩者的區分為相對比對關係，在微弱刺激範圍之內，是難以區分的。實際而言，兩接觸感通常是結合在一起，亦可將觸覺統稱為觸壓覺(林安全, 1988)。英文用語中有關「觸覺」的相關用語，最為常見的為：「Touch」。如進一步細分，可用粗略觸覺－「Crude Touch」與精細觸覺－「Fine Touch」；其中「Fine Touch」一詞就包含輕觸覺，即是「Tactile」觸覺的意思，而「Tactile」就是代表精細、輕微觸覺最具代表性的專有名詞。

2-2.2 觸覺形態辨識相關研究

在現代化生產過程有許多旋鈕和操縱桿，為了減輕操作人員視覺的負擔，提升操作正確率，可將旋鈕和操縱桿的操作手柄設計為不同的形狀，利用觸覺辨認其差異性(Norman, 1988)。因此，需要研究哪些形狀容易被觸覺準確地辨認，且需研究觸覺空間知覺功能的基礎研究和應用研究相結合。為了減輕操作人員視覺負擔和防止因視覺辨識不清所產生的操作失當，如：(圖 1)所示，德國核電廠的機電操作員，為了防止操作人員失誤造成嚴重後果，是利用不同形狀的啤酒圖板，加裝在重要的操作控制器上，藉以強化觸覺的辨識準確度，降低操作的錯誤率。Hemami 等人(Hemami, Bay, & Goddard, 1987; Chen & Chiou,

1999)曾嘗試藉由機械人，探究觸覺導引與形態辨識兼之概念性架構的建立；其研究成果為透過一個簡單的機器人設備、感應設備、計算與記憶架構，完成概念性架構建立。此外，以初步知覺處理機器能將未知的表面運動學方程式轉換成可供分析的數據。Lu 等人(2004)的研究指出，觸覺感知特性藉由大拇指至各個指尖的距離量測與分析，以建立 3D 觸覺型態的顯示。在過去的研究中，曲面的彎曲特性一般藉由心理實驗所測量；而在此項研究過程中，已可完整展示 3D 觸覺形狀，也是本論文最重要之貢獻。然而，本研究的實驗過程相較於前者之文獻，目前多以人工觀測受測人員之 2D 觸覺形態特徵辨識與方位認知之行為。

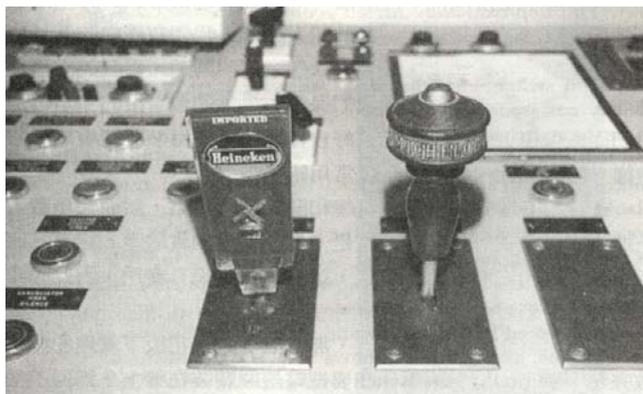


圖 1：核電廠控制介面示意圖

2-3 其他相關研究文獻探討

2-3.1 Affordance 相關議題及對操作方向認知

根據 Gibson 等 (Gibson, 1979; Greeno, 1994)所提之 Affordance 概念，有下列兩種特性：(1) 物品物理特質提供給行為者各種的功能用途感知；(2) 人獲取環境中物質所提供的 Affordance 與個人的屬性與行為能力有關。Vihma (1995)則認為 Affordance 的存在，有兩個方面：(1) 產品透過外形、尺寸與組成成分的條件而存在；(2) 產品的外形條件能夠說明產品能提供何種功能與所具有的意義。陳力豪(2003)在其物件物理特質所提供之 Affordance 感知差異研究結果顯示，人能夠感知不同測試樣本之特徵屬性所呈現之 Affordance，而調整主觀的判斷。因此，人評估物件之機能屬性時，其外觀特徵是重要的影響因素之一。此外，黃啟梧(1999)於探討產品造形字彙對易用性的影響研究中，曾執行一「旋鈕」實驗，研究結果顯示：(1) 受測者對於受測物造形意象的認知可能來自於過去的經驗。(2) 受測物如何使用，似乎來自於受測物本身所提供的指引。(3) 受測物的使用與指引，包括了整體外觀造形及紋理的變化。然而，本研究除了再次驗證前述研究結果之論點(Vihma, 1995; 陳力豪, 2003; 黃啟梧, 1999)，更將其「旋鈕」之造形尺寸量化與應用，並可減低特定設備(施)之操作錯誤率。

2-3.2 群體定型反應 (Population Stereotype) 相關議題及對操作方向認知

許多聯想關係視人們所學到的而定義，即在該文化中某者是如何被定義使用的。在西方世界中，紅色是被想像成「危險」或「停止」，而綠色則代表了「安全」或「可通行」，這樣的聯想關係可被稱為群體定型反應(Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B., & Kroemer, E. K., 2001)。人們對於移動關係之期望通常來自群體定型反應，而某些定型反應會比另一些定型反應更強烈(Mark & Ernest, 1991)。賴鴻森等人(賴鴻森, 2005; Courtney & Chan, 1998; Yu, Wang, Chan, & Peng, 2004)探討人們使用不同類型控制鍵，對應物件移動增量(Increase)的相容性關係。在相容性的探討方面，主要著重於群體定型反應中增量的概念，其主要結果發現，人們對於增量概念注意強弱的次序為：向上為增量 > 向右為增量 > 往順時鐘轉為增量。鄭寶宏及蔡登傳(William & Daniel, 1996; 鄭寶宏, 2005)探討三種類型開關的移動方向，對應電源的開和

關以及音量的增加與減少，要求受測者使用左手與右手打開三種類型的開關，分別為：搖動開關、肘節開關和滑動開關；結果顯示，人們對於要達到增量的效果，在四個相關的平面，較喜歡將控制鍵移往：前方、上方和右方作為對應。

2-3.3 相關議題及對操作方向認知

陳文誌、游萬來(1998)針對視障群體於觸覺符號辨識研究，是以收錄音機操作介面的觸覺符號為例，探討運用觸覺符號輔助辨認產品操作功能的問題。結果發現，在觸覺符號的形式中，以凸面形態的介面辨識率為最好，且經改良後的觸覺符號能有效降低操作時間與辨識錯誤率。使用者對於形狀的偵測以及知覺物體的大小，基本是藉由視覺與觸覺兩種感官系統來獲得。卓淑玲(1985)曾以圖形大小與複雜性，藉以分析圖形的觸知覺之速度與正確性，其結果發現，圖形大小與複雜性的增加，其反應時間會相應增加，但是正確性的變動不大。吳水丕(1997)為了解決硬幣在使用時辨識效果不佳，容易混淆與光線不足時被誤取的問題，遂進行硬幣系統直徑大小可辨性之評估研究，其結果為直徑大小之差異為 0.918mm 時，可辨識硬幣之差異；男女對於硬幣大小的辨識則無顯著差異。鍾葉儀(2004)為探究使用者在無視覺輔助的情況下，其手部的觸覺形態特徵辨識與方位認知之關係性，遂以遙控器為例，並透過口語分析法歸納出影響人們方位辨識的形態特徵，其結果發現視、觸覺於形態特徵辨識與方位認知的具體差異。

綜合上述相關操作方向認知之文獻，可獲悉在視、觸覺於形態特徵辨識與方位認知的確存有其差異性；因此，藉由本研究之探討，可針對在惡劣環境(例如：火災現場)，若摒除視覺輔助的狀態，如何提升觸覺形態特徵辨識與方位認知之正確性。

三、研究方法

本研究實驗步驟主要分成四個階段依序進行，分別為：前置實驗階段、前置實驗假設問題驗證、主體實驗與實驗結果應用等四個階段。首先，前置實驗階段分為兩個項目進行，其一，探討產品操作過程，以視覺感官辨識產品操作方向認知的情形，觀測其形態是否具有導引受測者，判定出正確操作方向之作用；其二，探討使用者在無視覺輔助下，單以觸覺感官辨識操作方向之關係，並藉由實驗觀測與實體樣本觸摸辨識，分析其可能影響操作方向認知的關鍵形態特徵因素，而後設定研究變項的關係性與研究假設；第二，前置實驗假設問題驗證階段，主要目的在驗證前置實驗整理之相關假設，探討觸覺形態特徵認知差異與其影響操作方向之關係性。第三，主體實驗階段分成三個部分進行，首先，收集整理相關旋轉操作類型的產品樣本，進行實體觸摸之實驗，整理觸覺辨識形態特徵的影響要素；歸納其具差異化的觸覺形態特徵；再依上述實驗結果及文獻探討部份，擷取具代表性之觸覺形態特徵的參數與其尺寸變量的範圍，並參照前置實驗所擬定的假設問題依序實驗與驗證，並運用快速原型技術 RP(Rapid Prototype)，製作實驗樣本，再依田口式穩健設計法(Wang & Yan, 2000)，逐一分析實驗結果，整理觸覺形態特徵與開啟方向操作認知的影響關係度。最後，實驗結果應用階段，則依上述實驗分析結果，運用、改良於現有產品，檢測改良後產品的操作錯誤率，評估其運用之可行性。圖 2 即為本文之實驗研究架構圖。

