

逢甲大學學生報告 ePaper

三維空間中滑動的速度與角度之探討

作者：張苑宸 蔡慶國 蔡紹軍 黃姝婷
陳信安 李建儀 李宸暘 吳文暘

系級：工業工程與系統管理系三年乙班

開課老師：唐國豪 老師

課程名稱：人因工程

開課系所：工業工程與系統管理系

開課學年：100 學年度 第 2 學期



中文摘要

人機互動介面的發展一直是人因工程學中所探討的一個焦點。在科技突飛猛進的世代中，人類的智慧造就了許多的便利，更令人們對科技的要求漸增。人們要的已經不再是可用就好，介面設計要求符合使用者簡單、直覺自然、彈性、一致等的需求。

操作從原始的按鍵輸入進而演進螢幕的觸控，進化到 Xbox Kinect 全身肢體動作的「影像捕捉體感技術」。此技術除了應用在遊戲機，也有許多方面的發展，例如既有的 NB 可藉由 3D Web Cam 技術實現手勢操控、電視的手勢遙控等。本研究便以速率基礎，探討手部不同姿勢所能分辨的速率差異，分析其影響因素，以了解未來發展趨勢。

本次實驗就穩定度與一般人所能分辨的速率差異等，分別以向上與向右的手部操作做深入的研究，從穩定度的方面分析三維空間中向右滑動的起點與終點所形成的向量與 X 軸所形成的夾角而向上滑動的向量則與 Y 軸所形成的夾角，取其中數據的平均值與標準差，辨識其穩定度，而從人所能分辨的速率差異方面則擷取最大速度平均數與其標準差進行分析，發現向上滑動無論是速度或角度皆較向右滑動不穩定，所以在實務上的向上滑動容錯率需高於向右滑動。

關鍵字：

關鍵字:人機互動 影像捕捉 體感技術 手部操作

目 次

摘要.....	1
第一章 緒論.....	5
1.1、實驗背景.....	7
1.2、實驗動機.....	8
1.3、實驗目的.....	9
第二章 文獻探討.....	11
2.1 光學式動作捕捉系統	
2.1.1 光學式動作捕捉系統的演進.....	10
2.1.2 光學式動作擷取系統用於擷取動作的發展趨勢以 SOWT 分析結果	12
2.2.視覺式體操動作辨識系統	
2.2.1.追蹤方法.....	13
2.3.手勢輸入辨識技術.....	16
2.4.觸控手勢介面與研究議題.....	17
2.5.觸控手勢型態.....	19
2.6.三維物件視角.....	20
第三章 研究方法	
3.1、實驗前置.....	21
3.2、實驗方法	
3.2.1、階段一：由左至右之滑動.....	23
3.2.2、階段二：由下至上之滑動.....	24

第四章 實驗分析

4.1、軌跡與向量.....	25
4.2、速度辨識	
4.2.1、向右速度辨識.....	26
4.2.2、向上速度辨識.....	28
4.3、最大速度與最小速度	
4.3.1、向右之最大速度與最小速度.....	30
4.3.2、向上之最大速度與最小速度.....	31
4.4、累積次數分配	
4.4.1、向右累積次數分配.....	32
4.4.2、向上累積次數分配.....	34
4.5、角度誤差	
4.5.1、階段一角度誤差.....	36
4.5.2、階段二角度誤差.....	38
4.6 速度比較	
4.6.1 階段一速度比較.....	40
4.6.2 階段二速度比較.....	45
4.7 角度比較	
4.7.1 階段一角度比較.....	50
4.7.2 階段二角度比較.....	53
4.8 四種實驗的慢速、快速之比較	
4.8.1 階段一之比較.....	56
4.8.2 階段二之比較.....	57
五、結論.....	59
參考文獻.....	60

圖目錄

圖 1.1	體感相關產品.....	8
圖 1.2	本研究的應用概念	9
圖 2.1	光學式動作捕捉系統示意圖	11
圖 2.2	觸控螢幕上常用之手勢.....	20
圖 3.1	攝影機和顯示器與受測者的位置關係	21
圖 3.2	橫向箭頭示意圖	23
圖 3.3	直向箭頭示意圖	24
圖 4.1	階段一與 X 軸偏斜方向比率.....	25
圖 4.2	階段二與 Y 軸偏斜方向比率.....	25
圖 4.3	階段一與 X 軸偏斜向量圖.....	25
圖 4.4	階段二與 Y 軸偏斜向量圖.....	25
圖 4.5	階段一的實驗 1 最大滑動速度平均圖	26
圖 4.6	階段一的實驗 2 最大滑動速度平均圖	26
圖 4.7	階段一的實驗 3 最大滑動速度平均圖	27
圖 4.8	階段一的實驗 4 最大滑動速度平均圖.....	27
圖 4.9	階段二的實驗 1 最大滑動速度平均圖.....	28
圖 4.10	階段二的實驗 2 最大滑動速度平均圖	28
圖 4.11	階段二的實驗 3 最大滑動速度平均圖.....	29
圖 4.12	階段二的實驗 4 最大滑動速度平均圖	29
圖 4.13	階段一的各實驗下速度最慢與最快表示圖	30
圖 4.14	階段一的各實驗下速度表示圖	30
圖 4.15	階段二的各實驗下速度最慢與最快表示圖	31
圖 4.16	階段二的各實驗下速度表示圖	31
圖 4.17	階段一的實驗 1 Vmax 次數分配圖.....	32
圖 4.18	階段一的實驗 2 Vmax 次數分配圖	32
圖 4.19	階段一的實驗 3 Vmax 次數分配圖	33
圖 4.20	階段一的實驗 4 Vmax 次數分配圖	33
圖 4.21	階段二實驗 1 Vmax 次數分配圖	34
圖 4.22	階段二實驗 2 Vmax 次數分配圖	34
圖 4.23	階段二的實驗 3 Vmax 次數分配圖.....	35
圖 4.24	階段二的實驗 4 Vmax 次數分配圖	35
圖 4.25	階段一實驗 1 的平均誤差角度.....	36
圖 4.26	階段一實驗 2 的平均誤差角度	36
圖 4.27	階段一的實驗 3 的平均誤差角度.....	37
圖 4.28	階段一的實驗 4 的平均誤差角度.....	37
圖 4.29	階段二的實驗 1 的平均誤差角度	38

三維空間中滑動的速度與角度之探討

圖 4.30	階段二的實驗 2 的平均誤差角度	38
圖 4.31	階段二的實驗 3 的平均誤差角度	39
圖 4.32	階段二的實驗 4 的平均誤差角度	39



表目錄

表 4.1 實驗 1、2 速度重疊機率.....	32
表 4.2 實驗 3、4 速度重疊機率	33
表 4.3 實驗 1、2、3、4 速度重疊機率	34
表 4.4 階段一實驗 1 的 V_{max} 平均比較	40
表 4.5 階段一實驗 2 的 V_{max} 平均比較	40
表 4.6 階段一實驗 3 的 V_{max} 平均比較	40
表 4.7 階段一實驗 4 的 V_{max} 平均比較	43
表 4.8 階段二實驗 1 的 V_{max} 平均比較	45
表 4.9 階段二實驗 2 的 V_{max} 平均比較	46
表 4.10 階段二實驗 3 的 V_{max} 平均比較	47
表 4.11 階段二實驗 4 的 V_{max} 平均比較	48
表 4.12 階段一實驗 1 的角度誤差比較	50
表 4.14 階段一實驗 3 的角度誤差比較	51
表 4.15 階段一實驗 4 的角度誤差比較	51
表 4.16 階段二實驗 1 的角度誤差比較	53
表 4.17 階段二實驗 2 的角度誤差比較	53
表 4.18 階段二實驗 3 的角度誤差比較	54
表 4.19 階段二實驗 4 的角度誤差比較	55
表 4.20 四種實驗的慢速比較	56
表 4.21 四種實驗的快速比較.....	56
表 4.22 四種實驗的慢速比較	57
表 4.23 四種實驗的快速比較	57

第一章 緒論

1.1、實驗背景：

現今人類科技越來越發達，生活也越來越便利，在這科技日新月異的環境下，人們對於科技產品的需求與要求也日益漸增，例如手機螢幕的畫面從黑白點陣圖到高解析度彩色 OLED，到現在捨棄了按鍵操作轉而使用觸控式螢幕、智慧型手機不斷推陳出新。平面的觸控從電阻式進化到電容式，技術的發展受限於媒介，幾乎已趨近巔峰，無法再有突破性的變化，但人們對於科技的渴望卻沒有極限，期望達到更方便的生活。

在鍵盤方面，從古董打字機演變成桌上型鍵盤，且電腦數字按鍵更進一步增加了中英輸入。鍵盤技術附合著科技創新的進步和人文需求的提升不斷地自我改良，又從機械式鍵盤演變出觸控螢幕上的虛擬化鍵盤，而應用到手機、平板電腦等行動裝置上，主要使用於簡訊、即時通信、記事、標註、噗浪及推特等簡短的訊息輸入環境之中。

而遙想過去，電視機剛出現時，人們不論轉台或開、關機都要大步走到電視機前轉動旋鈕，直到遙控器的出現這種情況才得以改善。然而隨著近年電視的快速發展，電視已不再只有收看節目的功能，不論是上網、找食譜、視訊通話等諸如此類的功能都涵括在內，但遙控器已經難以負荷電視如此多樣化的內建功能，所以人們渴望更直覺式的操作。

人們一直在期待新的科技能引領新的生活方式，在我們的日常生活中，不再只想呆坐在電視前望著螢幕，要的是更好更有吸引力的產品。

科技不斷在進步，消費者的習性也不斷在改變，一陣子都會有新的科技產品出現上市，人們不再需要功能操作複雜的科技產品，本次實驗之目的即為追求更為簡化與直覺的操作方式。

1.2、實驗動機：

有鑒於近年來，體感類型的科技產品不斷出現，從任天堂所開發需要手握搖桿(Wii Remote)來進行定位的家用電玩主機「Wii」，以及去年 Microsoft 推出的家用電玩主機「XBO X360」所使用的動作感應器(Kinect)，到近日由 Samsung 所設計的 Smart TV 的出現，甚至是 Google 所發表的 Project Glass 虛擬擴充實境 (Augmented Reality)系統的構想，都是三維空間的體感應用方式，可想而知三維空間無接觸的操作方式，勢必會成為日後的科技產品主流，所以我們藉由此次實驗探討在三維空間中的操作方向、速率與判斷準確度的關係。



圖 1.1 體感相關產品

1.3、實驗目的：

藉由 Phasespace Impulse 系統的 6 台攝影機，紀錄受測者的滑動速率及方位座標，探討人在三維空間中不同的起始位置以及不同的滑動方向是否影響完成速率與位移的誤差。並計算誤差角度與偏移向量

1. 個人對速度的感覺：本研究欲了解，不同的人對於三維空間中的手部移動速度，是否有明顯差異。
2. 手勢揮動方向的慣性：在兩種不同方向的實驗中，計算兩種方向的滑動方向偏差角度與速度辨識性的準確率是否異同，藉此推斷人體對於階段二與階段一的動作效益。
3. 實務應用的設計：藉由以上兩種探討，便能得知在實務中的應用該如何設計，才能讓產品能準確的判斷出使用者的動作輸入，以及讓使用者感到輕鬆的操作介面。

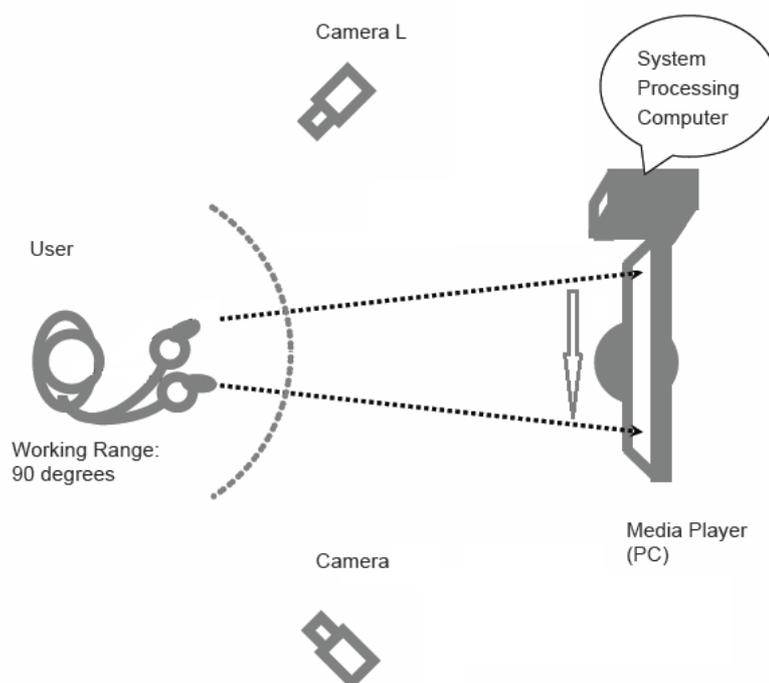


圖 1.2 本研究的應用概念



第二章 文獻探討

2.1 光學式動作捕捉系統 (Optical Motion Capture Systems)

2.1.1 光學式動作捕捉系統的演進：

1915 年 弗雷斯格爾發明了“Rotoscope”技術，可以看成是動作捕捉的原始形式，以手工捕捉出來。

1937 年 迪士尼在製作白雪公主動畫片時採用了 Rotoscope 技術拷貝真人動作。

1970 年 隨著電腦的發展，動畫師開始使用電腦來製作動畫人物。

1984 年 Motion Analysis 實現通過二維跟蹤實現三維定位技術。

1985 年 Sun 工作站用了 17 個小時計算出通過 4 個攝影機所跟蹤的 8 個點的三維運動軌跡。

1993 年 Acclaim 光學動作捕捉系統可以同時進行 2 人的動作捕捉，跟蹤點可達 100 點。

1996 年 Motion Analysis 公司實現標誌的自動標識。

2000 年 大連東銳軟體有限公司自主研發的三維動作捕捉分析系統，12 台攝影機，完成單人和群集動畫，面部表情及肢體動作。

2.1.3 光學式動作捕捉系統的原理：

通過對物體上特定光點的監視和跟蹤來完成動作捕捉的任務。從理論上，對於空間的任意一個點，只要它能同時被兩台攝影機所見，則根據同一瞬間兩相機所拍攝的圖像和相機參數，即可以確定這一時刻該點的空間絕對位置。當攝影機以足夠高的速率連續拍攝時，從圖像序列中就可以得到該點的動作軌跡。典型的光學式動作捕捉系統通常有 6~8 台攝影機，環繞表演場地排列，這些相機的視野重疊區域就是物體的動作範圍。為了便於處理，通常要求物體穿上單色不反光的服裝，如在身體的關鍵部位，關節、髖部、肘、腕等位置貼上一些特製的反光點或發光點，稱為“Marker”，視覺系統只識別和處理這些光點。系統定標後，

攝影機連續拍攝物體的動作，並將圖像序列保存下來，然後再進行分析和處理，識別其中的光點，並計算其在每一瞬間的空間位置，進而得到其動作軌跡。為了得到準確的動作軌跡，要求攝影要有較高的拍攝速率，一般要求達到每秒 60 幀以上。

目前光學式動作捕捉主要分成兩類：主動式動作捕捉技術和被動式動作捕捉技術。他們的工作原理都是一樣的，不同的地方就是：被動式動作捕捉系統所使用的跟蹤器是一些特製的小球，在它的表面塗了一層反光能力很強的物質，在攝影機的捕捉狀態下，它會顯得格外的明亮，使攝影機很容易捕捉到它的動作軌跡。但是主動式的動作捕捉系統所採用的跟蹤點是本身可以發光的二極體，它無須輔助發光設施，但是需要供給能源。被動式動作捕捉的攝影機在鏡頭的周圍是一些會發光的二極體，Marker 正是把這些二極體所發出的光反射回到鏡頭裡，在每幀圖像中形成一個個亮點。主動式動作捕捉所需要的攝影機則不用本身帶有發光的功能。

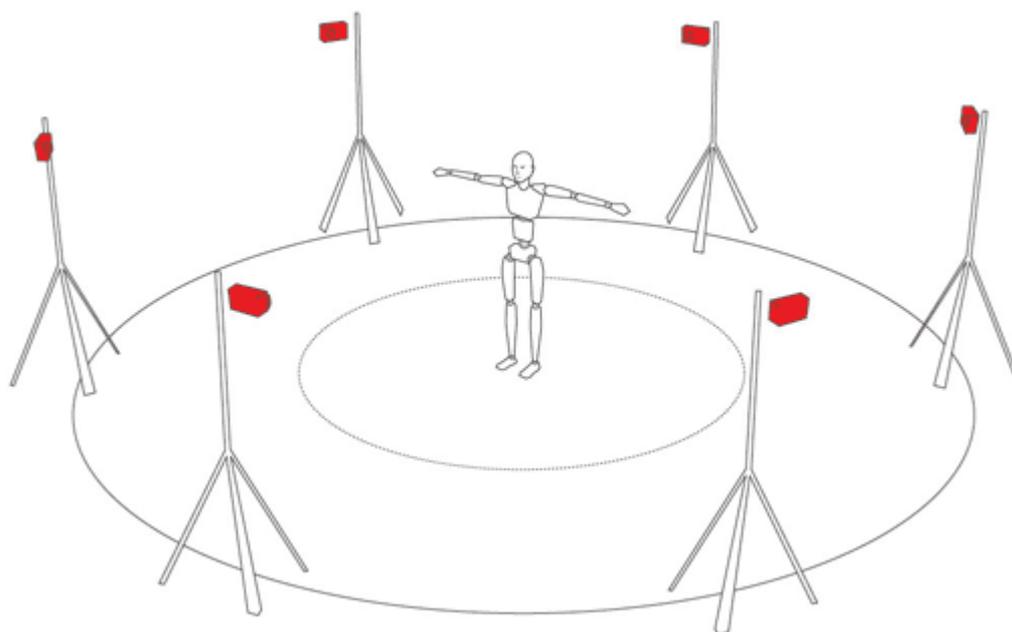


圖 2.1 光學式動作捕捉系統示意圖

2.1.3 光學式動作擷取系統用於擷取動作的發展趨勢以 SOWT 分析結果

一、光學式動作擷取系統之優勢 (Strengths)

