

國立臺灣大學電機資訊學院資訊工程學系

碩士論文

Department of Computer Science and Information Engineering

College of Electrical Engineering & Computer Science

National Taiwan University

Master thesis

訓練幼兒手部功能的電腦剪紙遊戲

A Computer Cutting Game to Train Hand Function for

Children



洪培堯

Hung Pei-Yao

指導教授：朱浩華 博士

Advisor: Chu Hao-Hua, Ph.D.

中華民國 97 年 6 月

June, 2008



誌謝

首先，感謝我的指導老師朱浩華教授，在這三年無怨無悔的指導跟付出，教我做研究的方法；並在最後的這段日子，給我無限的鼓勵跟寬容，讓我有勇氣走完全程。感謝許永真老師，在平日的短暫相遇之中，無私的付出，給我提點跟關心。感謝郭大維老師，在百忙之中抽空指點論文的問題。感謝羅鈞令老師跟他的研究助理王欣雁，從職能治療的專業領域，讓我了解研究的不同面向。

感謝好友象哥，鼓勵我去運動，養成一生受用不盡的好習慣；在平日低潮時給我鼓勵，在論文的寫作上多次的幫我閱讀並提出建議，並在最後的一段日子裡一起努力準備論文跟口試。好友大仙，在研究事務繁忙、自己有兩篇論文要完成的情況下，拖著疲累的身體跟我討論論文以及口試報告的架構，多次的教我論文寫作要點及注意事項、找出盲點。感謝紀婉容學姐，在進入實驗室的三年裡，多方的關照我這個什麼都不懂的學弟，不厭其煩的回答我諸多的問題，並熱心的給我協助跟建議。另外，感謝豪哥、麗珊、Peggy、Ben、Jones、誠哥、David、翰文以及 Lab 的所有人，在兩年的研究生活中，給我支持、鼓勵、跟幫助，讓我的生活中充滿了感動，度過每一個難關。

感謝王小右，不時的陪我吃飯聊天，分享他的人生經驗，並以旁觀者的角度給我很多獨到的見解，適時的解開我思考上的盲點，將我導向正途。感謝趙小廣，常常麻煩你帶我到處去遊玩，放鬆心情、增廣見聞，讓生活中充滿驚喜。當然，感謝八字頭，雖然高中畢業後久久難以見一面，但我相信你

們一樣在世界的某個角落給我支持跟祝福。

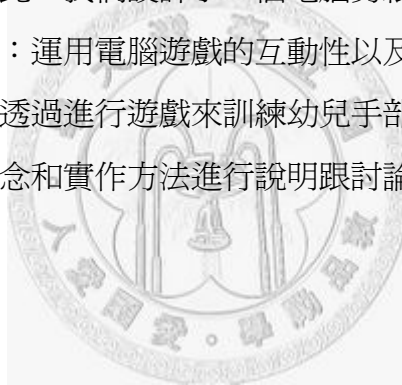
感謝我的爸媽以及妹妹，在出外唸書的這段期間，給我完全的信任跟支持，包容我遇到挫折困難時壓抑的委屈跟淚水，持續地給我溫暖且堅強的力量，讓我順利完成學業。

最後，感謝所有我認識的人以及認識我的人，生命中的每一刻都因為跟你們的相遇而精彩，造就了現在的我。



摘要

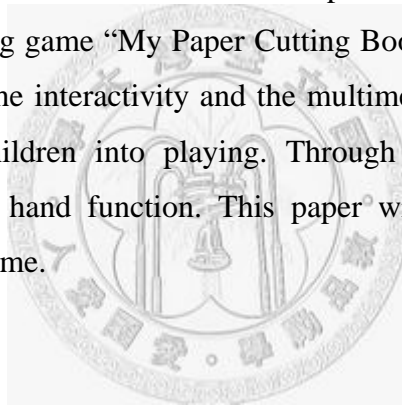
手部功能的運用是評量幼兒發展的重要根據，手部的發展也會影響到幼兒其他方面的發展。因此，我們設計了一個電腦剪紙遊戲－「我的剪貼簿」來訓練幼兒手部的功能：運用電腦遊戲的互動性以及多媒體的豐富內容，來吸引小朋友進行遊戲，透過進行遊戲來訓練幼兒手部肌肉的控制能力。本篇論文中將針對遊戲的概念和實作方法進行說明跟討論。





Abstract

Hand function is one of the most important aspects of children's development. The development of the hand also affects development of other body parts. We design a computer cutting game "My Paper Cutting Book" to train hand function for children. We adopt the interactivity and the multimedia richness in computer games to encourage children into playing. Through the process of playing, children can train their hand function. This paper will discuss the ideas and implementation of the game.





Contents

誌謝.....	i
摘要.....	iii
Abstract.....	v
Contents	vii
List of Figures	xi
Chapter 1 緒論.....	1
Chapter 2 相關研究.....	5
2.1 總覽.....	5
2.2 幼兒手部功能訓練.....	5
2.3 其他年齡層的手部功能訓練.....	6
2.4 幼兒其他能力的訓練.....	8
Chapter 3 系統設計與實作.....	11
3.1 總覽.....	11
3.2 需求系統架構及環境設定.....	12
3.2.1 硬體.....	12
3.2.2 軟體.....	14
3.2.3 使用者.....	15

3.3	系統設計方法	20
3.3.1	總覽	20
3.3.2	預覽	23
3.3.3	功能鎖定	24
3.3.4	更新頁面	25
3.3.5	警示	26
3.3.6	區塊	30
3.3.7	碎塊	33
3.3.8	檢查	34
3.3.9	完成	36
3.3.10	抽屜	36
3.3.11	剪、畫二階段進行	37
3.3.12	變形工具	39
3.3.13	筆，調色盤跟橡皮擦	40
3.3.14	儲存載入	41
3.3.15	紀錄	42
3.3.16	輸出作品	42
3.4	遊戲說明手冊	43
3.5	評估輔助工具	44
3.5.1	總覽	44
3.5.2	模擬器	45
3.5.3	分析器	46
Chapter 4	系統分析	51
4.1	總覽	51
4.2	跟傳統剪紙遊戲的差異	51
4.2.1	操作方式	52
4.2.2	功能	53
4.3	使用者的行為與反應	54
Chapter 5	實驗與結果	61
5.1	總覽	61
5.2	使用者與實驗設計	61
5.3	結果分析	62
Chapter 6	結論與未來展望	67
6.1	結論	67

6.2 未來展望.....	68
參考書目.....	70
附錄.....	76

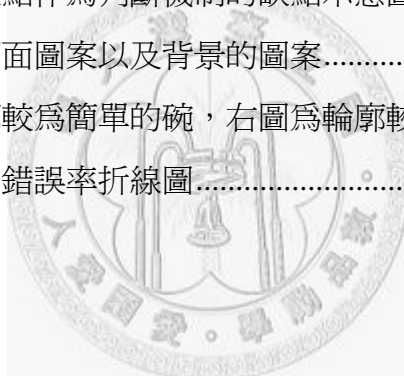




List of Figures

Figure 3.1.1 系統運作流程	11
Figure 3.2.1 滑鼠。	12
Figure 3.2.2 軌跡球。	13
Figure 3.2.3 繪圖板	14
Figure 3.2.4 沒有文字的遊戲介面	16
Figure 3.2.5 左圖為人物剪貼簿，右圖為配件剪貼簿	17
Figure 3.2.6 左圖背景剪貼簿，右圖為幼兒的作品：在廚房裡吃蛋糕的爺爺	18
Figure 3.2.7 左圖為 iTunes Cover Flow，右圖為遊戲使用的簡化版本	18
Figure 3.3.1 剪紙模式介面介紹	20
Figure 3.3.2 著色模式介面介紹	21
Figure 3.3.3 遊戲流程圖	22
Figure 3.3.4 將預覽窗格直接嵌入畫面左方，跟其他組件放在一起	23
Figure 3.3.5 改編自 iTunes Cover Flow 的預覽	24
Figure 3.3.6 左圖為進入鎖定狀態，右圖解除鎖定狀態	25
Figure 3.3.7 線段變粗的效果	28
Figure 3.3.8 左圖為處理前剪的軌跡示意圖，右圖為處理後用來製造區塊的點的示意圖	31
Figure 3.3.9 含有不小心剪到、或是多剪的一段，以及因為控制不良造成的偏差	32
Figure 3.3.10 經過處理完成的圖，有部份的錯誤被消除	32
Figure 3.3.11 每張小紙片，都是一塊封閉區域	33

Figure 3.3.12 由左道右為從剪的軌跡到剪下來的過程.....	34
Figure 3.3.13 左圖為使用者剪的軌跡，右圖為檢查後的標示.....	35
Figure 3.3.14 左圖為成對的端點，右圖為端點跟可連結的軌跡.....	36
Figure 3.3.15 單一階段.....	38
Figure 3.3.16 左圖為剪紙階段，右圖為著色階段。.....	38
Figure 3.3.17 變形工具.....	40
Figure 3.5.1 軌跡模擬器.....	46
Figure 3.5.2 準確度分界線示意圖。.....	48
Figure 3.5.3 準確度判定示意圖.....	48
Figure 3.5.4 偏差量、錯誤率統計示意圖.....	49
Figure 3.5.5 沒有實際形成截線段，系統以距離最近點來定義虛擬的截線段.....	50
Figure 3.5.6 以距離最近點作為判斷機制的缺點示意圖.....	50
Figure 4.3.1 幼兒無視頁面圖案以及背景的圖案.....	56
Figure 4.3.2 左圖為輪廓較為簡單的碗，右圖為輪廓較為複雜的小男孩.....	56
Figure 5.3.1 七位幼兒的錯誤率折線圖.....	64



