

# 明道大學

## MING DAO UNIVERSITY

資訊傳播學系

碩士學位論文

一種適用於肢障者之自我收斂電腦游標

定位方式

**A self-convergent computer cursor pointing**

**method for people with motor**

**impairments**

研究生：陳詠佑 (Chen, Yung-Yu)

指導教授：楊志隆博士 (Dr. Yang, Chih-Lung)

中華民國一百零四年六月

碩士學位論文口試委員會審定書

*Thesis Certification*

本論文係提供明道大學碩士考試委員會審定學位之用，並經本委員會審定通過，特此證明。

This thesis was submitted to the graduate faculty of MINGDAO UNIVERSITY in partial fulfillment of the requirements for the Master's Degree.

論文題目：一種適用於肢障者之自我收斂電腦游標定位方式

Title: A self-convergent computer cursor pointing method for people with motor impairments

研究生：陳詠佑

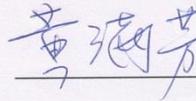
Graduate: Chen, Yung-Yu

審定日期：中華民國一零四年六月十三日

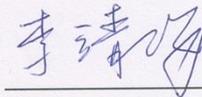
Date: June 13, 2015

審查委員：(Approved by:)

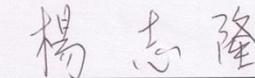
黃滿芳 博士 (Dr. Man-Fang Huang)  
國立彰化師範大學光電研究所副教授  
Associate Professor,  
Graduate Institute of Photonics  
National Changhua University

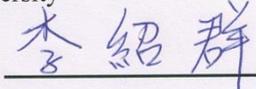


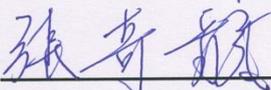
李靖海 博士 (Dr. Ching-Hai Lee)  
明道大學資訊傳播學系助理教授  
Assistant Professor, Department of  
Information Communication  
Ming Dao University



楊志隆 博士 (Dr. Chih-Lung Yang)  
明道大學資訊傳播學系助理教授  
Assistant Professor, Department of Information  
Communication  
Ming Dao University



系(所)主任: 

院長: 

## 誌謝

兩年的研究所生涯，時間在忙碌中一下子就過去了，在工作的國小、學校和家庭生活，在各種角色轉換間，能夠順利完成論文，真的要感謝許多人。

首先，我要感謝指導教授楊志隆博士，在研究上的督促及悉心指導，雖然每週的討論讓我在工作和課業中，必須更兢兢業業，但過程中讓我獲益匪淺。也感謝毓瑾同學和參與試驗的實驗對象，讓我可以順利完成本研究，系助惠雲小姐的行政上的協助，讓過程可以順利。另外，承蒙口試委員黃滿芳教授及李靖海教授，在口試過程中給我許多寶貴的建議，讓論文可以更完整而嚴謹。

我要感謝同學們的陪伴，和大家一起修課、互助合作，讓兩年的研究生生活更加充滿回憶。

最後感謝先生-泰州的支持和體諒，兩個孩子-雅淳和智傑的配合，讓我可以放心進修，自己更珍惜每週和父母的晚餐聚會，修課期間歷經妹妹生病、往生，現在學位可以完成，相信她也會為我高興的。

陳詠佑 謹誌

中華民國一百零四年六月十三日

## 摘要

肢體障礙者因肢體的不便，在使用電腦時，常有游標不易定位的問題。對經濟狀況不好者，使用電腦及科技輔具將是很大的負擔。

本研究發展一種具有自我收斂特性的電腦游標定位方式，讓使用者可以快速且精確地做游標定位。實驗時我們讓肢體損傷者，使用本方法與微軟作業系統中的鍵盤滑鼠，作小目標游標定位的效率比較，結果顯示本方法確實表現優於鍵盤滑鼠。因為定位最困難的地方是在接近目標處，因此，我們改良定位方式，讓受測者先將游標移到目標附近，再利用本方法，讓游標收斂至目標上。實驗結果顯示，此改良方式，效率更勝於之前的方式。原先實施本方法時是以四個箭號按鍵控制游標上下左右的移動，為了讓視力不佳，手眼協調能力不良的身障者更容易操作，我們使用軌跡球來取代箭號按鍵，以辨識軌跡球轉動的方向，取代箭號按鍵的功能，實驗結果更優於使用箭號按鍵。

由實測的結果證明本方法提供一個簡單、快速且精確的游標定位方式，更重要的是它可以在既有的硬體設備上實施，順應使用者的能力在不增加高額設備支出的前提下達到使用電腦的目的。

**關鍵詞：**電腦游標定位、自我收斂、肢體障礙。

# Abstract

For those whose limbs are impaired, it is difficult for them to position the cursor using regular mice. It is a great burden for them to get assistive tools, if they struggle financially.

We develop a cursor pointing method with a characteristic that the cursor will converge to the target under the user's commands. In the experiment, we compare the performance of our method with M.S. Mouse Keys using the arrow keys. The result shows our method outperforms the Mouse Keys. The critical part of pointing is within a centimeter square area around the target. Thus, we let the user move the cursor to near the target using trackball initially. Then our method takes over and converge the cursor to the target. This modified algorithm further enhances the performance of pointing. Using arrow keys is not easy for people with bad vision or poor hand-eye-coordination. We use a trackball to replace the arrow keys giving directional commands. The result shows that the users may focus their eyes on the screen and operate the trackball at the same time. It further enhances the performance from the previous settings.

The tests provide evidence that our methods are accurate, efficient and easy to take on. By turning a commercially available device into an assistive tool is possible and it may reduce the financial burden of the disadvantaged people.

**Keywords: assistive tools, cursor-pointing, motor impairment, self-convergent.**

# 目次

摘要 .....	i
Abstract .....	ii
目次 .....	iii
表目次 .....	v
圖目次 .....	vi
第一章 緒論 .....	1
1.1 前言 .....	1
1.2 研究目的 .....	7
第二章 文獻回顧 .....	8
2.1 肢體障礙者定義 .....	8
2.1.1 國外障礙者定義 .....	8
2.1.2 國內障礙者分類 .....	10
2.2 電腦輸入系統 .....	16
2.2.1 直接選擇的輸入調整 .....	17
2.2.2 間接選擇的輸入調整 .....	23
2.3 電腦定位的比較與困難度分析 .....	26
第三章 研究方法 .....	32
3.1 研究對象 .....	32
3.2 研究流程 .....	33
3.3 自我收斂定位法 .....	34
3.3.1 設計原則 .....	34

3.3.2	實驗設備.....	35
3.3.3	方法說明.....	36
第四章	實驗結果.....	39
4.1	實驗對象.....	39
4.2	實驗階段及實驗結果.....	41
4.2.1	階段一：本方法.....	41
4.2.2	階段二：混合方式.....	42
4.2.3	階段三：離散軌跡球.....	44
第五章	討論.....	56
5.1	實驗結果討論.....	56
5.2	研究成果討論.....	59
5.2.1	共同性.....	59
5.2.2	相異性.....	60
5.3	研究設計討論.....	60
第六章	結論.....	62
6.1	方法特點.....	62
6.2	未來展望.....	64
	參考文獻.....	65

## 表目次

表 2.1 定位文獻與本研究的方法比較圖.....	30
續表 2.1 定位文獻與本研究的方法比較圖.....	31
表 4.1 實驗對象一、二的症狀情形表.....	40
表 4.2 實驗對象一邊長 0.3cm 目標的實驗記錄表（單位：秒） ....	42
表 4.3 實驗對象一邊長 0.15cm 目標的實驗記錄表（單位：秒） ..	42
表 4.4 實驗對象一混合方式的實驗記錄表（單位：秒） .....	43
表 4.5 實驗對象一離散軌跡球的實驗記錄表（單位：秒） .....	45
表 4.6 實驗對象一實驗結果.....	45
表 4.7 實驗對象二邊長 0.3cm 目標的實驗記錄表（單位：秒） ....	47
表 4.8 實驗對象二邊長 0.15cm 目標的實驗記錄表（單位：秒） ..	48
表 4.9 實驗對象二實驗結果.....	48

## 圖目次

圖 1.1 2015 年第一季身心障礙者分布圖.....	1
圖 2.1 洞洞板（資料來源 臺北市文山特殊教育學校）.....	17
圖 2.2 軌跡球.....	21
圖 2.3 搖桿.....	21
圖 2.4 鍵盤滑鼠方向（資料來源 <a href="http://bbs1.raytong.idv.tw">http://bbs1.raytong.idv.tw</a> ）.....	25
圖 2.5 以路徑交點定位點擊位置(goal crossing)[43].....	28
圖 2.6 滑鼠定位模式發展(Steady Clicks)[44].....	29
圖 3.1 研究流程.....	33
圖 3.2 定位點位置圖.....	35
圖 3.3 水平移動時，游標在 M、T 是目標、L 及 R 為左界及右界	36
圖 3.4 以水平移動為例，游標由 M 點左移到 M' 點.....	37
圖 3.5 水平移動時，游標到達 T 目標點.....	38
圖 4.1 游標由 A 移到 B 附近，再微調.....	43
圖 4.2 實驗對象一結果折線圖.....	46
圖 4.3 實驗對象二.....	47
圖 4.4 實驗對象二結果折線圖.....	49
圖 4.5 六鍵摩斯碼鍵盤.....	50
圖 4.6 實驗對象三 使用電腦的情形.....	51
圖 4.7 實驗對象四.....	53
圖 4.8 實驗對象四家中電腦圖.....	54
圖 5.1 目標邊長 0.3 公分實驗方法時間進步幅度比較結果長條圖	.56
圖 5.2 目標邊長 0.15 公分實驗方法時間進步幅度比較結果長條圖	58

# 第一章 緒論

## 1.1 前言

根據中華民國行政院主計處 2015 年 5 月公布的統計資料[1]，我國人口數 2,345 萬 6,545 人，2015 年第一季有 114 萬 0,857 人身心障礙者<sup>1</sup>[2]，約占全體人口的 4.87%，其中以肢體障礙居多有 37 萬 6,599 人，約佔身心障礙人口的 33.001%（如圖 1.1）。

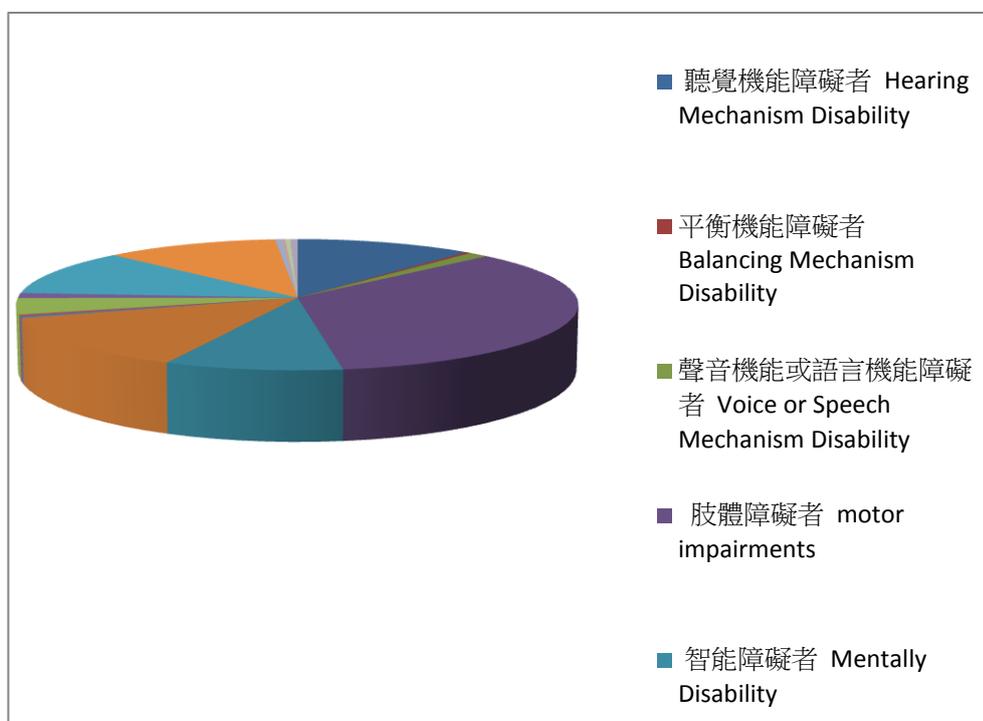


圖 1.1 2015 年第一季身心障礙者分布圖

肢障發生的原因有先天疾病（例如：腦性麻痺、肌肉萎縮症...等等），後天意外（例如：車禍）或後天疾病（例如：巴金森氏症、漸凍

<sup>1</sup>依據教育特殊法稱身心障礙者，指因生理或心理之障礙，經專業評估及鑑定具學習特殊需求，須特殊教育及相關服務措施之協助者。

人、中風...等)所造成的肢體損傷。在肢體不方便的情況下，無法行動自如、活動範圍受限，所接觸的生活領域及經驗也隨之受限，因而容易產生物理空間的孤立感[3]。

現今科技很方便，人在家裡不用出門，就可以從世界各地購買生活用品，不用自行開車就可以訂到各地物產；想認識新朋友有許多的社群網站可以聯結，在家透過網路就可以與外界聯繫，擴展人際關係。這也是一個資訊流通快速的時代，小到注音符號、九九乘法等小學的課程，大到國際及國內各大學的課程[4]在網路上透過學習平台，只要網路連線在家中就可以學習到美國知名大學或國內各國立大學教授的學程；看世足不用從台灣搭機到巴西，而 2014 年的世界杯足球賽總冠軍德國更是利用現代科技贏了賽事[5]。

開放式網上雜誌[6]報導：一位沙烏地阿拉伯男子 Ibrahim 因車禍造成癱瘓躺在醫院，連家人都不去探望也沒有任何朋友，他在推特 (Twitter) 上發了一個訊息，希望可以有人來看他，幫助他去德國醫治，在短時間之內此訊息被轉傳了 20 萬次，有人在沙烏地阿拉伯國內成立了探望他的活動，每天都有人帶著花、食物去探望他，甚至有人餵他吃飯，多日之後他甚至募得到德國醫治的經費，一則短訊息因網路而傳播到全世界，實現了一個孤單無依的癱瘓病患的願望，如果事