3-1 前置實驗步驟

3-1.1 前置實驗一

為探究使用者辨識操作介面形態特徵與其開啟方向之操作認知的關係，本實驗先行整理三種不同藥廠製造、販售的藥瓶，其測試樣本整理如(圖 3)圖所示；以 Bulicu、Lecithin 與 Centrum 瓶蓋等三種樣本為例，進行相關實驗測試步驟。接著，針對受測者對樣本物件的開啟方向操作認知，受測者人數 50 位，

男女各半，主要以中華中學學生為主，年齡無特別限制條件。依直覺反應於問卷上勾選判定之方向。完成實驗後，將其辨識錯誤率予以統計而分析之，分析影響開啟方向認知之因素，並探討此階段實驗結果。

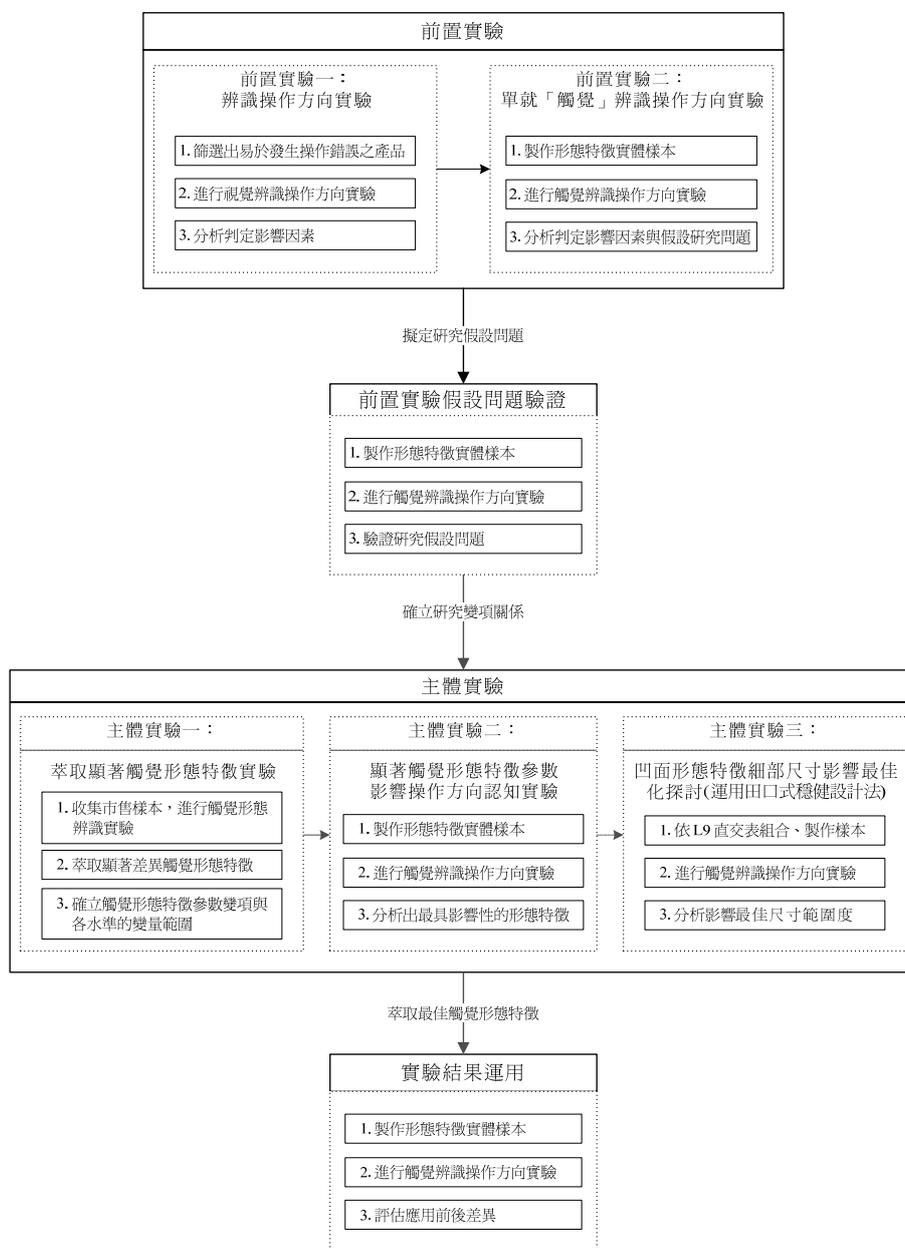


圖 2：整體研究流程架構圖



A01：Lecithin 瓶蓋



A02：Bulicu 瓶蓋



A03：Centrum 瓶蓋

圖 3：樣本細部特徵放大示意圖

3.1-2 前置實驗二

本實驗利用三種不同形態之實體樣本 B01, B02 與 B03, 外觀輪廓如: (圖 4) 所示, 在摒除任何視覺條件辨識情形下, 將受測樣本分別放置於黑箱中測試, 而實驗過程藉由指示受測者完成開啟燈泡的任務指令, 經由手部伸入實驗黑箱中, 單以觸覺感官進行形態辨識的動作, 再請受測群體以直覺判定物件開關合適的開啟方向, 爾後觀測、紀錄其操作情形與辨識正確率, 並請受測者說明其判定之操作方向之影響因素。最後, 依實驗結果統計出影響開啟方向的觸覺形態特徵之假設, 建立後續實驗進行方向與計畫。此外, 本階段實驗樣本之形態構成因素, 主要是參照於前置實驗的善存瓶蓋樣本, 因本研究主要在探究產品本身形態特徵之相關問題, 所以該實驗樣本是藉此將形態簡化後, 放大螺旋狀的局部特徵, 以便於實驗觀測之作業。

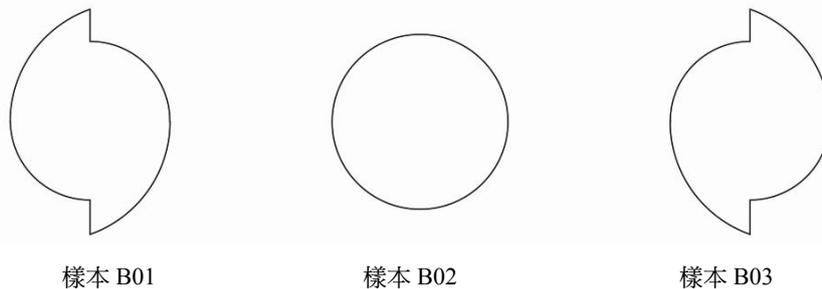


圖 4：實驗樣本外觀輪廓圖

3.1.3 前置實驗假設問題驗證

本實驗階段是依據前述實驗觀測結果, 應用相同的特徵形態與其特徵數量比例, 分別以零個、兩個與四個特徵, 運用 Pro-E 構圖軟體建構參數模型, 內容包含三種樣本形態輪廓圖(圖 5)。實驗方式則同樣給予受測者開啟燈泡之任務, 進行觸覺形態特徵辨識實驗, 再觀測受測者所判定、操作的方向, 依其操作的錯誤率整理實驗結果, 檢視操作方向是否會因形態特徵數量的增加, 而產生顯著改變的結果。本階段實驗人數測試五十人, 男女各半, 年齡則無特別限制條件。

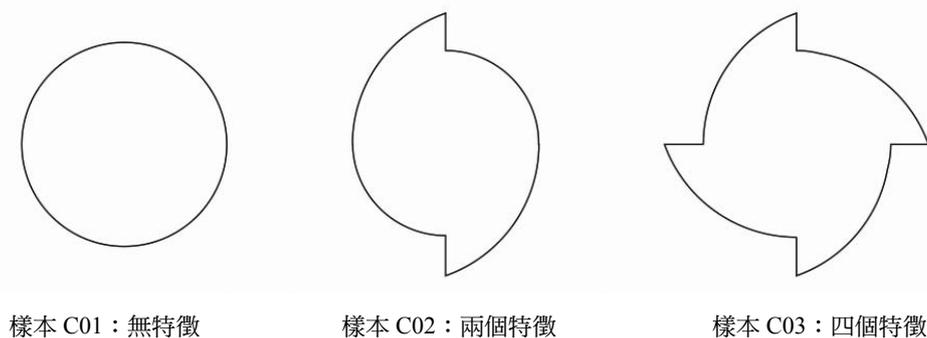


圖 5：樣本 C01、C02、C03 外觀形態輪廓圖

3.2 主體實驗步驟

3.2.1 主體實驗一

本實驗步驟主要以收集樣本階段、擷取基本形態特徵階段與確立形態特徵控制參數及其變化方式等三個部份依序進行, 詳細說明如下:

