設計學年刊 第2期
2014年3月 頁159-178

介面、熟悉度、性別因素對魔術方塊遊戲績效之影響

江潤華* 林展立** 莊慶昌*** 張文德***
*明志科技大學工業設計系
**國立臺北教育大學文化創意產業經營學系
***銘傳大學商品設計學系

摘要

本研究旨在探討魔術方塊介面、個體差異與尋路策略對國小六年級學童操作績效的影響，研究採實驗法之 3×2×2 三因子混合設計：介面(3：實體、觸控、滑鼠)、熟悉度(2：有/無經驗)與性別。最後再以空間策略問卷，探索研究變項間的相關性。研究對象為 55 位國小六年級學童(29 男/ 26 女)，年齡介於 11-12 歲之間。本研究主要研究議題：(1)驗證性別因素對學童在魔術方塊操作介面之操作績效差異；(2)比較熟悉度因素對學童在魔術方塊介面之操作績效差異；(3)探索不同魔術方塊操作介面與性別、熟悉度與空間能力等個體差異之交互作用。研究發現：(1)操作介面以實體魔術方塊最佳，次之為滑鼠介面，最差是觸控介面; (2)熟悉度因素方面有操作經驗者比無經驗者之魔術方塊完成率高；(3)在性別差異上，男童完成率比女童高；(4)操作介面與熟悉度、性別差異之間皆無交互作用；(5)魔術方塊完成率與熟悉度、性別和空間策略之相關係數皆具顯著水準；(6)路徑策略量表得分與熟悉度及操作完成率成正比。本研究藉由實驗觀察學童實際介面操作，驗證受試者在不同介面、性別、熟悉度與空間策略等因素間的相關性，並提出建議，可裨益相關遊戲介面開發及研究。

關鍵詞：魔術方塊、性別、熟悉度、拓蹼、空間策略

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

設計學年刊 第2期
2014年3月 頁159-178

一、前言

魔術方塊最初的名稱叫 “Magic Cube”(Reporter, 2009)，1980 年 Ideal Toys 公司改名為 “Rubik's Cube”，並開始販售。隨後造成轟動，據估計 1980 年代中期，全世界有五分之一的人在玩魔術方塊。截至 2009 年 1 月，魔術方塊在全世界已經售出了 3 億 5 千多個(Jamieson, 2009)。近年，陸續有許多以魔術方塊為主題的研究，探究空間感知與學習效果等相關議題(劉奕帆、廖冠智，2011)。復原混亂的實體魔術方塊是其最引人入勝之處，對多數青少年而言更是難以抗拒此遊戲帶來的挑戰與成就感，且魔術方塊與空間能力(Spatial ability)表現似乎有某種關連，國內外皆有針對空間旋轉能力上表現相關研究(Seng & Chen, 2000; Michalis, 2003)。值得注意的是，這些研究亦涉及性別因素對空間能力的影響。鑒於此，本研究擬探索性別因素對魔術方塊操作績效的影響。

另一方面，不少研究皆以電腦為輔助學習之工具，除可增加學生的學習興趣外，亦能提升學習概念與績效。一般大眾所使用之輸入設備是電腦鍵盤和滑鼠，但隨著觸控螢幕技術成熟與普及，觸控面板及其對應之觸控操作似有取代鍵盤與滑鼠的趨勢，但在虛擬 3D 模擬情境下，是否優於傳統鍵盤與滑鼠介面，仍有待研究證實。有鑑於此，本研究擬以實驗方式，測試傳統實體魔術方塊及滑鼠介面與觸控面板操作電腦數位魔術方塊等三種操作介面之間的差異。

綜上所述，本研究目的：

(1)驗證性別因素對學童在魔術方塊操作介面之操作績效差異。
(2)比較熟悉度因素對學童在魔術方塊介面之操作績效差異。
(3)探索不同魔術方塊操作介面與性別、熟悉度與空間能力等個體差異之交互作用。

二、文獻探討

(一) 魔術方塊與操作介面

魔術方塊至今已發明超過三十年，被喻為益智遊戲經典之作，是一種會令人陷入思考的解謎玩具，其變化之多樣令人著迷(IQ test, 2013; Johnson, 2013)。魔術方塊種類眾多，最早發明的魔術方塊是 3×3×3 的魔術方塊，也

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

是目前市面上最易購買及最流行的，6×6×6 和 7×7×7 魔術方塊是 2007 才新推出的，難度甚高、購買不易而且要價不斐。本研究為了顧及普遍性及通俗性，故採用 3×3×3 的魔術方塊作為本研究實驗工具。

隨著電腦多媒體教材的日新月異推出，伴隨著電腦學習介面設計，可用性與學習效益的議題也逐漸受到重視。人類與電腦之間的溝通，必需有輸入裝置。電腦從 1946 年發明以來，最重要的輸入裝置非鍵盤與滑鼠莫屬。滑鼠是一種在視窗介面之中，能幫助使用者輕鬆操作電腦的工具。相對地，觸控面板在使用上，其本質的作用與滑鼠是相同的，但是擁有所占使用空間較小，不像滑鼠必需要有一個平台桌面的空間才能方便使用，且具有更多設計優勢，設計者只需更換顯示的畫面，操作功能介面就可以有多種變化，更易於使用，已慢慢被社會大眾所接受，未來使用觸控式的輸入介面，有可能替代過去的滑鼠輸入介面(張珮琳，2001; 劉世忠，2008)。

