

# 在大型螢幕上旋轉 3D 物件之多點觸控手勢與年齡族群差異的探討

顧兆仁\* 陳立杰\*\*

\*玄奘大學視覺傳達設計學系

\*\*大同大學工業設計學系

## 摘要

觸控螢幕的應用，在現今科技快速發展的社會環境中，已達非常普及的程度，許多博物館也使用大型觸控螢幕，甚至運用動畫技術，展出擬真的 3D 虛擬物件，作為知識宣導與教育的互動媒介。然而，當在 2D 的平面觸控螢幕上，操控 3D 物件的動作時，使用者若是對於觸控手勢型態與物件變化的配對方式，感到不適應或不直覺，將會導致使用績效的降低，而影響宣導與學習的成果。有鑑於此，本研究目的即是探討在大型多點觸控螢幕上，使用直覺手勢進行 3D 物件的操控，針對旋轉動作時之手勢模式與年齡族群的差異、行為模式的研究。本研究透過卡氏座標旋轉軸線的概念，發展了兩組控制三個軸向旋轉的觸控手勢樣本，並進行實驗、分析與討論。結論指出：在 3D 物件的旋轉上，以單點觸控的操作模式，比兩點觸控更具有操控的直覺性。在卡氏座標的對應旋轉下，以水平或垂直方向移動單指，在 2D 觸控螢幕上，操作 3D 物件的兩個軸向，並以兩指控制第三個軸向旋轉的觸控手勢系統，是在大型觸控螢幕上，較佳的操控 3D 物件旋轉的觸控手勢。

關鍵詞：大型觸控螢幕、直覺手勢、多點觸控、3D 物件旋轉



## 一、前言

近來，由於觸控技術的成熟與蓬勃發展，已有許多的博物館或生態展示館，在環境保育教育的推廣上，結合互動科技的技術，塑造自主性互動學習的環境，不同年齡的使用者，藉由觸控螢幕，學習到許多專業的知識，使用者只需要以手指，輕碰觸控螢幕上的文字或按鈕圖像介面，即能得到欲查詢的相關資訊。由於動畫技術的發展，繪圖者可以運用 3D 電腦繪圖的軟體，製作出擬真的 3D 物件；在自然生態的物種介紹中，基於保護自然生態環境的原則，就可以藉由 3D 製作的方式，讓使用者藉觸控的方式，用點選、拖曳與推動的不同手勢，進行物種的翻轉動作，在不同的視角下呈現隱藏或不易看見的部份。如今，在觸控螢幕技術的快速進步上，已成為十分普及的應用商品時，使用者採用較直覺的觸控手勢作為輸入的工具，在平面(2D)觸控螢幕上操控文字、2D 圖像的動作，已成為便捷的操控模式。然而，卡式座標的概念下，在 2D 的平面觸控螢幕上操控 3D 物件的動作，即是藉由在平面的水平與垂直兩個方向移動座標，來操控空間中物件的 X、Y 與 Z 的三個軸向立體的旋轉，使用者若是對於觸控手勢型態與物件變化的對應方式感到不直覺，甚至影響操作時之愉悅與流暢感。因此，在今日多點觸控螢幕成熟發展的時刻，對於在大型觸控螢幕上，找尋操控立體物件旋轉的直覺手勢，即成為一項重要研究的議題。

本研究藉由於數位內容的導覽系統上，探討台灣地區特有生物之綠鱷龜，在 3D 電腦繪圖的製作下，於大型的觸控螢幕上呈現外觀的解說，受測者以手勢的動作，進行翻轉綠鱷龜的實驗。依文獻與手勢整理的結果，設計兩款操控三軸旋轉的手勢，並藉此規劃兩款手勢操作的互動程式，作為主實驗的操控樣本，邀請受測者進行兩點觸控的操作任務進行實驗，依循主、客觀資料轉化為數據，運用單因子與雙因子多變量分析後，進行統計分析與討論，主要議題為藉 2D 的平面顯示模式下，操控 3D 物件旋轉視角的最佳直覺手勢與年齡族群的操控行為之研究。

## 二、文獻探討

本研究文獻探討部份，著重在大型觸控螢幕之直覺手勢與多點觸控對於立



體物件旋轉視角的相關議題，因此本研究的相關研究文獻為：多點觸控應用與設置、觸控手勢類型與操控數位內容的對應性、多點觸控手勢對物件軸向之旋轉、年齡族群與空間感之影響等，詳細內容如以下描述：

### (一) 多點觸控應用與設置

由於多點觸控科技發展的成熟化及便利性，許多公司都將這樣的設備與技術應用於公共空間的互動與資訊展示上(Smith et al., 2012)，目前，有愈來愈多的研究趨勢在於探討博物館內，展示空間使用大型多點觸控螢幕的使用(Kidd, Ntalla, & Lyons, 2011)，在複雜的教育訊息傳遞上，採用單純互動的操作模式，這樣的裝置常以多媒體資訊控制台(Grammenos et al., 2011)的形式，或採取桌上型電腦的形式呈現(Correia et al., 2010; Hinrichs & Carpendale, 2011; Shaer et al., 2011)。多媒體資訊控制台的觸控螢幕多以垂直或以斜面的角度呈現，而桌上型電腦經常是以突出於桌面的型態，或是平面安置於水平的觸控桌上。

### (二) 觸控手勢類型與操控數位內容的對應性

一般來說，手勢介面的選擇，應該盡可能的符合或接近人們直覺反應的原則(Nielsen et al., 2003)，由於在展示空間中，一般人並沒有機會去學習操作的手勢動作，來對應數位內容的呈現，因此在使用者介面親人性的需求下，提出一套直覺性的對應手勢是一個重要的議題；雖然在目前已經有許多的研究，探討有關在螢幕上觸控點與以單點或多點觸控的模式(Gunawardana, Paek, & Meek, 2010; Park & Han, 2010)，但是，在以適當的手勢類型與數位內容間，針對其操控對應性議題上，仍需要做深入的研究與實驗，以找到最佳的組合。

