

2D 楔形設計輔助虛擬環境中之尋路體驗

陳詩捷* 陳建雄**

國立台灣科技大學 工商業設計系

* hasanchen@gmail.com

** cchen@mail.ntust.edu.tw

摘要

自從智慧化的行動裝置來臨後，虛擬活動愈來愈融入我們的日常生活。而利用智慧型的行動裝置協助使用者進行虛擬環境中的尋路行為也日益增多，而在資訊量有限的螢幕尺寸下，有關智慧型行動裝置如何配合使用者感官功能與限制的尋路輔助設計更顯重要，目前國內外關於個人使用智慧型行動裝置在尋路方面的研究仍顯缺乏。本研究目的主要是在探討虛擬環境中有關使用者尋路之輔助設計，研究變數分別為互動型式、楔形設計與性別等三項因子，用以探討變數之間對於使用者的尋路績效與主觀偏好。

研究結果發現：1.有關客觀操作績效，在虛擬環境中較困難的任務下，受測者體感的操作模式績效優於觸控的操作模式。2.而關於主觀偏好結果，受測者認為體感操作模式是偏向有趣的、生動的，並且也喜歡此種操作的模式。3.系統易用性量表總分評價中，50%透明度填滿楔形設計之整體評分優於線框楔形設計，此乃因 50%透明度填滿楔形設計能夠幫助增加呈現空間的資訊，受測者容易了解目標物與環境之間相對應的關係。

關鍵詞：尋路、互動模式、楔形、性別、虛擬環境

論文引用：陳詩捷、陳建雄（2015）。2D 楔形設計輔助虛擬環境中之尋路體驗。《設計學報》，20(2)，63-77。

一、前言

1-1 背景

從事尋路 (wayfinding) 行為是人們日常生活中會時常經歷且執行的心智歷程，對於許多人來說，當其進入一個全然陌生且廣大的領域時，要在環境中辨識出正確的路徑並不是一件容易的事情，此乃是因為尋路行為牽涉複雜而精密的認知過程。人們在獲得足夠的環境資訊而完成認知處理過程後，則可進行尋路決策並從事可能的尋路行為。不過當資訊不足或是因錯誤的判斷導致迷路時，人們則容易產生困惑或是挫折感，需藉由修正尋路策略以找尋正確的路徑，而能到達目的地。尋路的過程中如何協助人們不致於迷失，是近幾十年來尋路相關研究極欲探討與發展的方向。但是尋路之研究並非僅是解決迷失及協助抵達目的地而已。尋路過程是人們對於該環境的空間能力及其操作意識，而能抵達目的地的一種動態策略運用過程 (Satalich, 1995)。對於享樂主義的尋路者而言，其實並不只是單純的解決尋路的這個問

題，尚包含探索尋路的環境，享受尋路的經驗，此意味著尋路並不僅是一個單純的認知學習與決策過程，還包含著情感的過程（emotional processes）。而這些使用者的探討過程因導入了享樂主義的價值觀，他們會依照自己的喜好來判斷環境訊息並建構成心智模式，因此除了基本的尋路績效及輔助決策議題外，融入情感之尋路設計亦是一個重要的考量面向。

1-2 目的

本研究主要是在探討不同的互動模式，以及視覺指引設計，在虛擬環境中對於使用者尋路體驗之影響。研究除了探討使用者尋路績效，亦包含調查研究變數對於體驗尋路過程中所產生的情感感受。就此獲得使用者在虛擬環境中，與不同設計變數的互動情況。了解在不同的互動模式和不同的楔形設計下，何者能夠提升尋路績效，以及能夠滿足情感感受。因此，能夠為使用者提供一個符合心智模式（mental models）的虛擬環境尋路的互動行為。

因此，本研究主要探討在虛擬環境中互動模式與楔形的設計，其目的為：

1. 探討互動模式、楔形指引設計、性別三個變數之間對於尋路績效的影響，以能提出符合使用者心智模式的 3D 互動虛擬環境下尋路設計變數的建議。
2. 了解互動模式、楔形指引設計、性別三個變數之間對於尋路主觀偏好與使用者體驗的訪談，以能了解在 3D 互動虛擬環境下尋路設計變數的建議。

二、文獻探討

虛擬實境（Virtual Reality, VR）是利用電腦模擬產生一個三度空間的虛擬世界，提供使用者關於視覺、聽覺與觸覺等感官的模擬，讓使用者產生如親身經歷之互動體驗，不受限制觀察三度空間內的事物。虛擬實境是介於虛擬世界（cyberspace）、真實世界與使用者三者之間的媒介。而Steuer（1995）說明虛擬實境可提供使用者在一種虛擬式的環境中產生臨場感，是一種具有互動性、沉浸性、想像性與多重感官感受（multimodal）的空間體驗環境，可依據使用者之行為進行即時回饋，讓使用者可以有身歷其境的感覺（Steuer, 1995）。虛擬實境具有任意增減模組與調整擬環境之優點，對於尋路研究而言，可以透過調整參數加以控制環境變數，此為真實環境中難以達成之任務（Booth, Fisher, Page, Ware, & Widen, 2000）。虛擬實境具有沉浸性、互動性、及想像性等三種特性。其中沉浸性可讓使用者融入虛擬情境中，暫時脫離原有之真實環境，也具有臨場感；互動性則是當使用者去碰觸此虛擬環境中的物件時，其反應會如同在真實世界中；此虛擬環境的模擬可以節省真實環境之製作時間與經費，而想像的特性又可讓互動設計師於此虛擬環境中建構出在真實環境中無法實現且具有創意的設計。