(一) 擷取頻率高，最高可達 2000Hz，在運動科學實驗中很多球類運動，所擊出球體速度都超過其他動作擷取系統所能擷取的頻率。

(二) 擴充性高，可支援數百台攝影機，增加其準確性。

(三) 擷取點多，可視需要增加擷取點數，最高可達數百個擷取點。

(四) 無角度的限制，能將剛體轉動角度真實的紀錄。

(五) 可多人互動，增加真實性的動作擷取：

(六) 擷取點位置為絕對位置，滿足運動科學資料真實性的需要。

二、光學式動作擷取系統之劣勢(Weaknesses)

(一)價格昂貴，六台攝影機與系統約 200 萬。

(二)光點容易產生遮擋。

(三)光點交叉容易發生判斷錯誤。

(四)後製時間較長。

三、光學式動作擷取系統之機會(Opportunities)

(一)應用範圍廣泛。

(二)國內最多單位使用。

四、光學式動作擷取系統之威脅(Threats)

(一)動作擷取不再是單一系統。

(二)近期影像式技術發展快速。

2.2 視覺式體操動作辨識系統(Vision-based Gymnastics Motion Recognition System)

一般對影像的處理及分析，首先是利用「物體追蹤」(object tracking)的技術來追蹤動態物體，一旦我們追蹤到物體，就可以做進一步的肢體動作分析。而目前的物體追蹤是透過比對連續影像間物體的相似度來完成，於是物體特徵的擷取，相似程度的判別，目標物的搜尋，都涵蓋在此議題中。

目前物體追蹤的方法可概分成四類：區域式追蹤 (Region-Based Tracking) 、主動式輪廓追蹤(Active Contour-Based Tracking) 、特徵追蹤 (Feature-Based Tracking) 、以及模型追蹤 (Model-Based Tracking)。

2.2.1.區域式追蹤 (Region-Based Tracking)

假設影像變動的區域即為目標物的位置，藉著偵測這些變動區域的位置來追蹤目標物。通常利用目前的影像與背景相減來偵測出變化的區域，然後再進一步的設立規則做篩選，合併，或劃分。McKenna 等人設計了一種可調性背景相減法 (adaptive background subtraction)，針對人與人群做追蹤，其追蹤層級由小而大可分為三個層次：區塊 (region)、人 (people) 以及人群 (groups)，而每一個層次都可以再依照區塊色彩和表徵特性來進行合併或分解，可以達到追蹤單人或多人的效果。此方法有其缺點，除了無法可靠地解決物體合併的問題，無法取得物體的 3D 動作外，對於雜亂有變動的背景亦不適用。

2.2.2 主動式輪廓追蹤(Active Contour-Based Tracking)

此方法是用輪廓線 (contour) 來描述移動的物體，並利用輪廓線的改變進行追蹤。此方法的好處在於更有效率，且降低了複雜度，由於輪廓線是封閉曲線，即使物體交錯，也較容易解決。但其缺點仍然是缺乏 3D 的資訊，無法進行三度空間上的追蹤，且此演算法的追蹤效果對於初步輪廓的偵測或選取非常敏感，故較難用於全自動的偵測追蹤系統。

2.2.3.特徵追蹤(Feature-Based Tracking)

本方法是利用物體的特徵來進行追蹤，首先針對要追蹤的物體擷取特徵，這些特徵可分為三種：整體性特徵 (global feature-based)，如重心、色彩、面積等；局部性特徵 (local feature-based)，如線段、頂點等；相依圖形特徵 (dependence-graph-based)，如特徵間的結構變化等。當影像中目標物的低階特徵擷取出後，即可匯集成更高階的特徵資訊，利用比對連續影像間的高階特徵來追蹤該物體。

此方法可以用來即時追蹤多個物體(相依圖形特徵的方法除外)，利用運動特徵、局部特徵或相依的結構特徵來解決物體交錯的問題，但是使用運動特徵的方法穩定性不高，而使用局部特徵的方法則比較耗時費力。此演算法的另一缺點是，用 2D 影像對物體的辨識度並不高，且通常無法還原出物體的 3D 資訊。

2.2.4.模型追蹤(Model-Based Tracking)

模型追蹤的方法將會提供較精細與準確的判斷，因此需要良好的物體結構模型，可加入物體本身的運動特性，本質上，比較不受附近背景或其他物體干擾的影響，也較能對抗物體間交錯問題，但相對地運算量也比較大。通常模型追蹤的方式分成主要三步聚：(1)建立物體模型，(2)建立運動模型，(3)搜尋和比對。

(1)建立物體模型：以人為例，建立人形的姿勢結構模型，如棒狀圖形(stick figure)所構成的人形。目前有愈來愈多研究偏向建立 3D 的 model，因為 2D 影像的主要缺點在於所得資訊受視角限制。利用多台攝影機所得的剪影來建立 3D 模型。

(2)建立運動模型：由於人體運動時四肢與關節的相對移動量不會很大，我們可以用這些資訊來建立運動模型。建立 3D 的運動模型可以有效解決 2D 影像中物體間因為交錯而產生誤判的情況。

(3)搜尋和比對：目的為從連續影像中快速且正確找出物體位置，或是建立其他模型所需要蒐集的資訊。常用 Kalman filtering、Dynamical strategies、Taylor model strategies、Stochastic sampling 的技術。搜尋和比對的主要程序包括預測(predicting)物體的下一個狀態以縮小比對範圍，以及根據誤差更新(updating)系統的內部參數。針對比較複雜的情況下，使用 Levenberg-Marquardt algorithm[9]的技術來解決多參數的問題。另外，針對減少背景干擾的問題，Markov chain、Monte Carlo[10]、Genetic algorithms、condensation [11][12]等為常用的方法。

模型追蹤的方法與前三者方法相比，有幾項主要優點。由於此演算法從影像中所取得的即為 3D 資訊，故不需再多加處理。利用先前的 3D 資訊，可整合做為判斷下一個動作的根據，故即使物體互相交錯，也能準確地判斷。另外，此演算法在物體動作變化很大時仍可應用。



2.3 手勢輸入辨識技術

即時雷射追蹤擷取手勢技術(Laser-based Tracking For Real-time Gesture Acquisition)資訊的輸入越來越受到要符合可攜帶的電子裝備而變的越小。譬如，資料的輸入經常透過像是 30 觸控螢幕用一種制式的輸入方法像是 Graffiti。而下一個要發展的就是取消掉像是尖端的方式給輸入裝置，就能夠單單使用手指便可。基於這樣的認知，一個非常簡單的追蹤系統被提出來，其主要的目的是要能夠提供給使用者以一種自然的方式去與可攜帶裝置或是電腦互動透過手指姿勢的辨識。

在自然情境下追蹤手部和手指的技術長久以來都著重於使用被動式的視覺獲取系統和充分的圖像過程運算。最近在 Cassinelli(2005)研究裡的一種簡單的主動式的追蹤系統，使用的是一種雷射二極管(可見或不可見光)，操縱鏡和可以不需任何成像過程的單一非成像的影像擷取器獲取即時三維座標。本質上，這是一個智慧型範圍搜尋的掃描器，不需要持續性的掃描全整個範圍，只限制在於掃描即時分析基本的反散射信號區域，給予目標物尺寸的一個精確的小視窗。而它的硬體安裝的複雜性是跟可攜帶式的雷射條碼讀取機是一樣的。

這個簡單的活動式追蹤系統被用來當作是資料的輸入方法，這方面特色，與用在 PDA 上面的尖端是類似的。手勢辨識本身就是以 HMMs 來執行。其他的應用也被提出，像是有一些他們用來追蹤 3D 手勢的能力。而在最初此系統的應用中是以一個類似於使用尖端和 Graffiti 方法的 2D 手勢特徵的輸入。有六種字母(A,B,C,D,E 和 S)被選來作為評估，發現到目前尚有兩個困難點，所輸入的字母中僅有的特徵起始點相同的字母(D 和 B)較困難辨識，其二為使用 HMM 為模型的方式上沒有辦法分辨兩個輸入指令間的短暫停留，僅能單一輸入做單一辨識。而另外也提出了解決辦法，應該使用去區隔更小的語素，像是在整個輸入裡面的段落或是曲線。即便有尚未完善，但是在空氣中寫字的理想已非遙不可及的目標了。

2.4 觸控手勢介面與研究議題

「手勢」是人與人在互動時的自然動作，也是一種非語言的肢體訊息，屬誠實不易做假的自然表達方式 (Pentland, 2008)。因為這些肢體的動態讓人們得以溝通，進而相互瞭解與表達內心想要表達的意思；而面對電腦觸控螢幕，欲進行人與機器最自然、便捷的相互溝通，即需依賴觸控手勢的操作介面。

由於觸控螢幕具有許多優點 (Karat, McDonald, & Anderson, 1986; Sear & Shneiderman, 1991)，已有許多成功的運用案例。如弱勢居民健康資訊系統 (Jackson & Peters, 2003)，供醫院中各種不同求診病患所使用的通用性資訊系統 (Holzinger, 2003)，車用導航系統 (Chiang, Brooks, & Weir, 2004)，智慧型家用電力管理系統 (Mainardi, 2008)，電子投票系統 (Nishino et al., 2010) 等。

近年來有更多的研究人員，利用其特性並結合多媒體數位內容，成功地提升了老年癡呆症患者與看護人員之間的溝通模式 (Astell et al., 2010) 及協助人們與三維視覺化之科學數據，進行互動 (Yu & Isenberg, 2009)。由於觸控介面在行動裝置上的運用日漸普及，研究人員也開始利用觸控的方式，在行動裝置螢幕上操縱 3D 物件 (Fiorella, Sanna, & Lamberti, 2009)，或以行動電話當成操縱大螢幕內 3D 物件的遙控器 (Katzakis & Hori, 2010)。此外，若妥善建置好控制與回饋系統，則無需學習新的操作手勢，就可在大型觸控螢幕上，讓使用者簡易的以 2D 手勢，操控 3D 物件的攝影機鏡頭位置 (Hachet, Decle, Knodel, & Guitton, 2009)，或在 3D 虛擬場景中移動 (Valkov, Steinicke, Bruder, & Hinrichs, 2010)。

觸控使用者介面設計的研究議題，主要包含軟體按鍵形狀 (Breinholt & Krueger, 1996)，軟體按鍵大小與配置設計 (Kwon, Lee, & Chung, 2009; Park & Han, 2010)，觸控圖像設計 (Huang & Lai, 2008)，觸控手勢 (Cheng & Takatsuka, 2006; Bach, Jæger, Skov, & Thomassen, 2008; Villamor, Willis, & Wroblewski, 2010; Mauney, Howarth, Wirtanen, & Capra, 2010)，行動裝置上之觸控模式 (Parhi,

Karlson, & Bederson, ,2006; Perry & Hourcade, 2008; Karlson & Bederson, 2008; Ashbrook, Lyons, & Starner, 2008), 輔助觸覺回饋模式 (Rantala et al., 2009), 不同視覺區的點選操作績效 (Po, Fisher, & Booth, 2004), 以及不同年齡層的操作績效 (Rogers, Fisk, McLaughlin & Collins, 2005) 等。

圖像介面與觸控螢幕的結合是最有力的工具 (Breinholt & Krueger, 1996)。螢幕上圖像的使用介面, 讓使用者以視覺形式來操作電腦, 並常用圖像按鍵 (icon) 作為介面 (Nasanena & Ojanpaa, 2003)。影響觸控螢幕上圖像介面使用性的因子, 除了碰擊、觸感、圖像文字、動態、形狀與色彩外, 最為重要的是觸控區域 (Huang & Lai, 2008), 由於以視覺搜尋資訊時, 觸控螢幕上的虛擬按鍵, 無法提供相同於實體按鍵所給予的觸覺回饋 (Buxton, Hill, & Rowley, 1985), 其觸控區域、尺寸會成為影響操作的因素 (Lindberg & Nasanen, 2003), 若手指面積尺寸大於按鍵尺寸, 或按鍵太小時, 將產生誤壓與降低輸入功能, 造成使用性降低。而調整螢幕上之按鍵尺寸, 能改善輸入區域之感應成效, 但不保證能減少操作時間 (Kwon, Lee & Chung, 2009)。尤其, 如按鍵位置在於螢幕角落, 其使用性更差, 好的按鍵設計能增加使用成效, 減少錯誤 (Huang & Lai, 2008)。食指具有較好的操作成效 (Wobbrock, Myers, & Aung, 2008), 研究者建議在 12.1 英寸的 LCD 的螢幕上以食指操作文字輸入時, 20mm 為足夠大的按鍵尺寸 (Colle & Hiszem, 2004)。在 PDA 上以拇指輸入時最小尺寸為 9.6mm。(Parhi, Karlson, & Bederson, 2006), 眾多研究均探討碰觸與螢幕間的議題, 其中觸控手勢型態與數位內容變化的配對方式, 往往需要深入的研究與實驗才能找到最佳的組合。

選擇以手勢為互動的介面, 應該要趨向以人因為核心的特質, 即是本能反應、以暗喻或形象邏輯功能、毫不猶豫的記得、合乎人因工程的設計原則 (Nielsen, Störring, Moeslund, & Granum, 2003)。由於電腦科技對於輸入設備的限制, 必須搭配以簡易的輸入型式, 作為人機雙方的溝通法則; 因此, 在導覽型態的人機互

動展示上，注重人體手部自然動作為基礎的手勢設計，在觸控螢幕面板上接觸與移動，即成為操控數位內容的重要的參考依據。其中觸控手勢與三維內容物件的操控與呈現方式，就是兩項重要的探討議題，因此，在數位內容使用大型觸控螢幕導覽時，操控手勢的型態及所控制三維物件視角的自然對應性，亦將影響使用者操作時的績效。

2.5 觸控手勢型態

在觸控螢幕上以單一手指點選物件進行操控，為基本的手勢，以拖曳（drag and move）在觸控螢幕上的功能（Saffer, 2009），常見方式（如圖 2），有點選（tap to select）、單向拖曳（slide to scroll）、旋轉拖曳（spin to scroll）、輕推（flick to nudge），藉著這些在平面螢幕上移動的手勢，以拉動、移動、旋轉物件轉軸，得以展示更多的影像與資訊。拖曳的特性是在手指對物件點選後，做同一方向與旋轉方向的拖曳，物件隨手勢繼續移動，而持續轉動，直到手勢停止時，手指離開螢幕，物件也同時停止轉動；旋轉或弧形拖曳亦即多個短距離移動的連續動作。通常為順時針、逆時針與不規則的方向在螢幕上滑動。

輕推（flick to nudge）的手勢則是以手指在物件表面點選的同時，往某一方向輕輕推動，手指隨即離開螢幕，物件隨手勢由快速轉動到漸慢，最後停止。輕推的動作，是十分自然的手勢（Saffer, 2009），在小型觸控螢幕上以拇指在螢幕上作小範圍的旋轉，經常能操控物件的拖曳轉動、移動與棄置，而以食指在觸控螢幕正面操作時，水平移動有較好的使用績效（Wobbrock, Myers, & Aung, 2008）。在大型觸控螢幕上的手勢動作，選放（drag-and-drop）比拖放（pick-and-drop）更像操作剪貼（copy-paste）的動作（Collomb & Hascoet, 2008），而拖放（drag-and-drop）已廣泛被使用在大螢幕上作為移動物件之用（Collomb & Hascoet, 2005）。至於拖拋（drag-and-throw）與推拋（push-and-throw）的動作是為多螢幕所設計的手勢（Hascoet, 2003; Hascoet, Collomb, & Blanch, 2004）。此

外，以單一系統控制多螢幕或多系統控制多螢幕時，手勢動作與回饋之間若配對不自然，就會出現因不夠直覺而導致不規則的滯緩現象，減少互動的使用性。而應用於大型觸控螢幕如螢幕牆上，可能因為不易確定操控物件要移動或置放的目標區位，容易造成使用上的困難（Collomb & Hascoet, 2008）。因此，目前使用大型螢幕如電視牆或多螢幕呈現，多以有經驗者與專家來操控，如在簡報室中播放簡報的放映師或電視台專業新聞、氣象主播。