情發生在十年前，像 Ibrahim 這樣只能躺在醫院的人，所能找到的幫助非常有限，但在現今的社會中，因為有網路和科技，這樣的事情卻是非常有可能發生的，更可能是每天在世界各地的各角落都正在發生。

現在社會因為通訊的發達，可以透過網路的訊息，得知更多像這樣的故事，我們可以利用網路和科技讓這個世界持續變得更好，身體有障礙影響了行動，但心智不該被限制，有了現代科技的協助，身心障礙者就可以自由學習，也可以實現不出門而知天下事。

行政院主計總處 100 年電腦應用概況調查統計結果[7]，我國家庭部門 100 年底電腦普及率為 71.89%，每百戶家庭擁有 103.2 台個人電腦。相較於全國一般家戶平均 87.9% 擁有電腦設備，83.7% 可連網的情形，身心障礙者調查顯示，有 70.2% 身心障礙者家中擁有電腦設備，63.7% 家戶可連網，身心障礙者家戶電腦及網路設備擁有情形顯示和正常家庭有相當落差[8]。

行政院研考會「101 年非認知功能身心障礙者數位機會與數位生活需求調查」[8]，此調查包含十四類身心障礙者（視覺障礙、聽覺機能障礙、平衡機能障礙、聲音或語言機能障礙、肢體障礙、顏面損傷、頑性癲癇症及多重障礙、重要器官失去功能、輕度智能障礙、輕度自

閉症、因罕見疾病而致身心功能障礙者及輕度慢性精神病患者及其他障礙者(其他障礙者包括染色體異常、先天代謝異常及其他先天缺陷)，在基本技能與素養中針對電腦/網路操作能力，調查發現，身心障礙網路族有 50.6%表示自己可以獨立操作電腦上網、不需要他人在旁，44.2%需要他人適時提供協助，4.1%需要有人一直從旁協助。相較於全國 12 歲以上網路族中，63.4%可以獨立操作電腦上網，身心障礙網路族獨立操作電腦能力落後 12.8 個百分點。

依據內政部 100 年身心障礙者生活狀況調查報告[9]，家中平均每月收支平衡狀況，以「支出大於收入」者占 45.91%最多，「收支平衡」占 41.82%次之，「收入大於支出」者占 7.01%，由這些資料可以知道大多數的身障者經濟情況是不佳的。而調查中顯示身心障礙失業者希望參加職業訓練之種類以「電腦資訊類」(42.10%)最多；身心障礙者中不是用勞動力工作者，有能力和有意願工作者，希望參加的職業訓練的種類也以「電腦資訊類」(32.28%)最多。

但對使用電腦及電腦輔具的花費，依身心障礙者輔具費用補助辦法[10]第 4 條規定，輔具補助有十項，依序是：一、個人行動輔具。二、溝通及資訊輔具，又分為視覺相關輔具、聽覺相輔具、警示、指示及信號輔具、發聲輔具、面對面溝通輔具、電腦輔具等。三、身體、

生理與生化試驗設備及材料。四、身體、肌力及平衡訓練輔具。五、具預防壓瘡輔具。六、住家家具及改裝組件。七、個人照顧及保護輔具。八、居家生活輔具。九、矯具及義具。十、其他輔具。補助每人每二年度以補助四項為原則，同一項目於其使用年限內不得重複補助，且依身心障礙者家中收入狀況補助，符合低收入戶資格者最高補助全額，合中低收入戶資格的身障者，最多補助輔具費用百分之七十五，都不符合低收入戶及中低收入戶資格的身障者，最高補助輔具費用百分之五十，但政府對低收入戶的規定又很嚴格，對經濟狀況差的身障者而言，要符合低收入戶的資格是不容易的[11]，因此對經濟狀況差的身心障礙人士而言，在使用輔具時要得到來自政府經濟的補助是不容易的。

對身心障礙者而言，想要學會使用電腦，除了克服基本的行動限制，也要家庭的經濟環境許可，才能有機會接觸到電腦，依肢障者本身的狀況，要使用電腦有時是需要有輔具的協助，但輔具有時必須依人量身訂做，輔具也有使用期限的問題，在期限到期後，例如：學生畢業後必須要將輔具歸還[12]，想要再繼續使用，在法規上更是無法配合，在無形中也造成輔具的浪費；有時是在使用輔具一段時間後，使用者的能力改變了，必須再更換新的輔具，如果不符合法規的規定，

必須要重新到醫院依醫療程序再申請鑑定，如果無法過關，又得再自行添購，這又是另一筆經費。

我國在憲法增修條文第十條[13]中明確規定：「國家對於身心障礙者之保險與就醫、無障礙環境之建構、教育訓練與就業輔導及生活維護與救助，應予保障，並扶助其自立與發展」，而內政部[14]也明訂辦法協助身心障礙者輔具諮詢、評估、取得、使用訓練、追蹤、維修、調整等服務，以促進身心障礙者生活自立及健康。於是可以在現有的電腦設備條件下，讓肢障者可以自己獨立操作、使用現有的電腦設備才是對身心障礙者真正的受惠。

## 1.2 研究目的

學者 Scherer[15]強調 21 世紀輔助性科技應該以個人為中心來提供輔助，即使相同脊髓損傷者，都需視其生理及環境等需求來評估並選用適合輪椅，此概念強調，未來的輔助性科技應該是科技來配合使用者的需求而調整。

因肢體損傷者在使用電腦時會有操作游標不容易定位的問題，本研究目的在發展一種電腦游標定位方式，此游標定位方式具有自我收斂的特性，讓肢體損傷的身心障礙使用者在使用電腦時可以快速且精確地做游標定位。在既有的電腦設備，以軟體的方式更改使用介面，順應肢體損傷的身心障礙使用者的既有或殘存能力，在不增加高額電腦設備及輔具支出的前提下，達到肢障者可以獨立操作、使用電腦的目的。

## 第二章 文獻回顧

本章將在第一節探討肢體障礙國內外的分類的標準及由來，在第二節針對肢體障礙者使用電腦時，電腦輸入系統可以如何調整，及在第三節探討使用電腦時國內外在游標定位的相關文獻。

### 2.1 肢體障礙者定義

因國內的身心障礙者權利保障法是依國際健康功能與身心障礙分類系統(ICF)之分類，對於障礙者的定義由世界衛生組織有系統的定義與規範，於是本節分為國外及國內對身心障礙者的定義。

#### 2.1.1 國外障礙者定義

世界衛生組織(World Health Organization)[16]，1980年開始推動與出版有關障礙者的定義與系統，第一版世界衛生組織障礙定義系統即 ICIDH (International Classification of Impairment, Disabilities and Handicaps)，對將障礙概念分為三個元素，第一元素是生心理系統的損傷(impairment)：任何心理、身體、或生理機能喪失或異常；屬於器官的損傷，是身體的某部分或全部有損傷，且持續著損傷的狀態者，需要醫療的矯正。第二元素是障礙(disability)過程：由機能損傷造成生活活動功能喪失；屬於功能性的問題，然而可藉由訓練、學習或使用道具、器材以提升精神或身體的能力者。第三個元素是殘障(handicap)

概念：由於功能障礙造成個人之不便，難以融入社會環境；屬於社會性問題，須改變環境，使其減少環境障礙。

1997 年世界衛生組織出版第二版障礙人口定義與分類系統 (ICIDH II)，損傷部分屬個體身體系統的功能與問題，第二層次活動，是身心理功能部分的測量，第三層次是社會參與，第四層次屬外部情境與環境因素的考量；第一版到第二版最大改變是強調功能限制與測量，將障礙經驗建構在功能限制層面做具體測量，功能分為身體功能（呼吸系統、消化系統、免疫系統等），生活功能（拿、握、舉等動作），例如：色盲者無法分辨某些顏色，但身體系統卻沒有任何的損傷，因此第二版將損傷、障礙、功能限制等概念看成獨立的變項，各自處理操作化定義[17]。

ICF 為國際健康功能與身心障礙分類系統 (International Classification of Functioning, Disability and Health) 的簡稱，是由聯合國世界衛生組織 (WHO) 於 2001 年正式發表，是第三版身心障礙人口定義系統。ICF 重新看待「身心障礙」的定義，不再僅將身心障礙侷限於個人的疾病及損傷，同時須納入環境因素與障礙後的影響，使服務提供者更可貼近身心障礙者的需求，長期終身障礙者的人口會因為預防與早期介入的結果，而逐漸減少，因疾病、意外、災害、老化

等產生障礙的人口數量將逐漸上升，障礙者不再是社會中少數群體或特殊團體。

ICF 將身心障礙的評估分為兩大部分，第一層次包含身體功能與結構的損傷情形以及因為以上的損傷所致的活動(activity) 限制與參與(participate)侷限的潛能與現況，在每個身體功能與結構損傷類別下，再分別觀察、測量活動、參與面向；第二層次則是指環境因素與個人特質這兩種因素跟障礙互動的情形。藉由這兩個部分的評估，幫助身心障礙者能獲得更貼近自己需求的服務。

### 2.1.2 國內障礙者分類

台灣的身心障礙權益保障法第五條[18]，此法條是依據 ICF，將身心障礙者新制區分為八個身體功能障礙類別，而過去舊制的十六類身心障礙者已納入新制的分類體系中，以保障舊制之身心障礙者權益。本法所稱身心障礙者，指下列各款身體系統構造或功能，有損傷或不全導致顯著偏離或喪失，影響其活動與參與社會生活，經醫事、社會工作、特殊教育與職業輔導評量等相關專業人員組成之專業團隊鑑定及評估，領有身心障礙證明者：

- 一、神經系統構造及精神、心智功能。
- 二、眼、耳及相關構造與感官功能及疼痛。

三、涉及聲音與言語構造及其功能。

四、循環、造血、免疫與呼吸系統構造及其功能。

五、消化、新陳代謝與內分泌系統相關構造及其功能。

六、泌尿與生殖系統相關構造及其功能。

七、神經、肌肉、骨骼之移動相關構造及其功能。

八、皮膚與相關構造及其功能。

本研究中指的肢體障礙者是屬於新制分類中的第七類神經、肌肉、骨骼之移動相關構造及其功能有受損者。

肢體障礙區分之類別及障礙程度不等，也因此肢體障礙會因判斷觀點[19][20][21][22]有所差異，而有不同的分類方法：

一、以導致肢體障礙原因為依據觀點

(一) 神經系統異常

1. 腦性麻痺：腦性麻痺(cerebral palsy，簡稱 CP)，為西元 1860 年英國外科醫生李特(Willian Little)最早認定命名，指由出生前、生產過程中或出生後中樞神經的損傷而形成運動機能的障礙及其他腦傷症候群[23]。

腦性麻痺的發生率大約為千分之一至三〈國外的統計〉，依此推算，國內大約有四、五萬個腦性麻痺兒。身心障礙者及資賦優異學生

鑑定辦法[24]第七條之一腦性麻痺，指腦部在發育中受到非進行性、非暫時性之腦部損傷，顯現出動作及姿勢發展有問題，或伴隨感覺、知覺、認知、溝通、學習、記憶及注意力等神經心理障礙，以致在活動及生活上有顯著困難者。

腦性麻痺[25][26]依照臨床表現可以分為痙攣型、低張力型、舞蹈徐動型、運動失調型及混合型等，其中以痙攣型最為常見，依其影響身體部位可以細分為單肢麻痺、半邊麻痺、兩側麻痺及四肢癱瘓等型。痙攣型是屬於四肢張力增強，肌肉反射強造成關節活動角度會受限制，情形嚴重者四肢攣縮變形、下肢呈剪刀姿勢，肢體僵硬造成日常生活中動作遲緩及行走極為困難。低張力型的病人則相反，肌肉張力降低、關節太過柔軟，反而很容易造成不穩，常因姿勢不正或常有跌倒的情形。至於舞蹈徐動型，常是手腳有不自主動作，有些關節彎曲、伸張，包括臉部及四肢動作都不能協調，病人常有不自主流口水、愛扮鬼臉、口齒不清、動作不穩定等。

另有一較少見的運動失調型，常見的外表動作固著且變化性少，走路身軀不穩，其動作協調性、精確性及穩定度較差、不能控制調整動作及手眼協調能力較差。

2. 小兒麻痺：正式名稱為脊髓灰白質炎，屬於病毒性的傳染

疾病，病毒感染其運動細胞後，造成相關控制肌肉收縮無法有效運作，肢體單肢或多肢有不等程度的麻痺。若有軀幹或下肢控制能力缺損，則必須藉由支架、腋杖或輪椅等相關輔具協助行動。臺灣在民國四、五十年代曾經大流行，後來政府有效執行疫苗預防接種計畫，及後續疫苗的改良，這類病人已很少見。

3. 脊髓損傷：指先天異常或脊髓外傷與非外傷性的疾病而導致不等程度的運動與感覺障礙。當脊髓受損傷及胸腰椎，造成軀幹與下肢癱瘓，需要安裝下肢支架、拐杖、輪椅等行動輔具協助行動功能；當脊髓受損傷到頸椎，會造成四肢麻痺，除了使用輪椅等行動輔具之外，有時尚須特殊電腦設備輔具，協助執行上肢功能。

4. 脊柱裂：脊柱裂開處通常發生在腰部，因傷害神經系統而導致下肢癱瘓以及相關之器官功能缺陷[27]。

## （二）骨骼肌肉異常

1. 成骨不全症：又稱脆骨病，因其骨質脆弱容易斷裂變形，所以俗稱「玻璃娃娃」，這是因人體中第一型膠原纖維基因缺損所導致的先天性疾病。

2. 肌肉萎縮症：肌萎縮性脊髓側索硬化症 (Amyotrophic Lateral Sclerosis，簡稱 ALS) 是成人最常見的運動神經元疾病 (motor

neuron diseases)[28]，運動神經元疾病是一群運動神經元漸進性退化而造成全身肌肉萎縮及無力的疾病。其初期症狀在行動上感到困難，後來逐漸呈現惡化現象，肌肉細胞因營養不良而逐漸萎縮與退化的一種進行性疾病，肌肉喪失時得依賴輪椅等行動輔具代步。在臺灣，ALS 又名「漸凍人」，乃因病患脊髓、腦幹或大腦運動皮質區之運動神經元漸進性的退化，而引起全身肌肉萎縮和無力，而導致疾病末期的全身癱瘓、呼吸衰竭和死亡。