近年針對介面可用性評估相關研究亦漸受重視(Nielsen, 1995, 2003; Wickens, Lee, Liu & Becker, 2004; Redish, 2005)。先前研究(邱宗偉、張文德，2012)指出，傳統鍵盤/滑鼠與觸控平板介面會影響介面操作績效，並與任務難度與性別等因素間具顯著相關。目前已有數款魔術方塊遊戲軟體在網路間流傳(ex. Fupa, 2012; 數位魔術方塊，2012)，其操作介面設計亦已相當成熟，但尚無實體魔術方塊與數位虛擬魔術方塊熟悉度比較相關研究，亦沒有觸控螢幕與鍵盤之比較研究。因此，本研究擬將介面作為本研究主要實驗變項之一，期能釐清實體魔術方塊、傳統滑鼠及觸控螢幕三種不同介面，使用者的操作績效是否有顯著差異。

(二) 認知心理學

皮亞傑 (J. Piaget)將認知發展與空間認知的歷程分成四個階段，各階段的行為模式如下：1.感覺動作期(出生至兩歲)的學童欲了解外界事物，通常運用感覺及行動來解決問題或達成目的，主要認知事物的工具是知覺。空間認知方面，學童完全以自己的身體來定義物體的空間與位置關係；學童的空間世界完全是自我中心的。2.運思前期(兩歲至七歲)的學童開始使用符號代表實物，可以使用語言表達概念，但有自我中心傾向，並以自我中心主義為主要的思維形式，能思維但不合邏輯，尚不能見及事物的全貌。空間認知方面，學童仍然是

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

自我中心的，且難以建立與自己身體分離地方之複雜心象，能用粗略的符號來形成周圍環境之表象。3.具體運思期(七歲至十一歲)的學童能根據具體經驗思維應用於解決問題上，雖然對抽象的問題較無法思考，但能理解可逆性與守恆的道理，且不再以自我中心為主。空間認知方面，學童開始打破自我中心，將地方與物體視為分離之概念。4.形式運思期(十一歲以後)的學童已進入青少年期，其智力發展以遵循假設的科學的推理模式，並運用組合分析以達到解決的目的，能從事類似成人的抽象思考。空間認知方面，學童能利用符號與抽象概念來建立空間方位，並能建構更大、更完整與統合的認知圖與空間概念。且各個階段認知發展歷程是屬於漸進、連續性的，隨著年齡成長逐漸成熟，各階段亦會因個人因素而產生差異，但其階段的先後次序不變(杜聲鋒，1997; 張春興，1995)。本研究之受試者為國小六年級學童，是屬於認知發展階段中的形式運思期。

(三) 空間能力

空間能力的發現，是一群心理學者在研究「智力」時一個無心插柳的結論(李琛玫，1996)。近年，國內外陸續出現眾多關於空間能力的研究，且各家學者對空間能力之研究，所持的認知與分析角度的不同，對空間能力也難以取得一個共同的定義，甚至不會有一個相同的空間能力定義(蔣家唐，1995)。雖然分析層面略有不同，但仍有其共通之處。其整理如下表 1，綜觀國內學者對於空間能力的相關研究，其實驗皆以問卷測驗與實務操作方式，來驗證其空間能力之提升與否，本研究則嘗試以魔術方塊來驗證其空間能力操作之績效。

先前研究發現，動物在面對陌生空間時會記憶空間特徵進而形成空間地圖概念，在同樣的生物學基礎上，認知地圖(Cognitive map)指人們將空間相關位置之資訊加以認識、儲存、回憶和解碼，空間相關心理認知轉換的歷程，進而形成一連串心理認知與空間記憶轉換的過程(Kitchin, 1997)。「認知地圖」是人們將所吸收、組織、儲存和處理有關係的空間環境信息，經過時間累積成的潛在能力表象出來的圖(歐陽鍾玲，1981；陳建雄、張文智、張文德，2007)。認知地圖是存在於個體心智中的空間意象和環境特徵，來源是各種體驗生活、感受、經過長期累積的經驗所組成，包括：從閱讀中地圖的資訊、個人實際經驗、圖片、傳說等等(Dent, 1993)。

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

表 1 空間能力相關研究摘要

作者與年代	工具	實驗方式	量測	受試者	樣本數
魏春蓮(2005)	1.空間能力測驗問卷 2.正方體、長方體的摺合與展開	1.實驗 2.晤談法	學習成就、性別差異	小四	26 人 (男 14、女 12)
黃惠薇(2008)	1.空間能力測驗問卷	1.實驗 2.晤談法	學習成就、性別差異	小六	54 人 (男 28、女 26)
黃煥文(2009)	1. 空間能力測驗問卷	1.實驗 2.晤談法	學習成就、性別差異	小五	62 人 (男 32、女 30)

Chase and Chi (1985)研究指出，尋路認知過程與空間知識有密切關係，並且將空間知識分類為路徑空間知識(Route spatial knowledge)及俯瞰空間知識(Survey spatial knowledge)兩類。路徑空間知識是指個體正確執行一個事件之順序或執行任務所需知識的記憶;俯瞰空間知識是指個體對組織事件的活動或任務之整體網絡架構的認知。因此認知地圖大致可區分為兩類：路徑認知圖與俯瞰認知圖。