Downs和Stea（1973）指出尋路可經由以下步驟達成：首先確定位置，觀測某人和附近物體與目標位置之間的關係。其次進行路線選擇，選擇一條可以到達目的地的路線。接著監控路線：監控一條被選取的路線，確認某人在正確的路線上，並且正前往正確的方向。最後識別目的地，識別出某人已經到達正確的目的地，或能辨識出目的地附近的地點。Gluck（1991）將尋路定義為「定位與操作的過程」，並指出能夠在大尺度的環境中，個人能精確地從一個地點移動到另一個地點。而Peponis、Zimring和Choi（1990）則認為尋路是使用較方便的方法尋找到一個通往特定地點的路線，並且能辨識是否到達目的地的能力。Satalich（1995）表示尋路為人們使用對於環境的空間能力及操作意識，以抵達目的地的動態過

程。Raubal和Egenhofer (1998) 表示許多學者都曾提出空間認知之相關理論，解釋人類如何在真實環境中找到正確的路徑，並抵達目的地。Golledge (1999) 說明尋路是一種具有目標且主動的行為，是從起點到達目的地之間的路徑、方向定位的決策過程。Conroy (2001) 則認為尋路過程不僅包含解決空間問題，也包含個人對於環境之認知。

2-1 互動模式

手持式行動裝置的普及，有愈來愈多的裝置使用手勢式的互動控制項作為主要的輸入方式，Saffer (2009) 指出使用互動手勢是因為：人們可以自然地操控實體物件以及互動；以及不需要借助其他硬體；可以彈性使用動作感應器；更多生動的手勢與細微的情緒溝通型式，如眨眼、微笑等；以手勢為主的互動不只有趣，也會吸引人們的社交活動。體感手勢 (kinesthetic gesture) 的操控，是行動裝置上的各種感應器，偵測到裝置對於動作、方向等做出回應 (Hooper & Berkman, 2012/鄭巧玉譯, 2012)。

由於 Apple 在韌體 iOS 3.0 以後開放分段道路指引 (turn-by-turn) 導航功能，因此人們可以藉由搭配應用程式，在智慧型行動裝置上進行城市導覽、進行地標搜尋等，並藉由提供不同情境下的建議路徑，在獲得最佳路徑後，可以用語音或是文字顯示輔助路徑導航。Heikkinen 等人 (2009) 研究指出人們於空間的感知取決於與物體接觸或環境，而觸覺回饋技術是利用觸覺感官，藉由感受行動裝置的回饋，如力量、震動或動作 (Panels & Roberts, 2010)。

利用行動裝置上尋路導航研究有以下：Parush、Ahuvia 和 Erev (2007) 談論到使用者不該只是跟隨導航系統的指引，應該更加主動積極探索尋路任務，以獲得較佳的空間知識。Sahami、Holleis、Schmidt 和 Hakkila (2008) 評估行動裝置上觸覺通知的可能性。Robinson、Jones、Eslambolchilar、Smith 和 Lindborg (2010) 研究結果顯示行人使用方位觸覺回饋導航，是可以有效指引到目的地。Srikulwong 和 O'Neill (2011) 研究利用觸覺回饋提醒使用者城市中的地標，經過訓練使用者可以利用觸覺訊號區別地標方向，有高達 80% 的地標辨識率。

綜合分析先前的研究，使用一般以手指滑動操作模式，以及使用觸覺上的回饋引導使用者操作。因此研究將針對目前較為熟悉的操作模式，觸控操作模式與體感操作模式。觸控操作模式則與現有操作模式一致，使用者可以自然地操控實體物件以及互動。另外體感操作模式，則是體感手勢操作的延伸，並參考遊戲相關設計，使用者的操作方式是直接操控整個行動裝置，藉由行動裝置上的其他設備，如陀螺儀與重力感測器的輔助，提供使用者可感知的回饋。

2-2 楔形介面設計

格式塔學 (gestalt) 是 20 世紀初期緣起於德國的一個重要心理學流派。格式塔心理學派的學者認為：人類視覺系統可以自動將有缺失的圖形，自動加入適當的資訊，以建立圖形的完成性，因此也稱為「完形心理學」。其中閉合性 (closure) 是指人們會有將不連貫、有缺口的圖形，心理上傾向將圖形視為一個完整的整體，是為閉合傾向。閉合法則是少數設計師可以利用的元素，降低複雜性以便組織資料，方便溝通 (Lidwell, Holden, & Butler, 2003/呂亨英譯, 2008)。而 Gustafson、Baudisch、Gutwin 和 Irani (2008) 提出有別於光環設計的可視化技術，以楔形 (wedge) 為主的設計，此設計就是利用人們會將不完整的圖形視為一個完整圖形傾向的視覺心理。如此可以在有限的螢幕尺寸下，提供一個較少干擾，又能具有指引的資訊線索給使用者參考。

內容提示技術 (contextual cue techniques) 的視覺指引包含：箭頭 (arrows)、光環 (halo) 與楔形 (wedge)。縮放箭頭的設計包含方向與距離，計算螢幕畫面外的地標與螢幕邊緣距離，地標離邊緣愈近則箭頭愈大。另外，拉伸箭頭的設計則是另一種顯示方式，此兩種箭頭設計都是箭頭愈大，代表離地標愈近。

地圖和輔助小地圖 (overview + detail) 的視覺指引設計，是可以有效幫助在尋找地標時獲得相關資訊 (Hornbaek & Frokjaer, 2003)。然而對於小地圖資訊的內容與呈現，其可閱讀性則是設計必須考量的問題。小地圖的設計通常都是無法與顯示細節互動，且需要將兩個地圖資訊整合是較為困難 (Chittaro, 2006)。而 Roto、Popescu、Koivisto 和 Vartiainen (2006) 提出一個網頁在小螢幕顯示下，動態重新排列頁面呈現與重疊資訊顯示的方法，研究結果獲得重疊資訊顯示的方法較好的可用性與偏好。