Chapter 1

緒論

在幼兒的發展理論上，有所謂里程碑的概念，也就是在各個年齡層有預期的發展成就[1]。雖然每位孩子發展的速度不盡相同，但是在發展的順序上大致是一樣的。身體發展的里程碑主要包括：體積增加、身體比例的改變、睡眠、進食與排泄模式的改變、感官知覺的發展、大肌肉動作及小肌肉動作技巧。其中，小肌肉動作發展的部份，主要的重點就是手部功能的發展。在一歲前，主要有伸手拿東西、運用拇指及食指抓小型物品的行為出現。在三歲前，會翻書頁、出現慣用手傾向、堆疊物品。而在六歲前，也就是處於學齡前的階段，開始會運用剪刀切割紙張、用畫筆、鉛筆繪畫與寫字。

一般來說，如果家長發現幼兒在發展上出現問題，沒有達成應有的里程碑，應該儘速帶幼兒到醫院進行診斷與治療。傳統上會到醫院復健部，藉由參與遊戲或是活動，讓幼兒接受刺激並訓練功能有問題的部位[32]。在手部功能的訓練上，通常在醫院裡或是在學校裡，都會使用剪紙、著色等美勞活動，配合剪刀與筆的使用，訓練幼兒手部的小肌肉動作[2]。

然而，進行傳統的遊戲或是訓練活動有幾個缺點：如果需要觀察兒童進行活動的情況，必須要有醫院的治療師或是幼稚園的教師等專業人員從旁觀察，或是架設錄影機進行拍攝紀錄。否則，無法完整了解小朋友進行活動的整個過程，只能從活動結束後的成品來推估大概的情況。另外，像是剪刀等

鋒利工具的使用帶有危險性，使用不慎便會造成兒童受傷，所以在初期進行活動時，必須要有大人在旁協助指導，避免兒童發生意外傷害。而以兒童到復健部進行治療的慣例而言，都是一段時間才去醫院進行一次訓練，所以無法進行大量密集的訓練。況且每次進行活動時都需要治療師或是教師等專業人士在旁觀察，非常浪費時間跟人力。

鑑於傳統訓練方式的缺點，我們希望運用日新月異的電腦技術，製作一個訓練手部功能的電腦遊戲，不僅能彌補傳統方法之不足，還能提供額外的優點：

藉由數位資訊便於快速複製及處理的特性，多次的訓練只要在程式的設計上有相對應的功能即可達成目的。而要紀錄使用者的動作也非常容易：在使用者進行活動的同時，無論是動作的時刻或是移動的座標都可以輕易透過程式取得，不需要專業人士在旁觀察。如果蒐集的資訊夠足完整，還可以在活動結束後，運用這些資訊來模擬使用者進行活動時每一次的狀況改變，提供需要的治療師或是教師進行觀察，以便分析、研究。

目前電腦已經越來越普及化，如果不需要專業人員在旁觀察與指導，幼兒可以隨時打開電腦進行訓練，無須等待固定的時間安排，不但可以節省專業人士時間跟精力的消耗，也可以讓幼兒進行大量而且密集的訓練。經過適當的選擇，電腦遊戲所需的輸入裝置可以避免使用鋒利或是具有危險性的工具，既讓使用者保有操作的方便性，又能在安全的狀況下進行活動。而及早讓幼兒瞭解電腦及玩電腦遊戲，一方面有助於手指的小肌肉操作[30]，另一方面也讓幼兒增進對科技新產品的認識，以免幼兒因為不了解新時代的產物，造成日後受同儕排斥，以至於對電腦排斥或產生電腦恐懼症 (computer phobia)。

最後，透過電腦的記憶體跟高速運算能力，讓我們可以提供給幼兒豐富的內容、特殊的視覺聲光效果，吸引幼兒遊戲，並且透過電腦軟體的設計，

帶給小朋友在現實世界沒有的經驗。

基於上述電腦技術所具備的許多優點，我們結合電腦設計出一套完整的系統：包括遊戲、說明手冊、輔助評估工具。在參考剪紙與著色活動後，設計了電腦剪紙遊戲「我的剪貼簿」，配合遊戲手冊的指引以及繪圖板的操作，幼兒可在家裡隨時進行遊戲，進行大量密集的訓練。另外，我們對幼兒的遊戲過程進行紀錄，並參考了臨床上的標準測驗 Southern California Motor Accuracy Test-Revised (MAC-R)[16]的概念，設計了輔助工具來呈現、分析資料，幫助治療師或是教師評估幼兒訓練的情況跟成果。評估工具也配合臨床的標準測驗 Southern California Motor Accuracy Test-Revised (MAC-R)[16]、Visual Motor Test of Integration(VMI)[17] 來驗證評估工具的可信度，以及訓練效果是否能移轉到日常生活中。

在接下來的篇章中，我們將在第二章對相關的研究進行介紹、在第三章介紹系統的架構以及實作方法、在第四章對系統進行分析、在第五章介紹實驗的設計跟結果、在第六章進行結論跟未來展望。

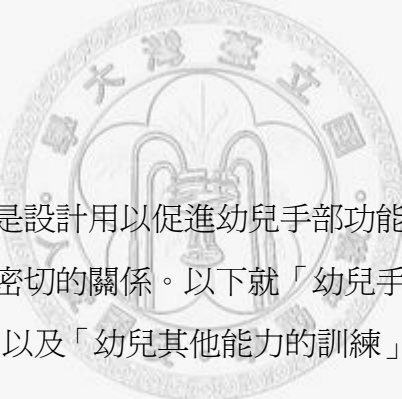




Chapter 2

相關研究

2.1 總覽



「我們的剪貼簿」是設計用以促進幼兒手部功能發展的電腦遊戲，與幼兒發展以及復健治療有密切的關係。以下就「幼兒手部功能訓練」、「其他年齡層的手部功能訓練」、以及「幼兒其他能力的訓練」等三方面來介紹相關的研究。

2.2 幼兒手部功能訓練

PETS[3][4]是一個利用穿戴式感測器使其能做出與使用者相似動作的機器人。藉由吸引小朋友透過它來說故事，並透過穿戴式感測器教「它」表演，達到復健的目的。這個研究希望藉由說故事，讓復健治療不再完全由治療師所主導，而是進行由小朋友掌控的活動；吸引小朋友編故事，並且用自己的身體去教機器人如何說這些故事。治療師可在旁引導小朋友進行身體各部位的活動，來達成復健的治療。它跟我們的研究不同點在於，他們的情境是在

醫院裡透過小朋友跟機器人的互動，運用大量的感測器(sensor)及促動器(actuator)，讓小朋友進行全身各部位配合、大動作的活動。我們則是在家裡讓幼兒進行互動式電腦遊戲，運用成本低的設備跟軟體，讓幼兒能在家自行訓練手部功能。

由牛津家族[5]所出品的小青蛙運筆訓練(Frog Writing Fun)[6]與形狀色彩運筆遊戲(Maze Writing Fun)[7]，讓孩子控制磁筆「帶著」鋼珠走迷宮，使孩子在握筆設法吸引鋼珠時，除了能鍛鍊手部大肌肉和小肌肉的穩定度，同時也培養了手、眼、腦的協調性。這兩項產品，主要是透過由手去握著筆，沿著玩具表面上的凹槽移動。跟我們的研究不同的是，他們的玩具不具有紀錄的功能，且遊戲進行模式固定，只有一種凹槽、沒有配合的其他活動進行(我們還有著色、貼圖等活動)。除非在治療師跟教師的陪同下進行，這樣的模式只能單方面的讓小孩子帶回家玩，無法了解幼兒的表現。

由 Vtech[8]所出品的「火箭探索樂」(Soft & Soar Rocket)[9]，可以透過將不同形狀的積木嵌入火箭內，訓練手指的靈活度及手眼協調，並透過聲音教導幼兒認識相關的顏色及數字。這個玩具同樣不具有紀錄的功能，但是它集合了聲光效果，並能同時訓練手部功能、認識形狀、顏色、以及數字的概念，是多功能的玩具。

2.3 其他年齡層的手部功能訓練

Jack 等人[10][11]運用 CyberGlove[12] 以及 Rutgers Master II-ND(RMII) force feedback glove[13]來當作輸入裝置，配合虛擬實境 (Virtual Reality)的技術來進行中風後的復健，並針對復健治療的四個項目：範圍(range)、速度(speed)、分別(fractionation)、力量(strength)設計不同的訓練，根據患者的表現逐步提昇訓練的難度，加強訓練的效果。這篇研究跟我們的不同點在於他

們的使用者是中風過後的病患，主要是年紀大的人，且使用的仍然是只能在實驗室內進行訓練的高成本精密儀器(新台幣幾十萬)，無法輕易的讓病患帶回家安裝使用。但是它可以藉由儀器精密的測量每一根手指的力道跟運動的軌跡，我們則是用剪的準確度來評量幼兒手部控制的能力。

Jack 等人進一步檢驗[14]，透過虛擬實境進行復健訓練的表現進步能否移轉到現實世界對事物的操縱。他們利用臨床上的測驗如 **Jebsen Test of Hand Function**[15]等測驗來驗證功效。結果顯示經由虛擬實境配合的訓練的確讓使用者在手指控制能力上有進步，讓完成一些工作(task)所花的時間縮短。我們的研究也有配合 **The Southern California Motor Accuracy Test-Revised (MAC-R)**[16] 來評量使用筆時視覺引導的正確性，並運用 **Visual Motor Test of Integration(VMI)**[17] 來評量幼兒仿畫 24 個圖形的能力，結果正在分析當中。