圖 2.2 觸控螢幕上常用之手勢

2.6 三維物件視角

數位科技時代，可透過三維虛擬物件展示，讓原本需倍受保存、不易展示、更不能被觸碰的古物，藉由三維物件的重建而可以被使用者操控、觀看，以實現在實體博物館所無法提供的功能（徐士雅、王年燦、陳國棟，2009）。在三維空間與物件的表達形式上，常見以透視與三視視角方式呈現。3 度空間的世界，三維物件具有 X、Y 與 Z 三個軸，可以分別的轉動水平、垂直與深度的三個軸向，或以這三個軸向來操控三維空間或物件的視角，因此，許多三維繪圖的軟體，需要分別點選不同的軸向的控制模式，來作調整的動作。此外，在平面二維觸控螢幕上（如圖 2），操控立體三維物件方面，由於螢幕上能以水平移動控制三維物件的 X 軸的轉動，垂直移動可以操控 Y 軸的轉動（Catanese, 2001），對於 Z 軸向的操控，則可以透過切換螢幕上垂直向的移動，來操控 Z 軸的轉動。

三 研究方法

3.1 實驗前置

本次實驗於設備使用 Phasespace Impulse 的六台攝影機捕捉受測者之移動情形，記錄其三維空間中之座標與速度。偵測速度方面為了能準確分析，利用 swing 進行料之擷取，使用了 30Hz(frames/sec)的頻率進行紀錄。

首先，進入 PhaseSpace 設定管理員，登入使用者帳號及密碼，點選 Create New Profile 建立本次實驗要使用的資料夾，接著點選 Select Profile 選擇方才所建立的範本，再來選擇 Encode 進行 LED Controller 編碼，編碼完成後，啟動校正精靈，使用校正棒(Calibration Wand)進行攝影機之校正。將校正棒平行於螢幕，平放於地板，判定攝影機位置後，分別對六台攝影機進行校正，待完成攝影機之校正後進行座標軸定位。校正程序完成後即可開始進行本次實驗流程。



圖 3.1 攝影機和顯示器與受測者的位置關係

受測者需穿戴含有 LED 燈的指套於右手食指，讓 Phasespace Impulse 抓取 LED 燈的位置，並且控制受測者眼睛與地面距離約為 115cm，與螢幕距離為 300cm，利用視角公式 $h = 2 \arctan \frac{H}{2D}$ 計算，視角約為 3.62752° (h = 視角, H = 物體高度, D = 眼睛與物體距離)。



3.2 實驗方法

本次實驗分為兩個方向：由左而右與由下而上

3.2.1 階段一：由左至右之滑動

在無軌道的顯示下，指定受測者的滑動起始位置橫向箭頭圖標顯示於螢幕的左下方，滑動方向則由左至右滑動，將滑動速度分為四種方式進行實驗，(1)「慢，快」兩種速度；(2)「慢，中，快」三種速度；(3)「慢，稍慢，稍快，快」四種速度；(4)「慢，稍慢，中，稍快，快」五種速度。

受測者需進行以下四種測驗：

- (1) 實驗 1：慢，快
- (2) 實驗 2：慢，中，快
- (3) 實驗 3：慢，稍慢，稍快，快
- (4) 實驗 4：慢，稍慢，中，稍快，快

每項速度分類方式各做八次，並利用 swing 將數據紀錄下來，並且判斷受測者是否能表現出四種實驗下的速度差異，以及探討在不同階段下的速度與其向量誤差的關係。

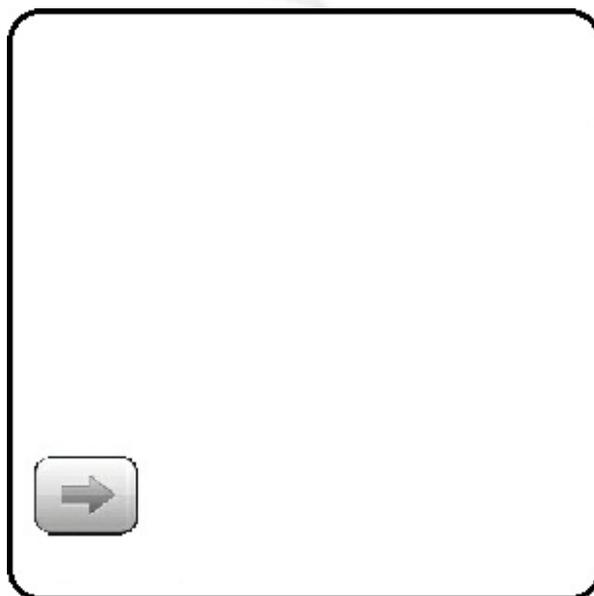


圖 3.2 橫向箭頭示意圖

3.2.2 階段二：由下至上之滑動

無軌道的顯示下，指定受測者的滑動起始位置直向箭頭圖標顯示於螢幕的正下方，滑動方向則由下至上滑動，將滑動速度分為四種方式進行實驗，(1)「慢，快」兩種速度；(2)「慢，中，快」三種速度；(3)「慢，稍慢，稍快，快」四種速度；(4)「慢，稍慢，中，稍快，快」五種速度。

受測者需進行以下四種測驗：

- (1) 實驗 1：慢，快
- (2) 實驗 2：慢，中，快
- (3) 實驗 3：慢，稍慢，稍快，快
- (4) 實驗 4：慢，稍慢，中，稍快，快

每項速度分類方式各做八次，並利用 swing 將數據紀錄下來，並且判斷受測者是否能表現出四種實驗下的速度差異，以及探討在不同階段下的速度與其向量誤差的關係。

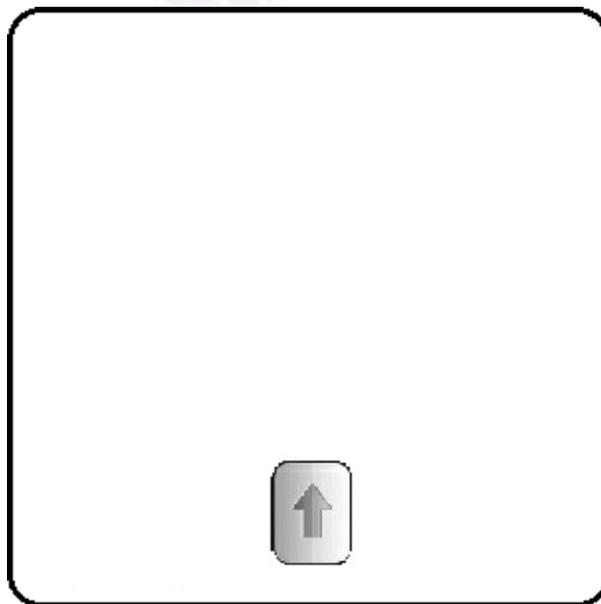


圖 3.3 直向箭頭示意圖

第四章 研究分析與結果

本研究的實驗結果分析如下：

4.1 軌跡與向量

實驗之初，我們認為由於是右手以手肘關節為圓心向右滑動，且右手向右上滑動是最順手的方向，所以我們推論滑動軌跡容易向上偏移，但經過實驗數據統整，圖 4.1 顯示軌跡偏上與偏下的比例為 46.13% 和 53.87% 並無明顯差異，與我們的預期是不相符的。

階段二的部分，由圖 4.2 可以看到向右的偏移的比率為 90.48% 明顯高於向左偏移的 9.52%，由於受測者都是以右手階段二，且右手垂直向上舉會自然向右偏，符合我們的預期。