Baudisch 和 Rosenholtz (2003) 則是以光環 (halo) 設計進行研究，使用相同顏色與透明度箭頭與圓弧，在平面地圖上進行比較固定箭頭加上距離資訊 (如 66、185) 與具不同距離遠近的圓弧指引設計，結果顯示光環能夠有較好的績效；而 Gustafson、Baudisch、Gutwin 和 Irani (2008) 提出有別於光環設計的可視化技術，提出以楔形 (wedge) 為主的設計，楔形是一種可以指引距離與方向的視覺化設計。Henze 和 Boll (2010) 則是採用並比較縮放箭頭 (scaled-arrows)、拉伸箭頭 (stretched-arrows) 與光環 (halos) 的設計。Burigat 和 Chittaro (2013) 則是使用箭頭、楔形與地圖和輔助小地圖 (overview + detail) 的視覺指引設計。多螢幕畫面則是使用一般地圖加上小地圖輔助，但由於是不同比例下的地圖，因此需要花費較多時間整合資訊。Burigat、Chittaro 和 Vianello (2012) 則是針對改善楔形與地圖和輔助小地圖的設計進行相關研究。

然而，在有限的螢幕尺寸限制下，透明度的設計，可以幫助增加空間的顯示 (McGookin, Herteleer, & Brewster, 2011)。McGookin、Herteleer 和 Brewster (2011) 使用手動調整透明度與自動調整透明度的方式進行調查，雖然在時間績效與行走距離上是無顯著差異，但由事後訪談得知手動調整是可以隨時根據自己的需求調整畫面的透明度，並且透明度逐漸改變的方式，可以容易了解內容變化的關係，不會因為過大的變化，而無法立即了解其之間的關係，產生困惑的感覺。不過也有受測者提及，自動調整透明度是由系統內建判斷所產生的，如此可以情況而自動產生不同的透明度，這樣在尋路的過程中不需要停下來、切換，干擾整個尋路程序，容易造成分心的情況。但相對的，遇到複雜的地圖時，則手動調整的設計會比自動調整適合。另外，Nurminen 和 Oulasvirta (2008) 也指出行動控制採取透明度的原因是：可以幫助減少認知負荷 (工作記憶、處理任務的認知時間或複雜的認知運算)，減少操作的影響和複雜的程序，以及減少使用的時間。

綜合分析先前的研究結果，本研究採用楔形設計，並深入探討透明度的設計是否有助於增加空間顯示的效果，而能夠提升使用績效。並且藉由系統易用性 (System Usability Scale, SUS) 以了解使用者對於不同透明度設計的綜合評量。

2-3 性別

感官、大腦、年齡或性別等生理差異，均會影響個體空間資訊的處理之正確度與效率及後續所採取的策略。研究探討變數三為：性別。一般而言，個人特質與策略之應用上，男性在空間資訊的處理上較優於女性，男性較擅於使用幾何空間線索 (如方向與距離)，而女性則採以記憶地標線索的方式 (Devlin & Bernstein, 1995; Lawton, 1996)，女性較常使用自我中心策略 (Chen, Chang, W. C., & Chang, W. T. 2009)。Coluccia、Iosue 和 Brandimonte (2007) 指出性別會有不同的地圖學習策略，男性受測者採用全面觀點，女性受測者採用地標特色。但 Livingstone-Lee、Zeman、Gillingham 和 Skelton (2014) 研究結

果顯示性別對於尋路策略的選擇與績效是沒有差異。Aginsky、Harris、Rensink 和 Beaumans (1997) 則指出當受測者使用以視覺為主的尋路策略時，受測者的表現將不會與任何調查知識相整合，但是如果使用以空間為主的尋路策略，則將會合併為高等級的知識，不同類型的地圖並不會影響男女受測者的路徑學習策略。Coluccia、Iosue 和 Brandimonte (2007) 指出性別會有不同的地圖學習策略。Siegel 和 White (1975) 所指出的使用者在空間的學習上可能會多方面地使用多樣的策略。年齡差異亦會影響尋路與路徑學習。年長者在路徑學習的狀況下，更不容易記憶地標先後順序與地標資訊 (Head & Isom, 2010)。

三、研究方法

3-1 實驗設備與方法

本研究實驗硬體設備採用 Asus transformer prime 變形平板二代，10.1 吋螢幕顯示且解析度為 1280x800(dpi)，具有多點式觸控螢幕，Android 的作業系統，搭載 Nvidia tegra 3 四核心處理器。

「楔形設計」變數，則是引用 Gustafson、Baudisch、Gutwin 和 Irani (2008) 研究中所提出的公式，以人與地標的相對距離進行計算，使用對數函數以控制長度，由於是在虛擬立體空間中，因此使用像素為計算單位，如公式一，另外底邊則為連接兩長度之線段。夾角計算方式則如公式二。而底邊與夾角，愈短表示地標離人比較近，底邊愈長則表示離地標愈遠。由兩者公式所產生的楔形指引，在螢幕上只會顯示如圖 1 中，螢幕中實線顯示線段，虛線的部分，則不會顯示，此設計就是利用人們有將不完整的圖形視為一個完整圖形的視覺心理，透過顯示的線段，判斷目標物的遠近，達到指引的效果。另外，避免環境建築物地標色彩及材質的影響，因此所有的建築物均使用相同的材質。