(1) 樣本收集階段

此階段首先廣泛收集市售的各類旋轉開啟方式的開關介面，並以前置實驗所設定的假設問題為主要觀測重點，後對其產品樣本測量基本尺寸與拍照紀錄，予以編碼、整理與編號。

(2) 擷取基本形態特徵

完成樣本收集與整理後，開始進行實體觸摸的辨識實驗，並藉由具有相關設計背景的研究生五名，描述與紀錄觸覺能顯著辨識之形態特徵，確立後續實驗形態特徵的控制參數，以便其後之實驗形態特徵的探討。

(3) 確立形態特徵參數與其變化方式

此步驟主要分析上述實驗的結果，將受測者所描述的觸覺形態特徵作整理，確立後續實驗形態特徵控制參數與其變化方式，以便其後之實驗的進行。並參照前述文獻探討部份，規劃各形態特徵的代表控制參數與尺寸變化方式，即完成階段實驗。

3-2.2 主體實驗二

本實驗延續主體實驗第一階段所整理之顯著觸覺形態特徵參數，其實驗結果分別為：凹面形態特徵、平面形態特徵、凸面形態特徵、右傾斜面形態特徵與左傾斜面形態特徵等，五種特徵參數進行實驗，而實驗步驟則同樣的先建構模擬參數樣本，經過快速原型製造技術完成實體樣本，加裝螺絲組件後，即完成樣本之製作，並給予開啟燈泡相同任務的方式，置入暗箱進行測試，再比較與紀錄五種不同形態特徵樣本的操作情形，最後分析出最具有影響操作方向認知的關鍵觸覺形態特徵參數，並依相關力學觀點解釋影響之因素。(圖 6)為五種顯著特徵參數之完整外觀輪廓圖。



圖 6：觸覺形態特徵項目設定圖

3-2.3 主體實驗三

本實驗步驟主要藉由田口式穩健設計法，將前述實驗所整理之最具顯著性影響使用者判定開啟方向操作認知的形態特徵，將上述實驗所比較出之形態的厚度、高度和彎曲度，共計三項控制參數(Factor)項目，運用 L9 直交表排列出 9 種代表形態樣本，再運用快速原型製造技術建構實體模型。此外，完成開啟燈泡任務之方式，如同前述之觸覺知覺觸摸實驗，觀測操作開啟的方向性與判定操作的效率性，並依其操作錯誤率，將樣本實體依序排列整理，並依此條件重新進行觸覺知覺實驗，作驗證實驗(Confirmation Experiment)的步驟，藉以釐清觸覺形態特徵與開啟方向操作認知的關係，分析影響最為顯著的觸覺形態特徵組合，確立其形態特徵參數影響判定操作方向之較佳範圍。

四、研究結果與討論

本章節主要為詳述相關實驗的過程與分析其結果，循序探究觸覺形態特徵辨識與開啟方向操作認知的關係度，釐清影響使用者判定開啟方向之因素與關係。以下，將分別詳述各階段的實驗結果與分析：

4-1 前置實驗一：辨識操作方向實驗

此階段實驗，目的在於觀測受測者是否會因樣本的形態差異，而判定出不同操作方向的結果，探究其影響判定之因素。相關實驗結果分述如下：

4-1.1 前置實驗一測試結果

藉由比較各樣本瓶蓋之形態屬性與其測試實驗結果可得知(表 1)–Centrum 瓶蓋的辨識錯誤率是三種樣本中最低，而其形態特徵是具有螺旋形態。

表 1：樣本屬性比較表

樣本名稱	細部特徵形態	外觀形態提示
A01：Lecithin瓶蓋	對稱形態(凸面形態)	○
A02：Bulicu瓶蓋	對稱形態(凹面形態)	○
A03：Centrum瓶蓋	不對稱形態(螺旋形態)	●

●具顯注導引效果 ○不具顯注導引效果

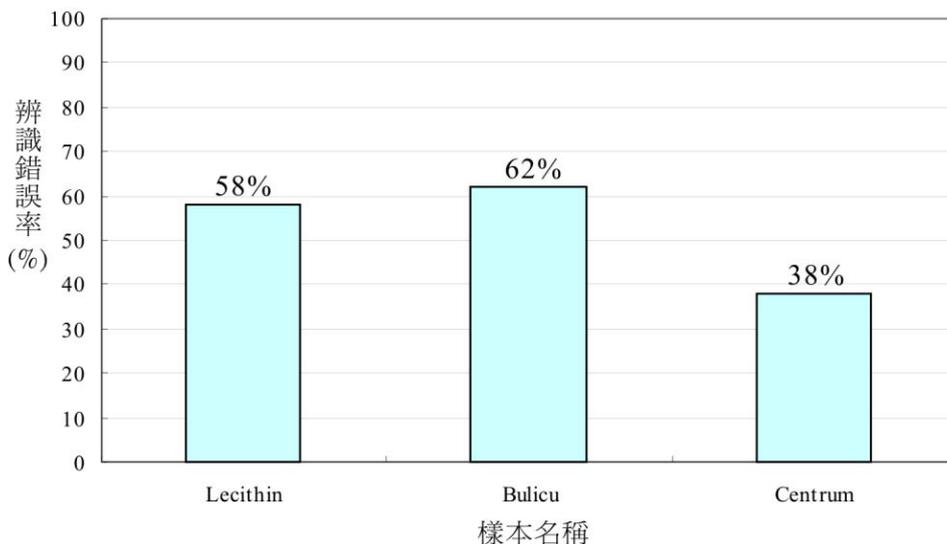


圖 7：開啟方向辨識錯誤率比較表

4-1.2 前置實驗一辨識影響因素探討

經由以上三種樣本的實驗測試與整理，詳見(圖 7)，統計數據顯示，受測群體之平均辨識錯誤率為 52.67%，突顯使用者判定產品正確開啟方向，是容易於發生認知錯誤的情形。

綜合比較，影響判定的因素，經相關問卷题目的釐清後發現，視覺感官在判定產品操作的過程，部分受測者會觀測產品本身形態之特徵；而部份受測者，會參照自身的過去使用經驗作為主要判定之依據。

就產品本身形態特徵提示而言，雖然，Centrum 瓶蓋的操作介面無任何文字、符號等標示，但檢視其辨識錯誤率是較低的(僅有 38%)，經由探究 Centrum 瓶蓋的形態特徵表現，其原因是具有螺旋形態之特徵，而檢視受測者相關回答，顯示占有多數的判定因素是取決於瓶蓋本身形態輪廓的差異，而造成開啟方向的認知有所不同。由實驗結果得知，產品在無任何文字與符號的標示情形下，產品可藉由本身形態特徵的導引提示，達到取代文字、符號等顯著標示的替代作用，藉以讓使用者了解正確之開啟方向，降低操作判定之錯誤率的發生。

4-2 前置實驗二：單就「觸覺」辨識操作方向實驗

4-2.1 樣本B01 實驗測試結果

(圖 8)為受測群體於操作旋轉時，手握持樣本位置的示意圖，而圖中標示的小圓點位置，即表示受測者操作旋轉時，手指握持與接觸的位置，而標記方式是以實驗問卷上，先由受測者自行標示的區域為依據，計測方式如：(圖 8)所示，以累計方式並逐一整理，完成標示註記整理後，為有效比較其分布情形與降低標記位置的偏差，等分為八個區域；分別定義為：a、b、c、d、e、f、g 與 h 等八個區塊，完成握持位置分布的整理。



圖 8：手部握持位置標記方式

(圖 9)共計有三個圖示，見左圖：B01-1 所示，即代表選擇以順時針操作樣本的群體之手部握持分布情形，依分布情形而言，顯示平均分散於各區域，並無較為顯著集中分布的區域；見圖：B01-2 所示，即代表選擇以逆時針操作樣本的群體之手部握持分佈情形，由此可明顯觀察出，以逆時針方向操作樣本的受測者之握持位置區域，大致集中在 a、e 兩區；見右圖：B01-3 所示，即代表全體受測者之手部握持分布情形；就分布情形而言，較為集中分佈的區域仍是 a、e 兩區。

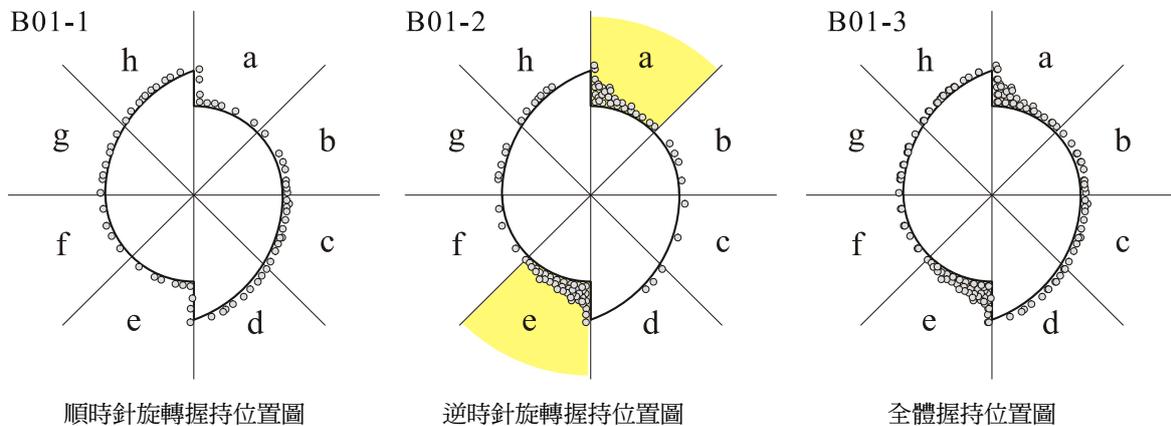


圖 9：樣本 B01 之握持位置示意圖

4-2.2 樣本B02 實驗測試結果

(1) 開啟方向測試結果

經統計所有有效問卷相關答案後，分析出以逆時針旋轉為首要開始旋轉方向的人數，共計有 3 位，其比例占全體受測人數的 6%；而以順時針方向為首要開始旋轉方向的人數，共計有 47 位，其比例占總人數的 94%，而兩種方向的比例差距為 88%。