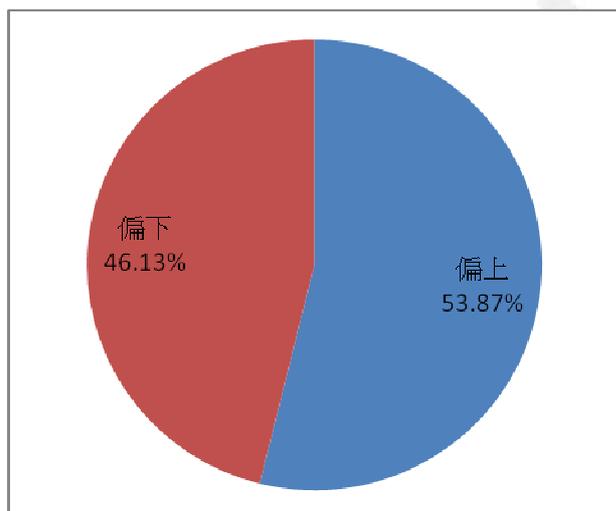


圖 4.1 階段一與 X 軸偏斜方向比率

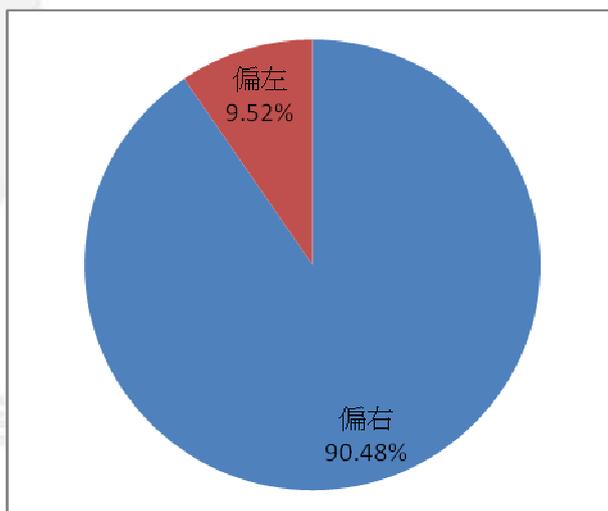


圖 4.2 階段二與 Y 軸偏斜方向比率

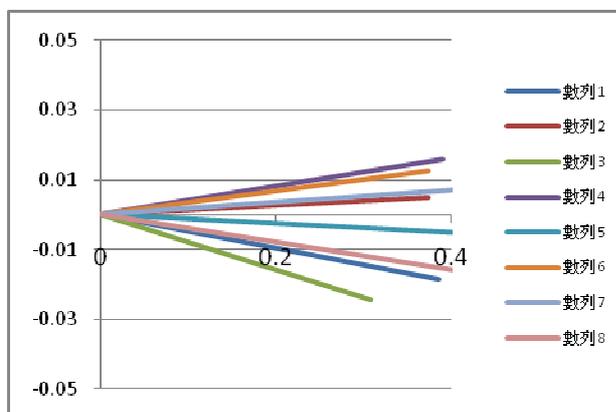


圖 4.3 階段一與 X 軸偏斜向量圖

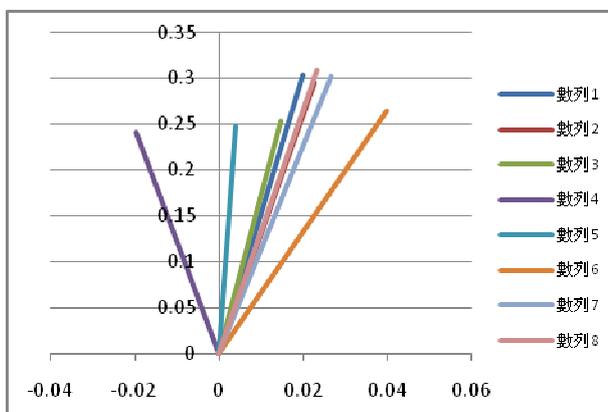


圖 4.4 階段二向量與 Y 軸偏斜向量圖

4.2 速度辨識

在所擷取之速度資料中，以移動過程中的最大速度(V_{max})來作為判斷依據。

4.2.1 向右速度辨識

從圖 4.5 至圖 4.8 可以判斷各階段皆為向右遞增的圖形，代表速度的差異都可以被清楚區別，而且由圖上的誤差線可以看出，有速度越快、標準差越大的趨勢。

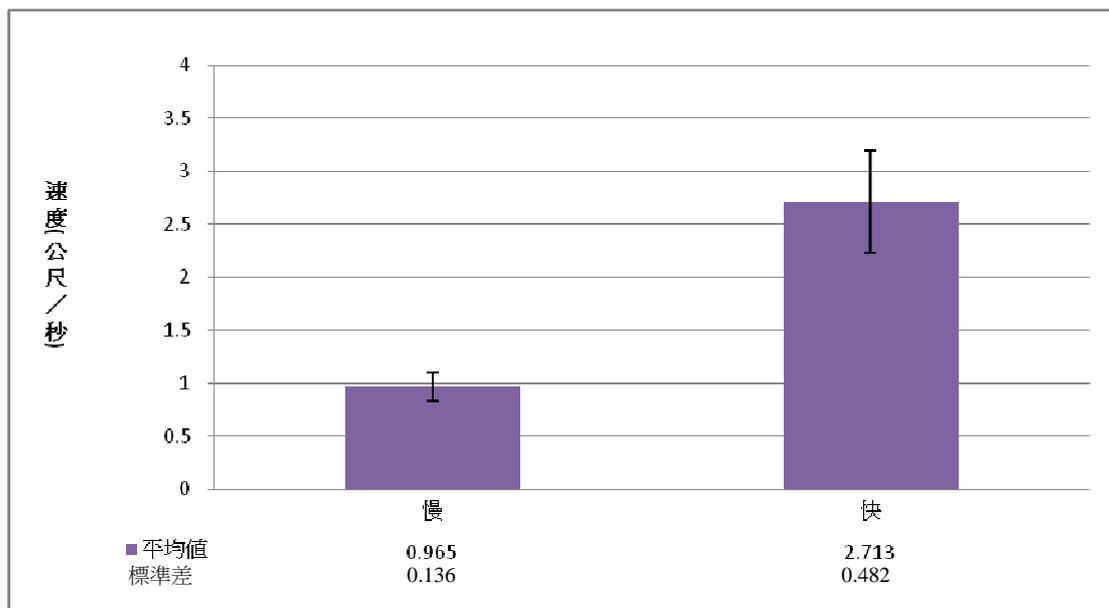


圖 4.5 階段一的實驗 1 最大滑動速度平均圖

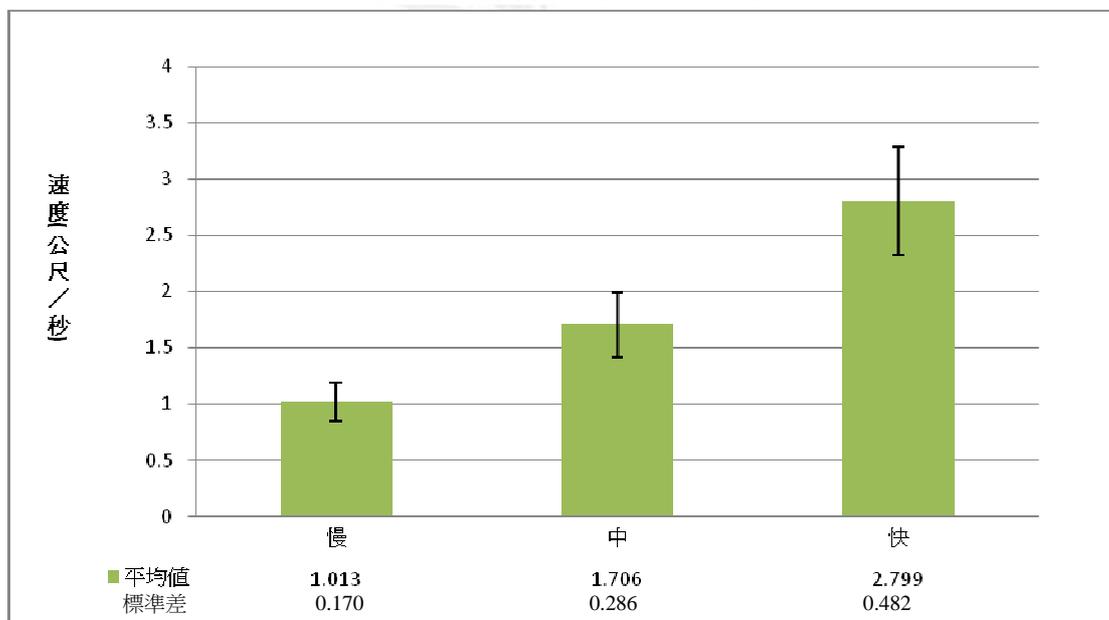


圖 4.6 階段一的實驗 2 最大滑動速度平均圖

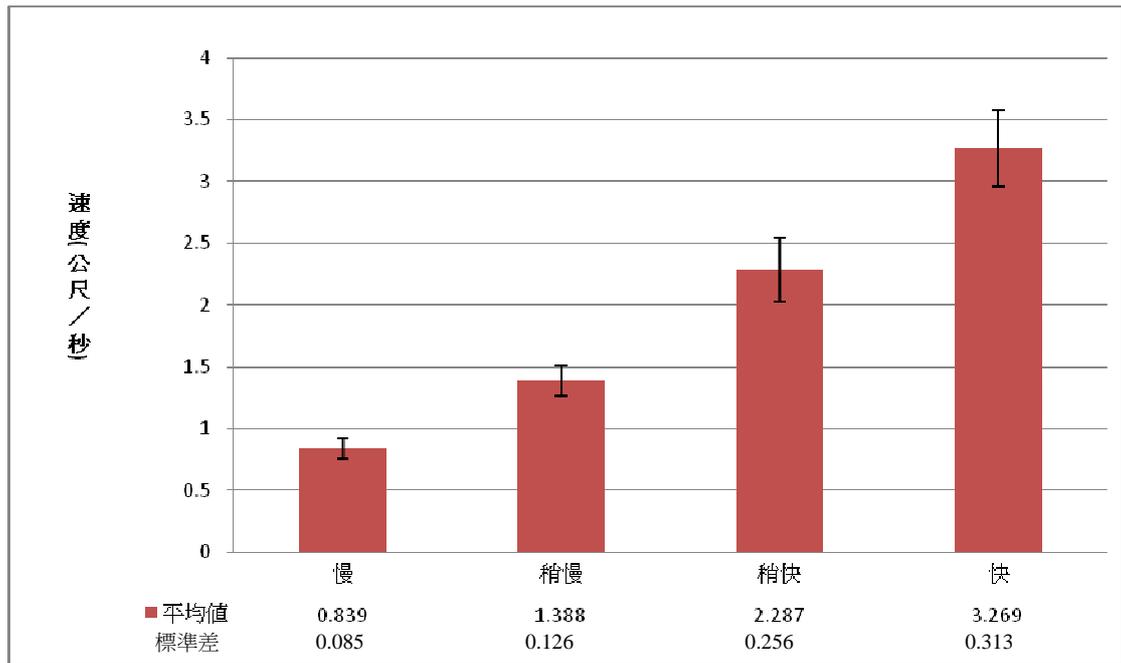


圖 4.7 階段一的實驗 3 最大滑動速度平均圖

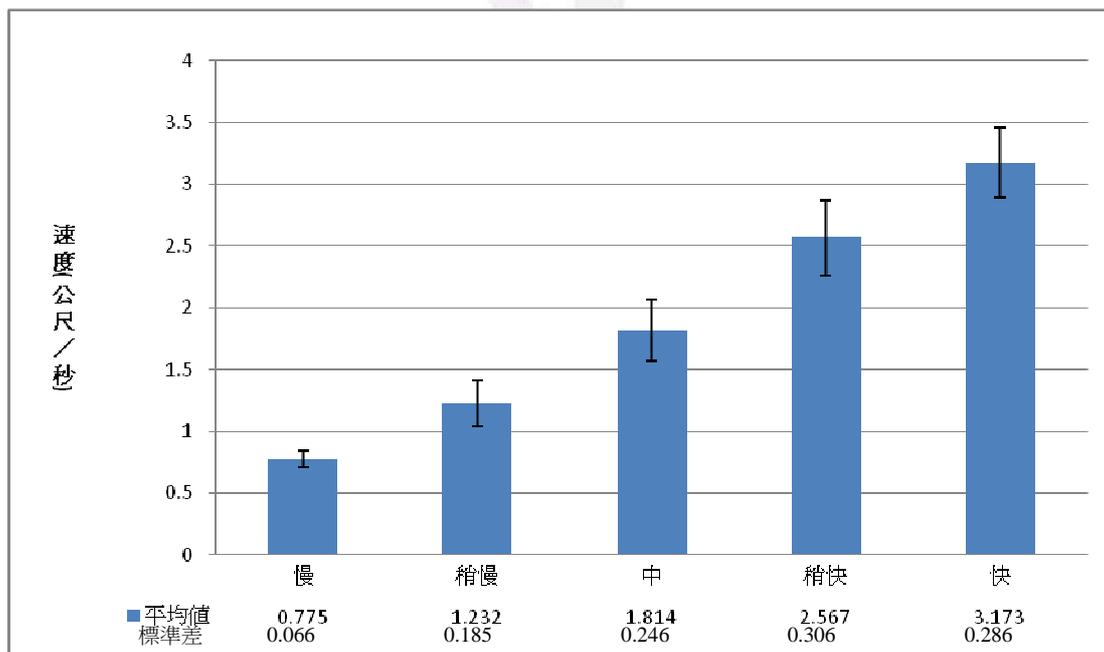


圖 4.8 階段一的實驗 4 最大滑動速度平均圖

4.2.2 向上速度辨識

從圖 4.9 至 4.12 可以判斷各階段皆為向右遞增的圖形，代表速度的差異都可以被清楚區別，而且由圖上的誤差線可以看出，標準差跟速度沒有特別明顯的關係。

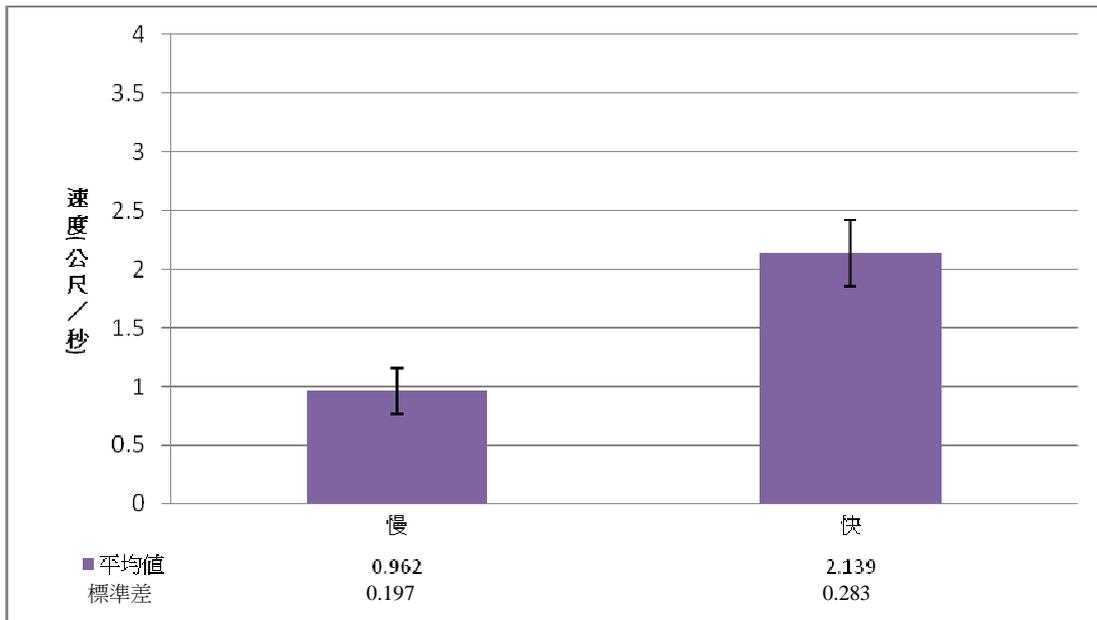


圖 4.9 階段二的實驗 1 最大滑動速度平均圖

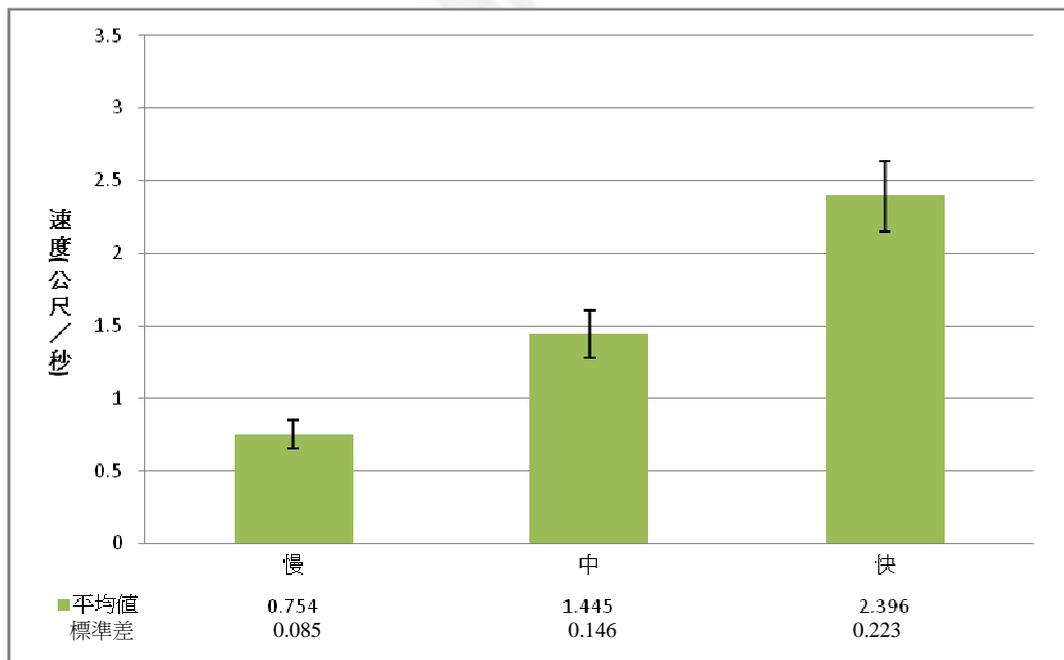


圖 4.10 階段二的實驗 2 最大滑動速度平均圖

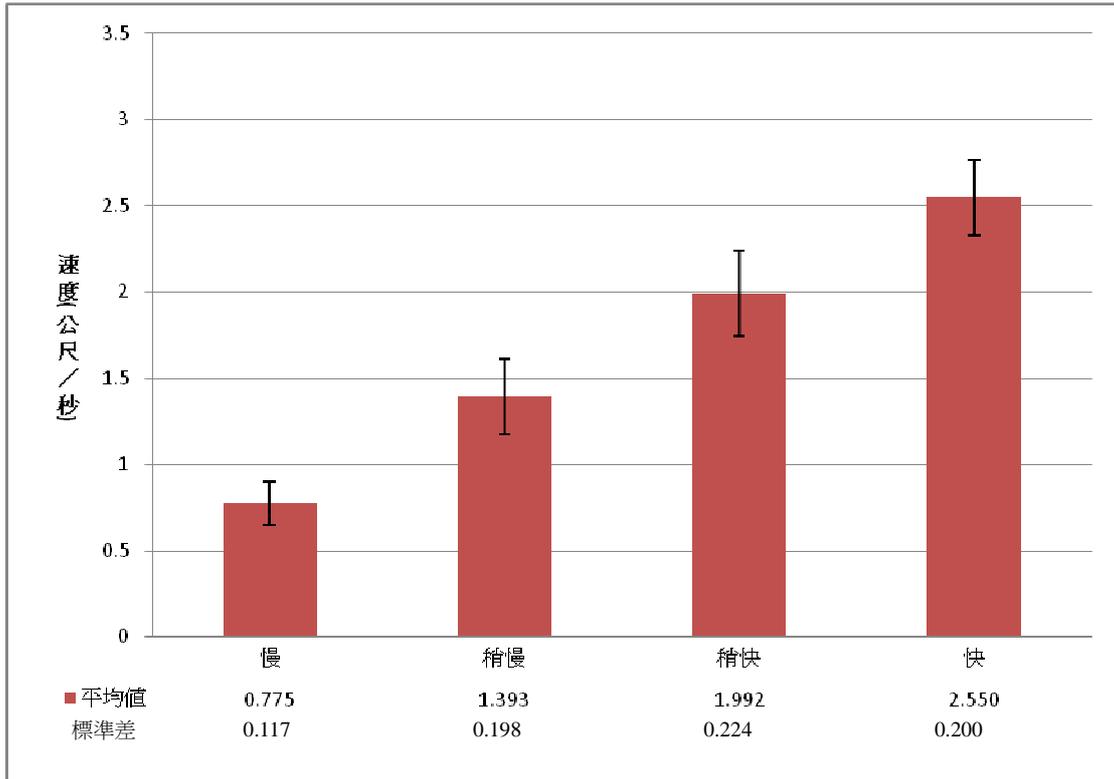


圖 4.11 階段二的實驗 3 最大滑動速度平均圖

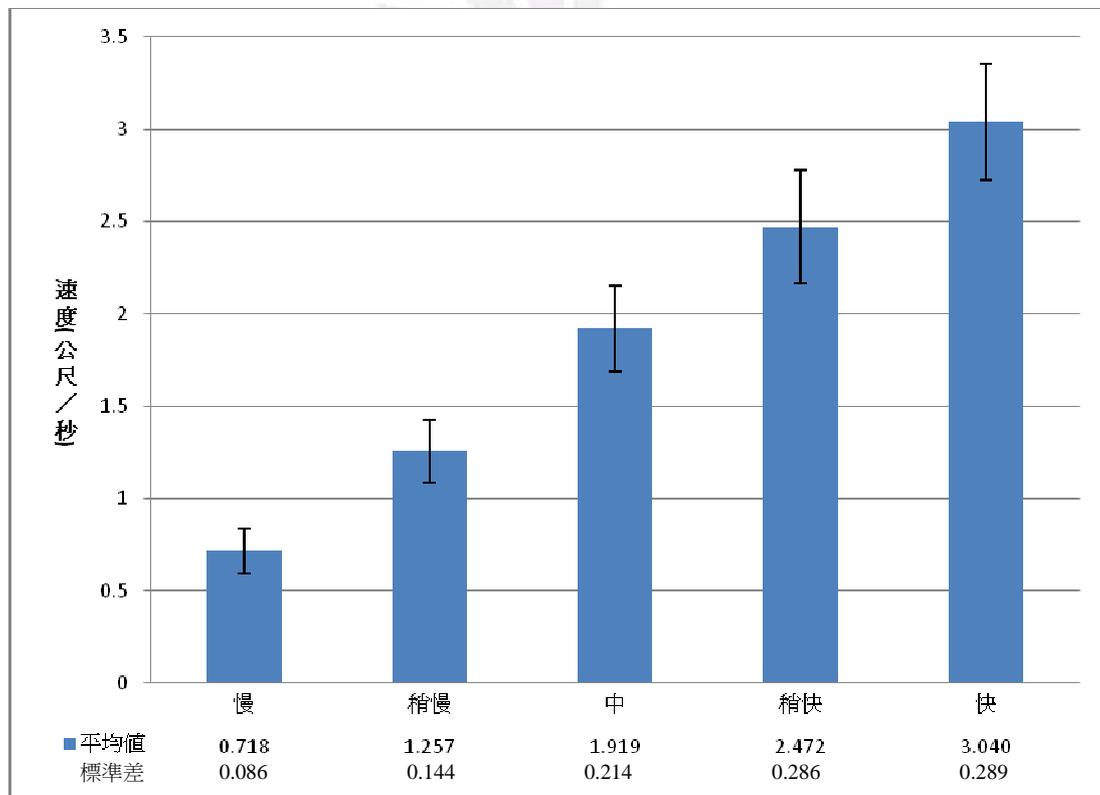


圖 4.12 階段二的實驗 4 最大滑動速度平均圖

4.3 最大速度與最小速度

實驗最初我們預期，當增加須區分的速度數量時，最慢速度與最快速度的差距範圍會隨之增加，即慢的速度會更慢，快則越快，以利受測者分辨速度的差異。

4.3.1 向右之最大速度與最小速度

然而，我們由圖 4.13、圖 4.14 可發現，速度範圍並無明顯差異，代表受測者毋須增加速度範圍即可區分出四種實驗的速度差異，再者，標準差的部分則會依增加須區分的速度數量時有逐漸變小的趨勢，也顯現出速度範圍並無明顯差異

由上述推論此 0.5-3.5(公尺/秒)範圍是大部分人所能表現的最適合的範圍，同等於固定範圍內，我們在增加區分速度數量時，可視為切割數量，故其區分數量增加，區域縮小、標準差隨之縮減。