3. 截肢：肢體截肢者有些是先天所造成，有些則是後天意外傷害或因疾病併發症而需要截肢，其肢體則會有不同部位的單肢或多肢肢體缺損。

## 二、依學習的觀點

身心障礙者及資賦優異學生鑑定辦法第七條[24]，肢體障礙者指上肢、下肢或軀幹之機能有部分或全部障礙，致影響參與學習活動者。前項所定肢體障礙，應由專科醫師診斷；其鑑定基準依下列各款規定之一：先天性肢體功能障礙。疾病或意外導致永久性肢體功能障礙。

又根據教育部特殊教育法實施細則，依障礙程度的影響，分輕度、中度、重度三類：

(一) 輕度肢體障礙：指肢體行動不良而操作能力接近正常，對學習過程很少有不利的影响者。

(二) 中度肢體障礙：指肢體行動不良而操作能力接近正常，或肢體行動能力接近正常而操作能力不良，經協助仍可從事正常學習者。

(三) 重度肢體障礙：指行動能力及操作能力兩者均有嚴重障礙，非經特殊機具、輔具或人為協助，無法從事正常學習活動者。

### 三、 其他神經系統

適用於無法使用前兩種肢體障礙標準認定，經醫師適當藥物治療，且追蹤至少六個月後，仍足以影響生活機能之障礙者。例如：巴金森氏症達 Modified Hoehn-Yahr Stage 第三級以上，在外觀上明顯動作遲滯、動作姿勢及平衡系統受損，影響站立或行走。或由於震顫、舞蹈症、肌躍症、小腦性或感覺性運動失調等症狀，在行動及日常生活需要輔具或他人協助者。

## 2.2 電腦輸入系統

對於許多身心障礙者而言，一般人所使用之電腦輸入與輸出系統，在使用時會有其困難度與限制性，因此需要依使用者的需求與目的來做調整，以促進他們的使用與獨立性[29][30][31]。對於大部分腦性麻痺患者而言，常因為肢體動作受限，無法用一般鍵盤及滑鼠來完成輸入，因此必須做適當之調整來協助完成輸入；人性化科技介面是輔助技術中重要組成部分，若能適當搭配調整處理系統，則可以增加使用者的使用效率，而依據人性化輔助科技進行電腦輸入系統的調整包括兩種方式，即直接選擇與間接選擇[30][31]。

以下兩小節則分別針對直接選擇與間接選擇兩種不同方式的輸入系統調整作介紹。

## 2.2.1 直接選擇的輸入調整

直接選擇所指的是使用者可藉由手、手指、聲音或其他身體部位來執行輸入。在使用上常見以硬體與軟體設定兩種，以下分這兩種分別探討。

### 2.2.1.1 硬體科技

一、 鍵盤：標準型鍵盤對於許多身心障礙者在使用上有其困難，然而我們可以藉由許多不同的裝置來協助解決使用上的困難。

(一) 鍵盤保護框(keygurad)的使用，俗稱「洞洞板」(見圖 2.1)是一種有洞的硬塑膠覆蓋物，適用於手部控制較不穩定的使用者，可以避免按壓或敲擊到不需要的按鍵。洞洞板原是為了協助肢障者可以精準的按下按鍵，避免誤觸其他鍵，但裝上洞洞板會有每次輸入時，都必須更精準，錯誤可以減少，但花費在找尋及使用的時間更長[32]。



圖 2.1 洞洞板 (資料來源 臺北市文山特殊教育學校)

另外有防水護框(Mositure Guards)是防水的塑膠薄膜，用來保護鍵盤不受到口水或濺出來的水損傷，建議無法控制自己口水的個案使用。

## (二) 人體工學鍵盤(Ergonomic Keyboards)

1. Qwerty 鍵盤：其研發者蕭爾斯(Christopher Sholes)在 1868 年所製作。一般我們常見的電腦鍵盤的鍵面配置來自於文字處理機與電動打字機上的鍵盤，而電動打字機的鍵盤又來自於更早的機械打字機，Qwerty 鍵盤便是第一個量產機械打字機配備的鍵面系統。

2. Dvorak 鍵盤：1930 年由華盛頓大學語言教授德弗札克(August Dvorak)研發的，是最科學的鍵盤配置，考慮英語字母的使用頻率，讓手指的移動減至最少，又可因應左右撇子的需要，目前世界上最快的英文打字速度是在 Dvorak 鍵盤上創造的。

## (三) 替代性鍵盤包括如擴大型鍵盤、縮小型鍵盤等。

1. 擴大型鍵盤(Expended keyboard)：適合手部動作控制能力不佳的個案使用，兩個按鍵之間具有較大的按鍵區域，按鍵數目較少而尺寸大，按鍵設計上常用圖片、照片、物體來表示，並且採用薄膜式設計，使鍵盤更輕巧、靈敏度更高。

2. 縮小型鍵盤(Miniature Keyboard)：適合動作或關節活動角

度受限制的個案使用，鍵盤配置與擴大性鍵盤相反，其尺寸小、按鍵間之距離較密，只要些許動作範圍即能進行操作，但相對的對動作控制的要求較高。

(四) 加強控制設備：藉由輔具來加強或擴展個案的動作控制能力，以增加其輸入的正確率及速度。加強控制設備包括了如：擺位系統 (positioning system)、活動式手臂支撐器 (mobile arm support)、點選輔助器等 (包括頭杖、嘴杖、手部鍵盤敲擊器等)。

1. 擺位系統：能將使用者與控制介面安置在最適切的位置，如此方能發揮兩者最大的功能，如特製輪椅的使用、及電腦螢幕安裝高度與角度的調整等。

2. 活動式手臂支撐器則能提供使用者在使用鍵盤或滑鼠時上肢穩定的支撐，以降低活動過程上肢力量的耗費，避免疲勞或疼痛的產生。

3. 點選輔助器通常是長桿形狀，最常被固定於頭部(頭杖)、咬於嘴上(嘴杖)、或是固定於手上(手部鍵盤敲擊器，亦稱手杖)，使用者可藉由各個身體部位的動作移動輔助器，來執行鍵盤或軌跡球的使用，達到輸入之目的。

但使用口杖需長期咬著，容易造成口部不舒服，也會影響說話，

在外觀上也不太美觀[39]。使用頭杖常需一直低頭、抬頭，一上一下間，很容易看錯，造成輸入的錯誤，長時間使用容易造成頸部的不適及傷害。手腳都無法使用時，可以用口吹或頭點微動開關來做輸入電腦的設備，但口吹動作很慢，長時段使用會有流口水的困擾，頭點開關也會讓頸部不舒服。

二、滑鼠：標準型滑鼠可藉由改裝，與特殊開關做連接，藉由特殊開關的按壓來取代標準滑鼠的左右鍵之功能，適合手指動作控制較差之個案使用，然而若是移動滑鼠上亦有困難之個案則不適用。

(一) 替代性滑鼠：需要驅動程式的協助，提供電腦如同使用標準滑鼠般的訊號輸入，而造成游標的移動，如軌跡球、搖桿與頭控滑鼠等。

1. 軌跡球(Trackballs)：就像一倒置的滑鼠，將一個可滑動的球安裝於不動的基座上（見圖 2.1），基座上則有一或多個按鈕可提供標準滑鼠左右鍵之功能，使用者可利用肢體或是點選輔助器來移動基座上的球，達成移動游標的目的，所需動作範圍較標準滑鼠小，手眼協調之要求亦較低，操作上較傳統滑鼠簡單。



圖 2.2 軌跡球

2. 搖桿(Joysticks)：能提供不同方向的操作，且可運用各身體部位來操作，因此亦很適合成為標準滑鼠的替代品，使用者也運用於游標上的控制，不但可控制方向，亦能直接以搖桿（如圖 2.3）控制移動的速度。搖桿有三種控制形式：鍵式控制、滑動式指揮、漸進式指揮控制。鍵式控制是允許限定方向活動（前後左右方向）；滑動控制是允許所有的方向活動（三百六十度）；漸進式指揮控制則可以依照使用者操作搖桿的方向與時間來反應出距離與速度。



圖 2.3 搖桿

3. 頭部控制滑鼠(Head – Controlled Mouse): 利用超音波、紅外線或是頭部動作影像擷取的傳輸技術，來感應頭部的移動，並藉由動作訊號的轉換成為電腦可辨識的訊息，讓使用者可藉由頭部的移動來執行滑鼠的相關動作，並利用特殊開關的使用來完成如滑鼠單擊、雙擊或拖曳等功能，並可搭配螢幕鍵盤完成文字輸入的活動。而臨床上研究者所接觸使用頭部控制系統的使用者，表示使用頭部控制系統時容易造成肩頸肌肉酸痛，使用時間無法持續太久。

#### 2.2.1.2 軟體科技

一、自動語音辨識系統(Automatic Speech Recognition 亦稱 ASR):

可謂是替代性鍵盤，讓無能力使用標準鍵盤者能利用語音來達成輸入的動作[33]。目前 ASR 有兩套系統，一是用電腦學習說話者的說話型態，並建立一套使用者專用的語音系統，另一種是電腦自行建立的一套特定的詞彙型的語音系統，僅限於較小應用程式使用。而藉由語音辨識系統的協助，使身心障礙者達成操作電腦的目的，或提升了鍵盤使用技巧有缺失之使用者之操作速度[34]。

限制性:一是使用語音辨識系統時容易受環境噪音干擾、辨識率不佳，

二是使用者需要能夠發出足夠的音量與一致性的語音等因素。建議:

選擇給予語音辨識系統作為輸入方式時，應該考量避免以上兩點限制

性及可供辨識的字彙是否足夠等因素[34]。

然而，隨著科技的進步，語音辨識系統的辨識準確度近年來明顯提昇，提高了電腦使用的速度，此對於使用一般鍵盤與滑鼠有困難之身心障礙者而仍具口語能力者，亦成為較方便、有力的替代性輸入方式[35]。

## 二、眼控系統(Eyes Pointing)：

眼控系統通常是其他方法都無法使用的最後途徑，因為身體的其他部位都無法使用時，眼睛是連接到大腦的最近途徑，最後只能使用眼控系統[30]。

眼控系統乃藉由偵測眼球動作，接收其動作訊號並加以轉換成電腦可辨識之訊息，來執行輸入的一種方式。要使用此系統，使用者必須具備良好的頭部與眼球動作控制能力，以及依循指令的認知能力方能有較佳的控制表現，然而其易受外來光線的干擾、且花費高，使用時容易造成疲累，目前在使用上並不普及。

### 2.2.2 間接選擇的輸入調整

學者陳明德、楊熾康[36]指出透過應用程式將電腦調整成利於身心障礙者的使用，將此應用程式稱作軟體科技 (soft technologies)，這也是電腦的使用輔助性方法之一。軟體的協助，指利用軟體程式依使

用者不同的需求調整標準鍵盤的功能，諸如微軟 Windows 作業系統的 Microsoft accessibility，或麥金塔 Macintosh 作業系統中的 Universal Access。

以微軟 Microsoft accessibility Windows 8.1 作業系統的「個人化和輕鬆存取」，其功能敘述如下[37]：

#### 一、鍵盤：讓輸入變得更容易

(一) 相黏鍵(sticky keys)：啟動相黏鍵時，就不需要按下複雜的按鍵組合。例如，使用者不需要同時按下 Ctrl+Alt+Del，而是可以一次按下一個按鍵，輕鬆完成指令。。

(二) 切換鍵：切換鍵可以在您每次按 Caps Lock、Num Lock 或 Scroll Lock 按鍵時播放通知。這些通知可協助使用者避免因不慎按下按鍵但並不了解其作用而產生的挫折感。

(三) 篩選鍵 (filter keys)：開啟篩選鍵時，當使用者快速地按下同一個按鍵，或當使用者不小心按下某些按鍵數秒時，Windows 會忽略這些動作。

(四) 螢幕小鍵盤：如果使用者偏好不使用鍵盤操作電腦，請嘗試使用螢幕小鍵盤，此工具讓使用者在螢幕上選取字元以輸入文字。

#### 二、滑鼠：讓使用滑鼠更容易

(一) 變更滑鼠指標的色彩與大小：使用者可以使用這些選項來放大滑鼠指標，或變更指標色彩，使其看起來更清楚。

(二) 啟動鍵盤滑鼠 (mouse keys)：如果使用者不適合使用滑鼠或使用上有困難，使用者可以啟動鍵盤滑鼠，就不需要使用滑鼠，可以改用鍵盤上的數字鍵作為方向鍵來移動指標，其移動方向如圖 2.4。

Num Lock 功能切換	/ 恢復單擊	* 左右雙鍵	- 右鍵
7 ↖	8 ↑	9 ↗	
4 ←	5 左鍵單擊	6 →	+ 雙擊
1 ↙	2 ↓	3 ↘	Enter
0 左鍵按住		. 左鍵釋放	

圖 2.4 鍵盤滑鼠方向 (資料來源 <http://bbs1.raytong.idv.tw>)

### 三、螢幕設定：更容易看到畫面上的內容

(一) 放大鏡：這是能夠放大螢幕上部分或全部區域的工具，讓使用者更清楚地看到文字和影像。

(二) 高對比：這可以提供更多的色彩對比，讓使用者能夠看清楚螢幕上的文字。

(三) 其他選項：使用者可以在此處關閉 Windows 中的動畫、調整游標寬度，以及進行其他選擇以自訂使用者的視覺體驗。

#### 四、其他軟體科技

Camera Mouse 是波士頓大學為了幫助殘疾人士使用電腦而設計一款免費軟體程式[38]，在第一次使用時，只要利用攝影機鏡頭，設置點擊目標，目標可以是某一個臉上的部位，可以是眉間，鼻子，下巴，任何一個穩定操控的部位，再設定好游標的停置時間，就可以允許您通過移動你的頭來控制電腦上的游標。