(2) 手部握持分佈位置結果

受測群體於操作樣本 B02 旋轉時，手部握持位置示意圖，見(圖 10)，左圖：B02-1 為以順時針旋轉的握持情形，同樣平均分布各區域，並無較為顯著集中的區域。圖：B02-2 為以逆時針為旋轉方向的握

持位置圖，亦為平均分散於各區域。右圖：B02-3 所示為全體受測者握持位置的施力示意圖，以區域劃分可知其分布情形是平均分布於各區域。綜合而言，該樣本的握持分布情形並無顯著之集中區域。

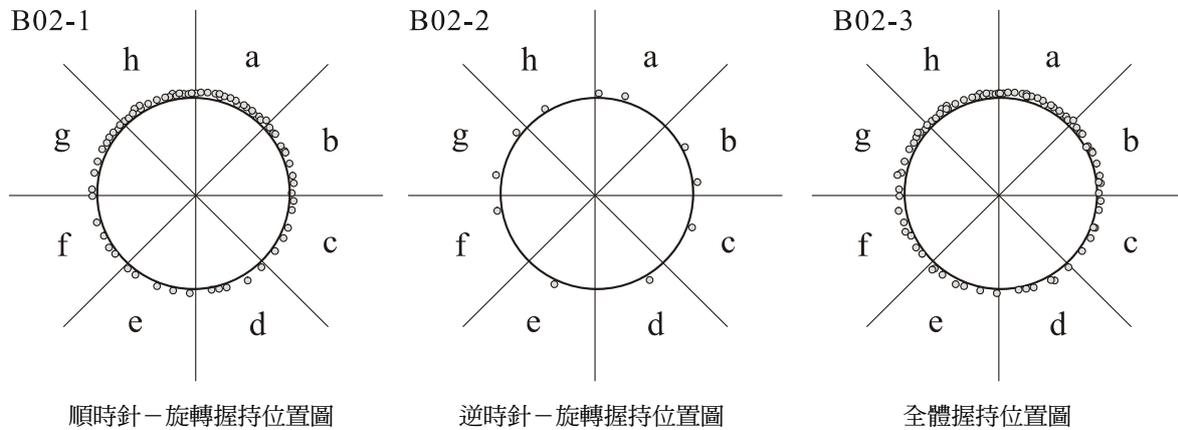


圖 10：樣本 B02 之握持位置分布圖

4-2.3 樣本B03 實驗測試結果

(1) 開啟方向測試結果

逆時針旋轉為首要開始旋轉方向的人數，共計有 4 位，其比例占全體受測人數的 8%；以順時針方向為首要開始旋轉方向的人數，共計有 46 位；其比例占總人數的 92%，而兩種方向的人數比例差距為 84%。

(2) 手部握持分布位置結果

受測群體於操作樣本 B03 之手部握持位置分布圖，見(圖 11)，左圖：B03-1 為以順時針為旋轉方向的握持位置圖，依分布情形而言，為平均分布於各區域；圖：B03-2 為以逆時針為旋轉方向的握持位置圖，其握持情形為平均分布各區域；右圖：B03-3 所示為全體受測者握持位置的施力示意圖，以區域劃分，可知是平均分布於各區域。整體而言，並無較為顯著集中的區域。

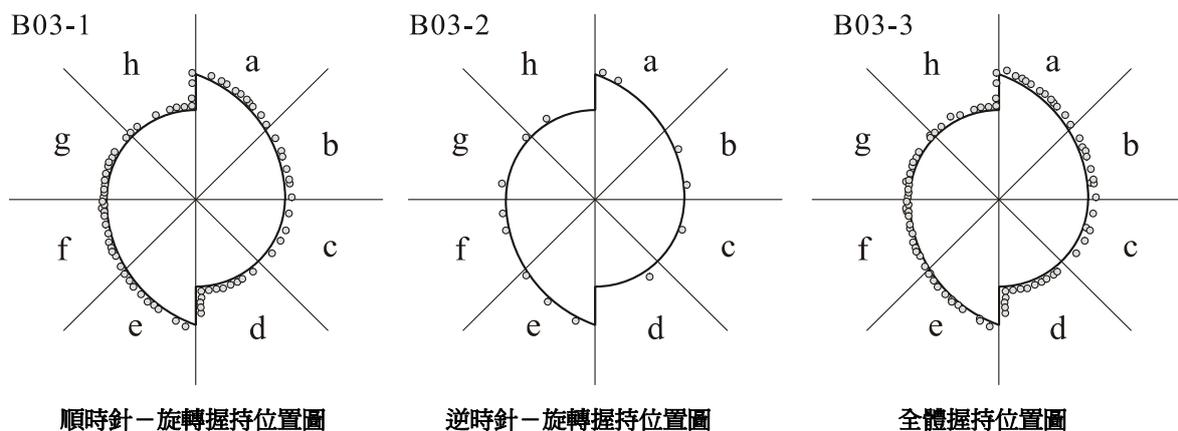


圖 11：樣本 B03 之握持位置示意圖

4-2.4 實驗結果綜合討論

經上述三種樣本測試結果整理後，以下為三種樣本旋轉方向的測試，綜合比較結果，如：(表 2)所示。

表 2：前置實驗操作方向比例表

樣本項目	順時針旋轉人數比例	逆時針旋轉人數比例
樣本B01	52 %	48 %
樣本B02	94 %	6 %
樣本B03	92 %	8 %

比較三種樣本實驗測試結果可知，見(表 2)，樣本 B01 之順時針與逆時針旋轉人數的比例顯著異於樣本 B02 與樣本 B03，而其順時針旋轉人數的比例為 52%；逆時針旋轉人數的比例為 48%，顯著不同於其他兩種樣本的受測結果。所以，由此可預設，使用者摒除視覺條件下，其操作開啟方向的認知，會受到產品本身形態的不同而造成認知差異。換言之，此階段研究結果可預先確立本研究相關變項是具有相互影響的關係性，即手部觸覺形態特徵辨識與開啟方向操作認知，兩關係變項在某種程度範圍是具有影響之關係。其次，再深入比較樣本 B01 與其他兩種樣本，在受測者施力旋轉時，手部握持位置的比較，整理出最為集中握持之區域後，發現樣本 B01 的情形，明顯異於其他之分布位置；就樣本 B01 而言，逆時針旋轉的群體是顯著集中於 a、e 兩個區域，詳見(圖 12)所示，而順時針旋轉之群體在整體分布比較方面，並無明顯之分布區域，較為平均分布於各個區域內。由此結果可得知，影響旋轉方向差異的因素，在觸覺辨識方面，主要取決於「施力接觸面的形態特徵」所影響。

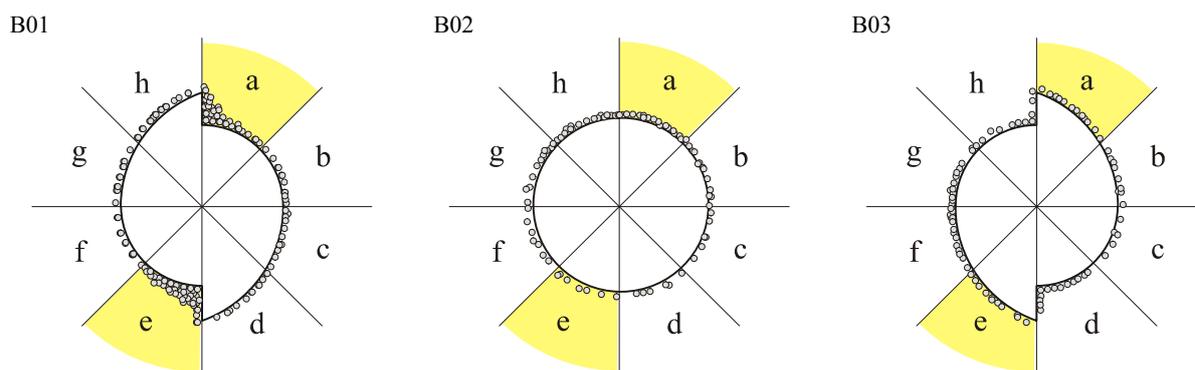


圖 12：樣本 B01、B02、B03 之相同區域比較圖

由(圖 12)顯示，樣本 B01 之 a、e 兩個區域而言，可提供手部施力、接觸的特徵表面為兩種不同之形態，分別由垂直平面與圓弧面共同構成類似 L 型的特徵形態；而針對樣本 B02 而言，如握持 a、e 區域施力旋轉時，其情況是相似於樣本 B03 之結果；因握持接觸面皆為相似圓弧面，只有單獨一種表面特徵形態可供接觸和施力。換言之，樣本 B01 之 a 區左側垂直平面所提供的施力方向，因侷限於形態特徵之關係，僅限於使用者以向左推動的方式進行施力；亦為以逆時針方向旋轉方式操作樣本。而針對 a 區的圓弧表面而言，其形態表現為一凸面圓弧特徵，受測者對此表面施力時，手指可握持於此進行由右向左或由左向右的方向操作，提供兩種操作方向的施力著力點選擇，而受測群體則常會依據慣用手習性的施力方向操作，此圓弧表面形態的特徵也類同於樣本 B02 與樣本 B03 相同的區域 a 的表面觸覺形態特徵，所以在兩種方向皆可轉動情形下，使用者多數皆以慣用方向，也就是順時針旋轉方式操作之。