由於楔形指引會隨著使用者與地標距離遠近而有所變化，因此利用現行智慧型行動裝置遊戲軟體常用的 Unity 程式進行撰寫，行人行走速率則參考交通工程手冊，設定每秒行走一公尺，從容的行走速率為主，楔形指引變數設計，則包含線框，如下頁圖 2，50%透明度填滿，如圖 3，實心全填滿，如圖 4。圖 2~4 分別為各楔形設計之截圖。由於是在一個動態的環境中，不斷的進行探索地標，楔形指引也會不斷的變化，採用不同顏色的楔形指引，只是為了能夠讓受測者方便記憶與判斷目標物，實驗透過程式紀錄尋路時間相關資訊。

$$\text{公式一：長度} = \text{距離} + \ln\left(\frac{(\text{距離} + 20)}{12}\right) \times 10$$

$$\text{公式二：夾角} = \frac{5 + \text{距離} \times 0.3}{\text{長度}}$$

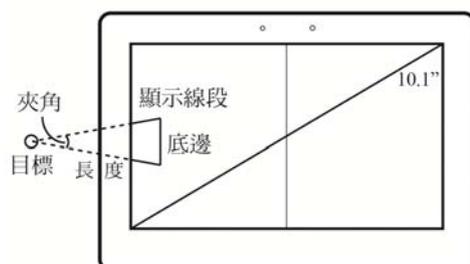


圖 1. 楔形指引實驗變數設計說明 (本研究重新繪製)



圖 2. 第一人稱視角 2D 線框楔形



圖 3. 第一人稱視角 2D 50%透明度填滿楔形



圖 4. 第一人稱視角 2D 實心全填滿楔形

3-2 任務設計

根據 Ni、Bowman 和 Chen (2006) 對任務資訊的定義，分為抽象 (abstract) 資訊與感知 (perceptual) 資訊，空間中抽象資訊與感知資訊是相對的，在空間中遠近是屬於抽象資訊，而具體的數值則是屬於感知資訊；由不同的資訊組合，可以產生多種任務類型，如：感知訊息後接續是抽象訊息任務 (P-A)；抽象訊息後接續是相關的抽象訊息任務 (A-A)；抽象訊息後接續是感知訊息，最後是抽象訊息任務 (A-P-A)。

因此，根據上述資訊類型重新設計任務，並參考現有的尋路情況。因此將任務難易度分為二種，第一種為判斷最近與最遠的地標 (抽象資訊, A-A)，此任務同時判斷抽象資訊，因此任務層級相對簡單。第二種則為需要先對地標進行距離判斷 (抽象資訊)，之後再接續進行資訊判斷 (感知資訊, A-P)，而此任務由於不僅只有判斷抽象資訊，判斷完之後還必須對資訊進行判斷與記憶，如此才能完成任務，因此相對第一種任務設計，此則為較困難任務。

實驗總共設計三個任務，任務一為 A-A 任務，「請您先同時找到離起始點最近與最遠的運動中心 (sports center)，並依近至遠的順序走到這兩個運動中心。」任務二為 A-P 任務，「請您找 3 個最近的旅店 (hotel)，並再度抵達評比出最便宜的旅店 (hotel)。」任務三亦為 A-P 任務，「請您找 3 個最遠的旅店 (hotel)，並再度抵達評比出分數最高的旅店 (hotel)。」

3-3 主觀評量設計

本研究也想要了解受測者的主觀心理感受。對於主觀感受的調查首先訪談五位不同背景的使用者，均有使用觸控式產品的經驗，平均每天使用觸控式產品的頻率每天有 6 次以上，並且也都有虛擬環境的使用經驗，期望能夠獲得針對操作觸控與體感的不同操作模式，在 3D 虛擬環境中，使用楔形指引輔助尋路時，所設計的變數對於使用者的主觀心理感受。依據使用者的主觀感受所產生的形容詞，經由研究者統整分析，分成三類，第一類別為針對操作模式，分別有「疲累的—輕鬆的」、「困惑的—理解的」、「遲鈍的—靈敏的」、「阻礙的—流暢的」。第二類別為針對楔形設計，分別有「干擾的—助益的」、「簡略的—精緻的」、「突兀的—融入的」、「模糊的—明確的」。第三類別為整體綜合評估，分別有「討厭的—喜歡的」、「無聊的—有趣的」、「挫折的—順利的」、「學習困難—學習容易」、「排斥的—習慣的」、「呆板的—生動的」，共 14 組形容詞對，將在受測者操作任務後，填寫問卷時，請受測者填寫主觀感受評量。使用 7 分李克特 (Likert) 量尺進行調查，最低為 1 分，最高為 7 分，4 分為中間感受。

系統易用性 (System Usability Scale, SUS) 量表是 John Brooke 在 1986 年所創建，目的是幫助了解產品介面設計整體的易用性。共有 10 個問項，針對每一個題目在「非常不同意」、「不同意」、「無意見」、「同意」、「非常同意」5 個等級中，勾選表示認同的程度，並將轉換成分數。題目分別為：1、我想我會願意經常使用這個楔形設計。2、我覺得這個楔形設計過於複雜。3、我認為這個楔形設計很容易使用。4、我想我需要有人幫助才能使用這個楔形設計。5、我覺得這個楔形設計的功能整合得很好。6、我覺得這個楔形設計有太多不一致的地方。7、我可以想像大部份的人很快就可以學會使用這個楔形設計。8、我覺得這個楔形設計使用起來很麻煩。9、我很有自信能使用這個楔形設計。10、我需要學會很多額外的資訊，才能使用這個楔形設計。每一個題目的分數並不具意義，必須要將這 10 題分為單數題得分，與雙數題得分。將各別單數題得分減去 1，以及各別用 5 減去雙數題得分後加總，再乘以 2.5，便得到一個介於 0~100 的數值。

下圖 5 為本研究實驗架構統整。包含實驗設計之三個變數，任務類型設計，以及主客觀評估指標。由於研究設定在行走情境下的操作行為，然而避免外在因素干擾，因此實驗進行地點則是在觀察研究室內進行，請受測者以最舒適的姿勢、常用的操作方式，進行操作平板電腦的實驗設備。