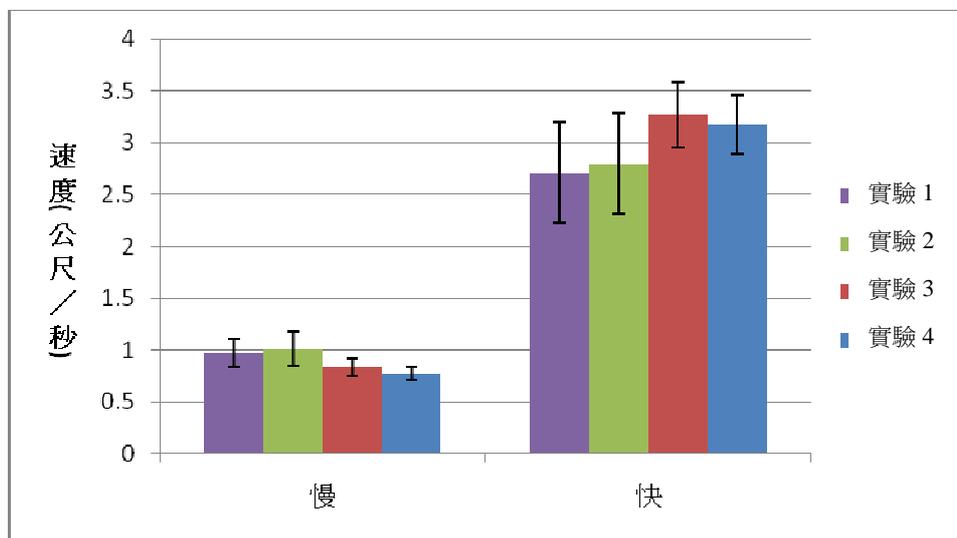


圖 4.13 階段一的各實驗下速度最慢與最快表示圖

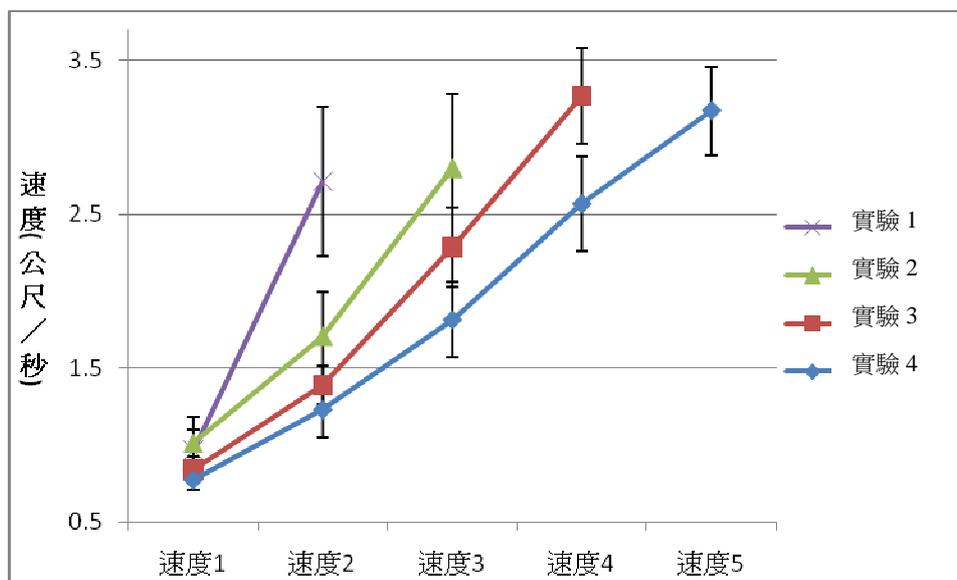


圖 4.14 階段一的各實驗下速度表示圖

4.3.2 向上最大速度與最小速度

由圖 4.15、圖 4.16 可發現，隨著增加須區分的速度數量時，速度快慢差距範圍漸增，標準差無明顯變動趨勢，符合我們將速度範圍變大更容易區分更多段速度的推測。

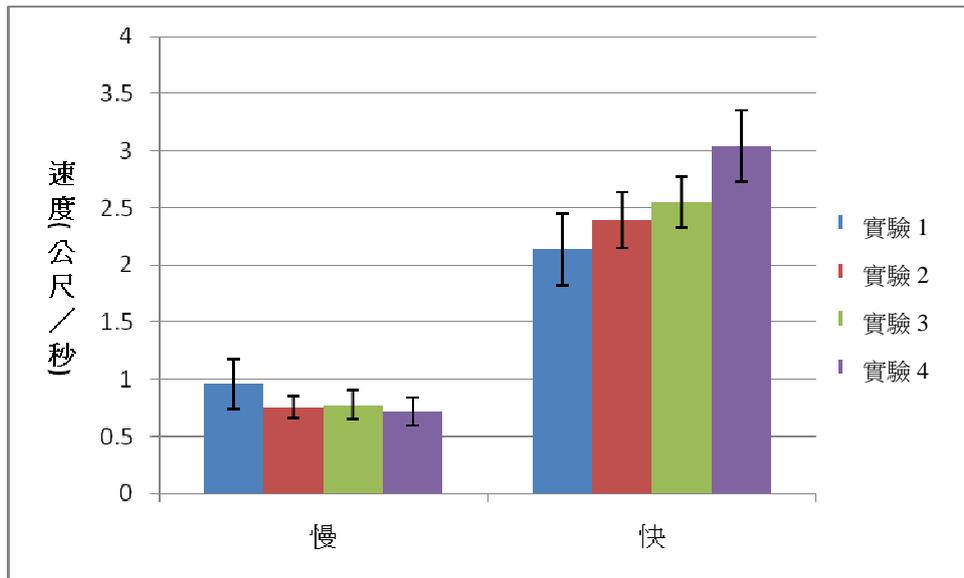


圖 4.15 階段二的各實驗下速度最慢與最快表示圖

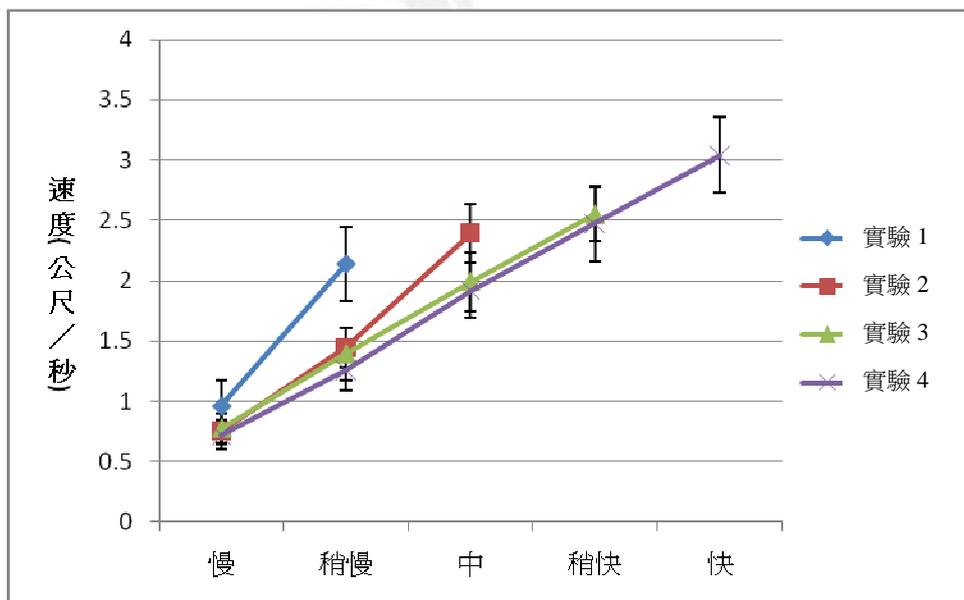


圖 4.16 階段二的各實驗下速度表示圖

4.4 累積次數分配

將所有受測者的最大速度累加，繪製成以下的圖 4.17 至圖 4.20，由圖中可看出在四個階段下的各個速度都有呈現常態分配的現象，接著計算相鄰速度重疊次數的機率百分比如下表：

4.4.1 向右累積次數分配

我們由 4.2.1 推論，無論在何種階段下的累積次數分配圖，各種速度的常態峰位置皆會有所分隔，但由表 4.1、表 4.2 判斷僅有在實驗 1 的重疊機率小於 30%，屬較能區分的階段，其餘階段的重疊機率皆大於 50%，較不能區分。得到的結果與 3.1.2 相斥，須使用 SPSS 更進一步的分析。

表 4.1 實驗 1、2 速度重疊機率

實驗 1		實驗 2	
	慢、快	慢、中	中、快
機率	21.88%	63.54%	52.08%

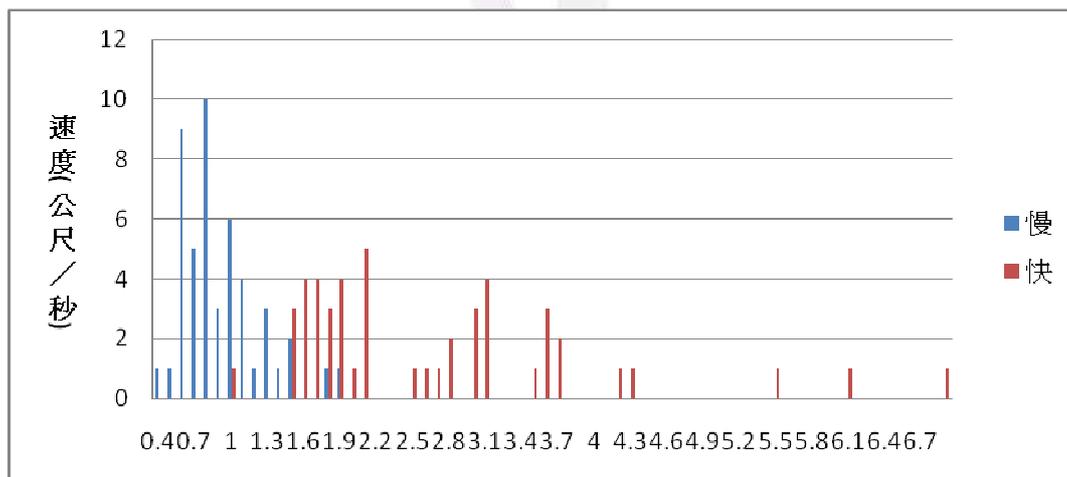


圖 4.17 階段一的實驗 1 Vmax 次數分配圖

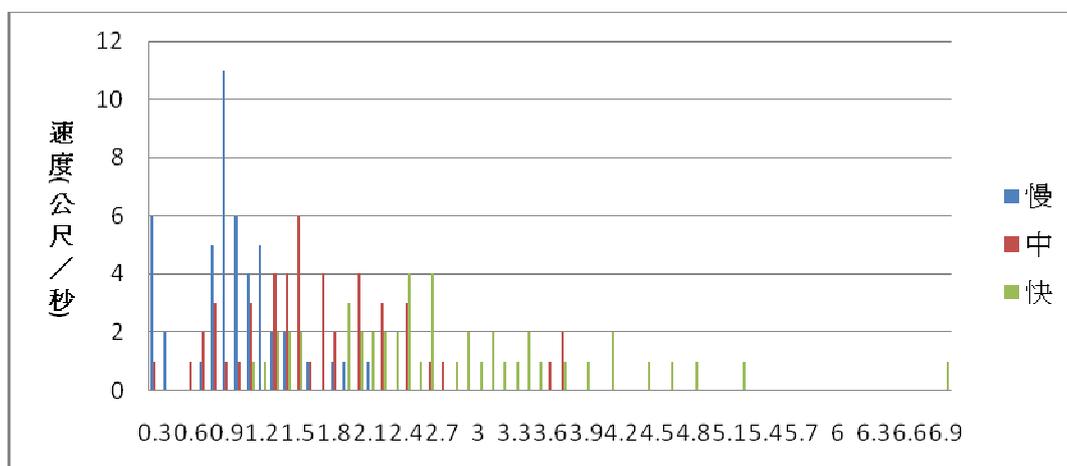


圖 4.18 階段一的實驗 2 Vmax 次數分配圖

表 4.2 實驗 3、4 速度重疊機率

實驗 3				實驗 4			
	慢、稍慢	稍慢、稍快	稍快、快	慢、稍慢	稍慢、中	中、稍快	稍快、快
機率	75.00%	63.54%	34.38%	62.50%	57.29%	62.50%	68.75%

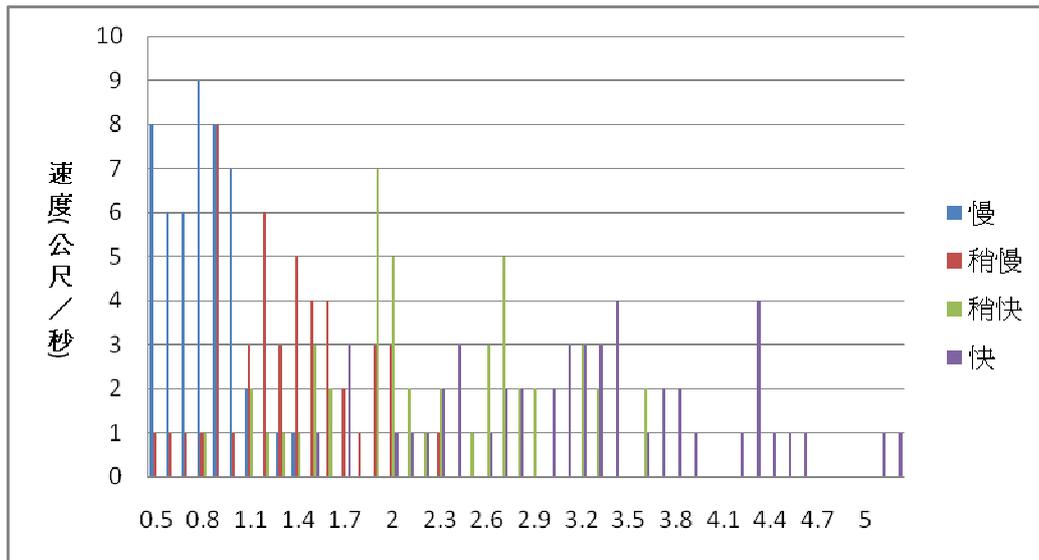


圖 4.19 階段一的實驗 1 Vmax 次數分配圖

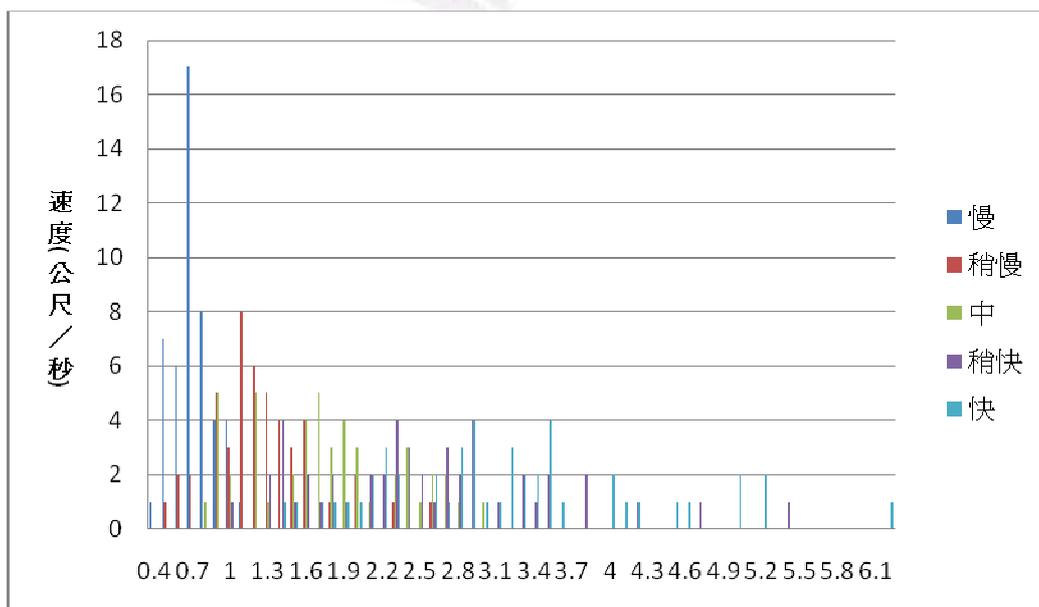


圖 4.20 階段一的實驗 4 Vmax 次數分配圖

4.4.2 向上累積次數分配

由表 4.3 判斷在實驗 1、2 的重疊機率約小於 40%，屬較能區分的階段，而實驗 3、4 的重疊機率皆大於 60%，較不能區分。仍然與 3.1.2 相斥，亦使用 SPSS 作進一步的分析。

表 4.3 實驗 1、2、3、4 速度重疊機率

實驗 1			實驗 2				
	慢、快		慢、中		中、快		
機率	34.38%		36.46%		42.71%		
實驗 3				實驗 4			
	慢、中	中、稍快	稍快、快	慢、稍慢	稍慢、中	中、稍快	稍快、快
機率	64.58%	70.83%	72.92%	62.50%	69.79%	64.58%	71.88%