綜上所述，大多數研究者主張人類具有認知地圖能力，環境資訊被留存在大腦的記憶當中，記憶會隨著時間不斷的修正，腦海中亦會不斷的累積空間資訊，進而修正認知地圖。就如同我們首次進入一個新環境時，腦海中便會形成大略的記憶，而後成為我們地理環境的經驗。而認知地圖中，所提及之尋路策略，對於空間上所使用之策略因人而異，本研究將參考先前研究開發驗證之空間尋路策略問卷(張文德，2008)，進一步分析魔術方塊操作是俯瞰尋路策略或路徑尋路策略較具有優勢與相關性。

(四) 性別

歷年來空間能力與性別差異的關係是眾家學者所關注的焦點之一。黃惠薇(2008)宣稱不同性別間的學童，其學習表現沒有顯著差異與交互作用。呂潔筠(2009)進行空間旋轉概念的診斷教學研究，針對國小五年級的學童實施診斷教學後發現，實驗組在進行診斷教學之後，男、女學童在立即成效上，並沒有顯著差異，然而保留與延宕成效上，女童是優於男童的。另外黃煥文(2009)在探討國小五年級學童空間旋轉能力學習成效之研究上，發現不同性別的學童，在經過不同的教學策略之後，對於空間旋轉能力的立即、保留成效上沒有顯著差異，而延宕成效方面，女童似乎優於男童。

NATIONAL LIBRARY ROC 國家圖書館

由以上之相關文獻探討可發現，不同性別在空間旋轉能力方面，並非是社會普遍認為男性優於女性的現象，女性空間旋轉能力亦有可能比男性優秀，然而不論由生、心理學或資訊教學、教學策略、空間能力測驗角度來剖析，對空間旋轉能力而言，男、女性別之間是否存有顯著差異，各學者間依然存有許多不同的看法。此外不同性別與空間能力相關文獻探討顯示：部份男、女生表現或有高低，但就空間旋轉能力來說，大部份文獻顯示男生比女生表現來得優秀，少部份是沒有顯著差異的。

(五) 熟悉度

操作魔術方塊之績效，會受熟悉度影響，若學童本身已經對於魔術方塊相當熟悉，此學童的操作績效，一定比不熟悉之學童要好(Darken & Peterson, 2002)。就像有經驗的老師傅，做出來的產品，一定比學徒產品更精緻無暇，故操作熟悉度亦是一個重要的自變項。

在一個虛擬環境之中有關使用者尋路輔助設計形式與性別差異，對於使用者尋路行為與尋路策略的影響，一般而言男性受測者在虛擬環境適應程度以及特殊地標尋找能力，均比女性受測者優秀，並且在自我心智地圖上，也皆比女性受測者更有自信。熟悉度差異則會影響到使用者尋路任務績效與空間認知，男性受測者的尋路能力比女性受測者高，尤其在尋路任務較困難時更是如此。但女性受測者在簡單尋路任務時，若是熟悉度提升，則尋路表現可能可以超越男性受測者(陳建雄，2010)。

本研究所關注之重點在於透過不同操作介面，對於性別差異、熟悉度是否對操作介面績效有影響，在先前電腦與空間旋轉能力研究之相關文獻中指出，已知運用電腦以加強其空間能力的學習，其學習經驗是可以幫助空間能力的提升的。因此，研究者認為，不同性別與熟悉度在本研究實驗之後，其不同介面之操作績效是否有提升或顯著差異、交互作用，是值得探究的。

綜上所述，本研究主要研究議題：(1)探討性別因素對學童在魔術方塊操作介面之操作績效差異；(2)比較熟悉度對學童在魔術方塊操作介面之操作績效差異；(3) 探索不同魔術方塊操作介面與性別、熟悉度與空間能力等個體差異之交互作用。

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

設計學年刊 第2期
2014年3月 頁159-178

三、材料與方法

研究採實驗法之 3×2×2 三因子混合設計：介面(3：實體、觸控、滑鼠)、熟悉度(2：有/無經驗)與性別，輔以空間尋路策略問卷，探索並分析實驗因素間的相關性。茲將研究設計與工具分述如次：

(一) 受試者

探討男性與女性學童對三種魔術方塊操作介面之操作績效差異比較：實驗人數共 55 人(男性學童 29 人；女性學童 26 人)，年齡 11~12 歲。

(二) 實驗設計

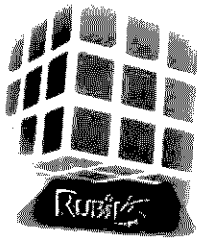
(1) 遊戲方式與介面

本研究之魔術方塊遊戲分實體與虛擬兩種(圖 1)，擬針對學童在實體、觸控與滑鼠三種操作介面下，操作績效進行實驗比較，檢驗是否具顯著差異。

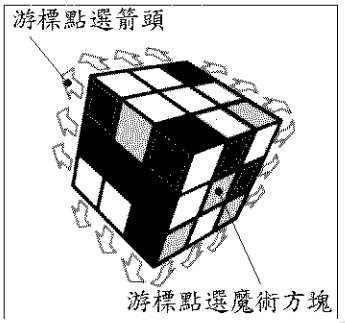
(a) 實體：實體魔術方塊(尺寸 55 x55 x55mm)(圖 1a)。

(b) 觸控螢幕：施測時須將虛擬魔術方塊之尺寸，設定至與實體魔術方塊之尺寸大小相同後才可進行(55 x55 x55mm)(圖 1b)，並配合觸控螢幕之操作方式(規格：all in one 型微星觸控電腦/ 型號 MSI AE220 22 型) (圖 2a)，以食指端接觸螢幕滑動操作。