實驗程序為，邀請受測者至觀察研究室進行實驗。首先由實驗者進行說明實驗流程與研究目的。其次，請受測者熟悉實驗設備。之後，請受測者依序完成任務。最後請受測者完成相關問卷調查。結束後，贈送 200 元等值之文具用品。

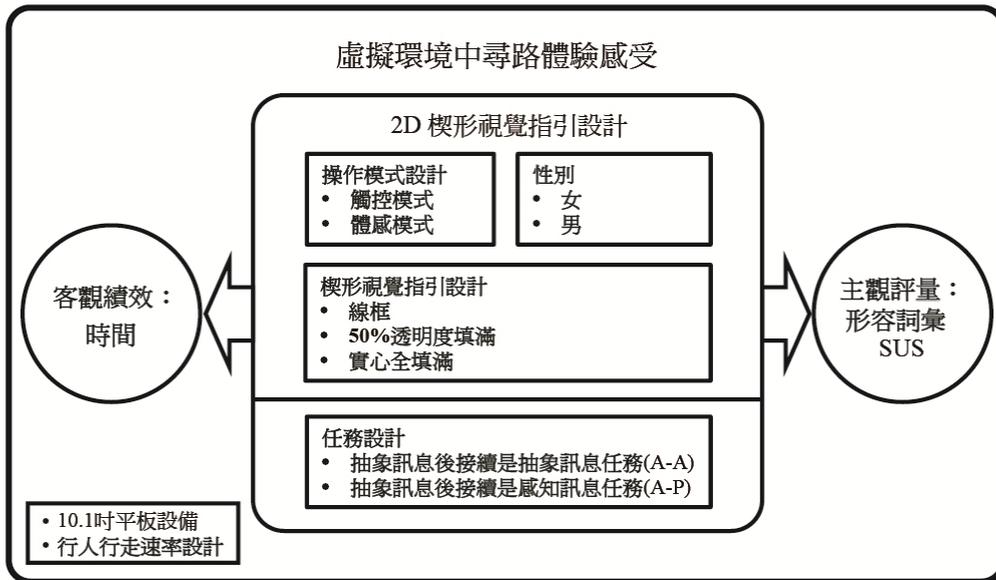


圖 5. 本研究實驗架構

四、結果與討論

實驗採用受試者間 (between-subjects) 之設計。以便利抽樣的方式進行受測者抽樣，主要受測者為台灣科技大學學生。共 72 位受測者，男性與女性受測者分別為 36 位。平均年齡為 24.17 歲 (標準差為 3.14)。在正式實驗前，讓受測者進行 3~5 分鐘練習模式，之後進入正式實驗。

受測者依序完成三個任務，全部任務結束後，請受測者填寫對整個系統之主觀滿意度量表與受測後之訪談，藉此了解在虛擬環境中影響受測者尋路行為的要素以及操作介面上所關注的問題。透過分析測試所獲得的結果，本研究可歸納出以下之設計原則，用於在建構未來的系統設計上。

在操作績效分析，任務一執行「請您先同時找到離起始點最近與最遠的運動中心 (sports center)，並依近至遠的順序走到這兩個運動中心。」之任務 (A-A)，實驗紀錄從起始點走到最近運動中心，並從最近的運動中心走到最遠的運動中心時間績效。由三因子變異數分析得知，在「性別」變數主效應有顯著差異 ($F_{(1,60)}=4.41, p=0.04<0.05$)，整體表現上；男性受測者 ($M=167.92, SD=50.57$) 的績效優於女性受測者 ($M=211.47, SD=109.82$)；在「操作模式」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=1.03, p=0.31>0.05$)；在「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=0.99, p=0.38>0.05$)。

第二個任務，執行「請您找 3 個最近的旅店 (hotel)，並再度抵達評比出最便宜的旅店 (hotel)。」

之任務 (A-P)，經由三因子變異數分析得知，個別主效應均無顯著差異，亦無交互作用。「操作模式」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=2.21, p=0.14>0.05$)；「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=0.05, p=0.95>0.05$)；「性別」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=0.20, p=0.66>0.05$)。

第三個任務，執行「請您找 3 個最遠的旅店 (hotel)，並再度抵達評比出分數最高的旅店 (hotel)。」之任務 (A-P)，經由三因子變異數分析得知，在「操作模式」變數主效應有顯著差異 ($F_{(1,60)}=7.17, p=0.01<0.05$)，整體表現上；體感操作模式 ($M=377.14, SD=117.47$) 的績效優於觸控模式 ($M=441.11, SD=77.86$)；在「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=0.80, p=0.46>0.05$)；在「性別」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=2.80, p=0.10>0.05$)。

受測者執行兩種類型任務之操作績效，的一種是判斷抽象資訊 (最近或最遠) 的任務下 (A-A)，性別有顯著差異。在現有的虛擬環境設計中並無特殊地標的設計，因此可參考的線索僅有楔形指引設計或是指南針，因此推論受測者有不同的地圖學習策略，Coluccia、Iosue 和 Brandimonte (2007) 也指出女性受測者採用的是地標地圖學習，而此研究設計，亦無提供特色地標，因此女性受測者表現績效較男性受測者差。然而在第二類型的任務，先對地標進行距離判斷 (抽象資訊)，之後再接續進行資訊判斷 (感知資訊，A-P) 任務不再只是單純的視覺指引判斷，還增加了對於地標資訊的記憶負荷，分析得知，操作模式變數產生影響，然而這類型的任務有兩個，操作模式變數僅對「請您找 3 個最遠的旅店 (hotel)，並再度抵達評比出分數最高的旅店 (hotel)。」任務有影響，雖然同為 A-P 任務，任務二平均操作時間為 4.16 分鐘，任務三平均操作時間為 6.82 分鐘，差了 2.66 分鐘，任務三必須花費較多的時間，也因此增加了操作上的負荷。