此外，在樣本 B01 的相關實驗結果分析發現，在所有受測群體中有 32 人施力旋轉時，皆有握持、接觸到這兩個區域，而其中有 24 人以逆時針旋轉。當受測者握持區域 a、e 操作樣本時，其手指同時接觸到兩種不同形態觸覺特徵表面，有部分受測者可能會以比較性的判定兩種區域表面施力的容易性，並以最容易施力的表面進行操作。所以，形態特徵之影響必須比較兩者形態表面特徵的方式，而檢視各項形態的特徵組合，並選擇其中一種形態特徵表面進行操作與施力，因此，造成逆時針方向旋轉的結果。

4-3 前置實驗假設之驗證結果

本前置實驗(二)即針對觸覺感官為受測基礎，分別運用三種不同形態之實體樣本進行測試，並藉此檢視觸覺形態特徵的差異，是否會影響開啟方向認知的結果，以確立本研究關係參數的關連性，並於實驗後，探究影響認知差異化的觸覺形態特徵之關鍵因素，建構後續實驗設計的參考依據。以下，為前置實驗(二)的結果與分析，整理分述如下。

表 3：前置驗證實驗操作方向之比例表

樣本項目	順時針旋轉人數比例	逆時針旋轉人數比例
樣本C01	98 %	2 %
樣本C02	58 %	42 %
樣本C03	28 %	72 %

比較三種樣本實驗測試結果可知，見(表 3)，實驗所控制的特徵形態數量設定是顯著影響受測者轉動的操作方向。在以單控制設定特徵形態數量，固定其他所有形態之厚度與寬度等條件下，測試者會因觸覺形態辨識的差異而影響到其操作方向的判定，而如其觸覺辨識形態認知差異性不大；例如：樣本 C01 而言(圖 13)，由受測者辨識認知皆為相同圓徑的圓弧面，慣用右手者即以最順手的操作方向旋轉之，即為順時針方向旋轉。

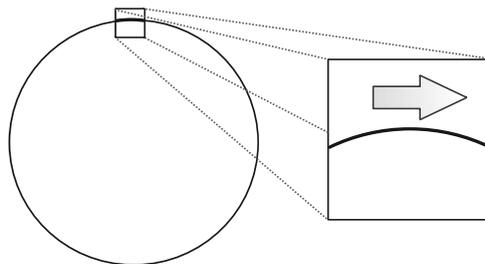


圖 13：接觸施力面局部特徵放大示意圖

其次，如觸覺辨識形態認知存在差異性，諸如：樣本 C02 和樣本 C03 而言，見(圖 14)，由受測者辨識認知皆為兩種不同觸覺形態之特徵，一為垂直平面；二為圓弧面，受測者即會以比較性的方式，由直覺選擇較易施力的形態特徵操作之，操作的方向就可能與慣用方向相反。此外，樣本 C03 因擁有較多的特徵形態數量，故能有效的影響受測者轉動方向。

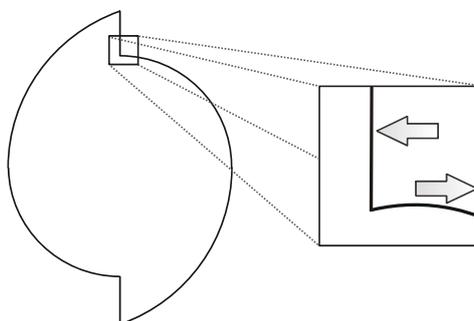


圖 14：接觸施力面局部特徵放大示意圖

4-4 主體實驗一：擷取顯著觸覺形態特徵實驗

本階段實驗主要延續前述實驗所推論、假設與驗證的觀點進行規劃；首先，就形態特徵而言，其定義為施力作用面的形態特徵，亦為手指施力接觸面的形態特徵。本研究為擷取與確立觸覺形態控制參數，經由五位工業設計研究所學生共同針對市售數種，具有旋轉型操作開啟方式的介面產品，進行實際操作

與測試，再經口語描述、篩選出能顯著被觸覺感官辨識出差異的形態特徵，將結果整理後，計有四項較為顯著之控制參數；分別為：施力作用面的表面彎曲度、施力作用面的表面傾斜度、施力作用面的表面高度與施力作用面的表面寬度等，四種形態特徵。詳細分述如下四點：

1. 施力作用面的表面彎曲度

本參數指使用者開啟產品施力的同時，手指與產品實際接觸的表面彎曲度。其中，依據受測者最易辨識的形態特徵，類型包括：凹面、平面和凸面等三種觸覺感受；此外，凹、凸面是以其彎曲度的半徑定義。

2. 施力作用面的表面傾斜度

本參數指使用者開啟產品施力的同時，手指與產品實際接觸介面的表面傾斜度。亦為接觸介面與施力方向相對應的角度，其中，依據受測者易於辨識的形態特徵，類型包括：左傾斜面、右傾斜面和垂直平面等三種。

3. 施力作用面的表面高度

本參數指使用者開啟產品施力的同時，手指與產品實際接觸介面的表面高度。換言之，較高的表面高度可提供的施力面積就越大；較低的可施力面積就減少。此外，此處所指的「高度」亦可解釋為「厚度」。

4. 施力作用面的表面寬度

本參數指使用者開啟產品施力的同時，手指與產品實際接觸介面的表面寬度。換言之，較寬的表面寬度可提供的施力面積就愈大；較窄小的可施力面積就愈少。

上述四種形態特徵參數是由受測群體經口語描述，篩選出最能顯著被觸覺感官辨識差異的形態特徵參數項目。以下將四種參數項目，依照參數和水準(Level)的排列方式分類，而為求後續實驗形態特徵參數的參照依據，首先，將觸覺形態特徵的表面彎曲度和表面傾斜度，整理歸類成同一類參數項目；而變化水準形式則以五種水準表示，分別為：凹面、平面、凸面、右傾斜面、左傾斜面等五種；其餘兩項參數則為觸覺形態特徵之厚度與寬度，再依相關人因尺寸規範而制定，個別定義其適當的水準，而結果整理分述為以下三點，見(表 4)所示。

1. 施力接觸面的表面形態特徵

本參數主要以凹面、平面、凸面、右傾斜面與左傾斜面等五種特徵項目，作為第一項控制參數的水準。

2. 施力接觸面的表面厚度

本參數水準主要依據旋鈕開關相關人因尺寸規範而制定，其旋鈕厚度的尺寸變量範圍，則設定以 10mm、15mm 與 20mm 等三種尺寸作為參數的三種水準。

3. 施力接觸面的表面寬度

本參數水準亦同上述方式，依據人體手指平均尺寸範圍為考量依據，以大於、近似與小於平均手指圓徑等三種變化為本項水準參照之依據，其尺寸大小參數變量範圍則設定以 5mm、10mm 與 15mm 等三種尺寸作為寬度參數項的水準。

表 4：實驗參數設定表

參數代號	控制參數	水準				
		1	2	3	4	5
[A]	施力接觸面形態特徵	凹面	凸面	平面	右傾斜面	左傾斜面
[T]	施力接觸面形態特徵厚度	10mm	15mm	20mm	--	--
[W]	施力接觸面形態特徵寬度	5mm	10mm	15mm	--	--

(表 4)為三種觸覺形態特徵參數項目與各參數水準，以下實驗階段主要則運用上述三種形態特徵，組成數種不同形態之樣本，並測試研究其觸覺形態與操作方向影響之關係，以及變量的範圍。在相關參數設定方面，參數[A]定義為：接觸形態設定特徵表面的形態特徵樣式；參數[T]定義為：設定實驗樣本之特徵厚度；參數[W]定義為：設定觸覺形態特徵的寬度。總計三種參數項目，而參數[A]共計有五種水準，其餘兩項參數則定義各有三種水準。