在觸控螢幕上以單指觸碰選擇，並操控物件的動作，是基本的手勢動作，正常的拖移螢幕上的圖像與文字資訊，包括輕觸點選、滑移滾動、弧形旋轉和輕輕推移(Saffer, 2009)，這些手勢動作對應在平面螢幕上之物件所展現的拖動，移動和旋轉物件的轉軸，在手勢操作開始時保持移動，一直到手勢停止並離開螢幕時，物件才會停止動作。當以螺旋或弧形的手勢操作時，則是在觸控螢幕上，以多個短距離，或連續操作的動作，進行順時針與逆時針的滑動手指。



### (三) 多點觸控手勢對物件軸向之旋轉

過去，在平面 2D 的數位內容上，多半以觸控手勢來進行對於影像與視覺化資訊的互動，像是影像或視覺資訊的查詢，並有制定一些對應 2D 內容之觸控手勢的操作標準(Derboven et al., 2012)，近來已有在大型觸控螢幕上作 3D 數位內容互動的趨勢(Yu & Isenberg, 2009; Valkov et al., 2011; Chang et al., 2012)，並且，愈來愈多的數位內容是以 3D 立體的形態出現，因此，針對於 3D 對應性的多點操控手勢，應作更深入的研究與深度的發展與探討 (Martinet, Casiez, & Grisoni, 2010; Herrlich, Walther-Franks, & Malaka, 2011; Cohé et al., 2012; Scheurich & Stuerzlinger, 2013)，以平面 2D 內容物件的旋轉動作，只是以單一的轉軸做操控，但是若對於 3D 立體內容物件作旋轉時，則是同一時間對多個軸向進行操控運作；此時，在觸控螢幕和同時變換的虛擬環境中，針對觸控手勢與立體物件轉動軸向的動作間，即需要直覺對應性的操作方式(圖 1)。



圖 1. 觸控手勢在平面 2D 螢幕操控立體 3D 物件旋轉之對應情形

當以單點觸控手勢對物件進行旋轉操控時，無論觸碰點在螢幕的任何角落，其被操控立體物件的旋轉軸線，都在落在物件的中心點 (Aliakseyeu, Subramanian, & Alexander, 2010)。當以(RST)手勢型態進行旋轉(Rotations)、縮放(Scaling)、平移(Translations)的操作時，有可能出現兩種模式的旋轉 (Hancock et al., 2006; Au, Tai, & Fu, 2012)。當移動與旋轉的動作都是獨立進行時，以單點觸控手勢操控的模式，都是以物件的中心進行旋轉。但是當同時相互並行的操控「旋轉」、「縮放」和「平移」的動作時，許多系統設定為：以單點手勢操控「平移」，以多點手勢進行「旋轉」和「縮放」的操控。而針對在使用多點觸控螢幕操控 3D 物件進行「旋轉」動作時，除了單指進行單軸或雙



軸的旋轉，再加入另一指的操控之混合模式，此時，進行單點觸控時，旋轉的中心點可以是物件中心點；也可以設定為多個觸控點的平均中心點上。因此，對於不同操控方式與對應多個觸控點的區分議題，進行深度的發展與研究，則具有其必要性。

#### (四) 年齡族群與空間感之影響

以平面物件的旋轉模式來看，多半以一隻手的五個手指在碰觸物件後，向欲轉動的方向旋轉手腕或手臂。另外，也有以兩隻手的搭配，進行物件的旋轉。有些受測者也用單手的手勢來轉動物件，在桌上型電腦進行 2D 物件的操控手勢時，成人與兒童會使用不同的手勢型態(Hinrichs & Carpendale, 2011)。例如：雖然兒童在桌上型螢幕的表現，以較快速的完成時間，與使用較多的手勢變換頻率，但對於如何正確的使用操控手勢，在理解程度上仍然產生困難(Jokisch et al., 2011)。此外，兒童比成人更常使用兩點手勢，尤其在旋轉物件時(Hinrichs & Carpendale, 2011)，當進行對物件操控時，兒童比成人更常迷失用以觀察的目標點(Brown & Anthony, 2012)。關於空間感的能力議題，不同的年齡與先備知識，對於 3D 的判別，具有不同程度的感知(Mohler, 2008)，雖然小學生目前已有學習 3D 的課程，但是在對於操作或思考三度空間的能力方面，仍然是有限的(Yeh, 2004)。此外，不同的年齡族群與先備知識，在控制平面 2D 內容的手勢操作上，其差異是存在的；然而由於 3D 內容的旋轉更具有複雜性，因此，所預期存在的差異性議題，即值得再作深度的探索。

### 三、實驗設計

本研究對各項實驗任務的客觀數據，如操控完成任務的時間、手勢變換的頻率、觸控的位置等，作雙因子變異數分析。此外，也針對各項主觀評量如操作的瞭解程度、手勢合理性的認知、操作時的精神負荷與操作時受挫之程度的資料數據，作雙因子多變量分析。至於在手勢的操作行為與觸控碰觸區域位置加以分析，當資料轉換為數據時，則運用單因子多變量分析來比較手勢型態與成人、兒童族群間的差異。