調查整體感受主觀評量，詞對感受「無聊的—有趣的」，經由三因子變異數分析得知，在「操作模式」變數主效應有顯著差異 ($F_{(1,60)}=6.62, p=0.01<0.05$)，整體表現上；體感操作模式 ($M=5.17, SD=1.67$) 的主觀感受偏向有趣的，而觸控操作模式則是中間感受，不無聊也不有趣 ($M=4.19, SD=1.47$)；在「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=0.14, p=0.87>0.05$)；在「性別」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=0.05, p=0.83>0.05$)。

詞對感受「討厭的—喜歡的」，經由三因子變異數分析得知，在「操作模式」變數主效應有顯著差異 ($F_{(1,60)}=5.12, p=0.03<0.05$)，整體表現上；體感操作模式 ($M=4.72, SD=1.43$) 的主觀感受偏向喜歡的，而觸控操作模式則是中間感受，不討厭也不喜歡 ($M=4.00, SD=1.24$)；在「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=1.49, p=0.24>0.05$)；在「性別」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=0.27, p=0.60>0.05$)。

詞對感受「呆板的—生動的」，經由三因子變異數分析得知，在「操作模式」變數主效應有顯著差異 ($F_{(1,60)}=9.82, p=0.00<0.05$)，整體表現上；體感操作模式 ($M=5.14, SD=1.55$) 的主觀感受偏向生動的，而觸控操作模式則是中間感受，不呆板也不生動 ($M=3.97, SD=1.58$)；在「楔形設計」變數主效應無顯著差異 ($F_{(2,60)}=1.61, p=0.21>0.05$)；在「性別」變數主效應無顯著差異 ($F_{(1,60)}=0.09, p=0.77>0.05$)。

其他詞對感受：「疲累的—輕鬆的」、「困惑的—理解的」、「遲鈍的—靈敏的」、「阻礙的—流暢的」、「干擾的—助益的」、「簡略的—精緻的」、「突兀的—融入的」、「模糊的—明確的」、「挫折的—順利的」、「學習困難—學習容易」、「排斥的—習慣的」等，經由三因子變異數分析得知，個別主效應均無顯著差異，亦無交互作用。

調查對於「楔形設計」的 SUS 系統易用性量表進行評分，經由三因子變異數分析得知；在「楔形設計」變數主效應有顯著差異 ($F_{(2,60)}=4.41, p=0.02<0.05$)，事後檢定由 Scheffe 法分析得知，如下頁表 1 所示，50%透明度填滿楔形設計 ($M=63.75, SD=15.95$) 整體評分優於線框楔形設計 ($M=49.90, SD=16.08$)。

表 1. 「楔形設計」的 SUS 系統易用性量表進行評分之事後檢定摘要表

	線框	50%透明度填滿	實心全填滿
線框			
50%透明度填滿	0.02*		
實心全填滿	0.10	0.80	

受測者主觀評量三種不同向度的形容詞彙，在整體綜合評估類別中的詞對產生不同的主觀感受。然而在操作模式、楔形指引設計這兩個類別的詞對，主觀感受意見一致。雖然在整體綜合評估詞對產生不同的主觀感受，但都沒有偏向負面的感受，這與過往的研究僅較偏於提出負面情緒對於尋路行為的不好影響（如迷航），但對於正面或中性感情較少論述，此研究的結果可以提供未來設計之參考。

五、結論與建議

透過實驗任務驗證假設，了解操作模式、2D 楔形指引、以及性別三者之間有無顯著差異與影響關係，並以軟體記錄操作時間績效所得之結果，經由 SPSS 軟體統計結果進行分析，歸納出以下之結論：

在找尋最近與最遠目標物的任務（A-A）整體表現上，性別有顯著差異。男性受測者的表現優於女性受測者。但在判斷三個最近，以及判斷三個最遠的目標物任務（A-P），則性別變數是無顯著差異。這與 Livingstone-Lee、Zeman、Gillingham 和 Skelton（2014）的研究結果指出性別對於績效是沒有差異相同。當尋路任務較為簡單時，則與先前研究結果相同，會因為不同的學習策略（男性受測者採用全面觀點，女性受測者採用地標特色）而有影響。但是隨著不斷增加困難度，受測者除了需要辨識以及記憶視覺指引之外，還要再記憶目標物上的資訊，這不僅只有是以視覺指引為主的尋路策略，還必須合併其他資訊成為較高等級的尋路知識策略，然而此類型的任務，性別變數在績效上則無造成影響，因此建議未來針對虛擬環境的設計，當較為簡單的任務時，環境中增加地標特色，以能夠協助提升尋路績效。

另外，本研究調查結果顯示，操作模式變數僅在任務三造成影響，體感的操作模式績效優於觸控的操作模式。但在任務二並無造成影響。由於此兩個任務類型相同，任務二平均操作時間為 4.16 分鐘，任務三平均操作時間為 6.82 分鐘，相差了 2.66 分鐘，這是否因為時間因素所造成的影響，或是其他如身體負荷、心智負荷或挫折感等因素影響，則是未來必須繼續探究的。

另外，主觀評量上也是在操作模式上有產生差異。受測者在整體綜合評估的詞彙中，「無聊的—有趣的」、「討厭的—喜歡的」、「呆板的—生動的」，認為體感操作模式是偏向有趣的、生動的，並且也喜歡此種操作模式的主觀意見。對於此的事後訪談中，受測者認為觸控模式需要能夠提供滑動的動作加大，行走的距離也能夠增加的功能，較能夠符合操作上的心智模式。並且一直滑動手指，容易造成手指頭疲累感，特別是在找尋最遠的三個目標物時，超過受測者可以負荷的操作疲累閾值，雖然在喜歡的主觀評量是不偏頗喜歡或討厭，但整體而言受測者是較喜歡體感的操作模式。然而，針對體感模式受測者則是建議能夠針對接近目標物時，有緩速或是提醒的設計，由於控制固定的行走速度，因此容易不小心就超過目標物，而造成來不及閱讀訊息。