4-5 主體實驗二：顯著觸覺形態特徵參數影響操作方向認知實驗

本階段實驗主要依據前述實驗所整理之實驗參數設定表，見(表 4)，三種形態特徵項目計劃與進行，研究階段二分成兩個部份，首先，針對觸覺形態的表面特徵進行，亦為手指施力接觸面的形態特徵，藉以探討出何種形態特徵最具影響操作方向之作用，依據(表 4)所整理之參數[A]的五種水準進行實驗，而結果整理如：(表 5)所示。

表 5：五種形態特徵參數之實驗結果比較表

樣本項目	順時針旋轉人數比例	逆時針旋轉人數比例
樣本D01：凹面特徵	26%	74%
樣本D02：凸面特徵	64%	36%
樣本D03：平面特徵	38%	62%
樣本D04：右傾斜面特徵	78%	22%
樣本D05：左傾斜面特徵	30%	70%

由實驗結果可知，受測者會因其設定特徵樣本的差異而判定、操作出不同的方向結果。(表 6)為五種形態特徵之提供施力接觸面積的彙整，由該表可比較出，凹面特徵因形態特徵相似於手指本身的彎曲度，屬於半包覆接觸類型，可提供手指的面積排序為：最大，造成逆時針旋轉操作的人數比重亦為第一位；對於左傾斜面特徵而言，因形態特徵的影響，屬於兩端點接觸類型，在五種設定形態特徵的排序為：第二位，造成逆時針旋轉操作的人數比重亦為第二位；其餘，三項由於皆屬於單點的接觸類型，其接觸面積皆相類似，所以未予排序與探討。

表 6：五種形態施力接觸情形

形態特徵項	手指施力之接觸情形	可提供手指施力之面積大小排序	逆時針旋轉比例排序
樣本D01：凹面特徵	半包覆接觸	1	1
樣本D02：凸面特徵	單點接觸	*	4
樣本D03：平面特徵	單點接觸	*	3
樣本D04：右傾斜面特徵	單點接觸	*	5
樣本D05：左傾斜面特徵	兩點接觸	2	2

* 表示其接觸施力的面積皆屬於單點接觸，未以排序

因此，由上述相關分析結果可得知，判定開啟方向操作的結果，是與特徵形態可提供手指施力之面積大小有顯著的關係性；形態特徵所能提供的施力接觸面積愈大，造成逆時針旋轉的結果就愈顯著；相對的，形態特徵所能提供的施力接觸面積愈小，則造成逆時針旋轉的結果就愈不顯著。

4-6 主體實驗三：凹面形態特徵細部尺寸影響最佳化探討

本階段實驗主要延續上述實驗結果，選取影響操作判定最為顯著的形態特徵(凹面形態特徵)，運用田口式穩健設計法，探究影響其尺寸變量的最佳範圍。在設定控制參數方面，參照先前整理之兩種顯著觸覺形態特徵參數，分別以凹面特徵施力接觸點的厚度與寬度，為第一與第二項控制參數。此外，第三項參數則設定為凹面特徵之彎曲度，並以其特徵之彎曲半徑為計量單位；而其餘第四參數項目，則設定為誤差項，詳見(圖 15)與(表 7)所示，選用直交表 $L_9(3^4)$ ，組合出 9 種不同形態組合的實驗樣本。

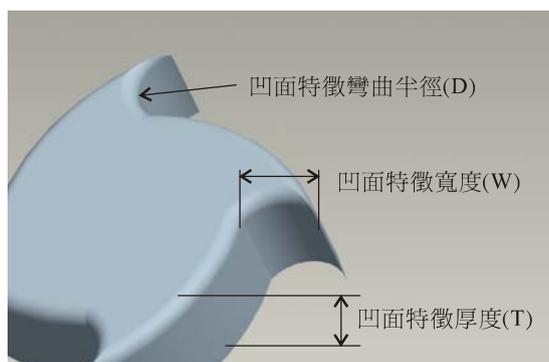


圖 15：凹面特徵設定參數示意圖

表 7：實驗參數設定表

參數代號	參數名稱	水準		
		1	2	3
[T]	凹面特徵厚度 (mm)	10	15	20
[W]	凹面特徵寬度 (mm)	5	10	15
[D]	凹面特徵彎曲半徑 (mm)	10	14	18

經完成相關測試實驗後，其研究結果的分析是參照田口式穩健設計法和變異數分析法之相關步驟，進行相關實驗數據之運算，結果將逐一分述如下。

步驟一：各項水準組合樣式測試評分

完成相關實驗測試後，首先將實驗相關結果作評分的整理與換算，而其各樣本之評分方法，主要是取決於受測者單以觸覺辨識設定樣本，對於操作方向判定的效率性，也就是依判定方向之正確性與操作時間等兩種指標作為主要評量之依據，而其分數細分成一至五分五個評分區間。實驗結果評分換算方式整理如：(表 8)所示。

表 8：評分換算方式

分數	評分換算方式
1	順時針操作且反應時間低於一秒之內
2	順時針操作但反應時間高於一秒之上、三秒之下
3	順時針或逆時針操作但反應時間高於三秒之上
4	逆時針操作且反應時間高於一秒之上、三秒之下
5	逆時針操作且反應時間低於一秒之內

步驟二：計算各樣本的信號雜音比(S/N Ratio)

完成相關實驗之評分整理動作後，第二步驟則開始計算各種不同形態樣本的信號雜音比，其方法是將所有的各項操作樣本，轉化為所得分數，見(表 8)；依不同期望值型式，分別以公式(1)至(3)的信號雜音比品質特性值公式進行計算，公式內容包含：望小、望大與望目等 3 種不同類型。

望小特性：以最小化平均值與變異為目標。

$$\eta = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

望大特性：以最大化平均值與最小化變異為目標。

$$\eta = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

望目特性：有一固定目標值，可利用 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。

$$\eta = -10 \log(S^2) \quad (3)$$

其中 η ：表示信號雜音比， S^2 ：表示為變異數， y_i ：表示實驗第 i 次的數據， n ：表示實驗次數。

本研究案例中評分評量的方式，是以逆時針方向操作，且於一秒之內完成開啟燈泡為主要理想目標，所以其設定分數為：最高的五分，而其理想目標函數是屬於「望大」性質，並無「望小」及「望目型式」的評分項目，所以經過套用「望大」公式(2)，處理所有實驗樣本的換算、量測數據後，即完成各樣本之信號雜音比運算，而計算結果整理如(表 9)所示。

表 9：信號雜音比數據表

樣本編號	凹面特徵厚度 (水準)	凹面特徵寬度 (水準)	凹面特徵彎曲半徑 (水準)	信號雜音比
1	1	1	1	1.87
2	1	2	2	13.10
3	1	3	3	5.01
4	2	1	2	4.31
5	2	2	3	10.39
6	2	3	1	9.63
7	3	1	3	1.88
8	3	2	1	9.73
9	3	3	2	8.93

步驟三：變異數分析(Analysis of Variance, ANOVA)

變異數分析之目的，是檢驗與評估每一項觸覺形態特徵設定參數，對於判定操作方向之影響程度；計算各項特徵參數所影響之操作效率性，求得對操作方向影響顯著之最佳參數組合，其計算結果如(表 10)所示。

表 10：變異數分析表

參數項	自由度	平方和	變異數	F檢定值	貢獻度(%)
[T] 凹面特徵厚度	2	3.72	1.62	0.71	2.98
[W] 凹面特徵寬度	2	107.44	53.72	20.63	86.00
[D] 凹面特徵彎曲半徑	2	13.76	6.88	2.64	11.02
[E] 誤差項	2	5.21	2.60		

從設計參數影響貢獻度，可看出對操作方向結果影響最為顯著的參數項目為[W]凹面特徵的寬度，影響貢獻度高達 86.00 %；其次是凹面特徵彎曲度半徑，貢獻度為 11.02 %；較不顯著的參數是[T]凹面特徵厚度，影響貢獻度僅為 2.98 %。

步驟四：繪製各參數之水準別反應圖

完成計算九種不同形態樣本的信號雜音比後，下一步驟則進行計算各參數之水準信號雜音比，並繪製成反應圖，見(圖 16)；經參照變異數分析之 F 檢定值與 S/N 比輔助圖之標準誤的關係數值後可知，於