此程式的主要受惠群眾是任何沒有穩定可靠的雙手但可以移動他們的頭的人，這程式還適用於所有類型的電腦，但對於腦性麻痺徐動型的患者或頭部會抖動者而言，因頭部會不停抖動，在使用鏡頭的對焦上並不是太順手。

### 2.3 電腦定位的比較與困難度分析

國內學者吳亭芳、陳明聰、陳雅玲等[12]調查肢體障礙者使用電腦輔具常見的錯誤，在鍵盤使用上，以輸入速度慢、會按錯鍵盤按鍵、一次會按到好幾個按鍵、無法同時按壓二個以上的按鍵、按下按鍵後，手無法立刻拿開、無法按到普通鍵盤的所有按鍵。而在滑鼠使用上，以移動滑鼠、滑鼠單擊點選、滑鼠雙擊點選、握滑鼠、鎖定目標並點選、滑鼠拖曳游標等動作有困難。

國外學者[40]針對 20 位肢體損傷者（實驗組）6 位正常人（對照

組)，在使用鍵盤與滑鼠時所發生的困難，在使用鍵盤有下列問題：

一、長按鍵錯誤：一個字母或數字鍵，在無意中被按下超過預設的較長按鍵時間，可能是來不及及時放開手指或手指移動速度慢造成。

二、誤按其他鍵：不相關的相鄰鍵被按到。

三、沒有按到：完全錯過預期的按鍵或無法同時按下兩個以上的鍵（例如：電腦重新啟動時，需要同時按下 Shift 鍵和 Alt 鍵和 Ctrl 鍵。）

四、刪除錯誤：受試者無意中刪除了已輸入好的文字。

五、彈跳錯誤：因鍵盤的機械特性，按一下產生按好幾下的結果。

六、遠程錯誤：按距離較遠的按鍵時，誤觸手移動路徑上的按鍵。

七、換位錯誤：兩個文字鍵或數字被調換，而造成的錯誤（例如：打字時，把”其他”打成了”他其”）。

在滑鼠的使用以定位、點擊、重複點擊和拖曳最為常見，其中定位是最基本的滑鼠操作，也是最困難操作的動作之一[40]。因為在實際現場操作滑鼠所面臨的問題，和在實驗室中設定好的特定任務是不一樣的，於是國外有學者[41] [42]排除實驗室的環境及限制，在現實的世界中設計一種軟體，去收集和分析受測者操作遊戲或使用文書處理 Word 的過程，針對滑鼠單按、雙按、按鍵的時機，和移動滑鼠的軌跡，去探討定位問題中有那些動作是受測者實際完成的，而那些動

作是受測者在不小心的點擊中完成的。這研究指出游標定位問題是每一個肢體障礙者在使用電腦時最常面臨的問題。

在使用滑鼠的路徑過程中，有時是很可以直接就到達目標，但有時候會有超過 (overshot) 目標的情形，或有時必須得用不直接，需要繞道的路徑才可以到達目標。學者[43]針對肢體障礙者使用滑鼠時，會因肢體的抖動或不穩定，造成定位時無法直接點擊在目標上，而發明新的對焦方式，用滑鼠交錯滑過目標點的方式來定位，也就是滑鼠滑過路徑中有交集點就是定位點 (如圖 2.5 )，此種方法粗看會花費較長時間，但結果顯示這反而可以讓肢障者快速的到達定位點，但是實驗結果卻有一個缺點那就是出錯率很高，滑鼠路徑的交錯點可能不是定位點。

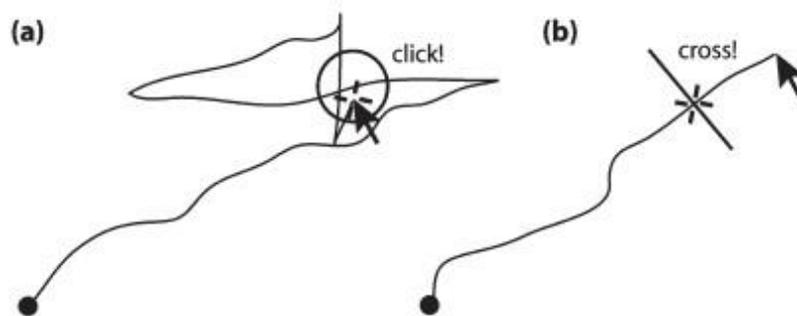


圖 2.5 以路徑交點定位點擊位置(goal crossing)[43]

針對肢體行動不便者的滑鼠定位，當滑鼠滑行、點擊和意外點擊是肢體不便者和患有巴金森氏症的老年人使用滑鼠時常見的錯誤，有

學者[44]針對滑鼠定位模式發展 Steady Clicks，做一個錯誤的過濾器，通過凍結來抑制這些錯誤中點擊游標，防止重複按鍵的操作，或在高速移動時作出的點擊，鎖定重疊的區域和快速的點擊(如圖 2.6)，可以讓肢障者可以更有效率的方式到達定位點。

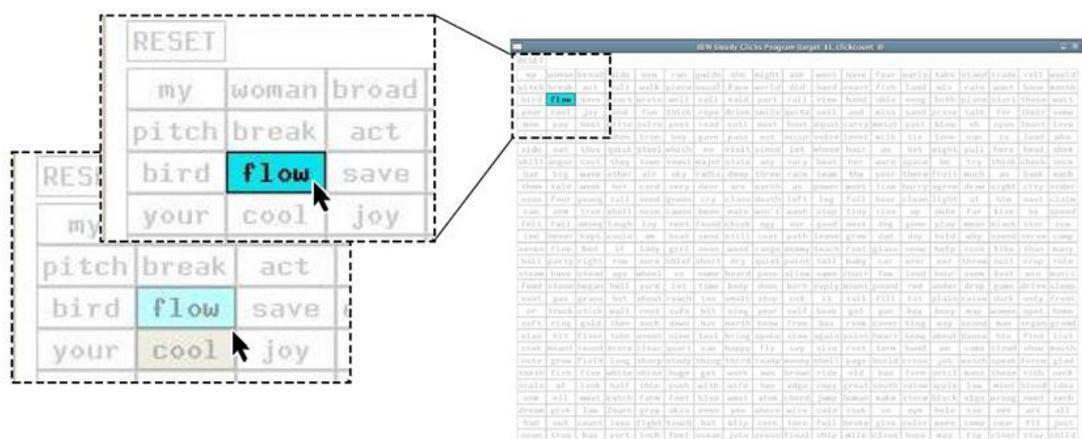


圖 2.6 滑鼠定位模式發展(Steady Clicks)[44]

左圖，上圖是正確定位，下圖屬於錯誤定位

在人機互動界面 (Human-Computer Interaction 亦稱 HCI) 中，有別於傳統的鍵盤或滑鼠定位，使用者可能會有疲倦和反覆性按壓的傷害 (Repetitive Stress Injury 簡稱 RSI)，學者以視線追蹤(Gaze tracking)[45]結合滑鼠定位的方式來做文件的輸入，探討如何利用視線追蹤，以幫助傳統的游標定位方法與滑鼠和標準的過程中人機互動界面的任務，然而此方法需要雙感應器和雙螢幕，應用特定的手勢，將游標移到目標附近，必要時再以滑鼠之類的設備做微調以求精確定位。但有許多的身障者身體會不自主地顫抖無法使用，微調部分又回

到根本的問題，他們無法精確的操作滑鼠。

茲將上述定位文獻與本研究的方法做一比較圖，如表 2.1 所示：

表 2.1 定位文獻與本研究的方法比較圖

研究主題	方法特色	產生問題	與本研究比較
以路徑交點 定位點擊位 置(goal crossing)	用滑鼠交錯滑過 目標點的方式來 定位	1.抖動所產生的 誤差無法消除。 2.產生超過 (overshot)目 標的情形。 3.出錯率高。	1.只要輸入方向 鍵，允許誤差的 產生。 2.會朝目標逐漸 收斂，不會有超 過目標的情形。
滑鼠定位模 式發展 (Steady Clicks)	做一個錯誤的過 濾器，通過凍結 來抑制這些錯誤 中點擊游標，防 止重複按鍵的操 作	1.會有錯誤的點 選。 2.有誤差容許 度。 3.屬於連續性的 訊號。	1.只要選定上下 左右方向，就可 以往目標收斂、 定位。 2.是離散式指 令，可以精準地 往目標收斂。

續表 2.1 定位文獻與本研究的方法比較圖

研究主題	方法特色	產生問題	與本研究比較
視線追蹤 (Gaze tracking)	利用視線追蹤，以幫助傳統的游標定位方法與滑鼠和標準的過程中人機互動界面的任務	1.游標是浮動的，不穩定。 2.需有多臺設備。 3.最後微調時，對肢障者而言是不易精確的。	1.用既有的電腦設備就好，較省錢。 2.輸入方便又精準。

## 第三章 研究方法

本章將在第一節說明研究對象，第二節提出研究流程，及第三節將自我收斂定位法的規則逐一說明。

### 3.1 研究對象

本研究以肢體損傷者為實驗對象，最先測試本方法的是一位患有重度徐動型腦性麻痺者42歲的女士，視力不佳，頭部會不自主地擺動，雙手均有萎縮及變形現象，左手較靈活屬於慣用手，右手功能較弱且不穩定，但可以自行操作電腦，以她為第一位研究對象。並根據對她的測試結果，修正程式及設計方法。

後續再找其他肢體損傷者，其智力正常可以自行使用電腦者為本研究的後續實驗對象，進一步驗證此研究方法是否適用於更多身障者。

## 3.2 研究流程

本研究流程圖如圖 3.1 所示，游標自我收斂方法的提出，先找一位實驗對象，做實驗的實測，在實驗過程再不斷的改進而設計出更合適的方法，最後再找其他合適的對象來實測，完成實驗結果及結論。

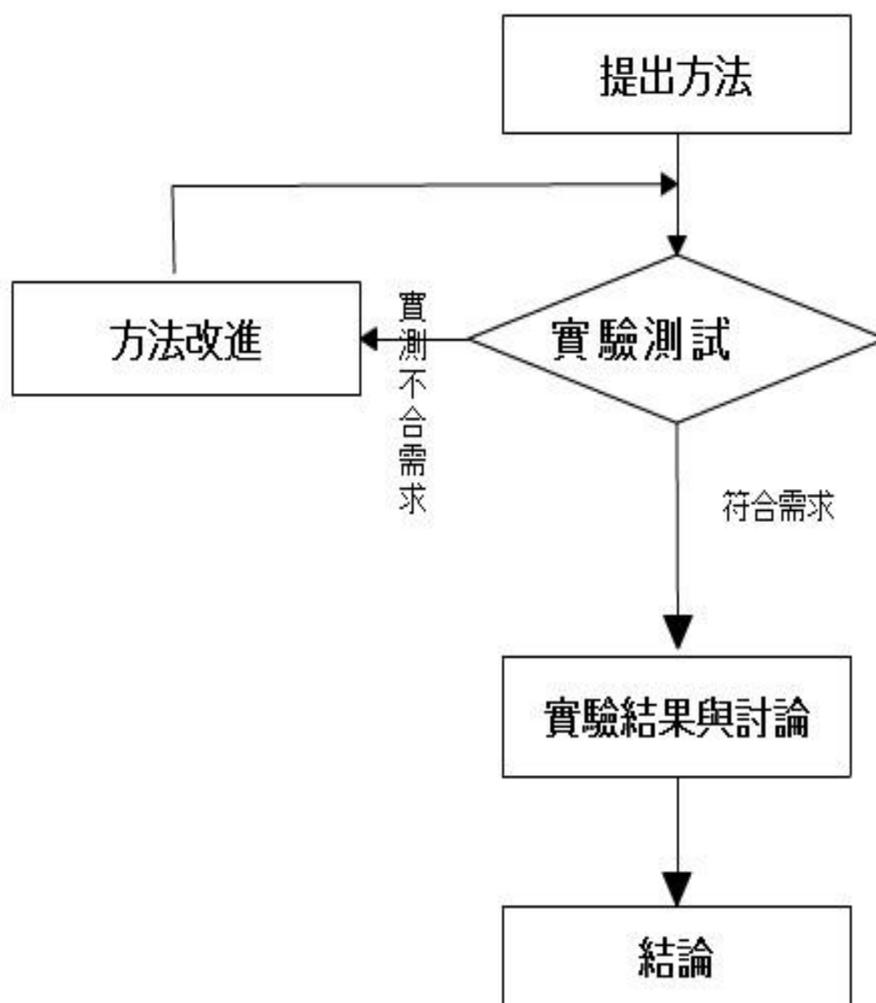


圖 3.1 研究流程

## 3.3 自我收斂定位法

### 3.3.1 設計原則

本研究的目標是要建立一個游標會在目標處，可以自我收斂 (self-convergent) 的電腦游標定位方式，使有肢體損傷者可以很容易也很精確地將游標移到螢幕上的任何位置，本游標定位法是依據下列幾點原則設計：

- 一、以上、下、左、右四個訊號，分別獨立控制游標上、下、左、右等四個移動方向，到達目標後以 Enter 鍵為確認鍵。
- 二、每個移動訊號下達後，游標將依照下達訊號的方向，移動剩餘像素量的一半，不論輸入輔具的力道大小、速度的快慢、或移動距離的長短，以包容身障者肢體動作的不穩定性。
- 三、每次下達訊號的每個方向會移動剩餘像素量的一半，每次移動一次，剩餘像素量一半的值將隨此方向的移動次數遞減，最終期使可以收斂到達目標處。