#### (一) 受測者

計 30 位受測者受邀進行實驗，為了探索在年齡上不同的使用成效，受測



者被分為 15 位成人與 15 位兒童。成人組平均年齡為 26.9 歲(Sd=7.8)，兒童組平均年齡為 10.5 歲(Sd=1.6) (表 1)。

表 1: 受測者背景分析

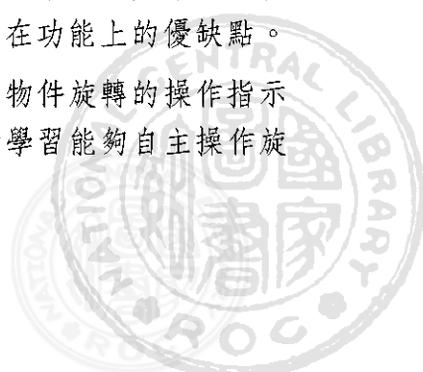
族群	人數	男性	女性	年齡	每日使用電腦小時	身高(公分)
成人	15	7	8	26.9 (7.8)	8.0 (3.2)	166 (9.3)
兒童	15	8	7	10.5 (1.6)	2.1 (2.5)	141 (13.4)

在進行實驗任務前，受測者需先行填寫完成有關使用 3D 軟體、3D 遊戲與觸控螢幕...等先備知識的問卷，成人族群中有 11 位受測者具有 3D 軟體操作經驗(例如：Maya, 3D Max, Pro-E, Rhino and Sketchup)，15 位受測者均有觸控螢幕操作的經驗，其中 11 位有觸控手機的操作經驗。但是在兒童族群中，他們雖無 3D 軟體的學習經驗，但有 6 位具 3D 遊戲的使用經驗，此外，11 位受測者有觸控螢幕的操作經驗，並且有 10 位具智慧型手機的使用經驗。

## (二) 實驗任務與進行

在實驗進行當中，需完成綠鱷龜旋轉的三項實驗任務，以觀察其各部位的細節。為了學習成效的對抗平衡，處理不同任務的順序，來完成兩系統中的各三項任務，進行將 3D 物件操作為設定好的視覺完成角度。成人與兒童族群各區分為兩個小組，第一個小組被要求完成第一項實驗後再進行第二項實驗，而第二小組則先進行第二項實驗，再進行第一項實驗。每位受測者的每一項任務操作時間計算，均從觸控選擇的開始到結束。三項任務的實驗均有行為觀察記錄，以螢幕錄影軟體 Camtasia Studio 來進行紀錄受測者操作 3D 物件，每一項任務從開始到完成之手勢軌跡；並以 Webcam 攝影機裝置在觸控螢幕上方，來記錄任務操作時的手勢動作，並以數位攝影機記錄受測者操作時的肢體動作。每位受測者在任務操作完畢後，均被要求填寫來自於系統使用評量(SUS)與工作負荷度(NASA TLX)的修改問卷，以上兩份主觀評量問卷，均以七尺度李克特量表進行，問卷內容包含：操作瞭解程度、手勢合理性認知、操作精神負荷、受挫程度。實驗與問卷填寫結束後，每位受測者還需進行面談，以蒐集他們在操作兩項系統後的意見與想法，其中還包含兩種系統型態在功能上的優缺點。

在實驗開始前 10 分鐘，受測者在觸控手勢對應 3D 物件旋轉的操作指示圖卡前，先行練習操作 3D 物件綠鱷龜的旋轉，讓受測者學習能夠自主操作旋



轉視角。本實驗對綠鱷龜的旋轉有三項任務(圖 2)，三項任務的開始畫面，皆是頭部面對左方的原始姿態，當受測者開始碰觸螢幕時，隨即開始計算操作的時間，各項任務的目標與操作內容如下：

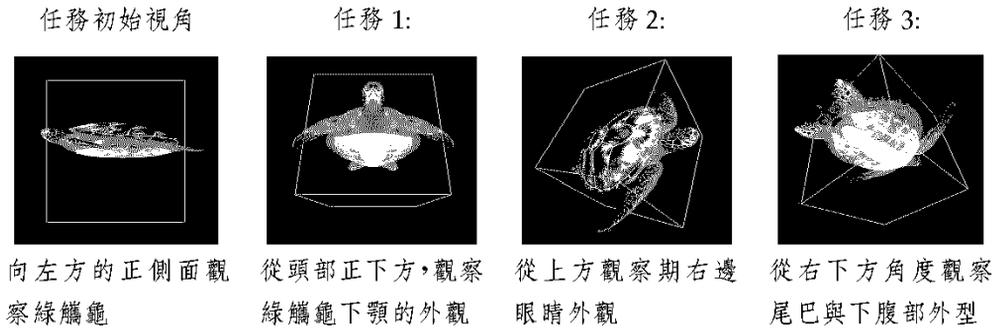


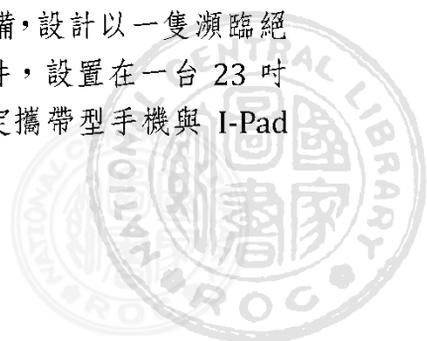
圖 2. 旋轉綠鱷龜視角的三項任務

- (1) 第一項任務為：將綠鱷龜調整成頭部面向受測者，並微微上揚的角度，以觀察綠鱷龜的頭部下顎處，這是最簡單的一項任務，僅需轉動 3D 物件的兩個軸向，且都在 90 度旋轉角度內。
- (2) 第二項任務：觀察的角度為從綠鱷龜的右前方上方，為了觀察綠鱷龜的右眼和龜殼背部，這項任務稍具難度，需要轉動 3D 物件的三個軸向，但都在 180 度旋轉角度內。
- (3) 第三項任務：從綠鱷龜右後方觀察其尾巴及下腹殼部，需要轉動 3D 物件的三個軸向，有些軸向需要超過 180 度旋轉角度，這是三項任務中最難的一項。