VR-STEF[18]主要是自己製造了一個能量測手部運動的手套 **virtual glove**，希望能藉由跟 VR 的配合，將傳統的 **STEF** 測驗(通常用來評估人上臂的敏捷(quickness)程度) 在電腦中實現並發展成為電子化的標準測驗，避免受到人(治療師、評估人員)的主觀判斷影響。這跟我們研究的不同之處在於，我們並沒有客製化的量測裝置，我們並不是直接將一個臨床上的標準測驗在電腦中模擬，而是設計了一個活動，並參考臨床上的標準測驗 **The Southern California Motor Accuracy Test-Revised**[16]的概念來評估幼兒在遊戲中手部功能的表現。而我們也希望能配合 **The Southern California Motor Accuracy Test-Revised**[16]、**Visual Motor Test of Integration** [17]等標準測驗來證明我們的訓練有效且能移轉到現實世界中的工作表現上，並進一步的發展成為標準化的自動化電子測驗，避免人力的浪費及人為主觀的影響。

2.4 幼兒其他能力的訓練

好玩餐盤[34]主要是想解決幼兒進食行為不佳的問題，以及衍生的家庭用餐問題。本篇研究設計了配有競賽遊戲的餐盤，藉由連結幼兒的進食過程跟遊戲進行，鼓勵小朋友主動、專心進食。好玩牙刷[35]主要想解決幼兒無法正確刷牙的問題。這篇研究設計了刷牙遊戲，透過進行遊戲讓幼兒學習正確的刷牙習慣，並針對牙菌斑指數 (plaque index)、時間(time)、次數(count)、涵蓋範圍(coverage) 四個項目來評估幼兒是否學會正確刷牙方式。這兩項研究都試著將說服科技[36][37]整合在幼兒日常生活中，透過遊戲的設計來引導幼兒行使正確的行為，讓幼兒能在遊戲中學習到正確概念。跟我們的研究不同的是，科技的運用仍然停留在訓練的階段，在紀錄跟評估方面仍需錄影機配合專業人員的幫助才可以進行，無法自動完成。

SIDES [19]運用桌面科技(tabletop technology)為平台，創作一個需要四人合作才能致勝的遊戲，讓患有亞斯伯格症的青少年練習合作中所需的社交技巧，包括溝通、輪流進行、傾聽等行為。亞斯伯格症的患者通常在語言跟認知方面是沒有問題的，但是對於社交規範、辨認他人臉部表情、肢體語言不擅長。這樣的情況造成他們對於合作所需要的能力，像是溝通、聆聽、順序的概念都非常的缺乏。而且他們通常覺得電腦比較容易相處，所以設計電腦遊戲讓他們訓練合作的技巧是個合適的選擇。

KidTalk[20]主要想解決的問題是如何培養患有亞斯伯格症的小孩的社交禮儀。解決的方法是在網路上建立一個類似聊天室或是網路遊戲的環境，讓患有亞斯伯格症的小孩在網路上進行角色扮演，讓他們在網路上練習跟別人互動，並學習一些社交禮儀。每次遊戲都會參考一個劇本，由小孩自己選擇要扮演哪個角色進行遊戲，遊戲當中有治療師可以提供輔助，諮詢，導引劇本的發展，但是本身並不參與遊戲。而在網路上提供服務，可以讓住在遠離市中心(醫院)的小朋友也可以接受到這項服務，讓各個不同地方的小朋友能

互動，也讓他們學習跟不同人互動。

pOwerball[21]在桌面上設計了一個結合 AR(Argumented Reality)和 TUI (Tangible User Interface) 的遊戲，遊戲的目的是要讓不同種類功能障礙像是學習障礙、肢體傷殘(learning, physical disabilities)的小孩能夠在一起玩遊戲並且練習社交、合作的技巧。

Picard 等人的研究[22]主要是想解決自閉症小孩不懂得藉由辨認臉部表情來了解別人的情緒、因此在社交上會有障礙的問題。在螢幕上會有各種不同的表情，小朋友要辨識螢幕上的人臉的表情是屬於難過(sad)、生氣(angry)、快樂(happy)、驚訝(surprise)，並將小矮人玩偶中具相同表情的挑選出來，在遊戲進行中學習辨認別人的臉部表情。

Keepon[23]這篇研究主要是想解決自閉症小孩在跟人談話時眼睛不會正視對方(eye-contact)的問題。它製作了一個類似小企鵝的可愛機器人，keepon。它會跟靠近他的人有互動，會出現凝視的行為，也會跟別的 keepon 互相凝視或是共同看一件物品。由於 keepon 會把它的「眼睛」所看到的影像錄製下來，因此可以觀測到小朋友跟它互動時的真實表情，有利於研究者進一步分析。小朋友可以跟 keepon 的互動，也可以透過觀察 keepon 跟另一隻 keepon 互動，來了解人與人之間互動時眼神交會的情形。

Aurora[24](AUtonomous RObotic platform as a Remedial tool for children with Autism)這篇研究主要是想解決自閉症小孩不擅長社交行為的問題。這個研究所採用的方法是設計機器人跟小孩互動，並逐步調整機器人行為的複雜度，讓小孩學習凝視 (eye-contact)、共同觀看(joint attention)、接近(approach)、迴避(avoidance)、跟隨(follow)、模仿(imitation)等行為，讓小孩能漸漸習慣跟別人互動，從中學習自己該怎麼做。

前述的研究，一部分是想解決患有自閉症、亞斯伯格症的幼兒在社交行

爲上無法跟正常人溝通的問題，包括眼神接觸、溝通、表情辨認、以及社交禮儀，因此設計了訓練的工具，讓幼兒藉由跟機器人或是電腦軟體的互動，練習會遇到的狀況跟其他人可能出現的反應。一部分則是讓有不同障礙的人，能藉由遊戲中的合作跟溝通，跟正常人在一起活動：透過跟真人在遊戲的情境下互動，適量的降低他們的障礙所造成的門檻，讓他們能在遊戲規則的規範下，試著去跟別人互動。這些研究跟我們的不同點在於，他們所要訓練的能力是人跟人互動時所需的能力，所以必需以跟真人或是機器人互動的情境來訓練。而我們所針對的手部功能，不需要跟其他人互動即可進行訓練，所以主要是以使用者爲一個人的情況來設計我們的系統。



Chapter 3

系統設計與實作

3.1 總覽

在本章中，將對整個系統的設計與實作，分成以下幾個章節來說明：「需求系統架構及環境設定」、「系統設計方法」、「遊戲說明手冊」、「評估輔助工具」。整個系統的運作流程如 Figure 3.1.1 所示，為一結合訓練、紀錄、至評估的完整系統。



Figure 3.1.1 系統運作流程

3.2 需求系統架構及環境設定

3.2.1 硬體

「我的剪貼簿」主要需要三項硬體設備：主機、螢幕、輸入裝置。主機方面唯一需要注意的在於記憶體方面，建議有 1GB 會讓遊戲的進行比較流暢。螢幕方面對於解析度的支援至少要高於 1024 x 768，這樣螢幕才能完整顯示我們製作的遊戲介面。輸入裝置的部分，需要準確的反應使用者操作的動向，精準地移動。

因為我們要將現實中的遊戲在電腦中實作出來，考量到使用者要在家中訓練，必須顧及器材取得的方便性，所以得謹慎的挑選輸入裝置。第一個候選輸入裝飾是滑鼠，如 Figure 3.2.1 所示。經過測試後我們發現，滑鼠對於我們的遊戲是不適合的：雖然它對於進行點選的動作、一段相對距離的移動非常的快速，但是卻沒有辦法迅速平穩地將游標移至目標點；再加上它跟接觸面的摩擦力，使得滑鼠只能表現出大幅度的移動，以及一直受摩擦力影響而無法穩定位移的小幅度移動。



Figure 3.2.1 滑鼠。

軌跡球常見於科學藝術展覽跟互動裝置，其最大的優點就是節省空間。軌跡球移動游標是透過拇指或是食指(可配合中指使用)對軌跡球的操作進行，主要就是手指的運動，如 Figure 3.2.2 所示。這樣的操作方式當然也可以配合我們的遊戲進行，訓練的部位也會因此不同。但是軌跡球的缺點跟滑鼠有類似的地方，也就是它對初學者來說，無法非常穩定準確的控制游標移動的軌跡，同時軌跡球的操作主要是集中在拇指或是食指的使用，而較少使用到手臂、手軸、手腕，所以不適合作為我們的輸入裝置。



Figure 3.2.2 軌跡球。

最後我們決定採用的輸入裝置為繪圖板，如 Figure 3.2.3 所示，著眼於它的設計本來就是為了讓繪圖創作的人使用，穩定度跟準確度的要求本來就很高，比前面兩種輸入裝置更適合做精細平穩的移動，對於需要準確度的應用當然更為適合。其筆尖與繪圖板的摩擦力經設計讓人能做到緩慢平穩的移動，不會因為不適應過大的摩擦力造成偏移。而繪圖板的操作方式，需要從手臂、手軸、手腕、以至手指等各個部位的協調才能完成動作，涵蓋了我們對手部功能訓練的各個部位。基於準確度跟穩定性，以及易於取得、佈置的特性，我們決定使用繪圖板作為我們的電腦剪紙遊戲的輸入裝置。