(c) 滑鼠操作：配合電腦配備之原廠無線滑鼠(規格：同觸控螢幕)(圖 2b)，按鍵設定為左鍵：點選拖曳，滾輪：無設定。



(a)實體魔術方塊

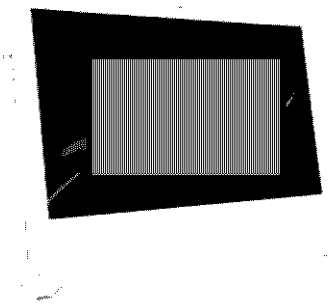


(b) 虛擬魔術方塊
(出處：數位魔術方塊，2012)

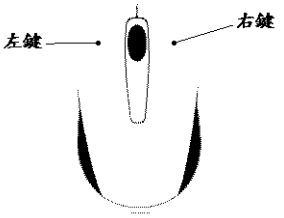
圖 1. 魔術方塊之實體與虛擬遊戲

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

設計學年刊 第2期
2014年3月 頁159-178



(a) 觸控電腦

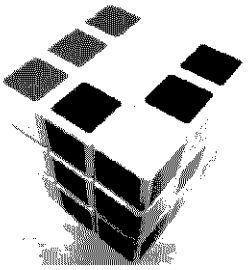


(b) 無線滑鼠控制設定

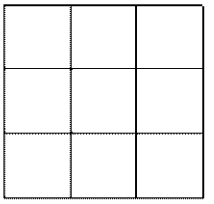
圖 2. 觸控與滑鼠介面

(2) 熟悉度因素

為了使魔術方塊試題具一致性，實驗前須將實體魔術方塊旋轉成同一試題，以避免題目難易度不一致問題 (圖 3a)。雖然多數學童皆曾玩過魔術方塊，但實際訪談發現，若非熟練此玩具者，一般無法於 3 分鐘內完成單面復原。但熟練魔術方塊遊戲者卻能於者 3 分鐘內完成 6 面復原。經過研究團隊反覆測試與討論，最後決定以 3 分鐘為限，受試者在三分鐘內旋轉實體魔術方塊，完成一面九格白色面，歸類為操作魔術方塊有經驗學童，而未能於 3 分鐘內完成白色單面試題者(3b)，則為操作魔術方塊無經驗學童。



(a) 魔術方塊單面試題(測試前)



(b) 單面試題完成狀態(白色)

圖 3. 魔術方塊統一試題

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

按實體魔術方塊之單面復原測試結果顯示，本實驗人數為 55 人，其中 18 人(男性學童 9 人/ 女性學童 9 人)能於 3 分鐘內完成單面試題，故被歸類為有經驗受試者。另 37 人(男性學童 20 人/ 女性學童 17 人) 未能於 3 分鐘內完成單面試題，故被歸類為無經驗學童。

(3) 空間策略問卷

如前所述，本研究擬分析學童空間策略與魔術方塊復原能力之相關性，採張文德(2008)研究中(表 2)經信、效度檢定之策略問卷為實驗工具，本問卷共計 9 題，題號第 1~4 題為路徑策略，題號第 5~9 題則為俯瞰策略。問卷尺度是以李克特(Linkert)五等量表為主觀評量尺度，受試者須於閱讀題目後勾選同意程度(1 表示非常不同意，5 表示非常同意)。可用於評估受試者空間策略高低，有助於探討空間策略對魔術方塊復原測試績效之影響。

表 2 空間尋路策略問卷 (出處：張文德，2008)

	新題號	題目內容	因素負荷量	解釋變異量%	累計的解釋變異量%
因素一 路徑策略	1	行動之前，我會先行搜集「在哪些特定的街道或地標物應該左轉或右轉」的指示。	.79	29.7	29.7
	2	行動之前，我會先需要知道在每次轉彎時，應該先經過幾條街。	.63		
	3	我會記住一路上經過的地標物，例如大樓或者自然特徵。	.63		
	4	行動之前，我會尋找特別的街道或地標物做為方向指引，以便瞭解應該向東方，西方，北方或南方行走。	.60		
因素二 俯瞰策略	5	在城市中，我能瞭解我和市中心之間相對位置的關係。	.77	23.4	53.1
	6	當我駕駛或騎車時，我能在我的腦海裡想像此區域的地圖。	.75		
	7	我能知道我上一個所在的位置與下一個轉彎方向之間的關係。	.73		
	8	我能記得我曾經走過的方位(北方、南方、東方或者西方)。	.61		
	9	旅途中，我能感覺太陽(或月亮)與我相對位置的關係。	.55		

(三) 實驗步驟:

(1) 研究人員將先前準備實體魔術方塊旋轉成同一種花色，再發放給受試

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

者。

(2) 請受試者開始旋轉實體魔術方塊，計時三分鐘，在三分鐘內完成一面九格白色面。

(3) 受試者在三分鐘內旋轉實體魔術方塊，完成一面九格白色面，歸納為操作魔術方塊有熟悉度經驗學童；未完成者，則歸納為操作魔術方塊無經驗學童。

(4) 以隨機分配方式，由研究人員示範操作數位魔術方塊後，讓受試者練習操作滑鼠介面或觸控介面 3 分鐘，請受試者依隨機分配方式先後操作滑鼠介面與觸控介面數位魔術方塊，重複其實驗流程(2)。