各項任務需要完整的呈現確認的視角，當精確的將綠鱷龜轉動到外輪廓完全相同的時候，任務才算完成，計算任務操作的時間與使用手勢的次數才會終止。

### (三) 手勢系統設計

本實驗模擬在生態博物館中的互動導覽所使用的設備，設計以一隻瀕臨絕種的保育類海洋生物---「綠鱷龜」為 3D 虛擬的樣本物件，設置在一台 23 吋 (16:9 TFT 液晶顯示) 多點觸控螢幕上，有別於一般認定攜帶型手機與 I-Pad



等隨身電腦之觸控螢幕為小螢幕；本實驗設定兩套不同的手勢控制與展示的對應系統，以研究操控的行為(圖 3)。

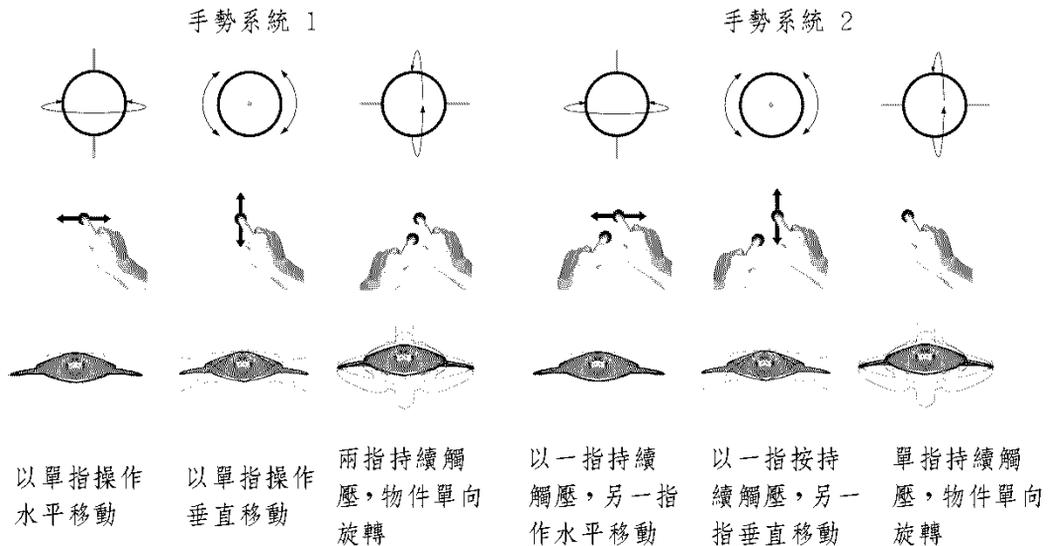


圖 3. 種操控系統在手勢操作型態與物件旋轉的對應情形

第一套系統(以單點為主)以水平或垂直的單指拖曳，分別操作第一與第二軸的旋轉，動作類似網站常見的球體圖像展的操作模式(圖 4)，以這樣的球型座標系統的概念，本研究採用的是綠鱷龜非對稱輪廓的卡式座標，而第三軸的旋轉則以兩指來操作，並以兩指在球體的距離，來操控第三軸轉動的速度。第二套系統(以兩點為主)，在螢幕上以一指長觸，同時另一指作水平或垂直的單指拖曳，分別操作第一與第二軸的旋轉，手勢動作類似傳統操作 2D 平面物件的旋轉(圖 5)，而當以單指開始接觸螢幕時，則第三軸會以恆定的速度開始的旋轉。



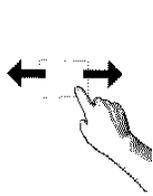


圖 4. 操作球體圖像旋轉的手勢

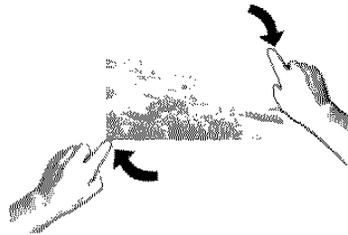


圖 5. 平面物件旋轉的操作手勢

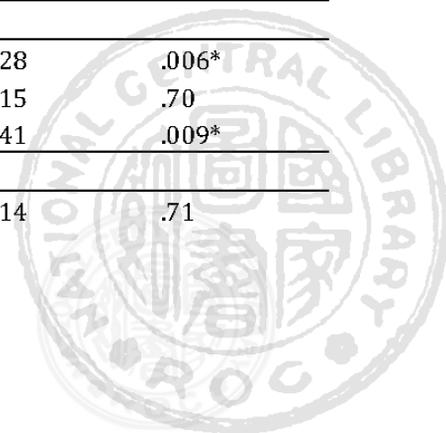
#### 四、結果與討論

##### (一) 任務完成時間

在整體的任務完成時間的差異上，無論成人與兒童族群、兩系統與其交互作用上都不顯著。在任務一的完成時間項目上，成人與兒童組群上，具有統計的顯著差異，成人族群使用較少的操作時間，雖然在手勢系統上沒有顯著的差異；但是，在年齡族群與手勢系統的交互作用上，卻具有顯著的差異(表 2)。

表 2: 三項任務完成時間在組群與系統間各項變數之分析統計結果

任務	系統 1 (1 點為主)				系統 2 (2 點為主)				平均			
	成人組		兒童組		成人組		兒童組		成人組		兒童組	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	37.20	(21.50)	38.07	(26.13)	19.73	(12.67)	51.13	(24.11)	28.47	(19.48)	44.60	(25.58)
2	123.33	(70.10)	105.87	(46.30)	140.47	(74.31)	142.47	(114.78)	131.90	(71.51)	124.17	(87.98)
3	98.00	(69.30)	116.73	(78.61)	113.53	(2.58)	131.87	(74.15)	105.77	(80.74)	124.30	(75.48)
因子	SS		df		均方		F		Sig.			
所有任務												
族群	3627.02		1		3627.02		0.61		.44			
系統	8000		1		8000		1.35		.25			
交互作用	3075.2		1		3075.2		0.52		.47			
任務 1												
族群	3904.27		1		3904.27		8.28		.006*			
系統	72.6		1		72.6		0.15		.70			
交互作用	3496.07		1		3496.07		7.41		.009*			
任務 2												
族群	897.07		1		897.07		0.14		.71			