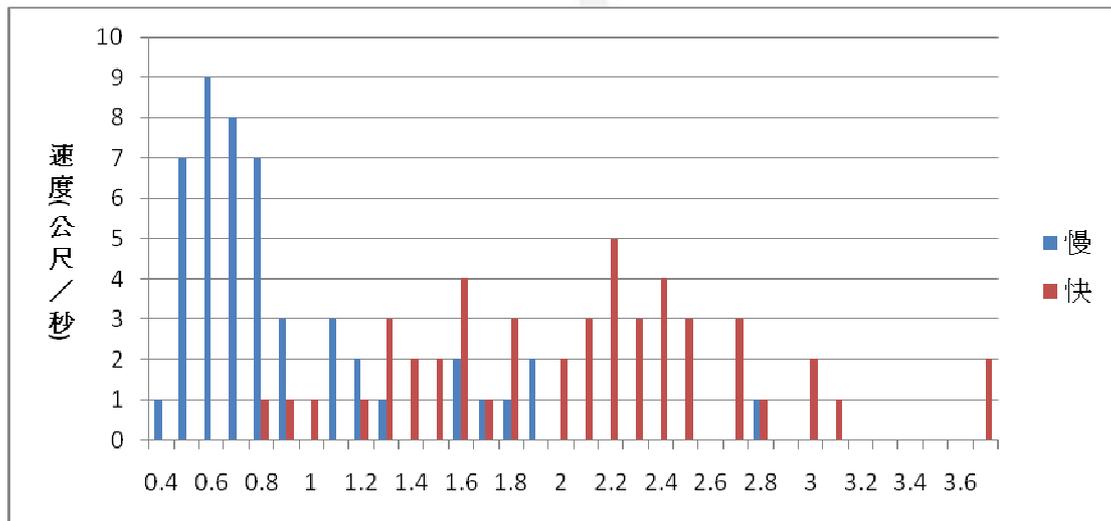


圖 4.21 階段二實驗 1 Vmax 次數分配圖

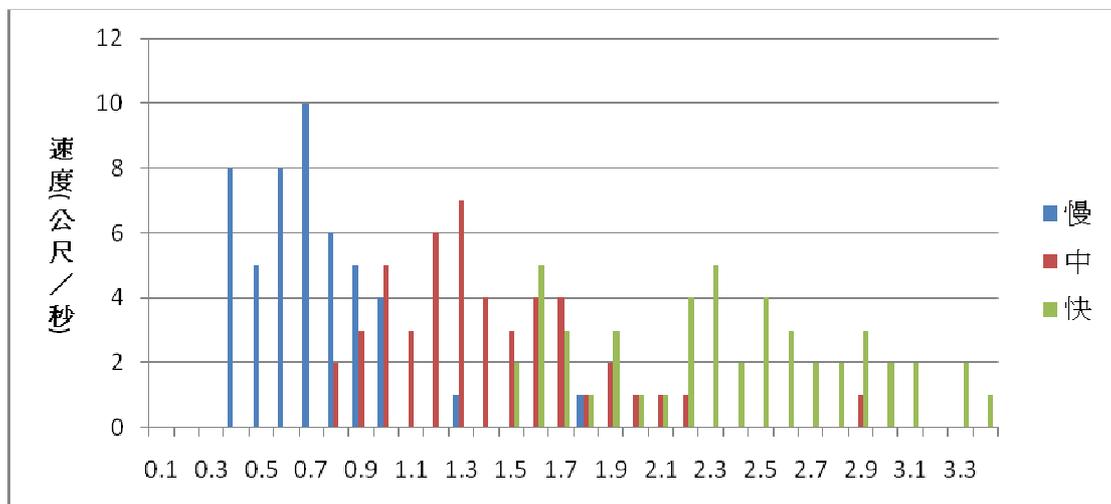


圖 4.22 階段二實驗 2 Vmax 次數分配圖

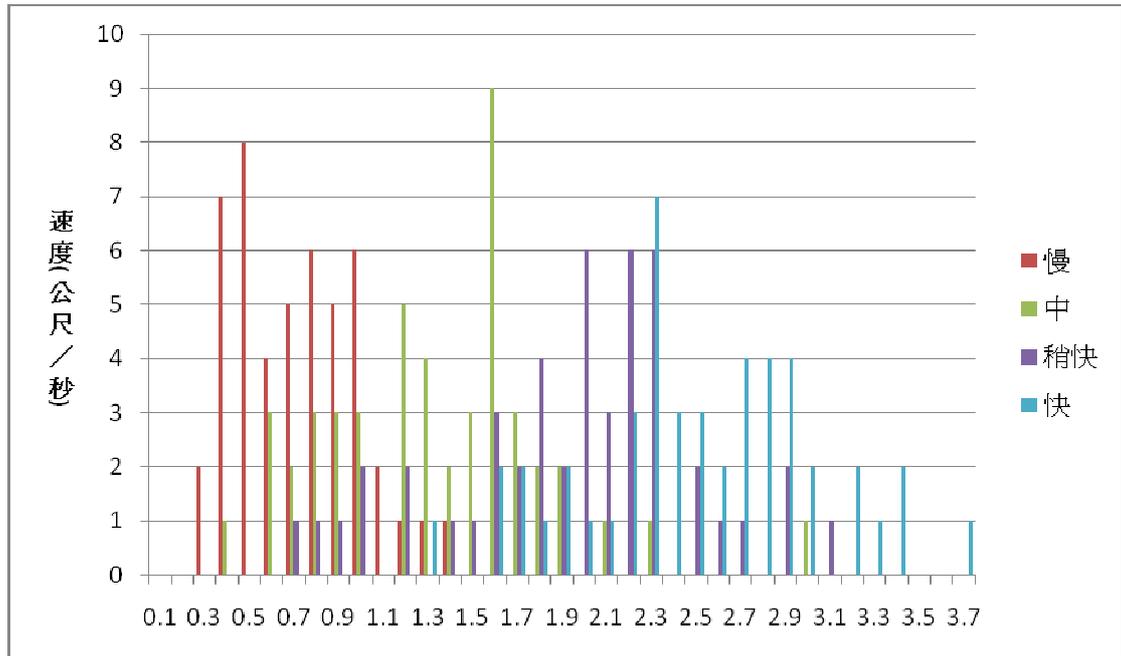


圖 4.23 階段二的實驗 3 Vmax 次數分配圖

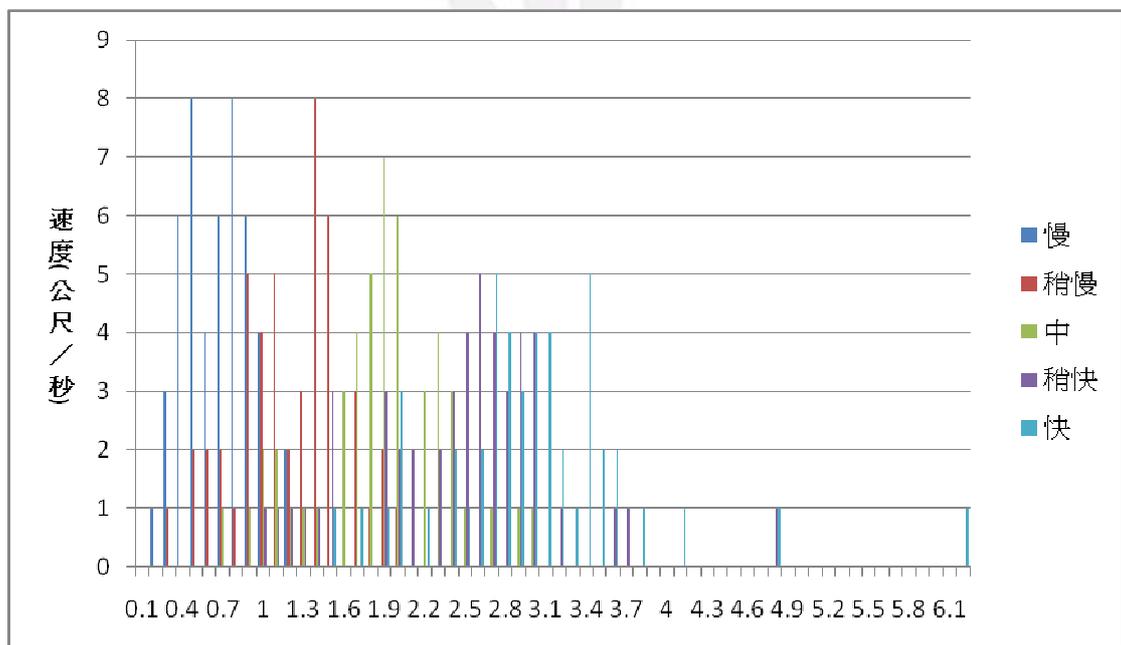


圖 4.24 階段二的實驗 4 Vmax 次數分配圖

4.5 角度誤差

在 4.1 時我們有探討過偏差方向問題，我們在本節則是將六位受測者的誤差平均，並且將其繪製成長條圖與誤差線，用以探討速度、角度誤差與標準差的相互關係。

4.5.1 階段一角度誤差

在實驗前的討論我們預期速度越快誤差越高，標準差也會隨之提高。但由圖 4.25 至圖 4.28，四張圖可以發現並非我們所預期的情況，非但速度與標準差無明顯關係，甚至連速度與誤差都無明顯的差異。

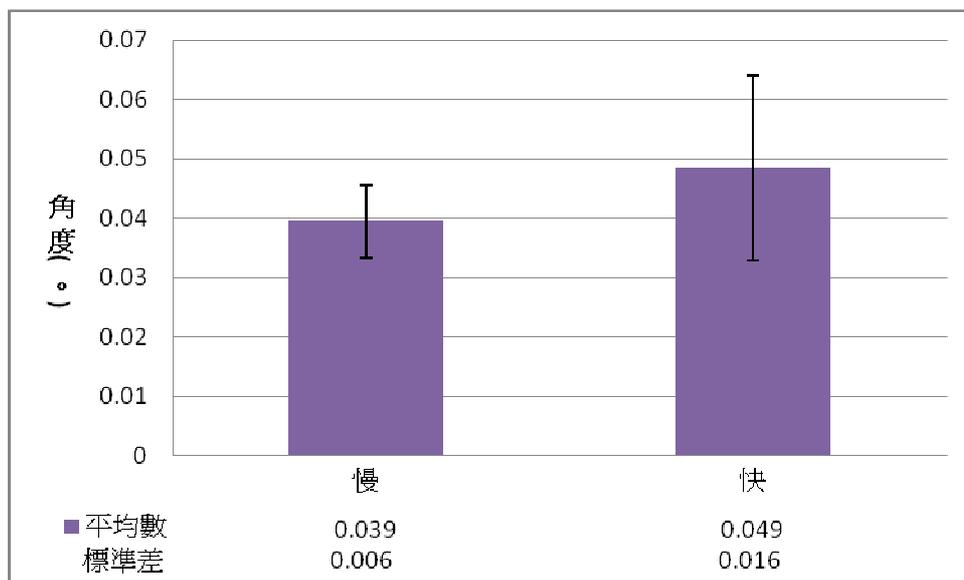


圖 4.25 階段一實驗 1 的平均誤差角度

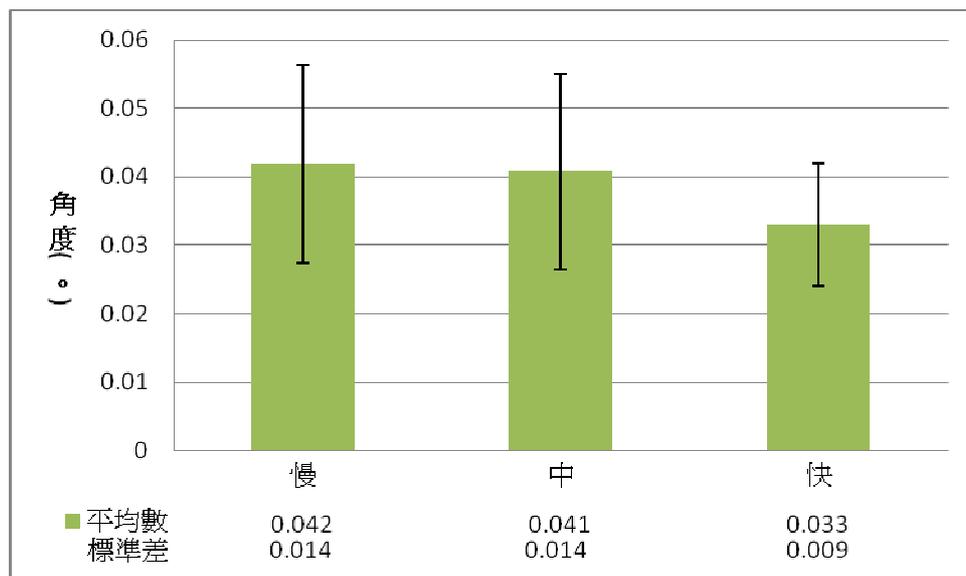


圖 4.26 階段一實驗 2 的平均誤差角度

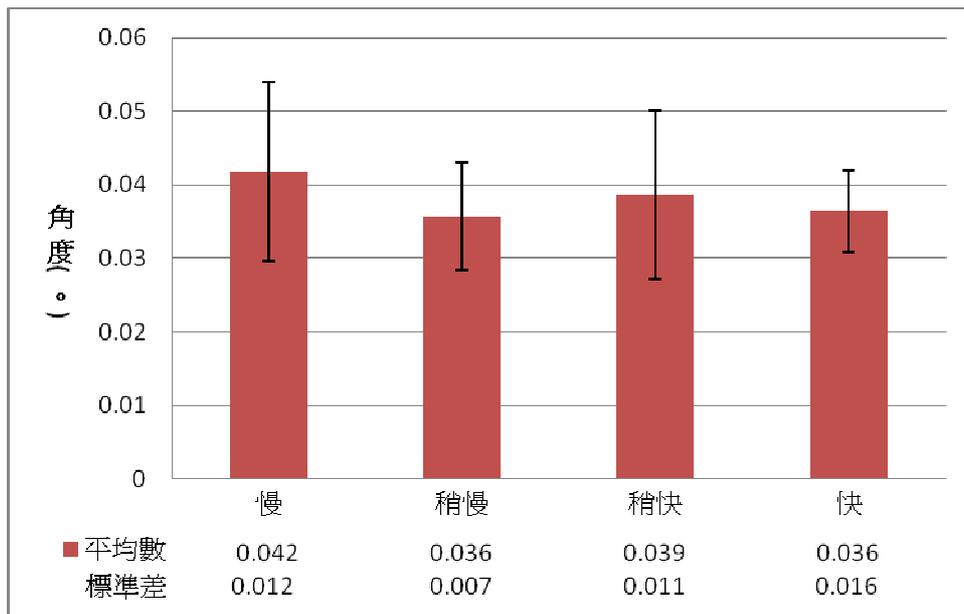


圖 4.27 階段一的實驗 3 的平均誤差角度

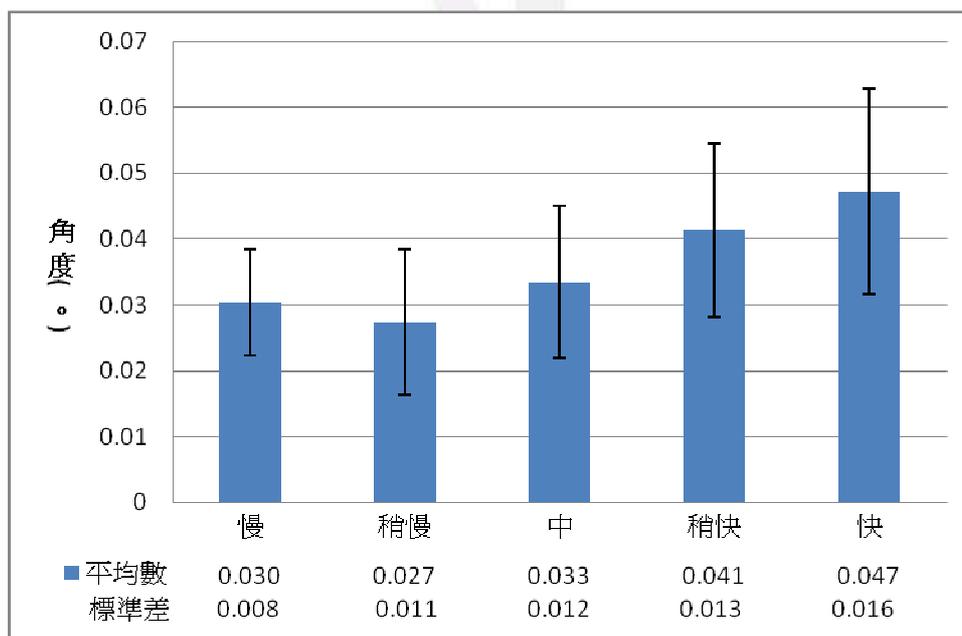


圖 4.28 階段一的實驗 4 的平均誤差角度

4.5.2 階段二角度誤差

在實驗前的討論我們預期速度越快誤差越高，標準差也會隨之提高，且階段二的誤差會大於階段一。由圖 4.29 至圖 4.32，四張圖可以了解到在階段二的情況下，誤差角度約莫為階段一的兩倍，故向上穩定度低於向右穩定度，且同階段中的最高速度的誤差角度，皆大於同階段下其他速度的誤差角度，與我們的預期相同，但標準差仍然沒有明顯的規律變化，與我們預期有出入。