### 3.3.2 實驗設備

一台筆記型電腦和自製的軟體，測試軟體程式是用 Visual Basic 2010 寫成。測試時，受測者先依序將游標依順序移到在螢幕上所顯示邊長為 0.3 cm 的正方形，如圖 3.2 標號 1~4 所示，之後將目標縮小為邊長為 0.15 cm 的正方形，如圖 3.2 標號 5~8，再做一次移動測試。

目標標號 1~8 是一次出現一個目標，當施測者依序選到目標點，才再出現下一個目標，照順序完成這八個目標點，再記錄完成的時間。

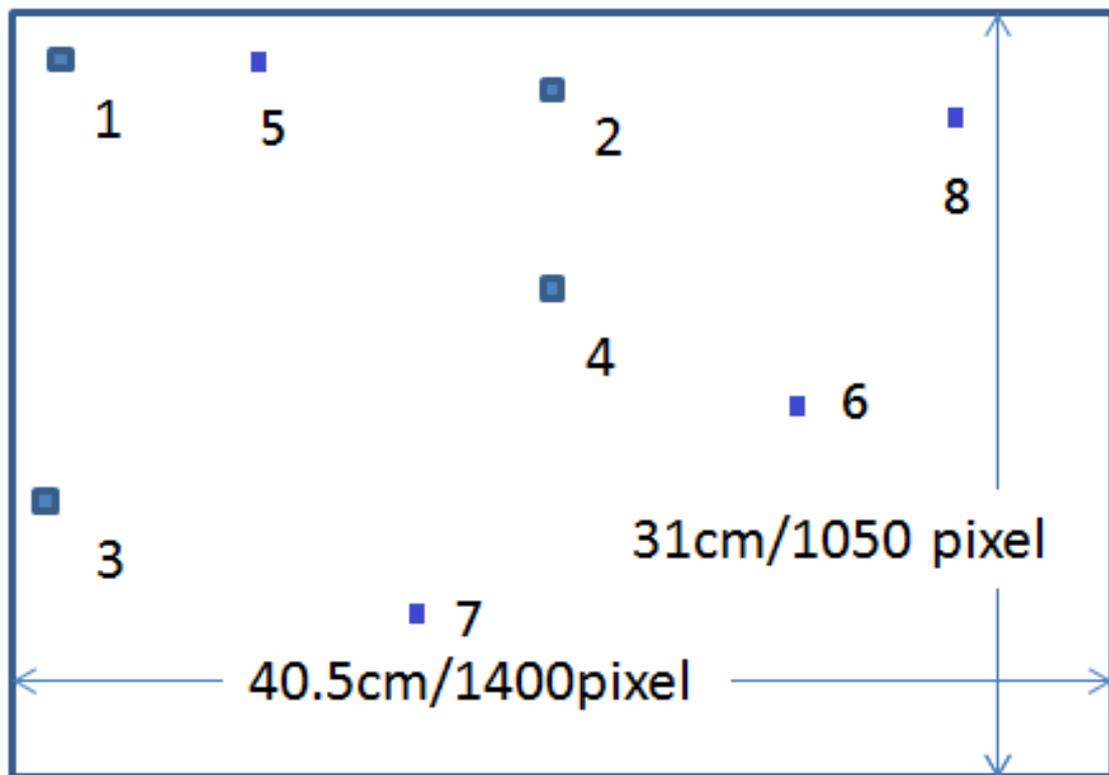


圖 3.2 定位點位置圖

### 3.3.3 方法說明

因為游標的定位是屬於二度空間的定位，二度空間的定位是水平及垂直方向定位的組合，本文將以使用左、右兩個訊號，控制游標水平方向移動做說明本方法，垂直方向的移動比照上、下兩個訊號運作方式。

以下以圖 3.3 做為游標水平方向的動作說明，以程式開始定位時的畫面作為說明，M 點是目前游標所在點，T 點是使用者想將游標移往的目標點。

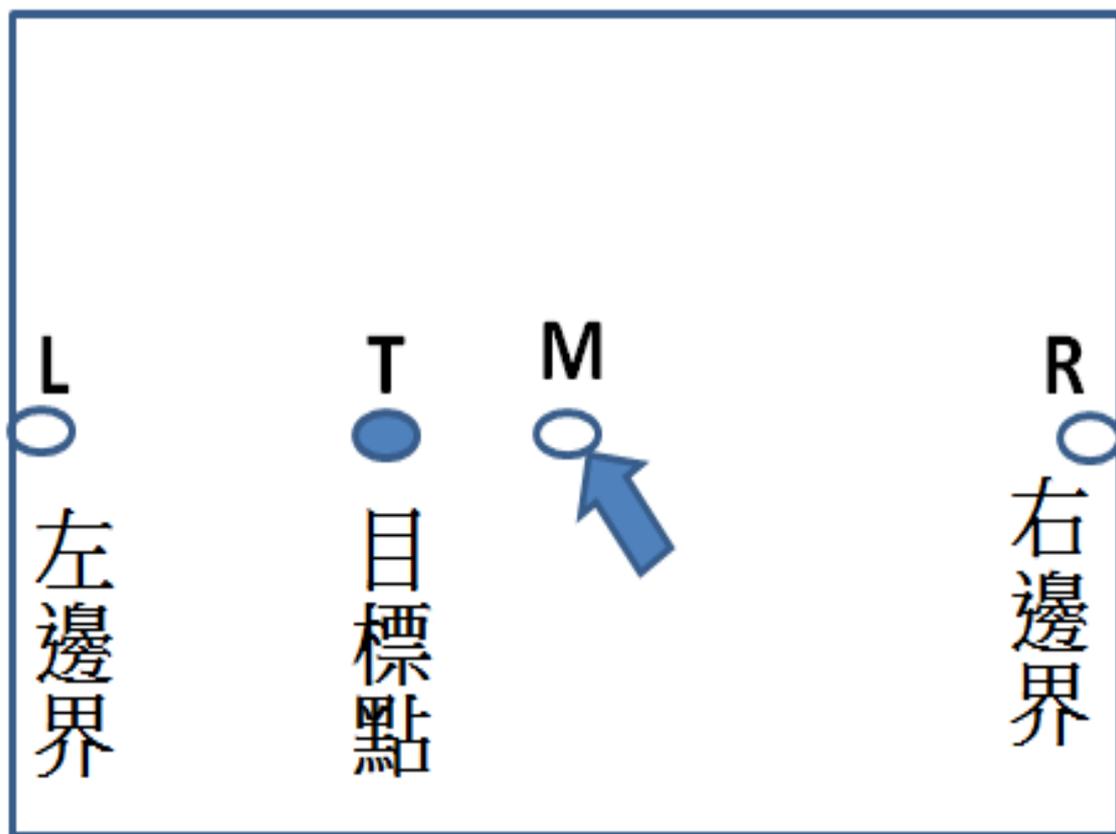


圖 3.3 水平移動時，游標在 M、T 是目標、L 及 R 為左界及右界

本方法以視窗的左邊邊界 L 為左邊邊界點，視窗的右邊邊界 R 為右邊邊界點，因為 T 點目標在 M 點的左方，使用者可給系統向左的訊號，游標將移動到 L 點與 M 點的中間點 M' 點，如圖 3.4。

新的右邊邊界點 R' 則被定義在原游標位置 M 往左一個解析度的位置，換句話說，原本 M 點及其右邊的點範圍都被排除掉，不再列入移動範圍。

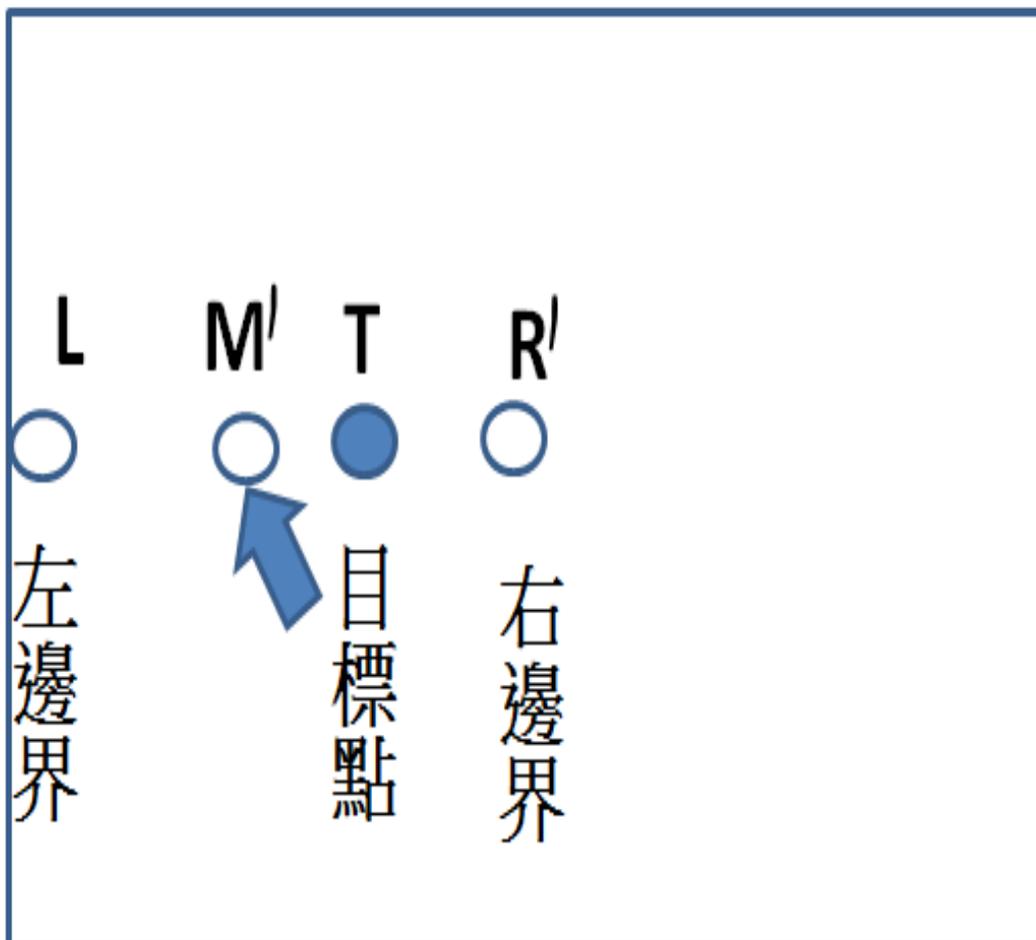


圖 3.4 以水平移動為例，游標由 M 點左移到 M' 點

接著，T 點目標在 M' 點的右方，使用者可給系統向右的訊號，M' 點往左一個解析度到邊界的像素都不列入移動範圍，游標將移動到 R' 點與 M' 點的中間也就是目標點 T 點的位置，如圖 3.5。完成水平方向的測試。

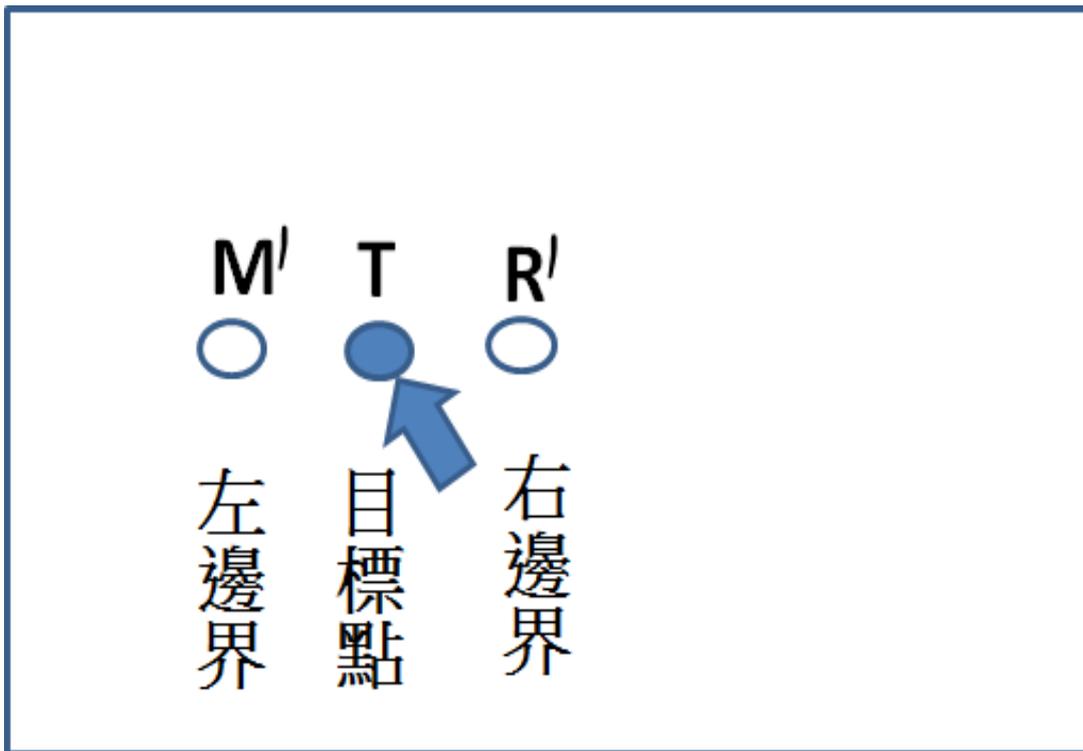


圖 3.5 水平移動時，游標到達 T 目標點

而垂直方向的移動，則比照上、下兩個訊號運作方式，以相同的方法，每移動游標的方向都移動剩餘像素量的一半，當移動游標到達目標點為最終點。

在系統的操作上，不論由垂直方向或水平方向開始移動游標，都是系統可以接受的指令，最終只要選到目標點，就算完成任務。

## 第四章 實驗結果

本章第一節將對實驗對象的使用電腦情形等一一表列，第二節將實驗過程中，探討對肢體損傷者在使用電腦時，使用游標的自我收斂軟體程式，與微軟作業系統的鍵盤滑鼠，比較完成定位的時間為何，及過程中方法的改良及實驗的結果。