系統	10827.27	1	10827.27	1.68	.20
交互作用	1421.07	1	1421.07	0.22	.64
任務 3					
族群	5152.27	1	5152.27	0.82	.37
系統	3526.67	1	3526.67	0.56	.46
交互作用	0.6	1	0.6	0.00	.99

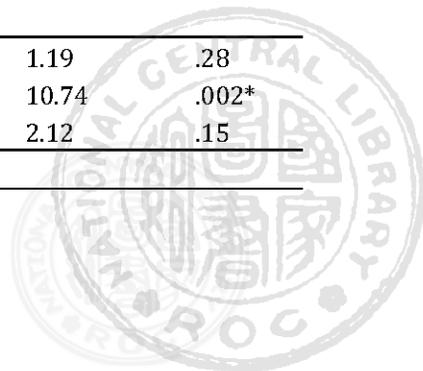
以單點為主的第二套手勢系統，在成人與兒童的操作成效並無顯著差異 ( $t_{28}=0.10, p=.92, \text{Cohen's } d=0.00$ )，但是在以兩點為主的第二套手勢系統，兒童族群比成人族群花費更多的操作時間 ( $t_{28}=4.47, p<.001, \text{Cohen's } d=0.42$ )，雖然任務一在三個任務中屬於最簡單的，這項結果顯示第二套手勢系統，對於無先備知識的兒童族群來說，是屬於不夠直覺的手勢系統。在任務二與任務三的操作完成時間，無論在年齡族群、手勢系統或交互作用上都呈現無顯著差異。結果顯示：當任務愈趨複雜，無論是否具有先備知識或不同手勢系統操作下，都無法提升對於旋轉能力的績效。

## (二) 主觀評量

評量操作瞭解程度、手勢合理性認知、操作精神負荷與操作受挫程度這四項主觀評量的系統與族群比較上(表 3)；在操作的瞭解程度評量上，雖然年齡族群並無顯著差異，而且族群與系統間的交互作用上，也並無顯著差異。但是，在手勢系統上具有顯著差異：系統一比系統二更具有較高的了解程度。

表 3: 在組群與系統間各項主觀評量變數之分析統計結果

標準	系統 1 (1 點為主)					系統 2 (2 點為主)					
	成人組		兒童組		平均	成人組		兒童組		平均	
	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD		
瞭解程度	5.40(0.91)		5.53(1.46)		5.70(1.19)		4.73(1.28)		3.80(1.86)		4.27(1.57)
操控合理	5.27(1.44)		5.93(1.03)		5.60(1.24)		4.47(1.13)		4.80(1.90)		4.67(1.52)
心理負荷	4.13(1.06)		3.60(1.76)		3.87(1.41)		5.07(1.03)		4.40(1.72)		4.74(1.38)
受挫程度	3.40(1.24)		2.47(1.92)		2.94(1.58)		4.53(1.64)		3.13(1.96)		3.83(1.80)
因子	SS		df		均方		F		Sig.		
瞭解程度											
族群	2.4		1		2.4		1.19		.28		
系統	21.6		1		21.6		10.74		.002*		
交互作用	4.27		1		4.27		2.12		.15		
操控合理											



族群	3.75	1	3.75	1.88	.18
系統	14.02	1	14.02	7.01	.01*
交互作用	0.42	1	0.42	0.21	.65
心理負荷					
族群	0.6	1	0.6	0.27	.61
系統	24.07	1	24.07	10.74	.00*
交互作用	4.27	1	4.27	1.90	.17
受控程度					
族群	20.42	1	20.42	6.94	.01*
系統	12.15	1	12.15	4.13	.05*
交互作用	0.82	1	0.82	0.28	.60

在手勢合理性認知評量上，年齡族群並無顯著差異、族群與系統間的交互作用上也無顯著差異。但在手勢系統上具有顯著差異：系統一比系統二更具有較高的合理性認知。在操作的精神負荷評量上，年齡族群並無顯著差異、族群與系統間的交互作用上也無顯著差異。但是，在手勢系統上具有顯著差異：系統一比系統二具有較低的精神負荷。在操作的受控程度上，族群與系統間的交互作用上，雖無顯著差異，但是，無論在年齡族群或手勢系統上都具有顯著差異，成人較兒童有更多的受控程度，在以系統一手勢操作時，所引發的受控程度也低於系統二。但是，兩款手勢系統在主觀評量上，具有顯著的差異。

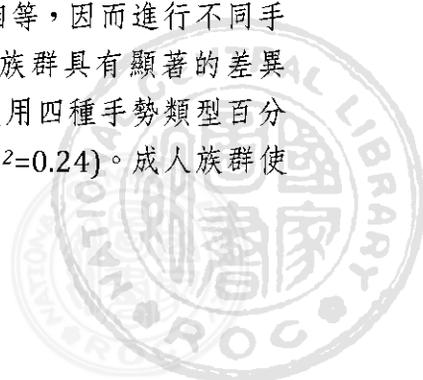
### (三) 手勢型態

為了調查成人族群與兒童族群間，是否使用不同的手勢型態，在觸控手勢類型與控制點區域位置，都做較深度的分析與探索。

#### (1) 手勢類型的行為分析

主要設定有四個手勢的動作類型：即水平、垂直、斜角與圓弧；在成人與兒童族群之間，所有使用的各類型手勢動作，在數量上具有顯著的差異( $\chi^2(3)=59.934, p<.001, \phi=0.215$ )，此外，在兩種不同的手勢系統上，也具有顯著的差異( $\chi^2(3)=16.258, p<.001, \phi=0.112$ )。