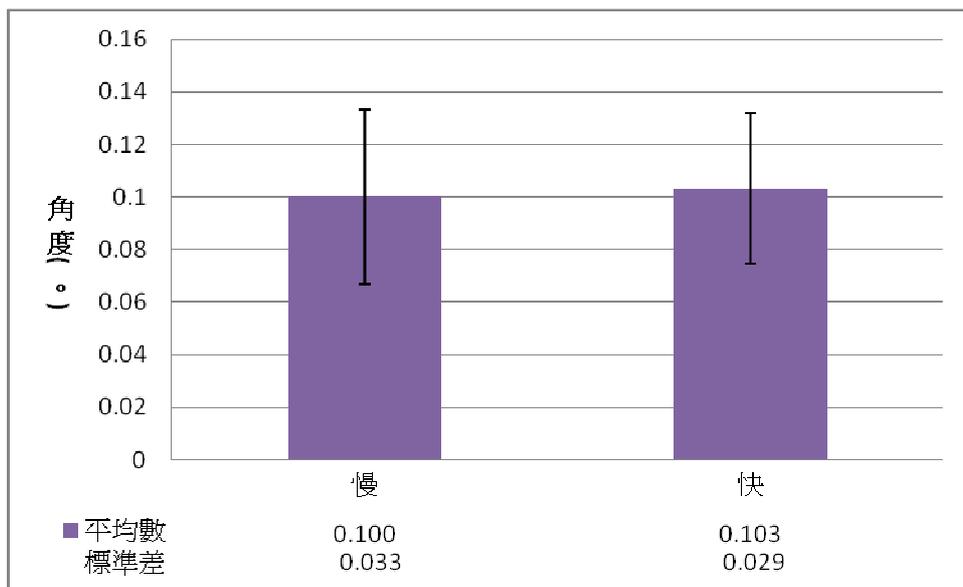


圖 4.29 階段二的實驗 1 的平均誤差角度

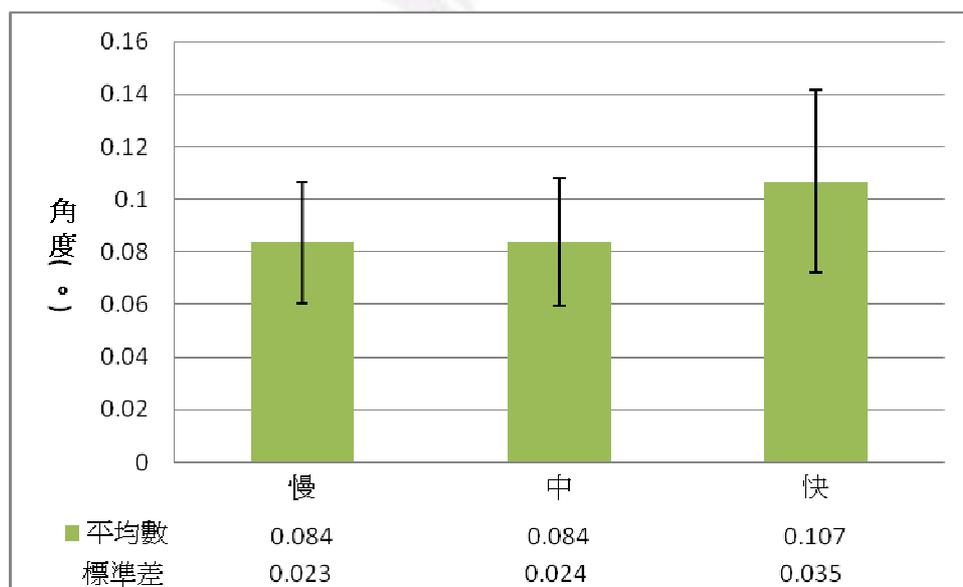


圖 4.30 階段二的實驗 2 的平均誤差角度

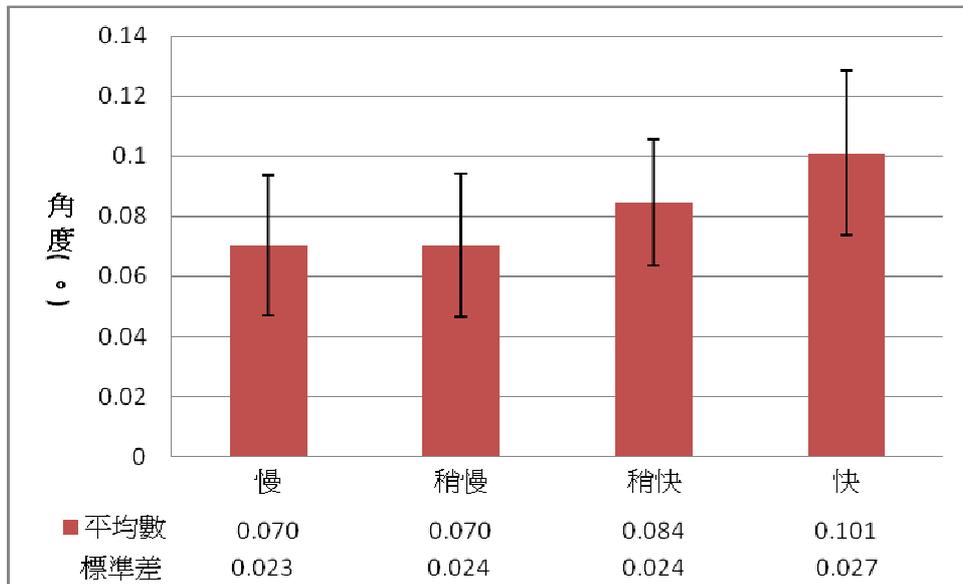


圖 4.31 階段二的實驗 3 的平均誤差角度

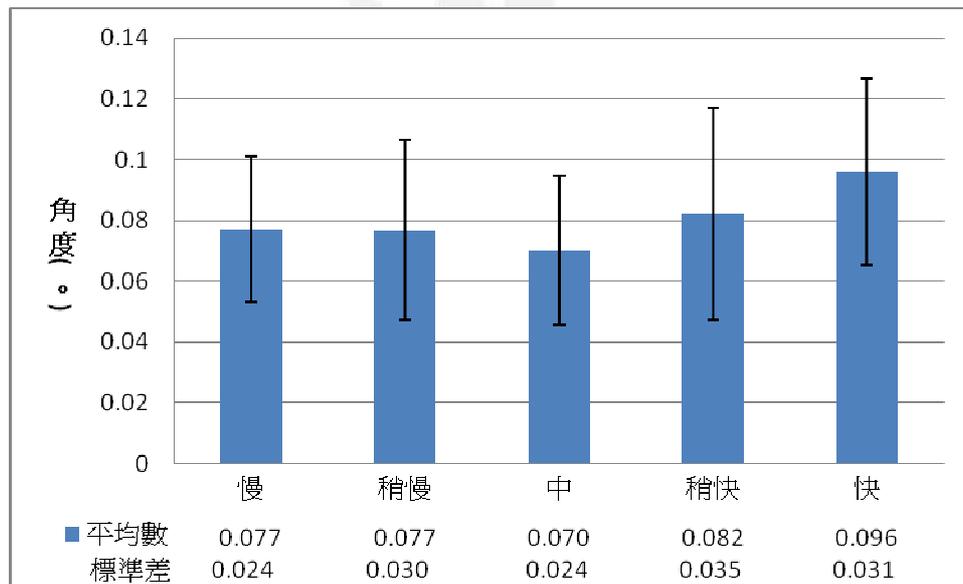


圖 4.32 階段二的實驗 4 的平均誤差角度

4.6 速度比較

4.6.1 階段一速度比較

表 4.4 階段一實驗 1 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗1平均比較	假設為球形	9.162	1	9.162	22.265	.005
	Greenhouse-Geisser	9.162	1.000	9.162	22.265	.005
	Huynh-Feldt	9.162	1.000	9.162	22.265	.005
	下限	9.162	1.000	9.162	22.265	.005
誤差 (階段一 實驗1平均比較)	假設為球形	2.057	5	.411		
	Greenhouse-Geisser	2.057	5.000	.411		
	Huynh-Feldt	2.057	5.000	.411		
	下限	2.057	5.000	.411		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗1時 $F(1,5) = 22.265$ ， $P = 0.005 < 0.05$ ，表示在階段一的實驗1之下有顯著的差異。

表 4.5 階段一實驗 2 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗2平均比較	假設為球形	9.734	2	4.867	22.512	.000
	Greenhouse-Geisser	9.734	1.031	9.438	22.512	.005
	Huynh-Feldt	9.734	1.055	9.224	22.512	.004
	下限	9.734	1.000	9.734	22.512	.005
誤差 (階段一 實驗2平均比較)	假設為球形	2.162	10	.216		
	Greenhouse-Geisser	2.162	5.157	.419		
	Huynh-Feldt	2.162	5.276	.410		
	下限	2.162	5.000	.432		

成對比較

(I) 階段一 實驗2平均比較	(J) 階段一 實驗2平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-.694 [*]	.193	.016	-1.191	-.197
	dimension2					
	3	-1.786 [*]	.377	.005	-2.755	-.818
dimension1	1	.694 [*]	.193	.016	.197	1.191
	dimension2					
	3	-1.093 [*]	.192	.002	-1.587	-.599
3	1	1.786 [*]	.377	.005	.818	2.755
	dimension2					
	2	1.093 [*]	.192	.002	.599	1.587

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(2,10) = 22.512$ ， $P=0.000 < 0.001$ ，表示在階段一的實驗2之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、中或是快相互的交互作用下皆有顯著的差異性。

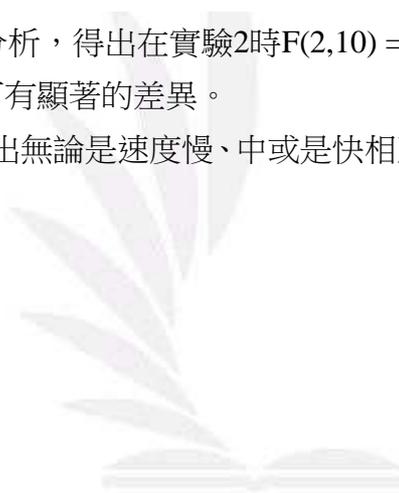


表 4.6 階段一實驗 3 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗3平均比較	假設為球形	20.425	3	6.808	81.667	.000
	Greenhouse-Geisser	20.425	1.090	18.741	81.667	.000
	Huynh-Feldt	20.425	1.161	17.595	81.667	.000
	下限	20.425	1.000	20.425	81.667	.000
誤差 (階段一 實驗3平均比較)	假設為球形	1.250	15	.083		
	Greenhouse-Geisser	1.250	5.449	.229		
	Huynh-Feldt	1.250	5.804	.215		
	下限	1.250	5.000	.250		

成對比較

(I) 階段一 實驗3平均比較	(J) 階段一 實驗3平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-.549 [*]	.072	.001	-.734	-.365
	dimension2 3	-1.449 [*]	.191	.001	-1.940	-.957
	4	-2.430 [*]	.251	.000	-3.075	-1.786
2	1	.549 [*]	.072	.001	.365	.734
	dimension2 3	-.899 [*]	.141	.001	-1.261	-.538
	4	-1.881 [*]	.193	.000	-2.378	-1.384
dimension1 3	1	1.449 [*]	.191	.001	.957	1.940
	dimension2 2	.899 [*]	.141	.001	.538	1.261
	4	-.982 [*]	.071	.000	-1.164	-.799
4	1	2.430 [*]	.251	.000	1.786	3.075
	dimension2 2	1.881 [*]	.193	.000	1.384	2.378
	3	.982 [*]	.071	.000	.799	1.164

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗3時 $F(3,15) = 81.667$ ， $P=0.000 < 0.01$ ，表示在階段一的實驗3之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、稍慢、稍快或是快相互的交互作用下皆有顯著的差異性。

表4.7 階段一實驗4的Vmax平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗4平均比較	假設為球形	23.644	4	5.911	59.277	.000
	Greenhouse-Geisser	23.644	1.748	13.527	59.277	.000
	Huynh-Feldt	23.644	2.610	9.060	59.277	.000
	下限	23.644	1.000	23.644	59.277	.001
誤差 (階段一 實驗4平均比較)	假設為球形	1.994	20	.100		
	Greenhouse-Geisser	1.994	8.739	.228		
	Huynh-Feldt	1.994	13.048	.153		
	下限	1.994	5.000	.399		

成對比較

(I) 階段一 實驗4平均比較	(J) 階段一 實驗4平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a		
					下界	上界	
1	2	-.459 [*]	.118	.011	-.762	-.156	
	dimension2	3	-1.045 [*]	.175	.002	-1.495	-.594
		4	-1.803 [*]	.240	.001	-2.419	-1.187
		5	-2.455 [*]	.218	.000	-3.016	-1.894
2	1	.459 [*]	.118	.011	.156	.762	
	dimension2	3	-.586 [*]	.084	.001	-.802	-.370
		4	-1.344 [*]	.243	.003	-1.967	-.721
		5	-1.996 [*]	.189	.000	-2.481	-1.511
3	1	1.045 [*]	.175	.002	.594	1.495	
	dimension2	2	.586 [*]	.084	.001	.370	.802
		4	-.758 [*]	.215	.017	-1.310	-.206
		5	-1.410 [*]	.166	.000	-1.837	-.983
4	1	1.803 [*]	.240	.001	1.187	2.419	
	dimension2	2	1.344 [*]	.243	.003	.721	1.967
		3	.758 [*]	.215	.017	.206	1.310
		5	-.652 [*]	.087	.001	-.876	-.428
5	1	2.455 [*]	.218	.000	1.894	3.016	
	dimension2	2	1.996 [*]	.189	.000	1.511	2.481
		3	1.410 [*]	.166	.000	.983	1.837
		4	.652 [*]	.087	.001	.428	.876

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異 (等於未調整值)。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗4時 $F(4,20) = 59.277$ ， $P=0.00 < 0.01$ ，表示在階段一的實驗4之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、稍慢、中、稍快或是快的交互作用下皆有顯著的差異性。

由表4.4至表4.7可看出在階段一的四種實驗下皆有顯著的差異性，表示人在階段一的此種方向可以輕易地辨別2~5種速度。

4.6.2 階段二速度比較

表 4.8 階段二實驗 1 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
直兩種速度平均比較	假設為球形	4.158	1	4.158	40.029	.001
	Greenhouse-Geisser	4.158	1.000	4.158	40.029	.001
	Huynh-Feldt	4.158	1.000	4.158	40.029	.001
	下限	4.158	1.000	4.158	40.029	.001
誤差 (直兩種速度平均比較)	假設為球形	.519	5	.104		
	Greenhouse-Geisser	.519	5.000	.104		
	Huynh-Feldt	.519	5.000	.104		
	下限	.519	5.000	.104		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗1時 $F(1,5) = 40.029$ ， $P = 0.001 < 0.01$ ，表示在階段二的實驗1之下有顯著的差異。



表 4.9 階段二實驗 2 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段二 實驗2平均比較	假設為球形	8.156	2	4.078	80.687	.000
	Greenhouse-Geisser	8.156	1.159	7.036	80.687	.000
	Huynh-Feldt	8.156	1.290	6.322	80.687	.000
	下限	8.156	1.000	8.156	80.687	.000
誤差 (階段二 實驗2平均比較)	假設為球形	.505	10	.051		
	Greenhouse-Geisser	.505	5.796	.087		
	Huynh-Feldt	.505	6.450	.078		
	下限	.505	5.000	.101		

成對比較

(I) 階段二 實驗2平均比較	(J) 階段二 實驗2平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-.691 [*]	.063	.000	-.853	-.529
	dimension2					
	3	-1.642 [*]	.170	.000	-2.078	-1.206
	dimension2					
dimension1	1	.691 [*]	.063	.000	.529	.853
	dimension2					
	3	-.951 [*]	.133	.001	-1.294	-.608
	dimension2					
3	1	1.642 [*]	.170	.000	1.206	2.078
	dimension2					
	2	.951 [*]	.133	.001	.608	1.294
	dimension2					

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異 (等於未調整值)。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(2,10) = 80.687$ ， $P=0.000 < 0.01$ ，表示在階段二的實驗2之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、中或是快相互的交互作用下皆有顯著的差異性。

表 4.10 階段二實驗 3 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段二 實驗3平均比較	假設為球形	10.537	3	3.512	106.782	.000
	Greenhouse-Geisser	10.537	1.654	6.373	106.782	.000
	Huynh-Feldt	10.537	2.367	4.452	106.782	.000
	下限	10.537	1.000	10.537	106.782	.000
誤差 (階段二 實驗3平均比較)	假設為球形	.493	15	.033		
	Greenhouse-Geisser	.493	8.268	.060		
	Huynh-Feldt	.493	11.835	.042		
	下限	.493	5.000	.099		

成對比較

(I) 階段二 實驗3平均比較	(J) 階段二 實驗3平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-.618 [*]	.102	.002	-.880	-.356
	dimension2 3	-1.217 [*]	.137	.000	-1.569	-.866
	4	-1.775 [*]	.144	.000	-2.146	-1.404
2	1	.618 [*]	.102	.002	.356	.880
	dimension2 3	-.599 [*]	.066	.000	-.768	-.431
	4	-1.157 [*]	.082	.000	-1.369	-.946
dimension1 3	1	1.217 [*]	.137	.000	.866	1.569
	dimension2 2	.599 [*]	.066	.000	.431	.768
	4	-.558 [*]	.069	.000	-.734	-.381
4	1	1.775 [*]	.144	.000	1.404	2.146
	dimension2 2	1.157 [*]	.082	.000	.946	1.369
	3	.558 [*]	.069	.000	.381	.734

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異 (等於未調整值)。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗3時 $F(3,15) = 106.782$ ， $P=0.000 < 0.01$ ，表示在階段二的實驗3之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、稍慢、稍快或是快相互的交互作用下皆有顯著的差異性。

表 4.11 階段二實驗 4 的 Vmax 平均比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段二 實驗4平均比較	假設為球形	23.049	4	5.762	80.861	.000
	Greenhouse-Geisser	23.049	1.428	16.143	80.861	.000
	Huynh-Feldt	23.049	1.838	12.538	80.861	.000
	下限	23.049	1.000	23.049	80.861	.000
誤差 (階段二 實驗4平均比較)	假設為球形	1.425	20	.071		
	Greenhouse-Geisser	1.425	7.139	.200		
	Huynh-Feldt	1.425	9.191	.155		
	下限	1.425	5.000	.285		

成對比較

(I) 階段二 實驗4平均比較	(J) 階段二 實驗4平均比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a		
					下界	上界	
1	2	-.558 [*]	.069	.000	-.735	-.381	
	dimension2	3	-1.261 [*]	.147	.000	-1.639	-.883
		4	-1.810 [*]	.213	.000	-2.356	-1.263
		5	-2.471 [*]	.237	.000	-3.081	-1.861
2	1	.558 [*]	.069	.000	.381	.735	
	dimension2	3	-.703 [*]	.092	.001	-.940	-.467
		4	-1.252 [*]	.162	.001	-1.668	-.836
		5	-1.913 [*]	.198	.000	-2.422	-1.404
3	1	1.261 [*]	.147	.000	.883	1.639	
	dimension2	2	.703 [*]	.092	.001	.467	.940
		4	-.549 [*]	.073	.001	-.736	-.361
		5	-1.210 [*]	.132	.000	-1.549	-.871
4	1	1.810 [*]	.213	.000	1.263	2.356	
	dimension2	2	1.252 [*]	.162	.001	.836	1.668
		3	.549 [*]	.073	.001	.361	.736
		5	-.661 [*]	.115	.002	-.956	-.367
5	1	2.471 [*]	.237	.000	1.861	3.081	
	dimension2	2	1.913 [*]	.198	.000	1.404	2.422
		3	1.210 [*]	.132	.000	.871	1.549
		4	.661 [*]	.115	.002	.367	.956