本研究實驗三個設定參數中，對於影響受測者操作方向判定認知的參數，影響顯著性最大的是[W] 寬度參數，而最佳參數水準組合為 (T2/W2/D2)。

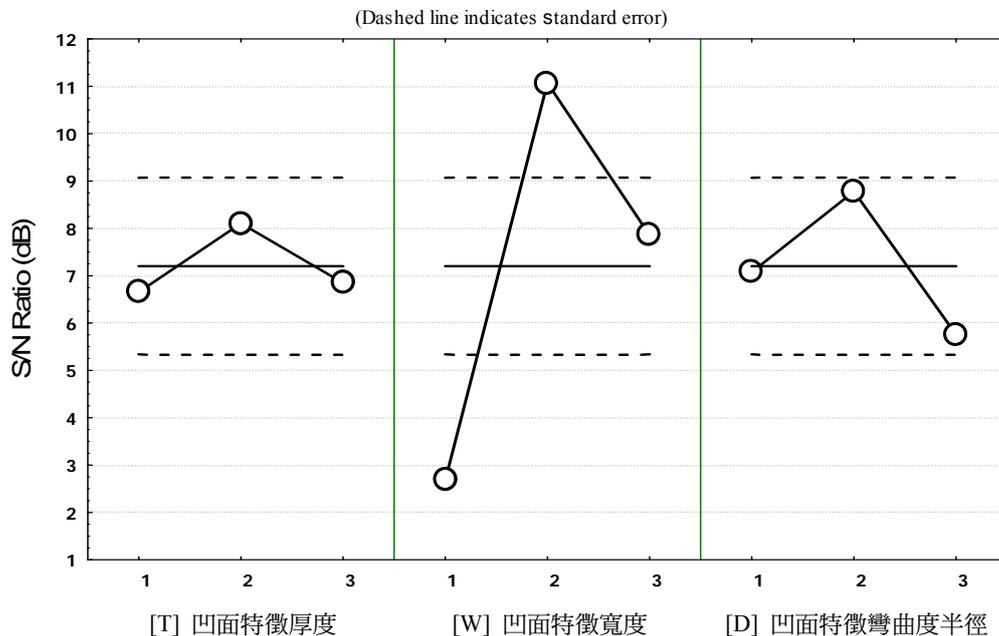


圖 16：S/N 比反應圖

步驟五：求得最佳參數組合與計算其 S/N 比之預測值

依據公式(4)計算最佳參數組合與計算其 S/N 比之預測值；由(圖 16)可獲致最佳參數與水準的組合為 (T2/W2/D2)，此最佳水準組合之信號雜音比預測值為：13.55。

$$\bar{\eta} = \bar{T} + \sum (\bar{F}_i - \bar{T}) \quad (4)$$

$\bar{\eta}$ ：預估品質改善後應有的 S/N 值

\bar{T} ：所有實驗條件計算所得 S/N 值之總平均

\bar{F}_i ：該參數項之最佳水準回應值

步驟六：驗證階段

此步驟為田口式穩健設計法最後階段，作法是將上述分析之預測最佳參數與水準組合(T2/W2/D2)，製作實體樣本後，重新進行觸覺辨識實驗，驗證結果顯示，最佳配置樣本參數組合經實地實驗測試後所得的信號雜音比為：13.30，結果是相接近於步驟五所求得之的預測值 13.55。此外，驗證值之 S/N 比，相較於其他的九種樣本值為高，所以此一參數組合符合預期結果。

4-7 實驗結果運用

完成以上各項實驗測試分析後，為實際評估研究結果運用之效益性，本研究遂選取消防用噴水瞄子、消防出水封蓋與瓦斯爐旋鈕開關等三種較需注重操作安全性的產品，進行改良與運用，而其樣本應用之形態尺寸大小，則是參照前述相關實驗分析結果，諸如：應用特徵的寬度大小，是以一般使用者的手指平均寬度(10-11mm)為主，而其餘未見顯著形態特徵參數，諸如：凹面特徵厚度與彎曲度等，則參照所應用產品的既有尺寸考量製作。

4-7.1 運用結果

1. 消防相關用具應用

火災現場為分秒必爭的緊急情況，對於救災人員而言，為爭取更多救人的黃金時間，必須以最迅速與正確的動作，完成救災相關前置準備工作，諸如：開啟消防栓頭與轉開消防瞄子等，每一個準備動作皆應當以最短時間內完成正確的操作，如此方能提升救災效益。但由於救災現場常礙於光線不良與濃煙遮蔽等無可預期的因素影響，造成視覺辨識條件不良之情形。有鑑於此，本研究遂以消防相關用具之噴水瞄子(圖 17)與撒水送水孔封蓋(圖 18)作為應用對象，其改良前、後測試結果，如下所示：

(1) 消防噴水瞄子之應用



圖 17：消防噴水、瞄子應用前後比較圖

表 11：應用前、後操作錯誤率比較表

	順時針開啟	逆時針開啟	無法判定	操作錯誤率	操作完成時間
應用前	54 %	24 %	22 %	76 %	8.9 (s)
應用後	10 %	86 %	4 %	14 %	1.4 (s)

比較應用前、後的測試實驗後發現，見(表 11)，消防瞄子操作介面並無任何文字標示，而受測者中有 98 % 的比例無任何操作經驗，測試結果顯示，操作錯誤率高達 76 %；經應用改良後，操作錯誤率改善至 14 %，有效降低操作的錯誤率。

(2) 撒水送水孔封蓋之應用



圖 18：撒水、送水孔封蓋應用前後比較圖

表 12：應用前、後操作錯誤率比較表

	順時針開啟	逆時針開啟	無法判定	操作錯誤率	操作完成時間
應用前	62 %	28 %	10 %	72 %	9.4 (s)
應用後	16 %	82 %	2 %	18 %	3.2 (s)

比較應用前、後的測試實驗後發現，見(表 12)，撒水送水孔封蓋的操作介面並無任何文字標示，測試結果顯示，操作錯誤率高達 72 %；經應用改良後，操作錯誤率改善至 18 %，亦有效降低操作的錯誤率。

2. 瓦斯爐開關旋鈕裝置之應用

瓦斯爐的操作過程，因關係到火苗與瓦斯的因素，所以特別需要注意使用的安全性問題，一旦操作不慎，極易造成瓦斯外洩而釀成火災的危險情況。所以，一般市售的瓦斯爐台介面，因考量操作的安全，大都具有相關危險文字與符號的標示，以降低操作的認知錯誤，但因受限於許多狀態影響，可能造成視覺辨識條件不利，諸如：介面標示可能因瓦斯爐台操作介面設置角度的關係與油煙影響視覺辨識等因素，易造成視覺辨識條件不良的情形。有鑑於此，本研究遂以研究成果運用於此，並檢視應用後的瓦斯爐開關介面，能否有效減低視覺條件不良的狀態而發生的操作錯誤率，實驗方式則以關閉方向為指定任務進行操作測試，應用前、後比較結果，詳見(圖 19)所示。



圖 19：瓦斯爐開關旋鈕裝置應用前後比較圖

表 13：應用前後操作錯誤率比較表

	順時針開啟	逆時針開啟	無法判定	操作錯誤率	操作完成時間
應用前	38 %	36 %	26 %	62 %	1.6 (s)
應用後	74 %	22 %	4 %	26 %	0.8 (s)

比較應用前、後的測試實驗後發現，見(表 13)，瓦斯爐開關經改良後的操作錯誤率從 62 %，顯著改善至 26 %，所以，運用形態特徵的設計與改良，在無視覺條件辨識條件下，能有效輔助觸覺，導引得知產品正確的開關方向，降低操作的錯誤率。

4-7.2 運用範圍探討

以上經由三種不同產品的應用實例與評估後，其應用範圍建議，整理如下：

1. 操作環境易造成視覺條件辨識不良之情形

許多產品操作過程，其視覺感官往往受限於許多外在環境因素，諸如：救災現場，礙於光線不良與濃煙遮蔽等影響；或者行車間，視覺注意力無法分散的情形，皆易造成視覺辨識不良的情形。因此，此研究成果可運用形態的導引作用，以輔助、替代視覺條件辨識不足的缺失。

2. 須能立即以正確的方式操作完成

許多緊急狀況下，諸如：火災發生時，相關操作人員皆須在最短時間內，立即以正確的操作方式停止或開啟機械設備(施)，降低傷害。應用本研究整理之觸覺形態特徵，因其具有考量觸覺施力的容易性，不僅能有效縮短操作時間，更能導引使用者在第一時間即以正確的操作方向操作，縮短操作判定時間，適於應用在消防系統用具或緊急停止裝置的用具介面。

五、結論

本文研究目的除確立觸覺感官辨識與開啟方向操作認知之關係性外，更期望提供給予產品設計者在實務設計與後續研究方面，有關產品形態特徵設計考量的新觀點，而研究結論說明如下：

1. 觸覺形態特徵辨識與操作方向認知之影響關係

使用者單以觸覺感官辨識產品正確操作方向的過程，測試者對於樣本的旋轉開啟操作方向的認知，會隨著各形態觸覺特徵樣本的差異，而產生不同開啟操作方向的認知；主要因素是取決於手部握持施力面的觸覺形態差異認知之影響，亦為施力接觸面的觸覺形態特徵。觸覺形態特徵與操作開啟方向之關係如以下兩點，見(圖 20)說明：

(1) 單一觸覺形態特徵認知之影響

使用者碰觸產品介面時，若只感受到單獨一種觸覺形態特徵，通常會依本身慣用操作方向或過去自身的操作經驗判定所操作的方向，諸如：觸覺辨識認知全部皆凹面、平面、凸面與傾斜面等單一形態特徵，則直覺操作的方向多以使用者本身慣用、順手的操作方向為主；以本研究旋轉開關為例，慣用右手者的受測者多數(98%)對於開啟方向的認知，是以順時針方向為主。