由於受測者在使用各手勢動作的類型數量上，並不相等，因而進行不同手勢類型之數量百分比的比較(表 4)，統計後發現：成人族群具有顯著的差異( $F_{3,119}=12.00, p<.001, \eta^2=0.59$ )，相同的，兒童族群在使用四種手勢類型百分比的統計上，也具有顯著的差異( $F_{3,119}=56.63, p<.001, \eta^2=0.24$ )。成人族群使



用最多手勢類型的前兩項，是水平與垂直手勢。相對的，兒童族群的最常使用的前兩項是斜角與水平手勢。有趣的是：成人族群的水平與垂直類型占成人所有手勢的 80%，但是兒童族群的水平與垂直手勢類型還不足 60%。此外，系統一的手勢類型百分比上具有顯著的差異( $F_{3,119}=36.18, p<.001, \eta^2=0.48$ )；同樣的，系統二的手勢類型百分比上亦有顯著的差異( $F_{3,119}=13.32, p<.001, \eta^2=0.26$ )，在手勢的動作類型上，雖然系統的規畫，能作到斜角與圓弧的手勢拖曳動作，但水平與垂直移動，卻是最常被使用的。

表 4: 組群與系統間各項操控手勢使用百分比之分析統計結果

因子	分項	水平		垂直		斜線		圓弧	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
系統	系統 1	41.1(21.1)		33.2(12.1)		20.8(13.3)		5.0(7.4)	
	系統 2	39.6(24.8)		25.9(14.9)		24.6(19.4)		9.8(11.1)	
族群	成人組	51.1(22.4)		31.1(12.2)		14.1(14.0)		3.7(7.9)	
	兒童組	29.6(17.9)		28.0(15.6)		31.3(14.6)		11.1(10.0)	
整 體		40.3(22.8)		29.5(14.0)		22.7(16.6)		7.4(9.7)	

## (2) 觸控點的行為分析

在手勢動作的紀錄上，主要區分為四個觸控點的位置：即頭部、四肢、身體、輪廓外。在成人與兒童族群間，所有使用的各手勢動作，在數量上具有顯著的差異( $\chi^2(3)=21.049, p<.001, \phi=0.127$ )，此外，在兩種不同的手勢系統上，也具有顯著的差異( $\chi^2(3)=20.410, p<.001, \phi=0.125$ )。由於受測者在使用各觸控點的位置，數量上並不相等，因而在進行四個觸控位置之數量百分比比較後(表 5)，發現成人族群具有顯著的差異( $F_{3,119}=20.963, p<.000, \eta^2=.352$ )，相同的，兒童族群在使用四種手勢類型百分比的統計上，也具有顯著的差異( $F_{3,119}=5.212, p<.002, \eta^2=.119$ )。成人族群最常觸控位置是外輪廓(49.4%)與頭部(25.9%)，兒童族群最常觸控位置是外輪廓(34.3%)與四肢(24%)，族群間的差異在於：兒童族群的接觸位置較平均分配；顯示不同年齡的受測者，傾向使用不同的觸控區域。另外，在系統一觸控點的位置百分比上，具有顯著的差異( $F_{3,119}=10.703, p<.000, \eta^2=.217$ )；同樣的，系統二的手勢類型百分比上，亦有顯著的差異( $F_{3,119}=14.471, p<.000, \eta^2=.272$ )，最常使用的兩個觸控點位置為輪廓外與頭部。

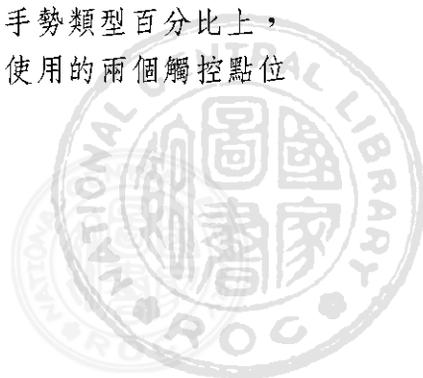


表 5: 組群與系統間各項手勢操控外型位置百分比之分析統計結果

因子	分項	輪廓以外		頭 部		四 肢		身 體	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
系統	系統 1	36.7(26.7)		29.5(21.8)		25.3(18.1)		8.5(9.4)	
	系統 2	47.0(32.9)		20.3(14.9)		18.4(15.3)		14.3(17.4)	
族群	成人組	49.4(31.4)		25.9(21.1)		16.3(12.9)		8.4(14.5)	
	兒童組	34.3(27.4)		24.0(17.1)		27.4(18.9)		14.4(13.4)	
整 體		41.9(29.6)		24.9(19.1)		21.9(17.0)		11.4(14.1)	

### (3) 後續手勢模式調查

由於成人族群和兒童族群的手勢模式之間的差異，造成這項結果的原因，似乎值得再進一步研究。因此，本研究進行了手勢變換頻率的比較。總體而言，顯示兒童族群比成人族群有較高的手勢變換頻率(表 6)

表 6: 組群與系統間手勢變換頻率之分析統計

族群	系統 1		系統 2		平均	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
成人組	7.14(6.66)		6.26(6.70)		6.7(6.68)	
兒童組	13.46(14.4)		12.71(13.7)		13.01(14.05)	

## (四) 討論

### (1) 族群差異

根據觀察紀錄，當兒童族群依據直覺任意操控手勢時，成人族群則傾向查閱指示說明，這樣的觀察結果，相仿於研究者(Brown & Anthony, 2012)指出兒童所使用的手勢為不一致，或意外的比畫。這樣的特性可能導致兒童族群有更多樣化的手勢類型，與使用較高的手勢變換頻率。雖然，相較於手勢類型與變換頻率，觸控點的位置是不相依的；結果指出成人族群，經常觸控在輪廓外(49.4%)與身體內(50.6%)，但是，兒童族群卻大多觸控在身體內(63.7%)，而非輪廓外(34.3%)。這個發現，部分原因是來自於手的大小的緣故，為了避免手部動作覆蓋了影像的呈現，成人族群需要改變觸控點以控制綠鱷龜的視角。