Figure 3.2.3 繪圖板

3.2.2 軟體

在這個研究過程當中，我們配合大部分使用者家庭擁有的電腦所配備之作業系統，以 Microsoft Windows XP[38]作為遊戲運作平台。

由於我希望能製作一個互動遊戲來訓練幼兒的手部功能，再加上我們希望遊戲未來能推廣到網路成為服務，所以我們選擇運用 Adobe Flash CS3 [25]來製作遊戲。主要是考慮到 Flash 的系統架構，在按鈕的互動、動畫播放跟製作上都有支援，適合製作互動遊戲。而且 Flash 也具有跨平台的特性，對於遊戲的推廣有很大的幫助。另一方面也考慮到遊戲未來的發展空間，我們希望未來能將遊戲推廣到網路上，讓更多的人能接觸、使用我們的遊戲，而 Flash 是目前網路上最常見的動畫格式，大部分的網路使用者都能透過瀏覽器內所安裝的 Flash Player[26] 播放 Flash 動畫、玩 Flash 遊戲，所以我們運用 Flash 來開發我們的遊戲，以便能快速開發和推廣。

由於 Flash 主要用來開發網路上的應用程式，因此有許多安全性的限

制，對於檔案的處理也有相關的限制；再加上 Flash 需要 Flash Player 來播放，不一定要每個人都熟悉它的安裝，所以我們決定運用 MDMStudio [27] 來包裝我們開發的遊戲，將遊戲製作成執行檔以便使用。由於安全性上的限制，Flash 開發出來的程式雖然可以讀取檔案，卻無法新增檔案，而我們這個遊戲需要紀錄的功能，所以必須利用 MDM Studio 將匯出之執行檔加入讀寫檔案的功能。

我們所開發之遊戲支援多種作業系統，包含 Mac[39]、Linux[40]、Windows。我們運用 Adobe Flash CS3 開發出來的遊戲屬於 swf 格式的檔案，可經由 MDM Studio 製作成分屬上述所有作業系統的執行檔。評估輔助程式的部份，我們是運用 C++ 搭配 OpenCV[28] 函式庫套件來進行影像的處理，由於 OpenCV 同樣支援上述各種作業系統，所以我們的系統支援 Mac、Linux、Windows 上的使用。



3.2.3 使用者

不識字

設計給幼兒使用的遊戲，最大的困難就是他們的經驗跟知識不足，而我們的遊戲是要設計給學齡前的幼兒玩的，對他們來說，才剛剛要開始學習寫字或是根本還沒開始認字。所以在遊戲的設計上，尤其是進行遊戲時的操作關鍵(像是按鈕、提示等等)，必須盡可能以圖形取代文字來提供遊戲的操作資訊，以便幼兒自己有能力進行遊戲。如 Figure 3.2.4 所呈現的最終實際訓練用版本的介面就完全將文字的運用徹底移除了。

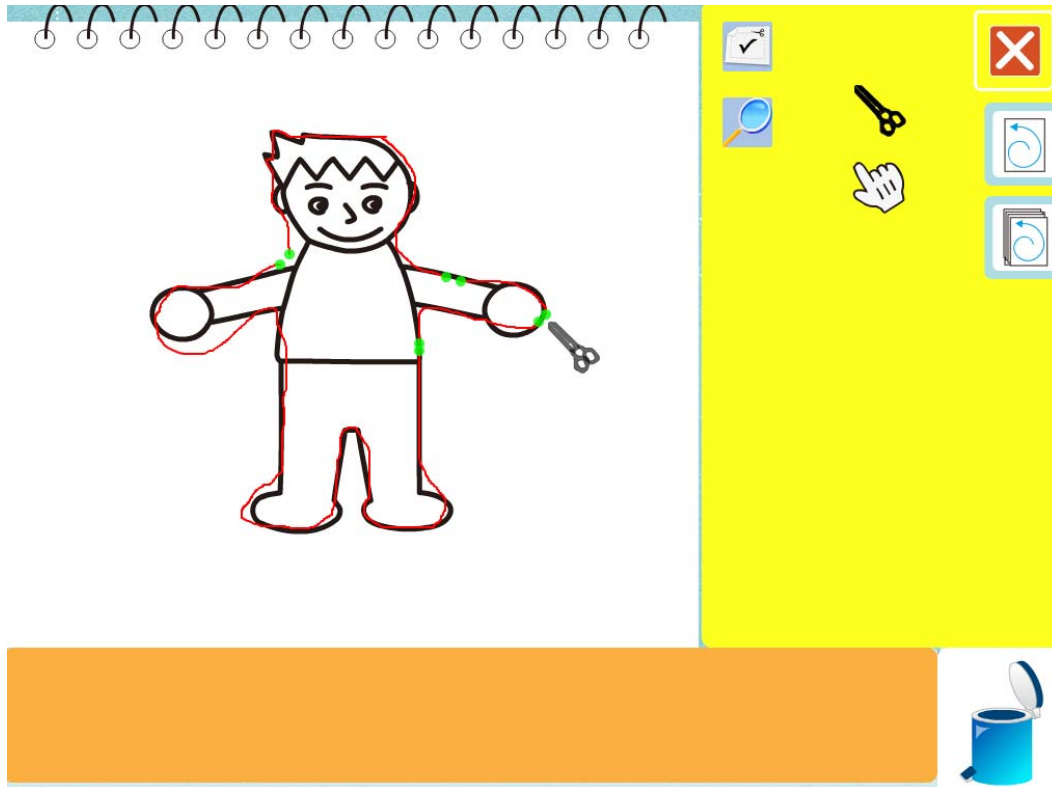


Figure 3.2.4 沒有文字的遊戲介面

學齡前兒童不識字的限制，深深地影響著我們選擇模仿的活動的決定。在訓練手部功能的活動裡，還包括寫字。但是，如果幼兒尚未開始學習認字，那麼在進行遊戲的時候我們就無法自由的運用各種不同類型的文字讓幼兒練習。所以，我們不打算採用寫字作為遊戲內的活動，以免幼兒除了進行手部功能的訓練外，還要花費額外的心力來進行文字辨認的行為。另一方面，考慮到寫字的練習比較公式化、每個人寫字的風格本來就各有不同，如果我們定義出該把字寫成什麼樣式，一來沒有必要，二來也限制了個人寫字風格的發展。所以最後我們選擇了自由度較大，限制較少的剪紙遊戲來當作我們遊戲的參考。

生活經驗

幼兒的生活經驗較少，對事物的認識有限，使得我們在設計遊戲時，必須對使用的內容做限制：必需要是他們所熟悉的事物才能引起共鳴。在我們

設計的遊戲中，主要提供了他們三本剪貼簿，分別為人物類、配件類、背景類。人物類的剪貼簿，如 Figure 3.2.5 左圖所示，主要是以親人為主軸，有男孩、女孩、父親、母親、祖父、祖母。配件類的剪貼簿，如 Figure 3.2.5 右圖所示，則包含衣物類型的上衣、長短褲、裙子，飲食相關的蛋糕、米飯、魚、湯匙、茶杯，休閒娛樂相關的氣球、羽毛球、球拍、小熊玩偶、洋娃娃，還有屬於大自然動植物的花草樹木，以及電話、電視、汽車等生活中的科技產品。而背景類剪貼簿中，如 Figure 3.2.6 左圖所示，選用了廚房、房間、草地、遊樂場、操場等場景來配合他們的生活經驗。透過實際測試，我們發現大部分幼兒都能認出圖案，即使有時候幼兒跟大人的看法不同，像是把飯糰看成包子、或是把短褲看成內褲這樣的差異，但是大體上都認識我們所選擇的圖案。而經由觀察小朋友的作品，像是在廚房裡吃蛋糕(如 Figure 3.2.6 右圖所示)、在房間裡跟小熊玩偶玩、在草地上野餐、在遊樂場內運動、在操場上打羽毛球，我們也確定所選擇的人物、配件、以及背景，的確是能配合他們的生活經驗，共同組成不同的畫面，來描述他們的生活經驗。

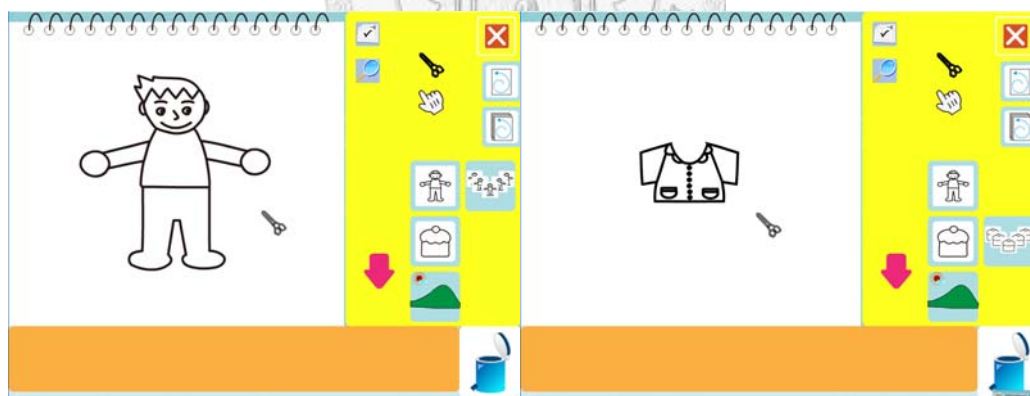


Figure 3.2.5 左圖為人物剪貼簿，右圖為配件剪貼簿



Figure 3.2.6 左圖背景剪貼簿，右圖為幼兒的作品：在廚房裡吃蛋糕的爺爺

理解能力

除了缺乏生活經驗，幼兒對很多現象與概念之理解也稍嫌不足。在遊戲最終設計時的預覽功能，是參照 Apple 旗下 iTunes 的 Cover Flow 的技術來呈現，如 Figure 3.2.7 左圖所示。原本的 cover flow 在顯示音樂專輯的封面時有倒影的效果，但是由於我們的目標使用者是幼兒，他們對於倒影可能還不是很有概念，所以我們移除了倒影的效果以簡化畫面，便於幼兒理解。除了倒影的問題之外，原本的 Cover Flow 是製作成像自動唱片點唱機一樣，成環狀排列，除了正中央的那張專輯封面，剩下的都會以某個程度的傾斜朝向環狀的中央。由於要觀察傾斜的圖案需要更強的理解能力，所以我們把所有的圖案都轉向面對使用者的方向，全部以平面來展示，如 Figure 3.2.7 右圖所示，減輕幼兒在預覽圖案時所需花費的心力。