(2) 兩種或兩種以上不同觸覺形態特徵認知之影響

當受測者握持樣本之局部，手指若同時接觸兩種不同或以上具有明顯差異的觸覺形態特徵，使用者除依照本身慣用操作方向，或依過去自身的操作經驗判定外；本研究更發現部分受測者會依其觸覺，對接觸形態特徵辨識的感受，以比較性的判定，選擇兩種區域表面之施力的容易性，以較為容易施力的表面特徵進行操作。因此，決策操作的方向可能會與慣用的方向相反，而其施力的容易性與該形態特徵可提供的施力接觸面積大小和形態本身的表現型式，有直接影響之關係。

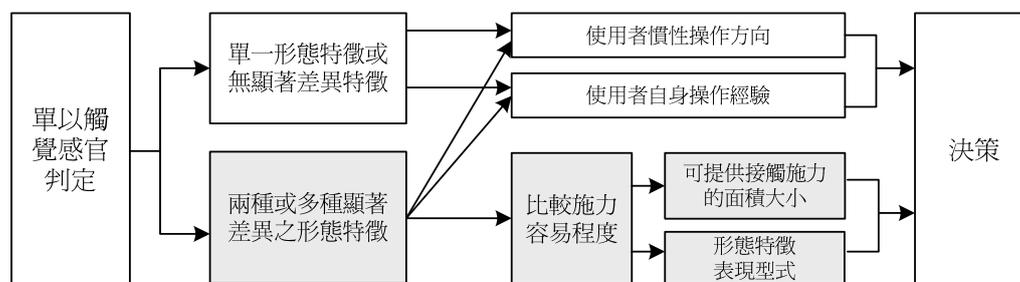


圖 20：單以觸覺感官判定操作方向之影響因素流程圖

2. 觸覺形態細部特徵辨識與操作方向認知之關係

(1) 觸覺形態特徵樣式與操作方向關係性

凹面觸覺形態特徵最具影響操作方向之作用，因凹面特徵對使用者觸覺形態特徵辨識的認知，其施力作用的方向較具有單一集中性，而對其他形態特徵而言，諸如：右傾斜面與凸面等形態，其在施力方向易有分散的可能性，有同時選擇順時針或逆時針兩種方向旋轉的可能。研究結果顯示，選定順時針旋轉的次數比重較高；換言之，影響之導引作用性較低。

(2) 觸覺形態特徵面積大小與操作方向關係性

觸覺形態特徵與導引操作方向之影響性，與該特徵提供給手指接觸施力的面積大小有關係，而其原因與關係性，可分為下列兩點：第一，對於本研究所設定之五種觸覺形態特徵而言，因凹面特徵的彎曲

度趨近於手指的表面彎曲度，旋轉施力時，手指與其接觸表面最為貼近，提供的施力形態特徵的受力面積最大，而其實驗結果顯示，逆時針旋轉操作的人數比重也最大；第二，檢視本文相關之田口穩健設計法與變異數分析結果可得知，凹面特徵影響判定操作方向的關係性，是以設定「特徵形態的寬度」影響程度最為重要，其 F 檢定值為 20.62 (貢獻度高達 86 %)；而其餘的特徵屬性，諸如：凹面彎曲度和特徵厚度，影響程度未見顯著，貢獻度分別只占有 11.02 %和 2.98 %。樣本設定觸覺形態特徵寬度愈小；可施力之接觸面積愈小，則其影響之顯著性趨向變弱。究其寬度而言，並不是愈大愈好，而須視實際手指施力之平均接觸物體表面的寬度而定；研究分析結果顯示，其寬度大小若相近於一般使用者的手指平均厚度(11 mm)的效益最佳，其觸覺特徵形態導引操作方向亦有顯著影響。

誌謝

本研究承國科會專題研究經費補助(NSC 95-2622-H-158-001-CC3 與 NSC 96-2411-H-158 -003)，特此感謝。

參考文獻

1. Chen, W. Z., & Chiou, W. K., (1999). A study on tactile interfaces as an aid to home electronic appliance operation for the visually impaired, *Proceedings of HCI International '99 (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction)* (pp. 740-744). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
2. Courtney, A. J., & Chan, A. H., (1998). Testing Hong Kong Chinese stereotypes with a questionnaire, *Proceedings of the 5th Pan-Pacific Conferences on Occupational Ergonomics: Ergonomics Practice & Its Theory* (pp. 288-292). Kitakyushu, Fukuoka, Japan.
3. Gibson, J. J., (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
4. Greeno, J. G., (1994). Gibson's affordances, *Psychological Review*, 101(2), 336-342.
5. Hall, A. D., et al., (1998). Factors affecting performance using touch-entry systems: Tactual recognition fields & system accuracy, *Journal of Applied Psychology*, 73(4), 711-720.
6. Hemami, H., Bay, J. S., & Goddard, R. E. (1987). *A conceptual framework for tactually guided exploration & shape perception*. Boston, MA: IEEE.
7. Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B., & Kroemer, E. K., (2001). *Ergonomics: How to design for ease & efficiency* (second edition). New Jersey: Prentice-Hall.
8. Lu, S., et al., (2004). Measurement and analysis of the object length perceptive characteristics with visual and tactile information for proposal of three-dimension tactile shape display. *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C*, 70(9), 2699-2706.
9. Mark, S. & Ernest, J. (1991)。人因工程學 (Human factors engineering and ergonomics) (許勝雄、彭游、吳水丕譯)。台北市：揚志文化出版。
10. Norman, D. A., (1988). *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
11. Sparks, D. W., et al., (1978). Investigating the Mesa (Multipoint Electrotactile Speech Aid): The transmission of segmental features of speech, *Journal of the Acoustical Society of America*, 63(1), 246-257.

12. Streri, A. & Gentaz, E., (2004). Cross-modal recognition of shape from hand to eyes and handedness in human newborns. *Neuropsychologia*, 42(10), 1365-1369.
13. Wang, C. C. & Yan, B. H., (2000). Blind-hole drilling of Al₂O₃/6061Al composite using rotary electro-discharge machining. *Journal of Materials Processing Technology*, 102(1-3), 90-102.
14. Vihma, S., (1995). *Products as epresentations- a semiotic & aesthetic study of design products* (UIAH A 14), Publication Series of the University of Art and Design Helsinki.
15. Weiss, S. J., (1992). Psychophysiology & behavioral effects of tactile stimulation on infants with congenital heart disease. *Research in Nursing & Health*, 15, 93-101.
16. Yu, R., Wang, Y., Chan, H. S., & Peng, H., (2004). Control-response compatibility: Fuzzy clustering analysis & a comparison among populations of different regions. *Tsinghua Science & Technology*, 9(6), 635-642.
17. William, H. C. & Daniel, J. R. (1996)。產品設計的人因工程 (Human factors in product design)。(蔡登傳、宋同正譯，游萬來校訂)。台北市：六合。
18. 吳水丕、彭游，(1997)。臺灣地區硬幣系統之可辨性評估研究。《工業工程學刊》，14(3)，257-265。
19. 卓淑玲，(1985)。觸覺與系列性視覺之形狀偵測機制研究。台灣大學心理學研究所碩士論文，未出版，台北市。
20. 林安全，(1988)。觸覺與前庭平衡遊戲(6-12 頁)，台北市：三之三文化。
21. 陳力豪，(2003)。物件物理特質所提供之 Affordance 感知差異研究。雲林科技大學工業設計系碩士班碩士論文，未出版，雲林。
22. 游萬來、陳文誌，(1998)。以觸覺符號輔助視障者辨認產品操作功能的研究。《工業工程學刊》，15(1)，9-18。
23. 黃啟梧、高漢清，(1999)。造形字彙對產品易用性的影響。《中華民國設計學會第四屆學術研究成果研討會論文集》(161-164 頁)，台北市：大同工學院。
24. 鄭寶宏，(2005)。手鋸設計開發與人因評估。雲林科技大學工業設計系碩士班碩士論文，未出版，雲林。
25. 賴鴻森，(2005)。產品介面中物件移動與控制鍵操作方向之相容性研究。雲林科技大學工業設計系碩士班碩士論文，未出版，雲林。
26. 鍾葉儀、張悟非，(2004)。手部的觸覺形態特徵辨識與方位認知研究初探。《設計與文化學術研討會論文集》(295-302 頁)，台北縣：華梵大學藝術設計學院。

The Effects of Tactual Form Features on the Direction Cognition of Product Operation

Che-Chung Wang* Jia-Jun Lin**

Department of Industrial Design, Shih-Chien University

*zawang@mail.usc.edu.tw

**deansusu1980@yahoo.com.tw

Abstract

This paper aims to explore the tactual form features of manufactured products and focuses on how the products can guide the operation. This will reduce not only the time spent on judgment but also incidences of errors in operation, thus imbuing users with the knowledge of accurate operation. At the onset of this research, emphasis is laid on observing how visual and tactual perceptions relate to each other. Furthermore, relationships among variables and assumptions of related research are also specified. Following that, variables representative of tactual form features are extracted to construct sample parameters, while material samples are made through rapid prototyping and Taguchi methodology. The result indicates that users might resort to their habitual operation method if they only perceive a single tactual form feature. However, if users detect two distinctive form features, they might choose preferentially the one that appear easy to apply force.

Keywords: Tactual Recognition, Form Feature, Operation Recognition, Taguchi Method