根據估計的邊緣平均數而定

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗4時 $F(4,20) = 80.861$ ， $P=0.000 < 0.01$ ，表示在階段二的實驗4之下有顯著的差異。

而從成對比較可以看出無論是速度慢、稍慢、中、稍快或是快相互的交互作用下皆有顯著的差異性。

由表 4.8 至表 4.11 可得，四種實驗皆有顯著差異且又都倆倆相互顯著，說明在階段二的狀況下人可以分辨兩到五種的速度。

4.7 角度比較

4.7.1 階段一角度誤差比較

表 4.12 階段一實驗 1 的角度誤差比較

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
階段一 實驗1的角度誤差比較	假設為球形	.000	1	.000	.465	.526
	Greenhouse-Geisser	.000	1.000	.000	.465	.526
	Huynh-Feldt	.000	1.000	.000	.465	.526
	下限	.000	1.000	.000	.465	.526
誤差 (階段一 實驗1的角度誤差比較)	假設為球形	.003	5	.001		
	Greenhouse-Geisser	.003	5.000	.001		
	Huynh-Feldt	.003	5.000	.001		
	下限	.003	5.000	.001		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗1時 $F(1,5) = 0.465$ ， $P=0.526 > 0.05$ ，表示在階段一的實驗1之下角度的誤差並無顯著的差異。

表 4.13 階段一實驗 2 的角度誤差比較

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
階段一 實驗2的角度誤差比較	假設為球形	.000	2	.000	1.130	.361
	Greenhouse-Geisser	.000	1.844	.000	1.130	.359
	Huynh-Feldt	.000	2.000	.000	1.130	.361
	下限	.000	1.000	.000	1.130	.336
誤差 (階段一 實驗2的角度誤差比較)	假設為球形	.001	10	.000		
	Greenhouse-Geisser	.001	9.219	.000		
	Huynh-Feldt	.001	10.000	.000		
	下限	.001	5.000	.000		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(2,10) = 1.130$ ， $P=0.361 > 0.05$ ，表示在階段一的實驗2之下角度的誤差並無顯著的差異。

表 4.14 階段一實驗 3 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗3的角度誤差比較	假設為球形	.000	3	4.468E-5	.306	.821
	Greenhouse-Geisser	.000	1.900	7.054E-5	.306	.733
	Huynh-Feldt	.000	3.000	4.468E-5	.306	.821
	下限	.000	1.000	.000	.306	.604
誤差 (階段一 實驗3的角度誤差比較)	假設為球形	.002	15	.000		
	Greenhouse-Geisser	.002	9.502	.000		
	Huynh-Feldt	.002	15.000	.000		
	下限	.002	5.000	.000		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(3,15) = 0.306$ ， $P=0.821 > 0.05$ ，表示在階段一的實驗3之下角度的誤差並無顯著的差異。

表 4.15 階段一實驗 4 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗4的角度誤差比較	假設為球形	.002	4	.000	5.385	.004
	Greenhouse-Geisser	.002	2.102	.001	5.385	.023
	Huynh-Feldt	.002	3.663	.000	5.385	.006
	下限	.002	1.000	.002	5.385	.068
誤差 (階段一 實驗4的角度誤差比較)	假設為球形	.001	20	7.395E-5		
	Greenhouse-Geisser	.001	10.512	.000		
	Huynh-Feldt	.001	18.314	8.076E-5		
	下限	.001	5.000	.000		

成對比較

(I) 階段一 實驗4的角度誤差比較	(J) 階段一 實驗4的角度誤差比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a		
					下界	上界	
1	2	.003	.005	.593	-.010	.016	
	dimension2	3	-.003	.006	.634	-.019	.013
		4	-.011	.005	.068	-.023	.001
		5	-.017	.007	.070	-.036	.002
2	1	-.003	.005	.593	-.016	.010	
	dimension2	3	-.006*	.002	.016	-.010	-.002
		4	-.014*	.005	.031	-.026	-.002
		5	-.020*	.005	.008	-.032	-.008
3	1	.003	.006	.634	-.013	.019	
	dimension2	2	.006*	.002	.016	.002	.010
		4	-.008	.005	.188	-.021	.005
		5	-.014*	.005	.031	-.026	-.002
4	1	.011	.005	.068	-.001	.023	
	dimension2	2	.014*	.005	.031	.002	.026
		3	.008	.005	.188	-.005	.021
		5	-.006	.004	.160	-.015	.003
5	1	.017	.007	.070	-.002	.036	
	dimension2	2	.020*	.005	.008	.008	.032
		3	.014*	.005	.031	.002	.026
		4	.006	.004	.160	-.003	.015

根據估計的邊緣平均數而定

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(4,20) = 5.385$, $P=0.004 < 0.01$ ，表示在階段一的實驗4之下角度的誤差有顯著的差異。

而從成對比較可以看出顯著的差異落在稍慢與中、稍慢與稍快、稍慢與快以及中與快的比較。

從表 4.12 至表 4.15 我們看出角度誤差在實驗 1、2、3 時並無顯著性，但是在實驗 4 時有顯著的差異，我們推論在分辨五種速度時，我們專注在表現速度的區分而忽略了軌跡的穩定性而造成實驗 4 角度誤差的顯著。

4.7.2 階段二角度誤差比較

表 4.16 階段二實驗 1 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
直兩種速度的角度誤差比較	假設為球形	2.500E-5	1	2.500E-5	.027	.876
	Greenhouse-Geisser	2.500E-5	1.000	2.500E-5	.027	.876
	Huynh-Feldt	2.500E-5	1.000	2.500E-5	.027	.876
	下限	2.500E-5	1.000	2.500E-5	.027	.876
誤差 (直兩種速度的角度誤差比較)	假設為球形	.005	5	.001		
	Greenhouse-Geisser	.005	5.000	.001		
	Huynh-Feldt	.005	5.000	.001		
	下限	.005	5.000	.001		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗1時 $F(1,5) = 0.027$ ， $P=0.876 > 0.05$ ，表示在階段二的實驗1之下角度的誤差並無顯著的差異。

表 4.17 階段二實驗 2 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
階段二 實驗2的角度誤差比較	假設為球形	.002	2	.001	2.624	.121
	Greenhouse-Geisser	.002	1.574	.001	2.624	.139
	Huynh-Feldt	.002	2.000	.001	2.624	.121
	下限	.002	1.000	.002	2.624	.166
誤差 (階段二 實驗2的角度誤差比較)	假設為球形	.004	10	.000		
	Greenhouse-Geisser	.004	7.868	.001		
	Huynh-Feldt	.004	10.000	.000		
	下限	.004	5.000	.001		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗2時 $F(2,10) = 2.624$ ， $P=0.121 > 0.05$ ，表示在階段二的實驗2之下角度的誤差並無顯著的差異。

表 4.18 階段二實驗 3 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
階段二 實驗3的角度誤差比較	假設為球形	.004	3	.001	5.075	.013
	Greenhouse-Geisser	.004	2.179	.002	5.075	.026
	Huynh-Feldt	.004	3.000	.001	5.075	.013
	下限	.004	1.000	.004	5.075	.074
誤差 (階段二 實驗3的角度誤差比較)	假設為球形	.004	15	.000		
	Greenhouse-Geisser	.004	10.893	.000		
	Huynh-Feldt	.004	15.000	.000		
	下限	.004	5.000	.001		

成對比較

(I) 階段二 實驗3的角度誤差比較	(J) 階段二 實驗3的角度誤差比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-6.885E-5	.011	.995	-.028	.027
	dimension2 3	-.014	.007	.095	-.032	.004
	4	-.031*	.012	.046	-.061	-.001
2	1	6.885E-5	.011	.995	-.027	.028
	dimension2 3	-.014	.009	.162	-.036	.008
	4	-.031*	.008	.013	-.052	-.010
3	1	.014	.007	.095	-.004	.032
	dimension2 2	.014	.009	.162	-.008	.036
	4	-.017	.008	.099	-.038	.004
4	1	.031*	.012	.046	.001	.061
	dimension2 2	.031*	.008	.013	.010	.052
	3	.017	.008	.099	-.004	.038

根據估計的邊緣平均數而定

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗3時 $F(3,15) = 5.075$ ， $P = 0.013 < 0.05$ ，表示在階段二的實驗3之下角度的差異為顯著。

而從成對比較可以看出顯著的差異落在慢與快及稍慢與快的比較。

表 4.19 階段二實驗 4 的角度誤差比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段二 實驗4的角度誤差比較	假設為球形	.002	4	.001	1.650	.201
	Greenhouse-Geisser	.002	2.582	.001	1.650	.228
	Huynh-Feldt	.002	4.000	.001	1.650	.201
	下限	.002	1.000	.002	1.650	.255
誤差 (階段二 實驗4的角度誤差比較)	假設為球形	.007	20	.000		
	Greenhouse-Geisser	.007	12.909	.001		
	Huynh-Feldt	.007	20.000	.000		
	下限	.007	5.000	.001		

實驗數據以ANOVA分析，得出在實驗4時 $F(4,20) = 1.650$ ， $P=0.201 > 0.05$ ，表示在階段二的實驗4之下角度的差異不為顯著。

表 4.16 至表 4.19 顯示，僅在實驗 3 時有顯著的表現，與階段一的不同，我們認為可能是因為樣本數的不足造成此種結果，可以藉由增加樣本數來改變我們實驗的結果。

4.8 四種實驗的慢速、快速之比較

4.8.1 階段一之比較

表 4.20 四種實驗的慢速比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗3的慢速比較	假設為球形	.234	3	.078	1.457	.266
	Greenhouse-Geisser	.234	1.836	.127	1.457	.280
	Huynh-Feldt	.234	2.848	.082	1.457	.268
	下限	.234	1.000	.234	1.457	.281
誤差 (階段一 實驗3的慢速比較)	假設為球形	.802	15	.053		
	Greenhouse-Geisser	.802	9.178	.087		
	Huynh-Feldt	.802	14.241	.056		
	下限	.802	5.000	.160		

實驗數據以ANOVA分析，得出 $F(3,15) = 1.457$ ， $P=0.266 > 0.05$ ，表示四種實驗的慢速差異不為顯著。

表 4.21 四種實驗的快速比較

受試者內效應項的檢定

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
階段一 實驗3的快速比較	假設為球形	1.461	3	.487	1.160	.358
	Greenhouse-Geisser	1.461	1.992	.733	1.160	.352
	Huynh-Feldt	1.461	3.000	.487	1.160	.358
	下限	1.461	1.000	1.461	1.160	.331
誤差 (階段一 實驗3的快速比較)	假設為球形	6.298	15	.420		
	Greenhouse-Geisser	6.298	9.960	.632		
	Huynh-Feldt	6.298	15.000	.420		
	下限	6.298	5.000	1.260		

實驗數據以ANOVA分析，得出 $F(3,15) = 1.160$ ， $P=0.358 > 0.05$ ，表示四種實驗的快速差異不為顯著。

在表 4.20、4.21 可得四種實驗的快、慢速比較皆沒有顯著的差異，可以推斷增加區分的速度數量並不會影響最慢速度及最快速度，增加的速度皆介於快慢兩者間，與 圖 4.13 相呼應。

4.8.2 階段二之比較

表 4.22 四種實驗的慢速比較

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
直四種測試的慢速比較	假設為球形	.263	3	.088	1.404	.280
	Greenhouse-Geisser	.263	1.431	.184	1.404	.292
	Huynh-Feldt	.263	1.846	.142	1.404	.291
	下限	.263	1.000	.263	1.404	.289
誤差 (直四種測試的慢速比較)	假設為球形	.937	15	.062		
	Greenhouse-Geisser	.937	7.157	.131		
	Huynh-Feldt	.937	9.230	.102		
	下限	.937	5.000	.187		

實驗數據以ANOVA分析，得出 $F(3,15) = 1.404$ ， $P=0.280 > 0.05$ ，表示四種實驗的慢速差異不為顯著。

表 4.23 四種實驗的快速比較

來源		型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
直四種狀況下的快速比較	假設為球形	3.299	3	1.100	9.712	.001
	Greenhouse-Geisser	3.299	1.800	1.833	9.712	.006
	Huynh-Feldt	3.299	2.750	1.199	9.712	.001
	下限	3.299	1.000	3.299	9.712	.026
誤差 (直四種狀況下的快速比較)	假設為球形	1.698	15	.113		
	Greenhouse-Geisser	1.698	9.000	.189		
	Huynh-Feldt	1.698	13.751	.124		
	下限	1.698	5.000	.340		

成對比較

(I) 直四種狀況下的快速比較	(J) 直四種狀況下的快速比較	平均差異 (I-J)	標準誤差	顯著性 ^a	差異的 95% 信賴區間 ^a	
					下界	上界
1	2	-.257	.173	.198	-.702	.189
	dimension2 3	-.411*	.158	.049	-.819	-.004
	4	-1.009*	.191	.003	-1.500	-.518
2	1	.257	.173	.198	-.189	.702
	dimension2 3	-.154	.125	.270	-.475	.166
	4	-.752*	.276	.042	-1.462	-.042
dimension1 3	1	.411*	.158	.049	.004	.819
	dimension2 2	.154	.125	.270	-.166	.475
	4	-.598*	.207	.034	-1.130	-.065
4	1	1.009*	.191	.003	.518	1.500
	dimension2 2	.752*	.276	.042	.042	1.462
	3	.598*	.207	.034	.065	1.130

根據估計的邊緣平均數而定

a. 調整多重比較：最低顯著差異（等於未調整值）。

*. 平均差異在 .05 水準是顯著的。

實驗數據以ANOVA分析，得出 $F(3,15) = 9.712$ ， $P = 0.001 < 0.01$ ，表示四種實驗的快速有顯著差異。

從成對比較可以看出最快速度在實驗 1 和 3 相互比較以及在實驗 4 與其他實驗的相互比較下皆有顯著差異。

表 4.22、表 4.23 與圖 4.15 相符合，我們推斷是因為向上時速度差異性的拿捏不如向右時敏感，將區分速度增加到五種時我們認為需要施以更快的速度才能區分，故其最快速度會依需要分辨個數的增加而變得更快。

第五章、結論與建議

本研究從滑動軌跡與時間軸的觀點來探討手部不同姿勢所能分辨的速率差異，區分差異受否會隨次數變多而產生變化，發現向右滑動較向上滑動順手，向上滑動的角度偏差明顯較向右大，因此在往後研究或設計產品方面向上的偵測範圍要較向右的偵測範圍廣，以降低誤判的機率。

而研究一般人對不同速率所能區分的差異，我們藉由實驗一、二、三、四，增加所需分辨速度的次數，發現向右向上都能分析五種速率，但只有向右時的標準差會隨著速度的增加減少而變大變小。

儘管實驗過程和分析過程都非常繁雜，但能讓更多人了解不同姿勢不同速率所能區分的差異，以未來設計出更完善的體感技術產品以及確實地讓使用介面符合使用者簡單、直覺自然的原則，才是符合未來科技不二法門。

如果能有更多受測者增加母體數量進行測量，想必對於研究結果應該更有幫助。

另外在滑動的研究中有許多的探討方式，例如速率及穩定度的探討等，但是體感科技仍為一新興的議題，所以單靠一種二維空間的研究方式無法完全詮釋體感技術，必須要有深度的連結，好比滑動實驗加上深度的探討，甚至是點選的深度探討與準確率等一連串的分析和研究，如此一來，滑動的研究就能更加完善。

參考文獻

張聞珊(2009):客廳數位裝置之手勢輸入系統，台灣成功大學工業設計系碩士論文

陳治宇(2003): 虛擬滑鼠-以視覺為基礎之手勢辨識(Virtual Mouse：Vision-Based Gesture Recognition)，國立中山大學資訊工程學系碩士論文

翁家雯(2006):以 3D 光點座標為基礎並使用規則式邏輯之靜態手勢辨識，台灣科技大學工業管理系碩士學位論文

顧兆仁、陳立杰（2011），大型觸控螢幕內三維虛擬物件的旋轉操控模式與手勢型態配對之研究，設計學報第 16 卷第 2 期。

柯志涵(2009):無穿戴三維指向偵測暨指向手勢辨識系統設計與開發，台灣科技大學工業管理所碩士班碩士論文

林永祥(2010)，以 SOWT 分析光學式動作擷取系統發展趨勢，運動科學暨休閒遊憩管理學術研討會論文集

陳政陽(2010)，實現手指辨識在虛擬滑鼠之運用，國立雲林科技大學電機工程系碩士班碩士論文

W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, “A survey on visual surveillance of object motion and behaviors,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C* , Vol. 34 , pp. 334 - 352, 2004.

S. McKenna, S. Jabri, Z. Duric, A. Rosenfeld, and H. Wechsler, “Tracking groups of people,” *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 80, pp. 42 - 56, 2000.

N. Paragios and R. Deriche, “Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.* , Vol. 22, pp. 266 - 280, 2000.



參考文獻

(請列出本報告的參考資料，建議可依 APA 或 MLA 格式來排列)