### 4.1 實驗對象

本研究實驗對象有四人，身體及使用電腦的情形描述如表 4.1 所列。因為設計方法的設計與修正，我們先請對象一做本方法的測試，再因其使用後所發現的問題進行改進。後因地緣的便利性，找到實驗對象二，完成測試。對象三及對象四，因生理上有其特殊性及距離較遠等因素，無法長時間的測試，短時間內難改變其使用電腦的方式，於是我們只請他們試用本方法並給予意見。

表 4.2 實驗對象一、二的症狀情形表

對象	年紀	症狀	原本使用電腦方式	手部動作	症狀開始
一	42	重度腦 性麻痺	軌跡球	手會抖但精細 動作可	出生
二	10	輕度腦 性麻痺	一般鍵盤	手較無力	出生
三	36	重度腦 性麻痺	十二鍵、敲擊	張力低，手常抱 拳頭	出生
四	56	脊髓損 傷	一般鍵盤(但加 自製控制器)	手無力，不易定 位	34 歲 車 禍，已經過 22 年

## 4.2 實驗階段及實驗結果

因實驗後在過程中發覺問題，依階段而逐一改進方法，各小節將探討階段一：本方法，階段二：混合方式，階段三：離散軌跡球。

### 4.2.1 階段一：本方法

測試對象一，因手會抖動無法用一般滑鼠精確定位。剛開始，我們讓她以微軟作業系統中 Mouse Keys(鍵盤滑鼠) 及我們的方法使用鍵盤上的四個方向鍵分別做測試。

測試時，受測者先依序將游標依順序移到標號 1~4，邊長為 0.3 cm 的正方形，如圖 3.2 標號 1~4 所示，之後將目標縮小為邊長為 0.15 cm 的正方形，如圖 3.2 標號 5~8，再做一次移動測試。

目標標號 1~8 是一次出現一個目標，當施測者選到這目標點，才再出現下一個目標，依序完成這八個目標點，再記錄完成的時間。兩次移動各做五次，去除最快及最慢的時間，取其他三次的平均值，結果依邊長 0.3cm 目標的實驗結果列於表 4.2，而邊長 0.15cm 目標的實驗結果列於表 4.3。

表 4.2 實驗對象一邊長 0.3cm 目標的實驗記錄表（單位：秒）

次數 方法	1	2	3	4	5	平均
鍵盤滑 鼠	217.3	208.6	180.5	193.5	175.2	194.2
本方法	153.4	149.8	137.5	125.1	127.6	138.3

表 4.3 實驗對象一邊長 0.15cm 目標的實驗記錄表（單位：秒）

次數 方法	1	2	3	4	5	平均
鍵盤滑 鼠	280.8	295.3	260.8	252.8	248.3	264.8
本方法	178.8	175.2	143.9	144.1	150.8	156.7

#### 4.2.2 階段二：混合方式

施測後與受測者訪談時，受測者覺得以全螢幕大範圍作非連續的移動，在操作上較費時、吃力。

於是，我們再修改方法，讓受測者可以先將游標伴隨一個正方形邊框，用一般滑鼠移到接近目標區的小範圍，再使用本方法做微調，如圖 4.1。文中所指的小範圍即正方形邊框，是在游標的四周加上一個

像素面積 16 的正方形透明框。此方框可以依受測者的視力情形而調整方框的大小。

受測者先以一般滑鼠，將游標移到邊框可包含目標部分的地方，再使用本方法在方框內作微調。測試的結果列於表 4.4。

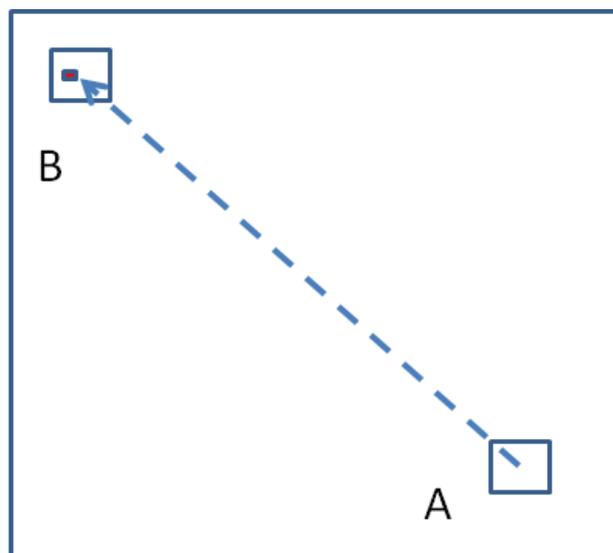


圖 4.1 游標由 A 移到 B 附近，再微調

表 4.4 實驗對象一混合方式的實驗記錄表（單位：秒）

次數 邊長	1	2	3	4	5	平均
0.3cm	66.8	60.2	50.9	48.7	52.4	54.5
0.15cm	108.9	123.1	98.7	92.8	96.3	101.3

### 4.2.3 階段三：離散軌跡球

這次實驗過程中我們也發現到，受測者雖然只是用四個方向鍵做控制，但是受測者得花較長的時間才能將手指擺到正確按鍵上，誤按的情形也常會發生。

於是我們再做了新的設計，在做微調時我們不用讓她使用四個方向鍵，讓她改用滑鼠，我們不偵測滑鼠的軌跡，只偵測滑鼠的移動方向，來決定游標的下一個位置。

滑鼠移動方向的偵測方法為在兩個滑鼠停滯狀態間，取滑鼠上、下、左、右位移分量最大者為其移動方向。實測時發現了一個問題，如果我們不要求滑鼠移動後要歸位到起始點附近，受測者無法控制回復的位置在起始點附近，常導致滑鼠沒有空間再移動。

針對上述操作一般滑鼠所產生的空間問題，我們決定讓受測者改用軌跡球做游標定位。受測者先以軌跡球將游標加正方形透明邊框，移動到包圍目標的位置，再將軌跡球切換到微調模式，此時可以不要受測者必須將游標滾回起始點附近，受測者可以恣意的朝選定的方向滾動軌跡球，游標可以每次都自動移動剩餘像素量的一半，最終就可以到達目標點，而不用擔心軌跡球會滾多遠的問題，實測數據列於表 4.5。

表 4.5 實驗對象一離散軌跡球的實驗記錄表（單位：秒）

次數 邊長	1	2	3	4	5	平均
0.3cm	55.0	56.3	43.6	45.1	44.8	48.3
0.15cm	106.2	92.4	98.5	88.7	86.9	93.2

整理上述實驗對象一各方法的實驗結果，如表 4.6。

表 4.6 實驗對象一實驗結果

完成時間 (秒) 目標邊 長(cm)	鍵盤滑鼠	本方法	混合方式	離散軌跡球
0.3	194.2	138.3	54.5	48.3
0.15	264.8	156.7	101.3	93.2

其實驗結果的折線圖如圖 4.2，由圖中可以看到因方法的改進，完成時間有明顯的縮短。

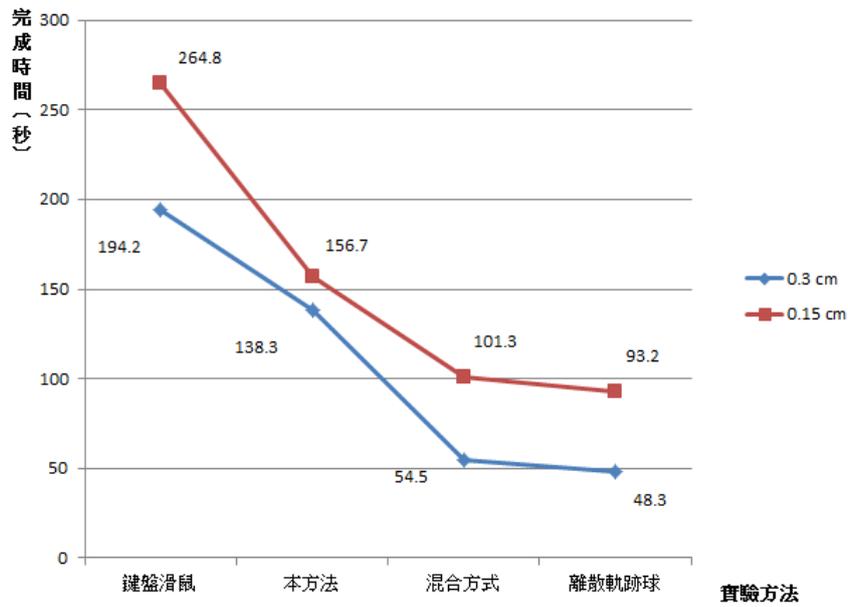


圖 4.2 實驗對象一結果折線圖

實驗對象二是一位小學三年級、年齡 10 歲的國小女學生(如圖 4.3)。她在出生的過程中短暫的缺氧，造成輕度的腦性麻痺，腳必須加助行輔助器，手部肢體動作較無力，但可以書寫文字。因國小課程中剛接觸使用電腦，平時使用電腦時較熟悉的輸入工具是滑鼠，我們直接讓她操作電腦，完整的實驗記錄於表 4.7 目標 0.3 公分各方法的比較及表 4.8 是目標 0.15 公分的各方法間的比較。去除最好和最差的成績，取其他三次平均後得到表 4.9 的實驗數據。其實驗結果的折線圖如圖 4.4。



圖 4.3 實驗對象二

表 4.7 實驗對象二邊長 0.3cm 目標的實驗記錄表（單位：秒）

方法 \ 次數	1	2	3	4	5	平均
鍵盤滑鼠	170.8	165.8	158.5	145.2	142.8	156.5
本方法	90.6	99.1	83.6	72.8	78.7	84.3
混合方式	42.0	38.3	33.1	26.9	29.7	33.7
離散軌跡球	38.6	42.1	23.9	22.5	20.8	28.3

表 4.8 實驗對象二邊長 0.15cm 目標的實驗記錄表 (單位：秒)

次數 方法	1	2	3	4	5	平均
鍵盤滑鼠	225.6	212.3	211.4	180.7	190.7	204.8
本方法	176.1	185.6	160.6	145.4	140.9	160.7
混合方式	130.6	113.4	86.9	88.3	98.0	99.9
離散軌跡球	96.8	100.1	82.6	78.5	83.4	87.6

表 4.9 實驗對象二實驗結果

完成時間 (秒) 目標邊長 (cm)	鍵盤滑鼠	本方法	混合方式	離散軌跡球
0.3	156.5	84.3	33.7	28.3
0.15	204.8	160.7	99.9	87.6

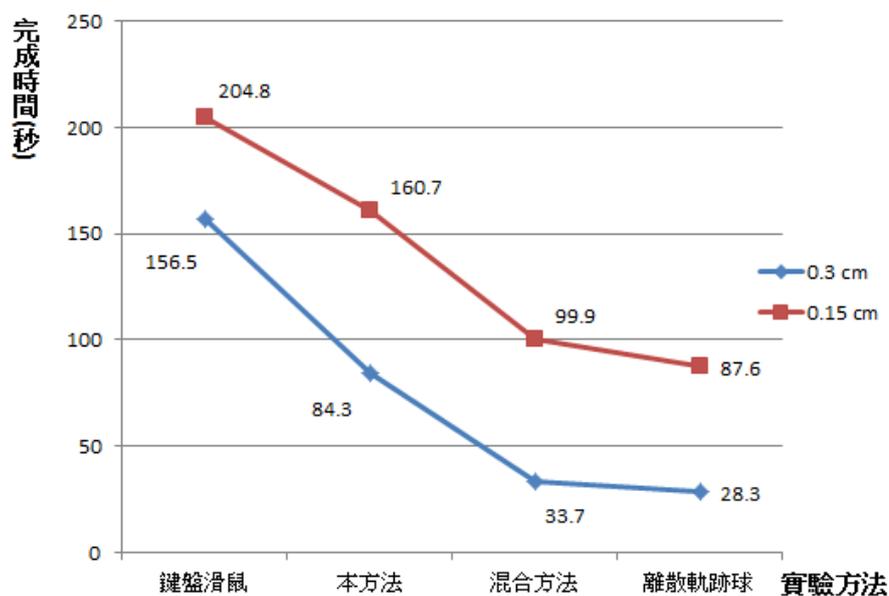


圖 4.4 實驗對象二結果折線圖

實驗對象三是一位因生產過程不順，造成極重度腦性麻痺，年齡 36 歲的男士。全身會不自主抽動，說話不清楚、無法站立、握筆，雙眼近視一千七百度。小時候因特殊教育不盛行，原本是在家教育的學生，後來在機緣巧合下遇到實驗學校的老師推廣地板滾球運動，因參加地板滾球運動而進入特殊教育學校就讀。

對象三在高中時接觸電腦，剛開始使用頭套輔助輸入設備來使用電腦，但頭必須一直點頭，造成頭部及頸部的疼痛及疲倦。後來進入大學就讀時，老師推薦他改用手握拳敲打六鍵摩斯碼鍵盤(如圖 4.5)，但使用這輔具要背摩斯碼，每一鍵代表的數字、符號都不同，中、英文又都有不同系統，於是熟記摩斯碼必須花費很久的時間，而後來六

鍵摩斯碼鍵盤也停產了，無法繼續使用。



圖 4.5 六鍵摩斯碼鍵盤

大學畢業之後，他繼續就讀於同校的研究所，指導老師是從大學時期就認識，特地為他研發客製化的輔具，用不鏽鋼製作 12 鍵盤加上搖桿來使用電腦，以 12 鍵盤輸入文字、數字及符號等，搖桿取代滑鼠的功能。

對象三從大學時期到現今在大學擔任助理，長期使用電腦的方式是握拳敲打的模式(如圖 4.6)，目前他使用搖桿定位的方式，是採用大螢幕並且將顯示倍數放大，藉由放大目標提高到位的比率。較小的目標對他而言是很難標的，因為使用搖桿時，他是用拍擊或撞擊的方式，不能控制力道，很難做較準確的移動。在實驗時一時難改變其使用電腦的方式，他的手一直是在握拳的情況下，我們無法請他在一般的鍵盤上操作鍵盤滑鼠，但本方法就是可以容忍這些不受控制的力道，於