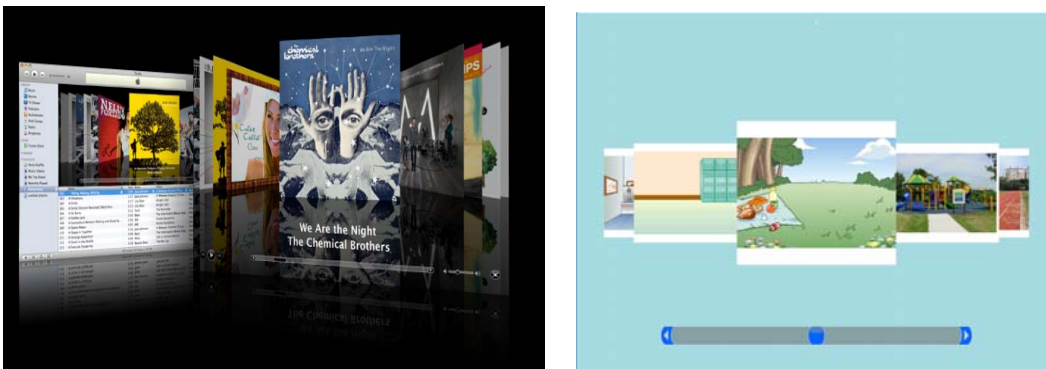


Figure 3.2.7 左圖為 iTunes Cover Flow，右圖為遊戲使用的簡化版本

幼兒的理解能力不足，同時也影響到我們設計遊戲內的圖示及概念的考量。我們因為容易取得且操作準確穩定的特性，選擇用手拿著繪圖筆，在繪圖板上移動，以這樣的操作當作遊戲的輸入方式。但是握筆的動作，跟使用剪刀動作其實有一些差別。如果對比到我們做美工的時候所運用的眾多工具之中，以彫刻刀或美工刀的操作形式比較接近繪圖筆的使用方式，而他們達到的效果跟剪刀的效果是類似的，都會在紙上製造痕跡，進行切割。所以，如果我們使用彫刻刀或是美工刀來當我們使用工具的象徵，它跟我們所使用的輸入裝置所需要的概念會更加的一致，幼兒在操作輸入裝置上會更加的直覺跟迅速，因為他們可以藉由螢幕上的象徵所提供的訊息來了解他們要怎樣操作。可是，彫刻刀跟美工刀並不是幼兒所熟悉的工具，如果我們使用這兩樣工具來做為工具的象徵，他們可能無法理解，所以我們在經過考慮之後還是決定選擇剪刀作為象徵。



3.3 系統設計方法

3.3.1 總覽

在這節當中，將會介紹整個系統當中的主要組件的用途、概念、以及實作方法。以下是「我的剪貼簿」的遊戲介面，如 Figure 3.3.1、Figure 3.3.2 所示。

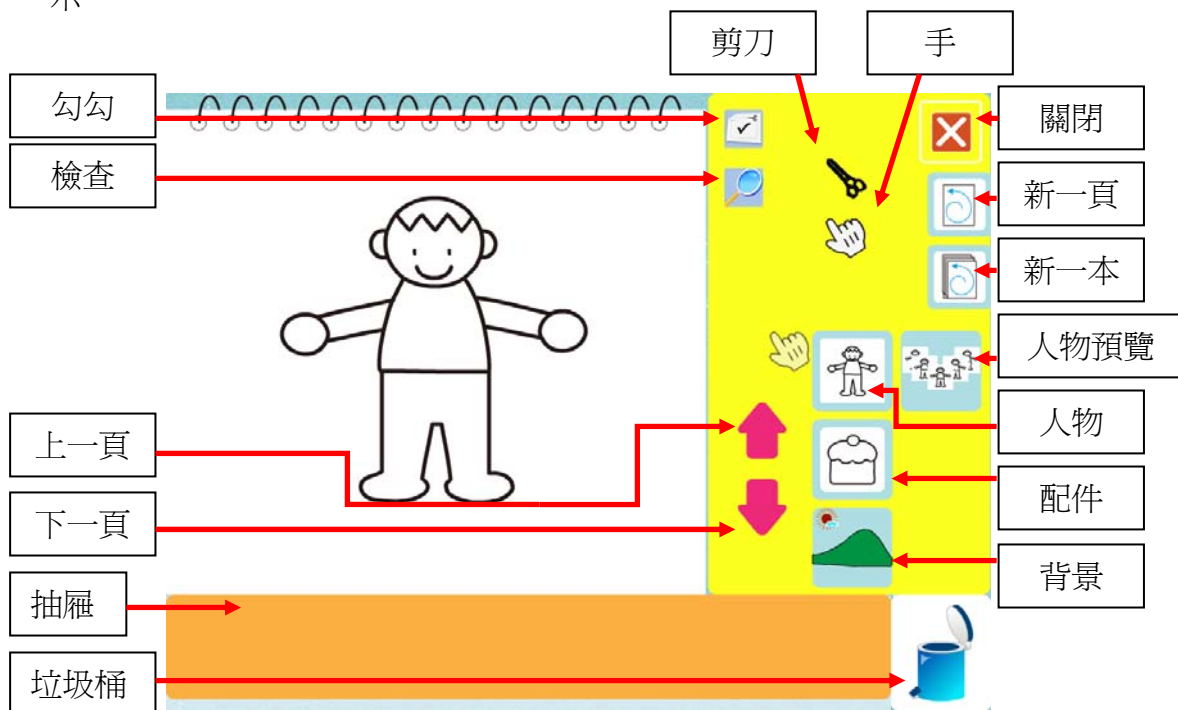


Figure 3.3.1 剪紙模式介面介紹

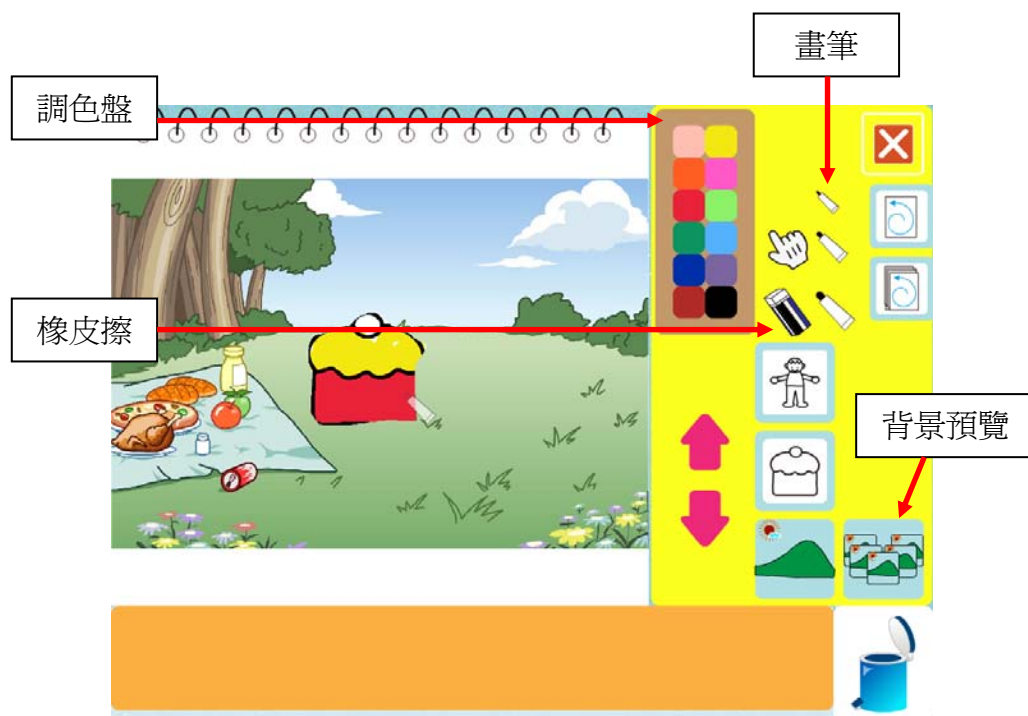


Figure 3.3.2 著色模式介面介紹

我們透過一個簡單的情節來說明遊戲進行的流程，透過情節中的每項事件來介紹會用到的不同系統功能，以下為故事情境：

小明點選桌面上「我的剪貼簿」程式圖示之後，進入遊戲。首先看到的是一個上面畫著小女孩的紙張。小明點選了人物「預覽」的按鈕，透過預覽來看遊戲裡還有哪些人物可以選擇。小明點選了一個小男孩的圖案後，結束了預覽，畫面回到原來的剪貼簿，而簿子已經翻到有小男孩圖案的那一頁。小明選擇「剪刀」工具開始將圖案剪下來。由於小明不太專心，手沒有控制好，所以在臉的附近剪歪了，讓小男孩的臉多出了一個裂縫。小明想要重來一次，所以就點選了「新一頁」的按鈕，把小男孩的圖案換上新的一張，重新開始剪。剪好了以後，小明為了保險起見，點選了「檢查」按鈕，讓系統檢查剪的軌跡有沒有哪裡沒有剪好。檢查完，小明安心的按下「勾勾」按鈕，系統馬上進行剪下的動作。