### (2) 任務的複雜性和恢復行為

在 3D 物件的旋轉議題上，具有卡式座標的先備知識是重要的(Yeh, 2004)，但是這樣的知識，對於缺乏經驗的受測者較為複雜，尤其當三軸角度混雜時。



受測者在手勢動作對應旋轉視角上的認知變得迷惑，在這樣的情況下，第一套系統的操作對應認知，無法應用在第二套系統上。因此，使用者在合理性邏輯思考上的能力，與先備知識愈強，則補救的時間愈短。雖然國小數學已有簡單的幾何概念，以往的研究指出(Mohler, 2008)，空間能力，來自於在處理速度，知識和經驗的差異，為了彌補先備知識的依賴性，特別是對於沒有虛擬空間心智模式的兒童來說，愈簡單的手勢對於2D動作與3D內容的對應性則愈有利。有研究者建議修改手勢識別，或嵌入錯誤恢復的策略，將有助於群組之間的差異(Brown & Anthony, 2012)。因此，在系統的通用控制設計上，為輸入手勢提出一個強有力的操控機制，是具有必要性的。

## 五、結論與建議

在多點觸控手勢的研究上，本研究結論顯示，在使用2D物件旋轉的常用手勢動作並不適合在3D環境下操作。當旋轉的軸向不限於單一軸向時，大型螢幕上多點觸控的手勢，在旋轉物件時，會阻礙操作者的視線。此外，在3D物件的旋轉上，以單點觸控的操作模式，比兩點觸控更具有操控的直覺性。在所有的應用的觸控手勢中，以水平與垂直方向的移動手勢，是第一個選擇。當3D物件之三個軸向旋轉的變化經由累加後，密集的手勢操作產生更複雜的效果，此時單純的手勢，更有助於在2D平面上控制3D內容操作的對應性，尤其在兒童族群不具有虛擬內容操作的先備經驗下，更明顯的需要單純的操控手勢。

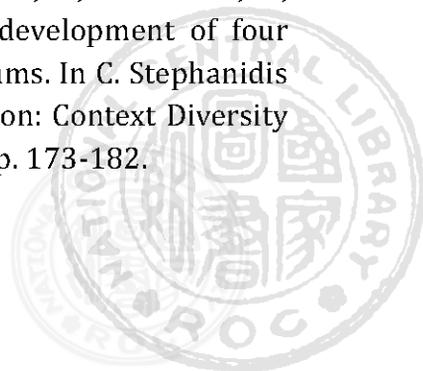
因此，在卡式座標的對應旋轉下，以水平或垂直方向移動單指，在2D觸控螢幕上，操作3D物件的兩個軸向，並以兩指控制第三個軸向旋轉的觸控手勢系統，是在大型觸控螢幕上，較佳的操控3D物件旋轉的觸控手勢。同時，根據行為觀察分析，在不同的觸控手勢型態和3D物件輪廓的觸控區域上，兒童與成人存在不同的差異。此外，在系統的通用設計控制上，提供一個具有強韌的手勢輸入模式是具有必要性的。

根據觀察結果和實驗後的訪談，受測者傾向於使用綠鱷龜的頭部作為旋轉方向的參考點；此外，在不同年齡族群的受測者傾向於使用不同的觸控操作區域，因此，若為使用者挑選一個有用的視角參考點，可能是對於讓他們旋轉時重要的參考依據；也是一個在沒有任何實體旋轉工具時，給予手勢對應物件準

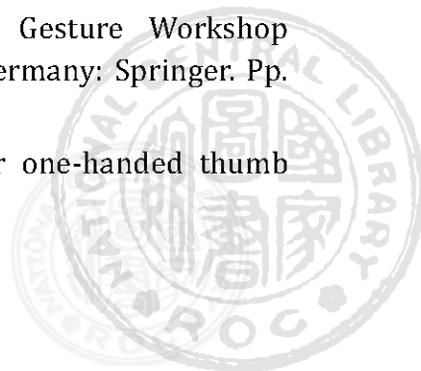
確性視角目標時的必要設定。因此，改變有關視角和不同參考點的議題，是值得再進一步的研究。

#### 參考文獻

- Aliakseyeu, D., Subramanian, S., & Alexander, J. (2010). Supporting atomic user actions on the table, In C. Müller-Tomfelde (Ed.), *Tabletops – Horizontal Interactive Displays*. London, UK: Springer. Pp. 223-247.
- Au, K. C., Tai, C. L., & Fu, H. (2012). Multitouch gestures for constrained transformation of 3D objects. *Computer Graphics Forum*, 31(2), 651-660.
- Brown, Q., & Anthony, L. (2012). Toward comparing the touchscreen, interaction patterns of kids and adults. Paper presented at EIST '2012: The SIGCHI Workshop on Educational Software, Interfaces and Technology, Austin, TX.
- Chang, L.C., Chiang, H.K., Kuo, F.L., (2012). A smart 3D learning space on a large TV display, in: *Proceedings of the 2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, pp. 34 – 38.
- Cohé, A. Hachet, M., (2012). Beyond the mouse: Understanding user gestures for manipulating 3D objects from touchscreen inputs. *Computers & Graphics*. 36(8), 1119-1131.
- Correia, N., Mota, T., Nóbrega, R., Silva, L, & Almeida, A. (2010). A multi-touch tabletop for robust multimedia interaction in museums. In *ITS '10: Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces* (Pp. 117-120). New York, NY: ACM Press.
- Derboven, J., De Roeck, D., Verstraete, M., (2012). Semiotic analysis of multi-touch interface design: The MuTable case study. *International Journal of Human-Computer Studies*, In Press, Corrected Proof, Available online 31 May 2012.
- Grammenos, D., Zabulis, X., Michel, D., Sarmis, T., Georgalis, G., Tzevanidis, K., Argyros, A., & Stephanidis, C. (2011). Design and development of four prototype interactive edutainment exhibits for museums. In C. Stephanidis (Ed.), *Universal Access in Human-Computer Interaction: Context Diversity* (LNCS Vol. 6767). Berlin, Germany: Springer-Verlag. Pp. 173-182.