楔形指引設計在不同任務的操作績效，並無造成顯著差異。這與 McGookin、Herteleer 和 Brewster（2011）的研究結果相同。然而 SUS 系統易用性量表總分評價中，「楔形」變數主效應有顯著差異，50%

透明度填滿楔形設計 ($M=63.75, SD=15.95$) 整體評分優於線框楔形設計 ($M=49.90, SD=16.08$)。受測者認為相較於線框的楔形設計，50%透明度填滿楔形設計能夠幫助增加空間的顯示，容易了解目標物與環境之間相對應的關係，這與 Nurminen 和 Oulasvirta (2008) 所指出採取透明度是可以幫助減少認知負荷相符合。50%透明度填滿楔形設計容易學習、且願意使用，以及受測者認為能夠有自信的使用這樣的設計。另外也有受測者提及，100%的實心填滿設計，重疊時不容易判斷，但就實驗結果看來，並不影響操作績效，且其系統易用性總分評價，也達 60.52 分 ($SD=19.36$)。McGookin、Herteleer 和 Brewster (2011) 的研究曾指出，在有限的螢幕尺寸限制下，透明度的設計可以幫助增加空間的顯示。對此，則是可以繼續探究的議題。因為實心填滿的楔形設計是只有針對目標物指引而所設計，只占畫面的局部，因此受測者是否藉由畫面中其他的相關資訊，而能夠獲得相對應的位置關係，以及進行判斷，則是未來可探究的方向之一。

而本研究結果雖然在績效上無顯著影響，但易用性的評量上證實 50%透明度填滿楔形設計有較好的評價。未來則是可以針對楔形設計，對認知負荷如工作記憶、認知時間等進行研究。

本次實驗中，以虛擬環境下尋路行為的視覺指引為主要探討變數，另外搭配操作模式與性別變數作為進行任務測試與驗證，雖然在楔形設計在客觀績效上，並無顯著的差異。且在主觀形容詞對的調查也無顯著的差異。然而，在情感設計的主觀評量上，對於體感模式設計，認為是較有趣、生動，且也是較喜歡的設計。因此建議，當進行虛擬環境行人尋路設計時，可採用體感設計的模式。未來則可再針對體感設計，如何應用在行車導航模式或其他模式進行深入的探討。

誌謝

本研究由科技部計畫 MOST 103-2410-H-011-023 補助支持，以及匿名審查委員的意見和指教，使本文受惠良多，在此致上真摯謝意。

參考文獻

1. Aginsky, V., Harris, C., Rensink, R., & Beusmans, J. (1997). Two strategies for learning a route in a driving simulator. *Journal of Environmental Psychology, 17*(4), 317-331.
2. Baudisch, P., & Rosenholtz, R. (2003). Halo: A technique for visualizing off-screen locations. In *Proceeding of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 481-488). New York, NY: ACM Press.
3. Booth, K., Fisher, B., Page, S., Ware, C., & Widen, S. (2000). *Wayfinding in virtual environments*. Lawrence, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
4. Burigat, S., & Chittaro, L. (2013). On the effectiveness of overview+ detail visualization on mobile devices. *Personal and Ubiquitous Computing, 17*(2), 371-385.
5. Burigat, S., Chittaro, L., & Vianello, A. (2012). Dynamic visualization of large numbers of off-screen objects on mobile devices: An experimental comparison of wedge and overview+detail. In *MobileHCI '12 Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 93-102). New York, NY: ACM.

6. Chen, C. H., Chang, W. C., & Chang, W. T. (2009). Gender differences in relation to wayfinding strategies, navigational support design, and wayfinding task difficulty. *Journal of Environmental Psychology, 29*(2), 220-226.
7. Coluccia, E., Iosue, G., & Brandimonte, A. M. (2007). The relationship between map drawing and spatial orientation abilities: A study of gender differences. *Journal of Environmental Psychology, 27*(2), 135-144.
8. Chittaro, L. (2006). Visualizing information on mobile devices. *IEEE Computer, 39*(3), 40-45.
9. Conroy, R. A. (2001). Wayfinding in the real and virtual world. In spatial navigation in immersive virtual environments. (Unpublished doctoral dissertation). London, England: University College London.
10. Devlin, A. S., & Bernstein, J. (1995). Interactive wayfinding: Use of cues by men and women. *Journal of Environmental Psychology, 15*, 23-38.
11. Downs, R., & Stea, D. (1973). *Image and environment: Cognitive mapping and spatial behavior*. Chicago, IL: Aldine.
12. Gluck, M. (1991). Making sense of human wayfinding: A review of cognitive and linguistic knowledge for personal navigation with a new research direction. *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space, 63*, 117-135.
13. Golledge, R. G. (1999). Human wayfinding and cognitive maps. In R. G. Golledge (Eds.), *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes* (pp. 1-45). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
14. Gustafson, S., Baudisch, P., Gutwin, C., & Irani, P. (2008). Wedge: Clutter-free visualization of off-screen locations. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 787-796). New York, NY: ACM.
15. Head, D., & Isom, M. (2010). Age effects on wayfinding and route learning skills. *Behavioural Brain Research, 209*(1), 49-58.
16. Heikkinen, J., Rantala, J., Olsson, T., Raisamo, R., Lylykangas, J., Raisamo, J., Surakka, V., & Ahmaniemi, T. (2009). Enhancing personal communication with spatial haptics: Two scenario-based experiments on gestural interaction. *Journal of Visual Languages & Computing, 20*(5), 287-304.
17. Henze, N., & Boll, S. (2010). Push the study to the app store: Evaluating off-screen visualizations for maps in the android market. In *MobileHCI '10 Proceedings of the 12th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 373-374). New York, NY: ACM.
18. Hornbaek, K., & Frokjaer, E. (2003). Reading patterns and usability in visualizations of electronic documents. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 10*(2), 119-149.
19. Lawton, C. A. (1996). Strategies for indoor way-finding: The role of orientation. *Journal of Environmental Psychology, 16*(2), 127-145.
20. Livingstone-Lee, A. S., Zeman, M. P., Susan T., Gillingham, T. S., & Skelton, W. R. (2014). Navigational strategy may be more a matter of environment and experience than gender. *Learning and Motivation, 45*(1), 30-43.
21. McGookin, D., Herteleer, I. & Brewster, S. (2011). Transparency in mobile navigation. In *Proceeding of CHI EA '11 CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1903-1908). New York, NY: ACM.