小明點選了手工具把紙片放進抽屜裡的時候，發現因為沒有控制好，而

多剪下了一小塊的紙片，這不是他想要的，所以把它丟進了「垃圾桶」。接著，小明選擇了「背景」剪貼簿，同樣的運用預覽，選擇了他最喜歡的操場背景。當小明用手工具把小男孩移到操場上的時候，他發現小男孩太高大了，所以就點選了小男孩，運用在小男孩右下角出現的「變形工具」把小男孩變得矮小一點。小明運用「畫筆」跟「調色盤」還有「橡皮擦」幫小男孩的衣服上色、製作出整套衣服。著色完成後，小明點選了螢幕右上角的「叉叉」按鈕，經過了一段時間等待系統儲存資料的動作後，遊戲結束。

在這個情境中，小朋友在剪紙時，運用了「預覽」、「更新頁面」、「檢查」、「完成」、「剪下」、「抽屜」等功能以及觸發「功能鎖定」的機制。在著色時則是使用了「變形工具」、「筆，調色盤及橡皮擦」。最後在遊戲關閉之前，系統進行了「儲存」、「紀錄」、「輸出作品」等動作，如 Figure 3.3.3 所示。在接下來的章節中，我們將對各個功能或機制進行說明。

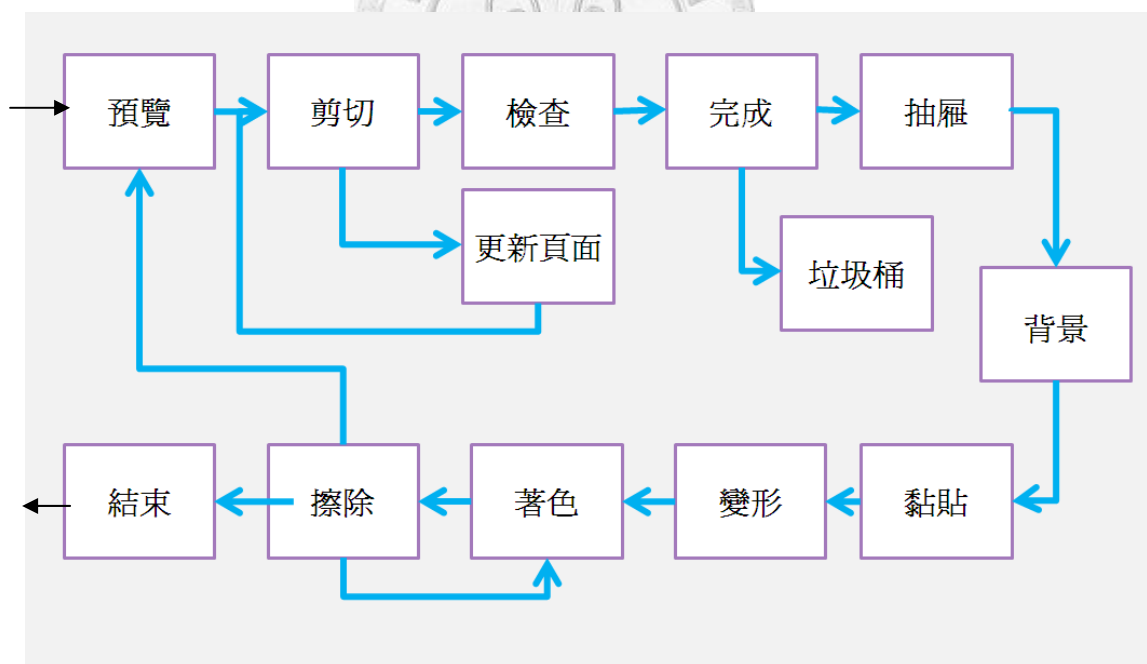


Figure 3.3.3 遊戲流程圖

3.3.2 預覽

爲了讓使用者方便瀏覽遊戲內所提供的內容，我們設計了預覽的功能。預覽的主要特色是可以看到很多份的縮影，可以藉著縮影了解內容，做出選擇。在我們初步的設計中，原本是直接將預覽的窗格和其他介面的組件放在一起，如 Figure 3.3.4 所示，以求操作簡單，隨時可以看到內容的縮影。

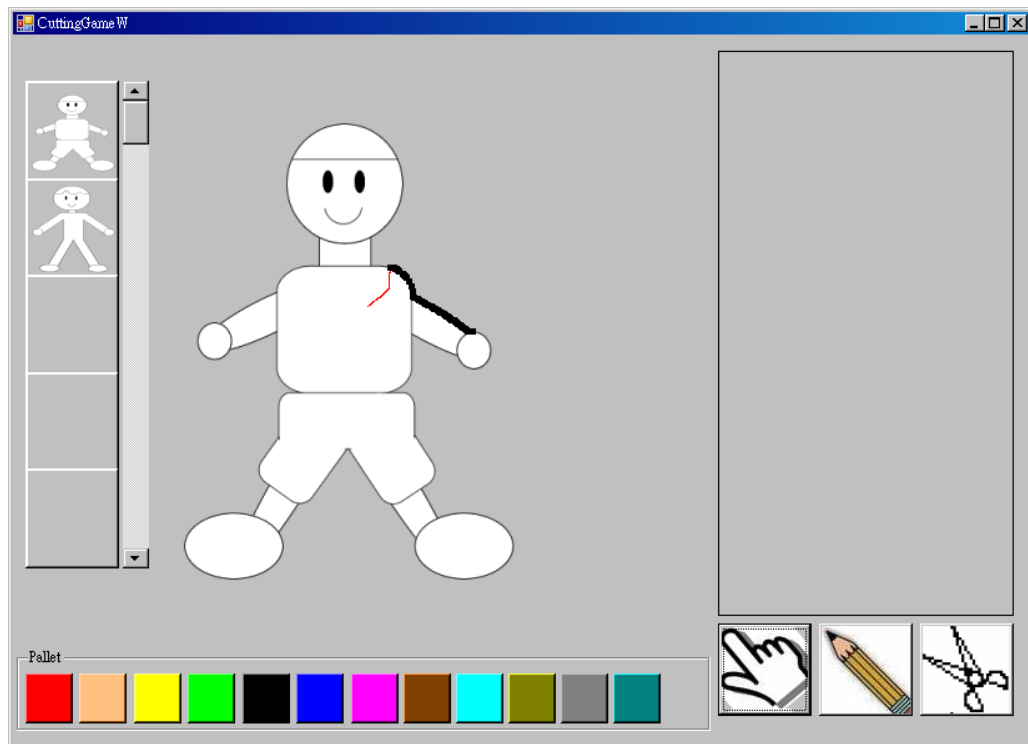


Figure 3.3.4 將預覽窗格直接嵌入畫面左方，跟其他組件放在一起

這樣的設計很類似 PowerPoint 等簡報軟體在螢幕左邊所製作的預覽窗格，但由於我們的內容是爲了給幼兒訓練手部功能而設計出的圖案，主要是由線條所組成，而畫面中沒有大面積的色塊。因爲內容大部分都是細線，縮影無法呈現清楚，所以我們決定將預覽視窗的功能獨立出來，不再佔用原本的畫面，將預覽功能所使用的面積提昇至全螢幕的大小。另外我們參考 Apple 旗下的音樂播放軟體 iTunes 內所採用的 Cover Flow 技術來實作新的預覽模式[31]。

除了背景圖案佔整張紙的面積較大之外，人物跟配件剪貼簿的內容都是置中的，造成使用預覽功能的時候，如 Figure 3.3.5 所示，邊緣的幾張都只能看得到一點資訊，不足以區分彼此的差別。但是，經過將輪廓線變粗的調整，以及提昇預覽可用的面積之後，縮影的品質已經大幅提昇，比前一版清晰。使用者可以透過拖曳捲軸快速的在縮影之間切換，也可以直接點選想看的頁面，將那一頁置中。如果決定好了，就再次點選置中的那一頁，預覽模式就會結束，回到原來的操作畫面，並呈現選擇的內容。