是請他試用本方法，去標的一個邊長 0.5cm 的正方形目標。在操作軌跡球時因為手臂僵硬且手指不靈巧，硬是費了較大的工夫才完成。但使用觸控板時，就較為容易，雖然還不是很順暢。最後我們請他嘗試慣用的搖桿定位小目標，雖然他碰撞搖桿時頗為暴力，有時甚至造成整個搖桿位移，但是本研究只判斷方向的做法，確實可消弭掉這些不穩定的敲擊，讓他順利完成定位。

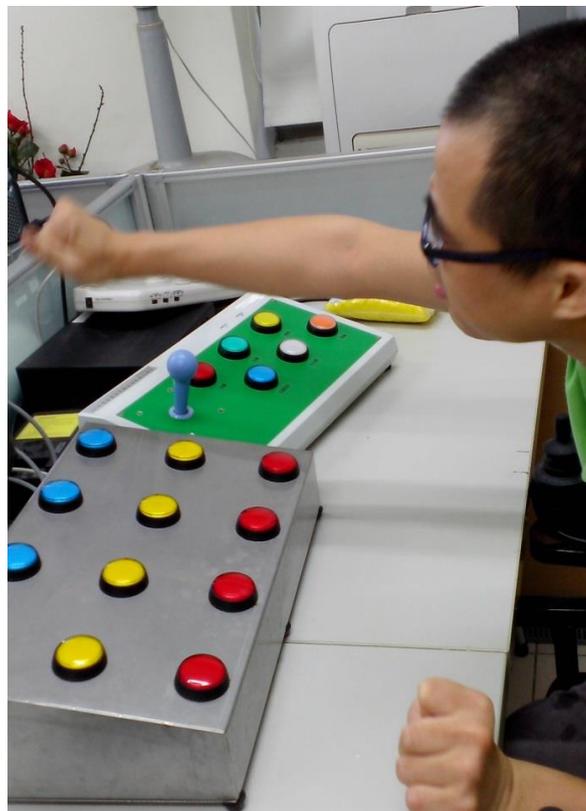


圖 4.6 實驗對象三 使用電腦的情形

因他口語不清楚和他人的聯繫一直需要電腦，常用的 12 鍵盤重量很重，攜帶非常不方便；而且在上班時常因敲打輔具，造成的聲響很大，對同事們不太好意思。長期的敲打也造成手腕的傷害。

訪談中，他表示這和他長時間以來使用電腦的方式，有很大的不同，手也因長時間的握拳，手指的靈活度很差，手部張力的改變要一段時間，可以使用較輕便的輔具是他希望的未來目標。

實驗對象四(如圖 4.7 )是一位因車禍而造成的脊髓損傷者，年齡 56 歲的男士。他原本是位新竹科學園區的工程師，有正常的工作及收入，但事故發生後因脊髓損傷傷及全身，他無法繼續在原工作單位任職，還必須有人全天候的照護。發生事故時，他正值壯年，家中還有兩個正在就讀國小的小孩，家裡的經濟負擔還是很重，除了家中的一般生活開銷、孩子的教育費及自己的醫藥費。



圖 4.7 實驗對象四

事故發生的當時網路剛興起，製作網頁是一項新興的行業，為了家中繁重的開銷，於是對象四開始自己買書，自我學習撰寫電腦網頁製作程式，以接程式專案在家中工作的方式，幫客戶製作網頁來賺取生活費用。他的手掌因脊髓損傷而造成手掌無力，使用電腦必須靠輔助器(如圖 4.8 )，加上本身的視力不佳，長期使用電腦對電腦定位常會使用很長的時間，也造成眼睛的疲倦及傷害，因而對我們的研究很有興趣。

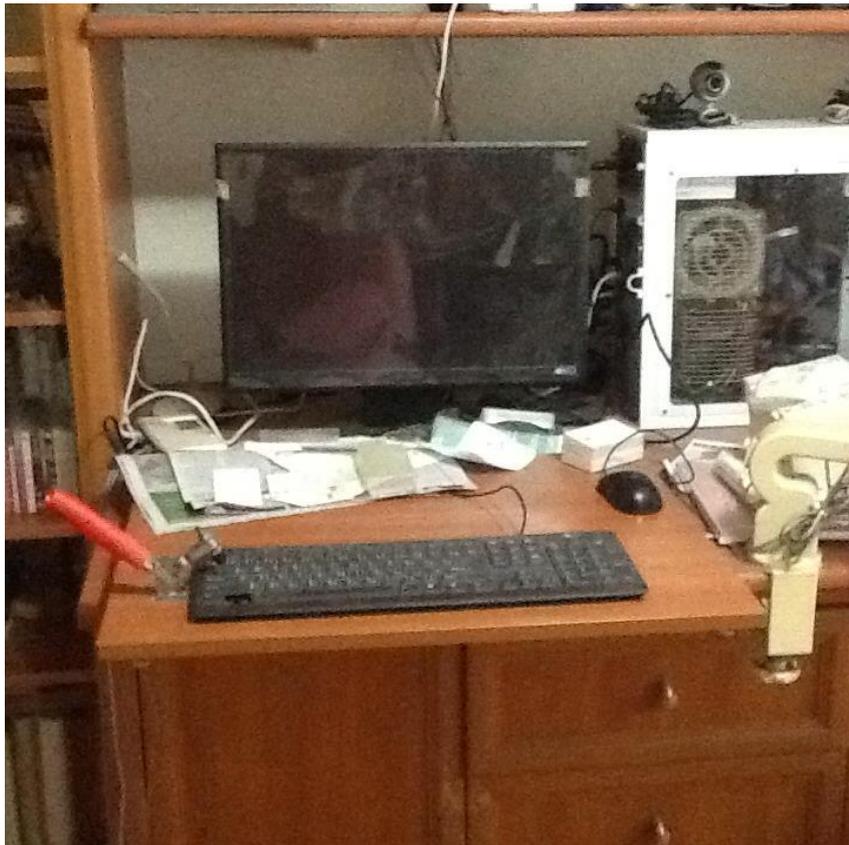


圖 4.8 實驗對象四家中電腦圖

對象四因為脊髓損傷造成胸部以下是沒有知覺的，他以坐姿一段時間後，每三十分鐘必須換站姿，固定時間後需換姿勢來讓身體血液循環一下，每十五分鐘左右需要按摩肌肉，因身上有尿袋，須一段時間就要導尿，因而我們只能請他幫我們做本方法的測試，回饋我們一些意見、想法及心得。

他表示在使用滑鼠時，因手部移動範圍小，滑鼠有時會滑出螢幕，常有定不到位的困擾。我們的研究方法利用方向鍵的移動是很便利的，只需要選定方向，游標就可以自我收斂不會像滑鼠有過頭或定位不到

目標的問題，是可以縮短定位的次數及時間。而我們請他使用離散軌跡球，軌跡球只需要滾動上方的滑鼠球，電腦就只需要判別方向就好，對他手部無力的部分，是更省力也更便捷的好方式。

他目前服務於脊髓損傷協會，致力鼓勵脊髓損傷者走出家中，走出悲情，他也鼓勵我們可以將本研究推廣出去，讓更多人可以更方便的使用電腦。

## 第五章 討論

本章第一節以實驗結果在各方法上時間進步幅度上討論，第二節討論研究成果，第三節就研究設計部份討論。

### 5.1 實驗結果討論

我們將依目標邊長 0.3 公分正方形及邊長 0.15 公分正方形，分別計算兩人各方法間的進步幅度，算法是將後測的結果減去前測結果除以前測，在乘上百分之百，所得結果即進步幅度，所得的數值以四捨五入法取到小數點後第一位。

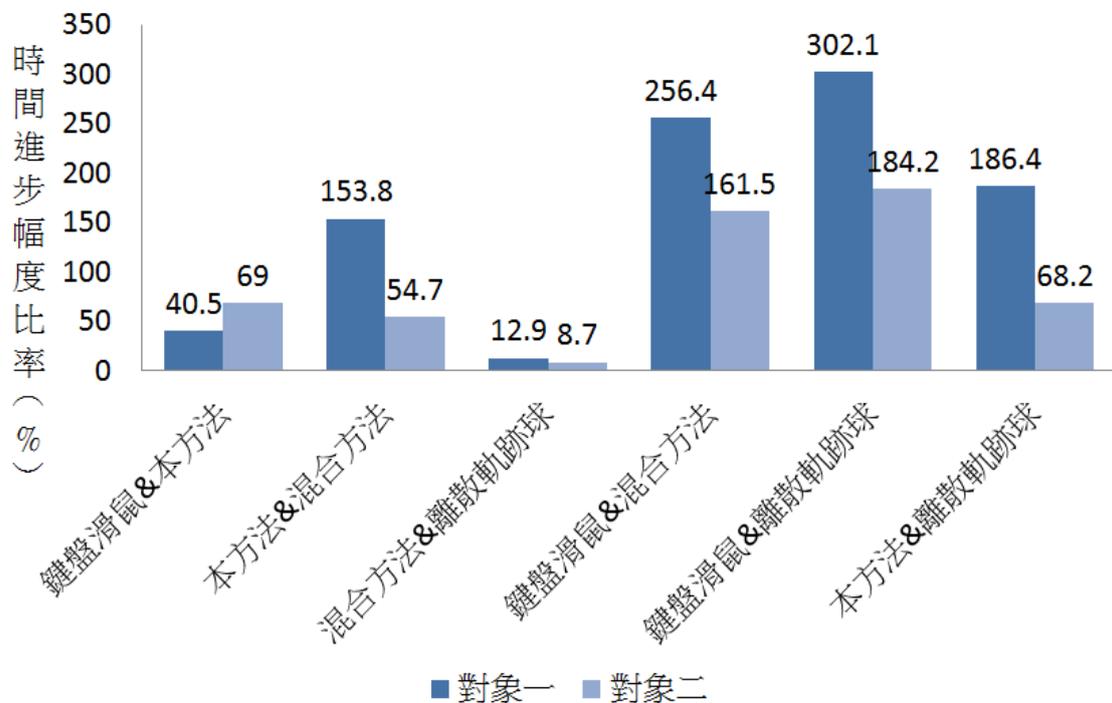


圖 5.9 目標邊長 0.3 公分實驗方法時間進步幅度比較結果長條圖

舉例說明，對象一在鍵盤滑鼠（194.2 秒）和本方法（138.3 秒）的時間進步幅度的計算方式： $\frac{194.2-138.3}{138.3} \times 100\% = 40.5\%$ 。

由圖 5.1 可以看到，實驗對象一在鍵盤滑鼠（194.2 秒）和離散軌跡球（48.3 秒）的時間進步幅度最大，可以達到 302.1%，實驗對象二也達 184.2% 都是時間進步幅度最大的，可見我們的方法是確實可以縮短使用電腦的時間。

在研究方法改進上，實驗對象一以混合方法和本方法的進步幅度 153.8% 較大，因為本方法要移動游標花費較久的時間在找尋鍵盤位置上，混合方式先用加正方形透明框的方式，直接移到目標點附近，可以讓她省去許多時間。而混合方法和離散軌跡球的進步幅度較少，實驗對象一 12.3%，實驗對象二 8.7%，因都在同一正方形透明框內，範圍變小，移動的次數都不多，所以差距並不大。

另外我們比較目標邊長 0.15 公分正方形，各方法間的時間進步幅度比較，製表如圖 5.2。

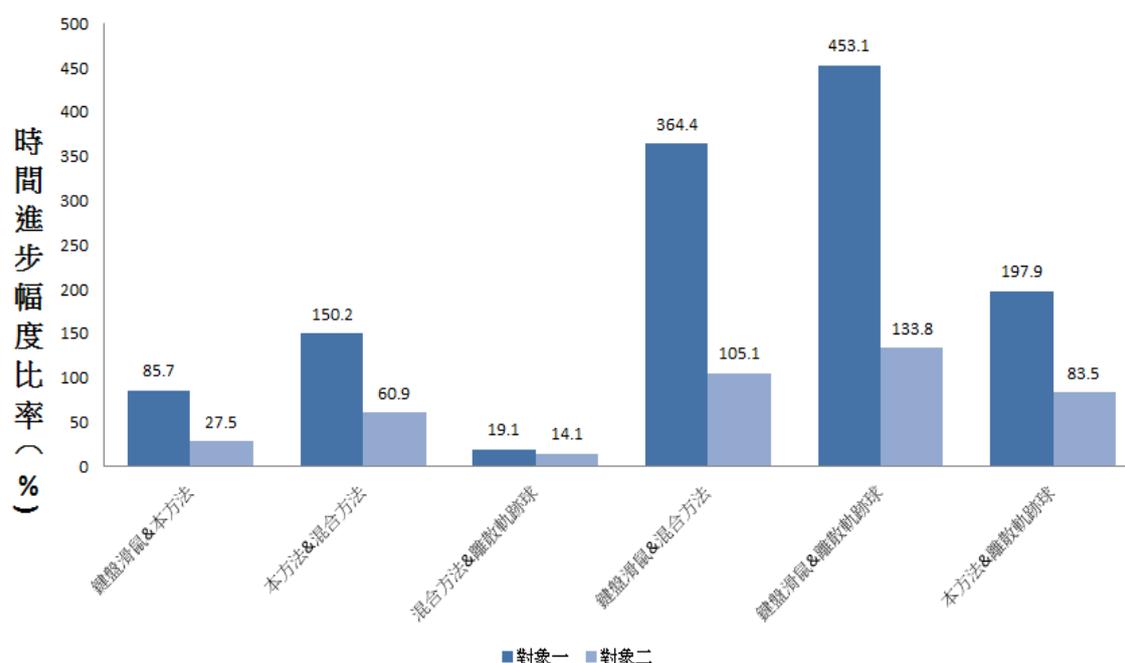


圖 5.2 目標邊長 0.15 公分實驗方法時間進步幅度比較結果長條圖

由圖 5.2, 可以明顯看出實驗對象一的時間進度幅度是較實驗對象二有很大的變化, 兩人雖然都是腦性麻痺者, 但對象一是重度腦性麻痺, 雖然使用電腦的時間較對象二長, 但在手部操控電腦的靈活度, 還是不如輕度的對象二。