(5) 在實驗完成後，由負責問卷人員說明問卷填寫方式，並要求受試者完成問卷作答。

(四) 統計分析

記錄三種魔術方塊操作介面之操作績效(秒)進行記錄，若未於 3 分鐘內完成測試題者，則記錄其完成率。例如：若只完成六格白色，則完成率為 6/9 =66.66%，依此類推。

統計以三因子混合設計變異數分析，針對操作介面、熟悉度、與性別等變項進行主效果與事後檢定，若二因子或三因子交互作用具顯著水準，則進行單純效果事後檢定，並繪製平均數折線圖分析交互作用情形，最後輔以空間尋路策略問卷結果，進行所有變項的迴歸分析，探索與討論各因素間的因果關係。

四、結果

(一) 整體結果

表 2 所示為受測者魔術方塊復原實驗之各研究變項敘述統計摘要資料，依操作介面不同、實體魔術方塊操作熟悉度之有無與性別等實驗變項所獲得的平均完成率與標準差。分析結果顯示，操作介面($F(_{2,102})= 12.09, p < .05$)、性別($F(_{1,51})= 4.96, p < .05$)與熟悉度($F(_{1,51})= 13.69, p < .001$)變項之主效果皆達顯著水準，但二因子與三因子交互作用皆未達顯著水準。

操作介面變項成對事後檢定發現，三種介面操作績效排序為實體魔術方塊

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

(83.3%)完成率最高，其次是以滑鼠介面(76.2%)，最後是觸控介面(67.5%)。性別變項成對事後檢定發現，男性的完成百分率(80.5)顯著地比女性佳(70.9)。熟悉度變項成對事後檢定發現，有實體魔術方塊操作熟悉度受試者之完成率(83.7)，顯著地比無熟悉度(67.7%)受試者完成率高。

表 2 平均完成率與標準差

變項		人數	平均數(%)	(標準差)(%)
操作介面	實體	55	83.3	(2.7)
	滑鼠	55	76.2	(2.8)
	觸控	55	67.5	(3.0)
性別	男	29	80.5	(3.0)
	女	26	70.9	(3.1)
熟悉度	無經驗	37	67.7	(2.5)
	有經驗	18	83.7	(3.5)

(二) 迴歸分析

為了分析學童空間策略與魔術方塊復原遊戲操作績效的相關性，本研究進一步以實體魔術方塊操作績效(完成率)為依變項，對性別、熟悉度與尋路策略迴歸分析。表 3 所示為魔術方塊完成率、性別、熟悉度與尋路策略等變項間的相關性分析摘要資訊，由相關係數檢定得知，實體魔術方塊操作績效與空間策略問卷中的路徑策略具顯著相關，但與俯瞰策略無關；與熟悉度經驗因素相關，但與性別因素無顯著相關。

迴歸分析結果顯示(表 4)，實體魔術方塊操作績效與空間策略、性別與熟悉度值等因素具因果關係，理論模型可解釋力為 35.6% (F= 6.901, $p < .05$)。變異數分析證實，實體魔術方塊路徑/相對座標策略 (t=2.721, $p < .05$)與熟悉度(t= 4.365, $p < .05$)變項，確實會影響受測者魔術方塊復原績效(秒)。可見，路徑策略對魔術方塊完成率具正向影響力，實體魔術方塊操作熟悉度與路徑/相對座標策略對受試者的魔術方塊完成率的影響皆達顯著水準，亦即路徑策略量表的得分越高，則魔術方塊完成百分的表現更好。而熟悉度變項亦被證實，確實會影響受試者的實體魔術方塊操作績效；有經驗者顯著地比無經驗者表現好。

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

表 3 變項間 Pearson 相關係數

	實體魔術方塊操作績效	路徑策略	俯瞰策略	熟悉度	性別
實體魔術方塊操作績效	1				
路徑策略	0.29*	1			
俯瞰策略	0.15	0.64*	1		
熟悉度	0.43*	-0.12	0.07	1	
性別	-0.21	-0.25*	-0.04	0.03	1

*在顯著水準為 0.05 時 (單尾)相關顯著。

表 4 迴歸分析

	beta	t
路徑策略	0.432	2.721*
俯瞰策略	-0.169	-1.102
熟悉度	0.510	4.365*
性別	-0.138	-1.162
R Square	0.356	
F	6.901	
df	4	
P	0.000	

*在顯著水準為 0.05 時 (單尾)相關顯著。

五、討論

(一) 操作介面與性別差異

實驗資料分析結果顯示，操作介面中實體魔術方塊完成率最佳，其次是滑鼠介面，最差為觸控介面，由此證實了操作介面會影響魔術方塊完成率，此結果與先前研究之主張頗為一致(林萱，2012)。需注意的是，亦有先前研究指出不同觀點，當年齡變項被納入時，滑鼠或觸控介面可能會獲得優於實體操作的績效表現，因為滑鼠的基礎操作對高齡者困難度低所致(梁家瑞，2010)，未來可針對年齡變項進行探索。