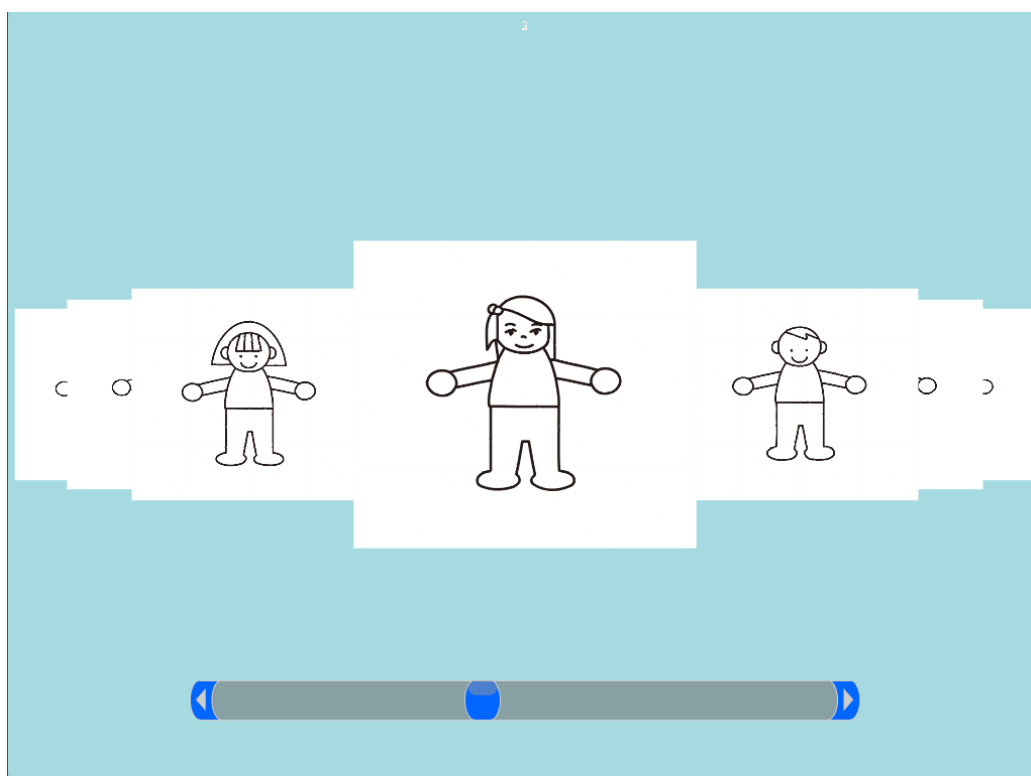


Figure 3.3.5 改編自 iTunes Cover Flow 的預覽

3.3.3 功能鎖定

在家裡，我們希望達到不需要大人在旁監督跟幫助即可進行遊戲的目標，頂多是有功能使用上的困難才請家長介入，基本上幼兒能自行進行遊戲，獨立創作。但是在初步試驗中發現，有些小朋友並不專心，會出現一個圖案沒剪完就又切換到下一張的狀況，也就是說第一張並不會被剪下來。雖然我

們在設計遊戲時希望盡量減少給使用者的限制，但是同時還是要達到訓練的目的。另外，要注意整個圖案的每個細節並精確的控制剪刀並不容易，可以訓練幼兒的觀察力跟專注，所以我們幫遊戲加上了「功能鎖定」的機制，希望能培養使用者的耐心，專心剪完。我們實行的作法是當使用者對其中一張圖案進行剪切的動作後，切換剪貼簿的按鈕、切換上下頁等會切換內容的按鈕都會被系統暫時隱藏起來，無法作用，如 Figure 3.3.6 左圖所示，使用者就無法在剪切完成之前切換成其他圖案，直到他認為他剪完了，按下「完成」的按鈕後，才會重新允許切換內容的動作。我們這樣做主要是希望使用者能專心的剪完一張，但是如果使用者覺得剪壞了，想重來一次，系統也會允許他重新來過一遍。所以當使用者按下新一頁、新一本的按鈕對剪貼簿的內容進行更新的時候，系統就會解開鎖定，如 Figure 3.3.6 右圖所示，讓切換內容的按鈕重新出現。因為當我們把某些按鈕隱藏起來後，介面上的組件就會變得更少，畫面變得更簡單，讓幼兒分心的因素減少，自然也就加強了他們能專心剪現在所選圖案的環境因素。

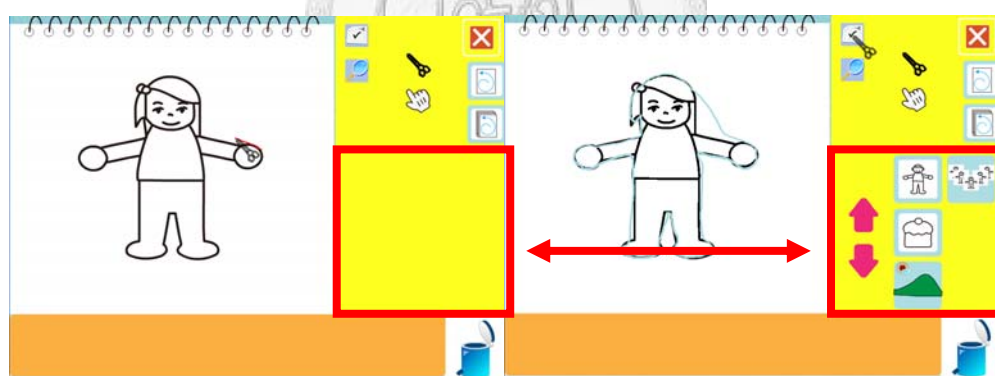


Figure 3.3.6 左圖為進入鎖定狀態，右圖解除鎖定狀態

3.3.4 更新頁面

我們在系統中設計了「新一頁」、「新一本」的功能，來達成重複練習的目的。在軟體系統裡，只要將原始的資料保存好，系統即可無限次的進行複製的動作，將被修改的資料復原，新一頁跟新一本的功能就是這樣完成的。

每當使用者剪得不好、或是單純地想要在再練習一次，就可以按下按鈕，把剪的軌跡、剪下的紙片都清除掉，復原成全新的圖案。經由這項功能，幼兒可以進行重複的練習，並且反覆地去驗證透過遊戲所學到的控制技巧。另一方面，也可以透過「可以重來」的概念，降低他們犯錯時的挫折感，給他們彌補、改進的機會。

提供這個功能，主要目的是能進行反覆的訓練，並降低犯錯時的挫折感。可是我們也發現，有些幼兒的得失心非常強，如果控制得不好，製造了一些剪得稍微不準確的軌跡，往往會在短時間內復原很多次。不過，出現這種情況的小朋友並不多，而且最後他們也都有完成作品，所以我們還是保留了這個功能，讓幼兒可以彌補錯誤和重複練習。

3.3.5 警示



設計「我的剪貼簿」的主要目的是訓練手部功能，也就是手部肌肉的控制力，而我們透過幼兒對繪圖筆的操控能力作為評估的依據。如果要達到訓練的效果，我們必須讓幼兒了解，哪些時候他控制的好壞。最直覺的作法就是，系統會根據使用者的表現做不同的反應或是提示。我們的第一種作法：警告型剪紙遊戲，就是由這樣的基本概念來設計的，主要是透過「安全區域」、「準確提示」、「偏離標示」、「偏離警告」這四項概念來完成。

安全區域

剪紙的過程主要透過使用剪刀工具來實現。我們透過事先的計算，定義出所謂的「安全區域」，由跟輪廓線在一定距離之內的點所構成。在初步測試的版本中，輪廓線由像素組成，由於使用者不可能準確地剪在輪廓線上，所以將遊戲規則定義為沒有在邊界的像素上即當成偏離，在方法上可行，實際

上則會將遊戲的難度大幅提高，易帶給使用者挫折感。「安全區域」的作用在於我們在輪廓線的附近定義了會被判讀為剪切準確的區域，讓遊戲的難度保有彈性，而不需完全準確。反之，透過逐步調整安全區域的大小，我們可以逐漸提昇遊戲難度，也就是我們所要求的準確度，來加強訓練手部控制能力的效果。

準確提示、偏離標示、偏離警告

當使用者在安全區域內剪切，我們會以粗線標示被剪切的輪廓線，一方面凸顯剪切成功的部份，另一方面也讓使用者能明顯的辨識出剪切的痕跡。當使用者沒有控制好繪圖筆，沒有在安全區域之內剪切時，系統會將他剪切的軌跡(偏離的部份)用紅色標示，希望使用者能注意偏離的狀況，直到使用者準確的剪切在安全區域內之前，都會繼續標示。同時，我們採用了一個很普遍的作法，就像在 Windows 作業系統內操作的時候，如果滑鼠點選不會作用、不該點選的地方，作業系統會播放一聲「咚」來提醒使用者，動作沒有效果或是不正確。我們運用同樣的方式，在剪切偏離的時候，也播放一聲「咚」作為警告。我們藉由這三種回饋來讓小朋友辨認剪得好跟不好的情況，期許他們能在提示的輔助下，運用他們的手部肌肉做出更精確的控制。

輪廓線判定

在遊戲開始執行的時候，我們會針對皆為白色基底黑色線條、線條粗細為一個像素的圖檔進行計算，建立輪廓線資訊。我們擁有的資訊是白底黑線，只有兩個顏色的點陣圖，我們會將點陣圖中，不屬於圖案的白底部份設定為透明色，將點陣圖明顯的區分出外部、線條、內部這三個部份，以利輪廓線判斷(輪廓線介於外部跟內部之間)，詳細的處理機制請參照 Appendix B。

準確判定

在剪刀進行剪切時，系統會以下列方法來判斷準確度是否合乎標準：如果直接剪在輪廓線上，我們會以該點為中心畫一個一定大小的黑色正方形，作為控制良好的準確提示，如果連續被判定為準確的話，就會造成如同輪廓線變粗的效果，如 Figure 3.3.7 所示。