圖 5.1 和圖 5.2 都可以看出: 離散軌跡球及鍵盤滑鼠都是進步幅度最大的, 對實驗對象一在目標邊長 0.15 公分, 甚至可達 453.1%, 可見目標變小, 本研究方法對手部肢體損傷嚴重者使用電腦游標定位的時間進步幅度是較明顯的。

## 5.2 研究成果討論

由實驗對象的施測結果可以分為共同性，與相異性的探討。

### 5.2.1 共同性

一、 方法的改進，造成實驗時間的縮短：

對象一、二、三都是出生就造成肢體的障礙，但因各人的手部張力不同，對操作電腦的情形也會有不同，三人選擇的輔具因各人能力及需求不同，而選擇不同輔具。而對象四雖是後天造成的肢體障礙，但也因手部能力需求，使用電腦必須加上輔助工具。

從兩人的實驗結果可以看出，每人選的輔具雖有不同，但依方法的改進，完成時間都有明顯的改進，甚至可以完成之前達不到的較小目標定位。

二、 定位點的大小：

正方形由邊長 0.3 公分到 0.15 公分，可以看出正方形越小，到達定位點的時間會更長，但因目前常用的文書處理及網頁介面，文字部分可以放大，但工具列是不可以放大的。對肢體障礙者而言，在使用電腦時，他們也須面臨到小目標的定位。在前一章討論中，我們還可以看到小目標對實驗對象一，在時間進步幅度上更大。

### 5.2.2 相異性

實驗對象的情形不同在實驗結果的表現上各有所不同。

手部的靈活使用度：

前二位實驗對象都是腦性麻痺患者，但依肢體患部的受損輕重度，可以看出：輕度腦性麻痺患者在使用電腦上是較沒有障礙的。而同是腦性麻痺重度的實驗對象一和三，兩人手部的張力不同，造成在使用本方法的方式是有所差異的。對象一是屬於低張力的，手指可以做較精細的動作，使用離散軌跡球時可以很輕鬆的滑動方向鍵。但對象三是高張力的，手一直是抱拳頭的，使用軌跡球時是難滑動，大部分是用手臂推的，必須有人在一旁輔助，穩定軌跡球。

## 5.3 研究設計討論

微軟作業系統的鍵盤滑鼠是個相當好的產品，可以直接在作業系統內使用不需要額外的費用或安裝其他軟體，但是為了達到精確的目的，游標移動時，必須使游標經過路徑上的每個點，隨著螢幕的解析度越來越高，困難度也將提升。雖然鍵盤滑鼠也提供加速功能，但加速常造成超越（overshoot），尤其在接近目標時，很難讓游標移動達到收斂的效果，若提前在接近目標時就鬆手，就必須再按好多下按鍵

才能讓游標接近目標，所以鍵盤滑鼠雖然是好的產品，卻缺少一個收斂機制。

對肢障者來說，電腦游標定位最困難的部分不在於長距離的移動，而是在接近目標的最後那幾公分，因為受限於受測者本身控制滑鼠的能力，或受測者使用工具的精準度無法很好，導致受測者無法精準定位在目標位置上。先利用一般滑鼠或軌跡球將游標移至目標附近，再利用本方法會自我收斂的特性，確實可以讓肢障者在使用電腦時，可以快速且精確地達到滑鼠定位的功能。

我們從改變軌跡球的運作方式發現，將一個連續訊號的設備改成離散式的設備，利用軌跡球移動游標，使用本方法可忍受的誤差範圍變得很大。因為我們只認定最後停止位置相對於起始點的方向作指令，因此使用者在做上、下、左、右的移動有很大的安全認定範圍，因此實驗過程中，對肢體移動不方便的受測者而言幾乎沒有發生方向錯誤的情形。

## 第六章 結論

本章就研究主題電腦游標定位自我收斂方法，第一節為方法特點，及第二節未來展望，做為本研究的最後結論。

### 6.1 方法特點

本方法具有以下特點：

#### 一、 快速且精確：

隨著螢幕上水平軸和垂直軸行程的距離大小，隨時調整螢幕上水平軸和垂直軸移動行程的大小，兼具快速且精確的特性。

#### 二、 自我收斂的特性：

具有自我收斂的特性，當滑鼠在接近目標時，不必刻意微動滑鼠去避免超越，因本方法利用程式設計，每次都移動剩餘像素量的一半，最後終可讓游標逐漸收斂往目標移動。

#### 三、 以離散的方式做輸入：

本方法是每個輸入都有特定的移動距離，將訊號以離散的方式做輸入，不會因使用者的抖動造成滑鼠訊號無法定位，或力量大小而影響結果，張力大的使用者，使用滑鼠力量過大，造成超越的問題；或者力氣太小，要移動許多次才能到達定位點。

#### 四、 使用既有的設備：

在一般電腦的輸入設備中，如軌跡球、一般滑鼠，即可使用本方法，可以省去再添購或訂製客製化昂貴科技輔具的費用。例如：實驗對象三使用慣用的搖桿也是可以使用本研究所研發的方法。

#### 五、 輸入方式容易：

只需使用到方向鍵，眼睛不用在鍵盤鍵上尋找按鍵，只要注視電腦螢幕就可以輸入，不用在螢幕與鍵盤上來回的搜尋，可以節省使用電腦的時間，避免長時間使用電腦，對眼睛造成疲倦及和手部腕關節的傷害。

由實測的結果證明本方法提供一個簡單、快速且精確的游標定位方式，更重要的是它可以在既有的硬體設備上實施，不須額外硬體成本。

## 6.2 未來展望

目前除了先天性造成的身心障礙人士，醫學的發達及國人養生保健意識的抬頭，逐漸形成老年化的社會，而老化或疾病造成肢體的動作遲緩；或意外事件造成身體肢體上的損傷，讓肢體損傷的人口是逐年增加，我們相信此方法的落實使用將造福許多身心障礙人士。

## 參考文獻

- [1] 行政院主計處。(擷取日期 2015 年 06 月 11 日)。  
<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=15408&CtNode=4594>。
- [2] 衛生福利部統計處。(擷取日期 2015 年 06 月 11 日)。  
[http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f\\_list\\_no=312&fod\\_list\\_no=4198](http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=4198)。
- [3] 郭為藩(1993)。特殊兒童心理與教育。台北：心理出版社。
- [4] 劉怡甫 (2013 年 3 月)。與全球十萬人做同學：談 MOOC 現況及其發展。評鑑雙月刊(42)。
- [5] 商業週刊(2014 年 7 月)。冠軍隊最強的王牌球員：大數據分析。商業週刊，74-75 頁。
- [6] FanPiece 開放式網上雜誌。(擷取日期 2014 年 05 月 22 日)。太感人，簡單一段短文就可以改變一生。
- [7] 行政院主計總處(2012)。100 年電腦應用概況調查統計結果。臺北：行政院。
- [8] 行政院研究發展考核委員會(2012)。101 年非認知功能身心障礙者數位機會與數位生活需求調查報告。台北：心理出版社。
- [9] 內政部統計處。(擷取日期 2014 年 12 月 15 日)。  
[http://www.moi.gov.tw/stat/news\\_content.aspx?sn=7294](http://www.moi.gov.tw/stat/news_content.aspx?sn=7294)。
- [10] 身心障礙者輔具費用補助辦法 (擷取日期 2013 年 9 月 2 日)。  
全國法規資訊庫。  
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0050060>。
- [11] 政治新聞 ETtoday (擷取日期 2014 年 8 月 18 日)。單親母車禍拿嚙救助金 黃珊珊轟社會局：做法僵化。

<http://www.ettoday.net/news/20140818/391029.htm>。

- [12]吳亭芳、陳明聰、陳雅玲(2012年3月)。肢體障學生電腦輔具使用現況及需求調查。特殊教育季刊(122)，13-21頁。
- [13]中華民國憲法增修條文(擷取日期2015年5月2日)。司法院大法官之相關法規  
[http://www.judicial.gov.tw/constitutionalcourt/p07\\_2.asp?lawno=47](http://www.judicial.gov.tw/constitutionalcourt/p07_2.asp?lawno=47)。
- [14]「身心障礙者個人照顧服務辦法」(擷取日期2015年5月2日)。中華民國內政部，主管法規查詢系統。  
<http://glrs.moi.gov.tw/NewsContent.aspx?id=1196>。
- [15]Scherer, M. J. (2002). The change in emphasis from people to person: introduction to the special issue on assistive technology. *Disability & Rehabilitation*, 24(1-3), pp. 1-4.
- [16]Consultation, W. H. O. (1999). *Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications* (Vol. 1).
- [17]王國羽(2012)。世界衛生組織分類系統與障礙測量議題。於王國羽、林昭吟、張恆豪。障礙研究理論與政策應用(第一版，73-81頁)。高雄市：巨流圖書股份有限公司。
- [18]身心障礙者權益保障法第五條(擷取日期2014年06月04日)。  
全國法規資訊庫。  
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0050046>。
- [19]何國華(1999)。特殊兒童心理與教育。台北：五南圖書出版公司。
- [20]王亦榮(2000)。肢體障礙兒童心理教育。於王文科。特殊教育導論(265-302頁)。台北：心理出版社。
- [21]林芳洵(2009年6月)。國民中學肢體障礙學生校園無障礙環境之研究。國立彰化師範大學特殊教育學系碩士論文。

- [22]唐詠雯 (2005 年 6 月)。肢體障礙學生運用輔助性科技成果之研究。  
國立彰化師範大學特殊教育系博士論文。
- [23]林寶貴等 (2000)。特殊教育理論與實務。台北市：心理出版社。
- [24]身心障礙者及資賦優異學生鑑定辦法 (擷取日期 2013 年 9 月 2 日)。  
<http://edu.law.moe.gov.tw/LawContentDetails.aspx?id=FL009187&KeyWordHL=&StyleType=1>。
- [25] 魏俊華、蒲建成 (2006)。身心障礙學生輔導手冊-肢體障礙類。  
台北：教育部特殊教育工作執行小組。
- [26]連淑華、王保盛 (1987)。腦性麻痺兒童家長及教師手冊。屏東：  
基督教勝利之家。
- [27]許天威 (2000)。肢體障礙學生輔導手冊。台北：教育部特殊教育  
育小組。
- [28]羅揚清、林恭平、蔡清標、廖光淦(2012)。淺談漸凍人-肌萎縮性脊  
髓側索硬化症。臨床醫學(69)，96-101 頁。
- [29]Cook, A. M., & Hussey, S. M. (2008). *Cook & Hussey's Assistive  
Technologies Principles and Practice (Third edition ed.)* St. Louis:  
Mosby.
- [30]Angelo, J. (1997). *Assistive technology for rehabilitation therapists*.  
Philadelphia: F.A.Davis.
- [31]King , T. W. (1999). *Assistive Technology : Essential human factors*.  
Boston: Allyn and Bacon.
- [32]謝明哲 (2001 年 12 月)。為半側癱瘓與中度徐動型腦性麻痺者設  
計 26 鍵單手鍵盤之前期測試。台東師院學報第十二期(下)，  
171-188 頁。

- [33]Sigafoos, J., Schlosser, R. W., Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Green, V. A., & Singh, N. N. (2014). Assistive Technology for People with Communication Disorders. In *Assistive Technologies for People with Diverse Abilities* (pp. 77-112). Springer New York.
- [34]Automatic Speech Recognition: *The Development of the Sphinx Recognition System* (Vol. 62). Springer.
- [35]Fang, J., Sears, A., & Karat, C. M. (2006). A longitudinal evaluation of hands-free speech-based navigation during dictation. *International journal of human-computer studies*, 64(6), pp. 553-569.
- [36]陳明德、楊熾康(2004)。電腦使用觀點來談協助工具在身心障礙學童之應用---以 Microsoft XP 為例。國小特殊教育, 37 期, 47-59 頁。
- [37]Microsoft Accessibility. 擷取日期 2014 年 08 月 15 日。  
<http://www.microsoft.com/enable/>。
- [38]Hecht, D. L., Flores, L. N., Petrie, G. W., & Karlsson, S. (2004). *U.S. Patent No. 6,783,069*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [39]劉倩秀、劉淑浚、祝旭東、施啟明、唐詠雯、畢柳鶯 (2005 年 12 月)。利用 Fitts 定理評估頸髓損傷者滑鼠操作之功能性表現。臺灣復健醫學雜誌卷期, 33(4), 205-211 頁。
- [40]Trewin, S., & Pain, H. (1996, 11 19). Keyboard and Mouse error due to motor disabilities. *Journal of Human-Computer Studies* 50(2), pp. 109-144.
- [41]Hurst Amy, Mankoff Jennifer, & Hudson E.Scott. (2008,10). Understanding Pointing Problems in Real World Computing Environments. ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (pp. 43-50). New York, NY, USA: *ACM Special Interest Group on Accessible Computing*.

- [42]Hurst Amy, Hudson Scotte, Mankoff Jennifer, & Trewin Shari. (2013,10). Distinguishing Users By Pointing Performance in Laboratory and Real-World Tasks. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 5(2), p. 5.
- [43]Wobbrock, J. O., & Gajos, K. Z. (2008, 5). Goal Crossing with Mice and Trackballs for People with Motor Impairments: Performance,Submovements,and Design Directions. *ACM Transactions on Access Computing*, 1(1), pp. 1-37.
- [44]Trewin , S., & Moffatt, K. (2006,10). Developing Steady Clicks: A Method of Cursor Assistance for People with Motor Impairments. *ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pp. 26-33.
- [45]Rozado David. (2013,9). Mouse and Keyboard Cursor Warping to Accelerate and Reduce the Effort of Routine HCI Input Tasks. *IEEE Transaction on Human-Machine Systems*, 43(5), pp.487 - 493.