(二) 性別與熟悉度因素

在熟悉度與魔術方塊完成率的相關性方面。研究結果顯示，有熟悉度經驗

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

學童比無經驗學童完成率高 16%(有經驗 83%，無經驗 67%)，統計分析亦證實魔術方塊操作熟悉度經驗之有無對受試者影響的差異達顯著水準，此結果與許多主張有熟悉度經驗優於無經驗的先前研究推論相符(Darken & Peterson, 2002; 張文德，2008)。在魔術方塊完成率與性別差異的相關性方面，從實驗資料還發現男童受試者的魔術方塊完成率明顯地優於女童(男童=80%，女童 = 70%)，此現象亦和許多主張男性的空間能力較佳的先前研究相呼應(Linn & Petersen, 1985; Lawton, 1994, 1996; 洪蘭，2000; 李琛玫，1996; 康鳳梅、鍾瑞國、劉俊祥、李金泉，2002)。

除此之外，本研究亦證實，性別與熟悉度變項間交互作用未達顯著水準。此結果和先前研究(陳建雄，2010)之主張頗不一致，可能原因亦和前述操作介面交互作用的年齡因素有關，未來可再針對學童、成人與高齡者之介面、性別、與熟悉度等變項間的交互作用進行探索。

(三) 空間策略

相關分析顯示，實體魔術方塊復原測試之操作績效、操作熟悉度、性別與路徑(相對座標)策略等變項間相關係數具顯著性。亦即，熟悉度會顯著地影響學童的魔術方塊完成率，有熟悉度者之路徑策略的得分會高於無經驗者。迴歸分析進一步證實，熟悉度確實與路徑(相對座標)策略及熟悉度具因果關係。

須注意的是，雖然相關係顯示性別因素與其他變項間具相關性，但迴歸分析結果證實，性別因素、操作績效、熟悉度與路徑(相對座標)策略等變項間沒有因果關係此現象與先前研究(Lawton, 1994; Coluccia, Bosco, & Brandimonte, 2007; Chen, Chang, & Chang, 2009; 張文德，2008)中主張，女性為路徑策略而男性為俯瞰空間策略傾向不同。可能原因是先前研究對象皆為成人，本研究受試者為學童，空間能力尚未發展成熟所致。另一可能的原因是，受試者在進空間任務時不只依賴一種空間策略，亦有些先前研究主張，兩種空間策略並非全然獨立(Lawton, 1996; Gramann et al., 2005)，尤其是較優秀空間操作能力者，可能同時具有依實際任務情境或需要在兩種空間策略變換的能力(Kyllonen et al., 1984)。

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

六、結論與建議

(一) 研究發現

實體魔術方塊操作熟悉度對於魔術方塊完成率相關性達顯著水準。實驗結果與統計分析顯示，在不同操作介面下會影響魔術方塊完成率之績效，是實體魔術方塊操作績效最佳，其次是滑鼠介面，最後是觸控介面，有操作熟悉度學童明顯地比無操作熟悉度學童的完成率高，男學童明顯地比女學童具有較佳的操作績效，但是交互作用皆未達顯著水準。除此之外，由尋路策略問卷結果可知，魔術方塊完成率與路徑策略得分正相關係數達顯著水準，和俯瞰路徑策略相關性則未達顯著水準。迴歸分析亦證實，熟悉度因素確實對魔術方塊完成率之績效具影響力，亦即有操作熟悉度者完成率明顯高於無熟悉度者。

值得注意的是，性別因素相關雖與操作績效、熟悉度與路徑策略具顯著相關，但迴歸分析證實，性別因素與其他變項間無因果關係。可能原因是本研究受試者為學童，心智與相關之空間能力尚未發展成熟，亦有可能是熟悉度或較優秀空間能力者，可同時在兩種空間策略變換的能力，故消除性別差異的顯著性。綜上所述，僅將本階段研究主要結論歸納如下：

(1) 介面變項：實體魔術方塊操作績效最佳，其次是滑鼠介面，最後是觸控介面，但操作介面、性別變項與熟悉度變項間的交互作用皆未達顯著水準。

(2) 熟悉度變項：有熟悉度學童操作績效較高，男童亦然，但其性別變項與熟悉度變項間交互作用並未達顯著水準。

(3) 性別變項：在性別差異上，男童完成率比女童高。

(4) 交互作用：操作介面與熟悉度、性別差異之間皆無交互作用。

(5) 空間策略：魔術方塊完成率、熟悉度、性別與路徑策略具相關性。

(6) 迴歸分析：僅熟悉度與路徑策略會影響魔術方塊完成率。性別因素雖有相關性，但沒有因果關係。

(二) 未來研究方向

本研究因受制於時間、人力等因素， 所以只能對二個班級的國小六年級

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

學童進行其魔術方塊操作介面與尋路策略量表的研究，其實，在魔術方塊操作介面與尋路策略量表的研究範疇中仍有許多值得繼續探究的主題，因此，提出幾點對未來相關研究的建議：

(1) 增加研究之母群體

建議未來從事相關研究者可以增加橫向的研究母群體，亦即增加母群體的數量；或是增加縱向的研究母群體，將研究母群體拓展到不同地區或是不同年齡層的樣本進行分析比較，以期能更深入的探究研究結果之常態分配狀況。