- Gunawardana, A., Paek, T., & Meek, C. (2010). Usability guided key-target resizing for soft keyboards. In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Intelligent User Interfaces* (Pp. 111-118). ACM Press.
- Herrlich, M., Walther-Franks, B., Malaka, R., (2011). Integrated Rotation and Translation for 3D Manipulation on Multi-Touch Interactive Surfaces, in: L. Dickmann et al. (Eds.): *SG 2011, LNCS 6815*, pp. 146-154.
- Hancock, M. S., Carpendale, S., Vernier, F. D., Wigdor, D., & Shen, C. (2006). Rotation and translation mechanisms for tabletop interaction. In *Proceedings of the First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems* (Pp. 79-88). Washington, DC: IEEE Computer Society.
- Hinrichs, U., & Carpendale, S. (2011). Gestures in the wild: Studying multi-touch gesture sequences on interactive tabletop exhibits. In *CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Pp. 3023-3032). New York, NY: ACM Press.
- Kidd, J., Ntalla, I., & Lyons, W. (2011). Multi-touch interfaces in museum spaces: Reporting preliminary findings on the nature of interaction. In L. Ciolfi, K. Scott, & S. Barbieri (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Re-thinking Technology in Museums: Emerging Experiences*. Limerick, Ireland: Univer. of Limerick.
- Martinet, A., Casiez, G., & Grisoni, L. (2010). The effect of DOF separation in 3D manipulation tasks with multi-touch displays. In *VRST '10: Proceedings of the Seventeenth ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (Pp. 111-118). New York, NY: ACM Press.
- Mohler, J. L. (2008). A review of spatial ability research. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(3), 19-30.
- Nielsen, M., Störring, M., Moeslund, T. B., & Granum, E. (2003). A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI. In A. Camurri & G. Volpe (Eds.), *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction: Fifth International Gesture Workshop Selected Revised Papers* (LNCS Vol. 2915). Berlin, Germany: Springer. Pp. 409-420.
- Park, Y. S., & Han, S. H. (2010). Touch key design for one-handed thumb



- interaction with a mobile phone: Effects of touch key size and touch key location. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(1), 68-76.
- Saffer, D. (2009). *Designing gestural interfaces*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Scheurich, D., Stuerzlinger, W. (2013). A one-handed multi-touch mating method for 3d rotations, in: *Proceeding of the CHI EA '13 CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1623-1628.
- Shaer, O., Strait, M., Valdes, C., Feng, T., Lintz, M., & Wang, H. (2011). Enhancing genomic learning through tabletop interaction. In *CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Pp. 2817-2826). New York, NY: ACM Press.
- Smith, S.P., Burd, E., Rick, J., (2012). Developing, evaluating and deploying multi-touch systems. *International Journal of Human-Computer Studies*. 70(10), 653-656.
- Valkov, D., Steinicke, F., Bruder, G., Hinrichs, K., 2011. 2D Touching of 3D Stereoscopic Objects, in: *Proceedings of CHI 2011*, pp.1353-1362, May 7-12, 2011, Vancouver, BC, Canada.
- Yeh, A. (2004) Two turns must take turns: Primary school students' cognition about 3D rotation in a virtual reality learning environment. In W.-C. Yang, S.-C. Chu, T. de Alwis, & K.-C. Ang (Eds.), *Proceedings of the Ninth Asian Technology Conference in Mathematics* (Pp. 8-26). Singapore: ATCM Inc.
- Yu, L., & Isenberg, T. (2009) Exploring one- and two-touch interaction for 3D scientific visualization spaces. In M. Ashdown & M. Hancock (Eds.), *Posters of Interactive Tabletops and Surfaces (ITS 2009)*. New York, NY: ACM Press.



## A study on Age and Gestural Differences for 3D Object Rotation on a Large Multi-touch Display

Chao-Jen Ku\*, Li-Chien Chen \*\*

\*Department of Visual Communication Design, Hsuan Chuang University

\*\*Department of Industrial Design, Tatung University

### Abstract

Recently, large touchscreens have been adopted as the interactive devices for exhibition in art galleries or museums. Some contents displayed on these devices may include 3D objects manipulated by 2D gestures. Since visitors may not have chances to learn the system in advance, providing the natural mapping between multi-touch gestures and digital content manipulations is an important factor of friendly user interfaces. Although, in the literature, there are some gesture guidelines available for 2D digital content, the guideline for the manipulation of 3D contents is yet to be developed. Moreover, the evaluation metrics of mapping for manipulating 3D contents are important decision criteria for gesture design. In the research, two sets of multi-touch gestures were developed for experiments in the ease of manipulating 3D content on a touch-screen, with the concept of rotation in Cartesian axis. As there typically are large differences between age groups in the ease of learning new interfaces, we compared a group of adults with a group of children. Task completion time, subjective evaluations, and gesture changing frequency were measured to explore intuitive manipulation gesture patterns, behavior patterns. The results showed that rotating 3D contents by 1-point dominant gestures was more controllable than 2-point dominant gestures. Appropriate gestures can reduce the difference in performance for different age groups.

Keywords: Large Touchscreen, Multi-touch, Gesture, 3D object rotation,