22. Ni, T., Bowman, D. A., & Chen, J. (2006). Increased display size and resolution improve task performance in information-rich virtual environments. *Graphics Interface 2006*, June 7-9, Quebec City, Canada 139-146.
23. Nurminen, A., & Oulasvirta, A. (2008). Designing interactions for navigation in 3D mobile maps. In L. Meng, A. Zipf, & S. Winter (Eds.), *Map-based mobile services: Design, interaction and usability* (pp. 198-227). Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
24. Parush, A., Ahuvia, S., & Erev, I. (2007). Degradation in spatial knowledge acquisition when using automatic navigation systems. *Spatial Information Theory, Lecture Notes in Computer Science*, 4736, 238-254.
25. Paneels, S., & Roberts, J. (2010). Review of designs for haptic data visualization. *IEEE Transactions on Haptics*, 3(2), 119-137.
26. Peponis, J., Zimring, C., & Choi, Y. K. (1990). Finding the building in wayfinding. *Environment and Behavior*, 22(5), 555-590.
27. Raubal, M., & Egenhofer, M. J. (1998). Comparing the complexity of wayfinding tasks in built environments. *Environment and Planning B*, 25(6), 895-913.
28. Robinson, S., Jones, M., Eslambolchilar, P., Smith, M. R., & Lindborg, M. (2010). "I did it my way": moving away from the tyranny of turn-by-turn pedestrian navigation. In *Proceedings of the 12th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 341-344). New York, NY: ACM.
29. Roto, V., Popescu, A., Koivisto, A., & Vartiainen, E. (2006). Minimap: A web pagevisualization method for mobile phones. In *Proceedings Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 35-44). New York, NY: ACM.
30. Saffer, D. (2009). *Design gestural interfaces*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
31. Sahami, A., Holleis, P., Schmidt, A., & Hakkila, J. (2008). Rich tactile output on mobile devices. *Ambient Intelligence, Lecture Notes in Computer Science*, 5355, 210-221.
32. Satalich, G. A. (1995). *Navigation and wayfinding in virtual reality: Finding proper tools and cues to enhance navigation awareness* (Unpublished master's thesis). Seattle, WA: Washington University.
33. Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large scale environments. *Advances in Child Development and Behavior*, 10, 10-55.
34. Steuer, J. (1995). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. In F. Biocca & M. Levy (Eds.), *Communication in the age of virtual reality* (pp. 33-56). Lawrence, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
35. Srikulwong, M., & O'Neill, E. (2011). A comparative study of tactile representation techniques for landmarks on a wearable device. In *Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2029-2038). New York, NY: ACM.
36. 呂亨英 (譯) (2008)。設計的法則 (原作者: W. Lidwell, K. Holden, & J. Butler)。台北市: 原點出版。(原著出版年: 2003)
Lyu, H. Y. (trans.). (2008). *Universal principles of design*. (Original author: W. Lidwell, K. Holden, & J. Butler). Taipei: Uni-Books. (Original published 2003). [in Chinese, semantic translation]
37. 鄭巧玉 (譯) (2012)。行動介面設計模式 (原作者: S. Hooper, & E. Berkman)。台北市: 基峯

資訊股份有限公司。(原著出版年：2012)

Jheng, C. Y. (trans.). (2012). *Mobile design pattern gallery*. (Original author: S. Hooper, & E. Berkman).

Taipei: GOTOP Information Inc. (Original work published 2012). [in Chinese, semantic translation]

Wayfinding Experience in a Virtual Environment with 2D Wedge Design Supports

Shih-Chieh Chen* Chien-Hsiung Chen**

Department of Industrial and Commercial Design,
National Taiwan University of Science and Technology

* hasanchen@gmail.com

** cchen@mail.ntust.edu.tw

Abstract

With the development of smart mobile devices, the way of virtual activity has been integrating in our daily lives. The chance of using smart mobile devices to help our wayfinding behavior in a virtual environment is increasing as well. Nonetheless, the amount of information displayed on the device is limited because of the screen size. The design of wayfinding support for a smart mobile device to fit in to users' perceptual functions and limitations is even more important. Currently, there exist only few research studies related to users' wayfinding behavior by adopting smart mobile devices. The purpose of this study is to investigate users' wayfinding support design in a virtual environment. The independent variables are interaction mode, wedge design, and gender. The users' wayfinding performance and subjective preference are explored in this study.

The research results revealed that: (1) In terms of objective task performance in a virtual environment, participants perform better by adopting body movement mode than the touch sensitive mode when facing a more difficult wayfinding task. (2) For subjective preference, participants thought the body movement mode tended to be interesting and vivid, and they enjoyed this type of interaction mode. (3) The results from the system usability scale (SUS) indicated that the 50% transparent wedge design was better than the line type wedge design. This is because the 50% transparent wedge design can help increase the display of spatial information. Participants could easily understand the relevant relationship between that wayfinding target and its environment.

Keywords: Wayfinding, Interaction Mode, Wedge, Gender, Virtual Environment.