(2) 不同互動控制介面的研發與測試

本研究證實，在實體、滑鼠與觸控螢幕的介面比較，以實體魔術方塊之操作績效為最佳，且有操作熟悉度者在其他操作介面之完成率亦明顯的比無經驗者高。可以預見的是，除了本研究所比較的三種介面之外，更多介面技術將會被持續開發出來，相關研究與測試仍有待進一步探索。期望未來藉由體感操作技術，讓使用者有如操作真實魔術方塊一般，不需要學習新的操作介面，以達到人機介面最簡單、直覺、方便且不須學習即可上手之操作模式。以創新的設計架構，突破以往僅限於手部操控或鍵盤滑鼠控制。

(3) 未來應用發展趨勢

近年來相當熱門的研究趨勢之一，是與虛擬實境(Virtual Reality/VR) 顯像技術的開發與研究。目前在許多設備都反映出它的重要，已被實際運用於日常生活中，不僅電腦遊戲娛樂，在臨床實驗、醫學、軍事演習、飛行訓練和教育上的防震、防災等相關應用方面，可以讓使用者進行趨近真實的體驗操作；虛擬實境的特徵包括了互動性(Interaction)、融入性(Immersion)和創造力(Imagination)等特性。經由電腦繪圖或是影像相關技術，可模擬所形成三度空間虛擬世界，其特性是利用以往平面的 2D 或 3D 立體電腦繪圖、音效和感知介面，讓使用者就像身處在仿真實的世界，完全沉浸感受身歷其境的模擬環境，帶給使用者是一種立即可反應操作與的互動，使用者也能在聽覺、觸覺等，即時的融入環境中，同時也需配合人類的創意，根據不同的需求，變化不一樣的虛擬環境，讓使用者無法辨識虛幻與真實。

本研究成果對於未來相關研究的主要貢獻，是從 3D 虛擬實體魔術方塊的應用觀點，深入 3D 虛擬實體或具不同操控方法、互動介面的研發與測試等相

CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 NATIONAL CENTRAL LIBRARY ROC

關研究，並期推廣益智遊戲與新型操作介面，藉以提升空間能力訓練與增進學童之學習興趣。

謝誌

本研究承蒙國科會經費補助(計畫編號:NSC 101-2410-H-003-046-MY2)，許明弘同學協助研究之執行，謹此致謝。

參考文獻

呂潔筠(2009) ，《*空間旋轉的診斷教學研究-以國小五年級學童為例*》，國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，臺北。

李琛玫(1996)，〈資優生空間能力之相關研究〉，*資優教育季刊*，59，21-24。

杜聲鋒(1997) ，《*皮亞傑及其思想*》，遠流出版公司，臺北。

林萱(2012) ，《*滑鼠與觸碰螢幕在導航模式與導航工具的創新設計與績效評估*》，國立成功大學工業設計研究所博士論文，臺北。

邱宗偉、張文德 (2012)，〈智慧家庭使用者介面設計導入拓蹼結構之研究〉，*2012 感性設計與藝術創作研討會*(in Digit file)，國立東華大學，花蓮，民國 101 年 11 月 24 日， 6p.

洪蘭(譯)(2000) ，《*腦內乾坤—男女有別* (Anne moir, & david jessel 著 brain sex-the real difference between men & women) 》，臺北市：遠流。

康鳳梅、簡慶郎、鍾怡慧(2006)，〈高工學生空間能力常模及空間能力資源網建構之研究〉，*師大學報科學教育類*，51(2)，1-14。

張文德(2008) ，《*尋路導航輔助設計之比較與應用*》，國立臺灣科技大學設計研究所博士論文，臺北，71-73。

張春興(1995)，《*教育心理學*》，臺北市：東華書局。

張珮琳(2001) ，《觸控面板市場發展概況》，*全球產業研究中心研究報告*，2001 年 11 月，臺北。

梁家瑞(2010)，《*電腦選單設計與互動型式對中高齡族群之影響*》，國立臺灣科技大學設計研究所碩士論文，臺北市。

陳建雄(2010)，《使用者之後設認知策略與尋路輔助設計在互動虛擬環境之研究》，*行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告*，計畫編號：NSC97-2221-E-011-084-MY2。

陳建雄、張文智、張文德(2007)，〈尋路績效自我評鑑量表之發展〉，*測驗學刊*，

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

54 卷 2 期：355-376。

黃惠薇(2008) ，《*資訊科技融入教學對國小六年級學童在空間旋轉能力之研究*》，國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，臺北。

黃煥文(2009)，《*不同教學策略對國小五年級學童空間旋轉能力學習成效之研究*》，國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，臺北。

劉世忠(2008)，〈觸控面板產業概況。*華南金控產經資訊電子報*〉，第 63 期，2008 年 3 月。

劉奕帆、廖冠智(2011)，〈魔術方塊之悅趣化空間感知設計研究〉，*設計學報*，第 16 卷，第 3 期。

"數位魔術方塊"(2012)。Retrieved date: Dec. 2012, http://www.knowledgeadventure.com/games/rubik's-cube/

歐陽鍾玲(1981)，〈心智圖在地理學上的運用〉，*地理教育*，第 8 期:63-70。

蔣家唐(1995)，《資優生視覺空間認知能力研究》，*國科會研究計畫成果報告*，計畫編號：NSC83-0111-S-018-019。

魏春蓮(2005)，《*資訊科技融入國小四年級學童立體展開圖學習之研究*》，國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，臺北。

Chase, W. G., & Chi, M. T. H. (1985). Cognitive skill: Implications in large-scale

Chen, C.-H., Chang, W.-C., & Chang, W.-T. (2009). Gender differences with regard to wayfinding strategies, navigational support design, and task difficulties for user wayfinding. *Journal of Environmental Psychology*, 2 (29), 220-226

Coluccia, E., Iosue G., & Brandimonte M. A. (2007). The relationship between map drawing and spatial orientation abilities: A study of gender differences. *Journal of Environmental Psychology, 27,* 135-244.

Darken, R. P., & Peterson, B. (2002). Spatial orientation, wayfinding and representation. In K. Stanney, (Eds.), *Handbook of virtual environmentss: Design, implethe maletation and applications*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Dent, B. (1996). Cartography: Thematic Map Design Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Fupa (2012). "*Rubik's Cube app*" . Retrieved: March, 2012, http://www.fupa.com/embed/?swf=rubik.swf.

Gramann, K., Muller, H. J., Eick, E. M., & Schonebeck, B. (2005). Evidence of separable spatial representations in a virtual navigation task. *Journal of*

CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 NATIONAL CENTRAL LIBRARY ROC

Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31(6), 1199-1223.

IQ test (2013). *"Rubik's Cube Improves Spatial IQ."* IQTestExperts.com 2013, Retrieved, March, 2013, http://www.iqtestexperts.com/iq-rubik.php

Jamieson, A. (2009). *Rubik's Cube inventor is back with Rubik's 360.* The Daily Telegraph. 2009-01-31 [2009-02-05]. Retrieved date: Dec. 2012, http://www.telegraph.co.uk/lifestyle/4412176/Rubiks-Cube-inventor-is-back-with-Rubiks-360.html

Johnson, M. (2013). *How to Develop Spatial Intelligence*, Retrieved, March, 2013, http://www.iqtestexperts.com/iq-rubik.php

Kitchin, R. M. (1997). Exploring spatial thought. *Environments and Behavior,* 29, 123-156.

Kyllonen, P. C., Lohman, D. F., & Woltz, D. J. (1984). Componential modeling of alternative strategies for performing spatial tasks. *Journal of Educational Psychology, 76*, 1325-1345.

Lawton, C. A. (1994). Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Roles*, 30, 765-779.

Lawton, C. A. (1996). Strategies for indoor way-finding: the role of orientation. *Journal of Environmental Psychology*, 16, 137-145

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development,* 56, 1479-1498.

Michalis, M. P. (2003). Age and Gender Differences on a Rotation Test. Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Chicago, IL.

Nielsen, J. (2003). "*Usability 101: introduction to usability*", http://www.useit.com/alertbox/20030825.html, retrieved May20, 2007.

Nielsen, J.(1995). *Usability inspection methods* (CHI' 95 Mosaic of Creativity. Denver, Colorado, USA, 1995) pp. 377-378.

Redish, J. (2005). "*Six steps to ensure a successful usability test,*" http://www.uie.com/articles/successful_usability_test/, retrieved: Jan 18, 2005.

Reporter, Daily Mail (2009). *Driven mad' Rubik's nut weeps on solving cube after 26 years of trying,* 12th January 2009. Retrieved date: Dec. 2012,

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

http://www.dailymail.co.uk/news/article-1112396/Driven-mad-Rubiks-nut-weeps-solving-cube--26-years-trying.html

Seng, S. , & Chen, B. (2000). *Spatial Ability and Mathematical Performance: Gender Differences in an Elementary School*, 13 pp. (ERIC NO ED438937).

Wickens, C. D., Lee, Liu, J., Y., & Becker, S. G. (2004). .An Introduction to Human Factors Engineering, London: Pearson Education

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC

設計學年刊 第2期
2014年3月 頁159-178

A study on the Interface Topology, Experience, and Sex Factors of Rubik's Cube Game Performance

Zun-Hwa Chiang*, Chan-Li Lin **, Ching-Chang Chuang***, Wen-Te Chang***
*Department of Industrial Design, Ming Chi University
** Cultural and Creative Industries Management, National Taipei University of Education Department of
***Product Design, Ming Chuan University

Abstract

This study is meant to explore the gender, experience and interface effect of the Rubik's Cube game performance. A 2 (gender) ×2 (experience/ inexperience) ×3 (real/ mouse/ touch-pad) mixed-factor experimental design was allocated, and spatial strategy investigation adopted to demonstrate the correlation among the factors. There were 55 sixth-grade pupils, 29 male and 26 female aged between 11and 12, from Shu-Lin elementary school, Taiwan, participated the experiment. As the experiment result analysis indicated: 1. the order of the performance is real>mouse>touchpad, suggesting that more effort on better interface design for Rubik's Cube is needed; 2. experienced performed better than the inexperience; 3. Male is superior to the female on the experimental performance; 4. there was no any two-way and three-way interaction among the factors found; 5. The correlation among performance, experience, gender, and route spatial strategy were proved to be significant; 6. As the regression analysis indicated, only , experience and route spatial strategy take effect on the Rubik's Cube game performance, while gender factor found to be not affecting the game result. Through experiment and analysis, this study demonstrated the correlation among interface, gender, experience, and spatial strategy. The research results and summarized suggesstions can benefit the related game interface development and research.

Keywords: Rubik's Cube, Sex, Familarity, Topology, Spatial Strategy

NATIONAL CENTRAL LIBRARY 國家圖書館 ROC