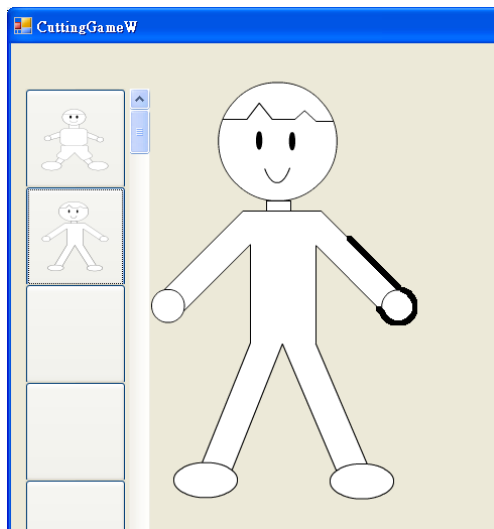


Figure 3.3.7 線段變粗的效果

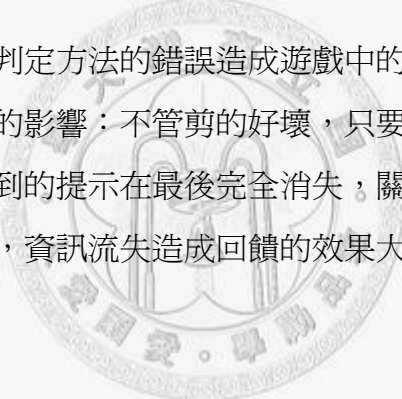
如果沒有直接剪在輪廓線上，系統會檢查以該點為圓心，半徑為事先定義的 `threshold` 之內是否有屬於輪廓線的點來決定是否準確(安全區域的概念運用)，有輪廓線的點就當作是準確的動作。反之，就會將該點標上紅色的偏離標示，並播放偏離警告的警示音「咚」。

剪紙完成判定

當使用者覺得完成動作的時候，可以選擇手工具來移動圖案，能成功的移動就表示剪完了。由於我們的準確提示的變粗效果，會涵蓋到其他輪廓線的點，所以我們以 $9/10$ 的比例作為門檻，所有的輪廓線點當中有 $9/10$ 都有剪到即判定為剪完。

試驗結果與問題討論

經過初步的測試，我們發現這樣的回饋方式有一些問題。首先，我們運用 9/10 的比例來當作判定為剪完的門檻，也就是說我們運用一個數值去作為判定的門檻。這樣的作法並不適當，因為有不確定性存在，如果使用者受到變粗效果互相涵蓋的影響，認為他已經剪完了，但是剪到的點數目沒有超過 9/10，那麼使用者會對遊戲束手無策，無論怎麼運用手工具去移動圖案，都不會成功。這樣會讓使用者非常挫折，漸漸失去耐心，最後停止遊戲。更嚴重的問題在於即使使用者對系統的機制有所了解，但卻無法從畫面得知該要對什麼地方進行補救。變粗效果設計不良導致系統必須運用數值來當作判斷門檻，而讓使用者無法理解遊戲規則，無從遵循，那遊戲經驗自然不佳。



前段提到的問題是判定方法的錯誤造成遊戲中的不確定性，第二項問題則對遊戲的設計有重大的影響：不管剪的好壞，只要剪完了，作品看起來都差不多。使用者所接收到的提示在最後完全消失，關心自己表現的使用者無法得知他們是否有進步，資訊流失造成回饋的效果大幅度降低，對訓練的成效有不良的影響。

這樣的回饋設計，讓遊戲變得非常緊張刺激，使用者會一直擔心自己控制不夠準確而聽到系統警示音，精神會處在很緊繃的狀態。聽到的警示音越多，挫折感就越重。我們成功達到了警示的效果、傳達剪不準確的資訊，卻也造成使用者精神的緊繃、在壓力下進行遊戲的缺點。

3.3.6 區塊

完整區塊

前一種警示回饋方式，有三個嚴重的問題。第一，安全區域的機制造成緩衝的功用，無法明確區分每次的表現。第二，準確度資訊存在的時間非常短暫，無法保存。第三，完成的時候看不出好壞的差別。

針對第一項問題，我們的解決方法是把設計的圖案線條全部加粗，使其在螢幕上更加清楚。輪廓線變粗的作法內含安全區域的概念，所以只要剪切在輪廓線上都是準確的。針對第二項問題，我們配合變粗的輪廓線，讓剪刀工具在圖案上也標示一定粗細的軌跡，所以無論剪得準確與否，軌跡都會在圖案上忠實的顯示。為了解決第三項問題，我們提出跟上一個警示回饋完全相反的思考方向：在遊戲過程中我們不警告，但是在完成的時候，讓你真正把紙片「剪下來」。經由這樣的設計，使用者手部控制的準確度會精準的呈現在畫面上，完成的作品也會保有準確度的資訊，直到遊戲結束。

我們製作區塊的方法主要來自封閉區域的概念：當你成功剪下一塊紙片，就表示剪刀在紙上的軌跡已經形成了封閉區域。一旦剪的軌跡產生了封閉區域，該區域就會脫離原本的紙張成為獨立的紙片。我們運用這個概念，設計了新的演算法，製作出剪下紙片的效果。

我們想達到的目標是將使用者剪的軌跡所圍繞起來的區域轉換成「剪下的紙片」，製造「剪下」的效果。我們所擁有的資料為使用者剪的軌跡圖以及軌跡每一點的座標。經過演算法處理後，會成為彼此相鄰、排序好的封閉區域邊界點。首先，我們會將軌跡點之中屬於封閉區域之外的點移除。再者，我們會將屬於封閉區域之內，而非封閉區域的邊界的端點移除。最後，將剩下的端點排序，成為從頭到尾相連的點，如 Figure 3.3.8 所示。詳細的圖形

處理機制請參照 Appendix C。

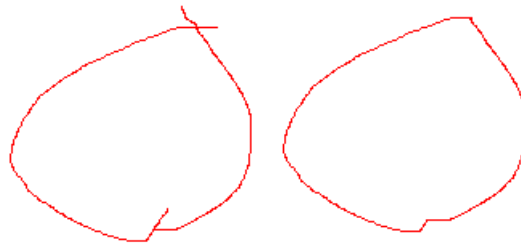


Figure 3.3.8 左圖為處理前剪的軌跡示意圖，右圖為處理後用來製造區塊的點的示意圖

試驗結果與問題討論

有了剪紙軌跡標示，使用者手部功能的控制力能被精確的呈現在畫面上，直到剪好為止。加上「完整區塊」的演算法處理後，使用者手部功能的表現就會被保留直到遊戲結束。這樣的作法解決了警示類型的主要缺點：資訊流失。但是，移除屬於封閉區域內外的點，而保留邊界點，本意是要去除一些雜訊，像是不小心剪到的軌跡，或是在剪完時，為了確保製造封閉區域所多剪的一小段，如 Figure 3.3.9 所示，在一般的情況下，這兩步驟達成的效果良好。但是在某些情況下，使用者在控制上的不準確，也會造成作品出現小裂痕，甚至有可能把作品剪成好幾塊碎片。經過演算法處理過後，這些瑕疵都會被拿掉，不管把作品剪得再怎麼支離破碎，都會產生一個完整相連的紙片，如 Figure 3.3.10 所示。這樣的結果對最外圍的軌跡來說，固然有精確保留使用者控制的準確度資訊，但對於不屬於最外層的失誤，則會被移除，造成某些使用者控制不好的資訊會消失，因而降低回饋的強度跟精準度、影響訓練成效。

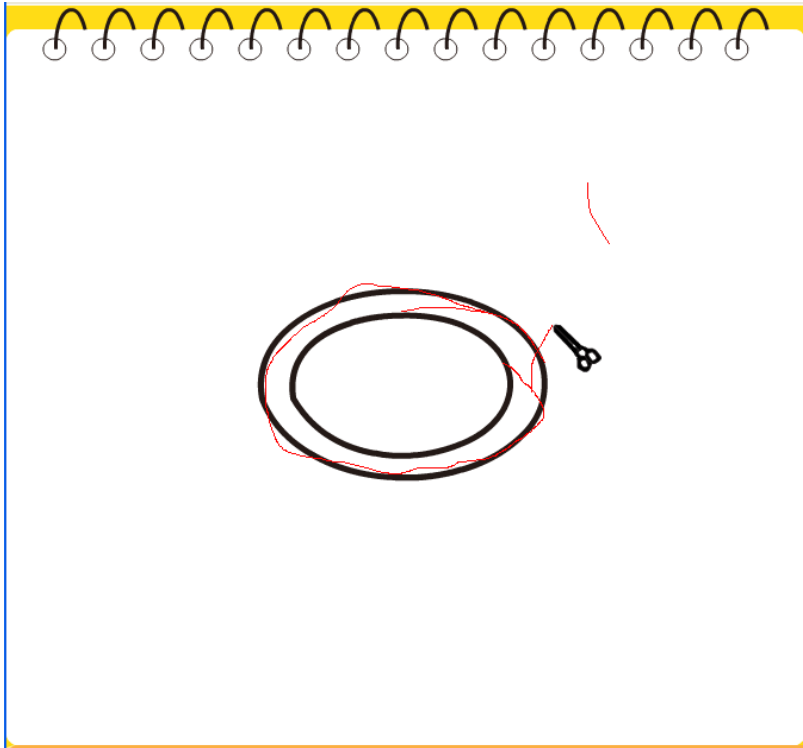


Figure 3.3.9 含有不小心剪到、或是多剪的一段，以及因為控制不良造成的偏差

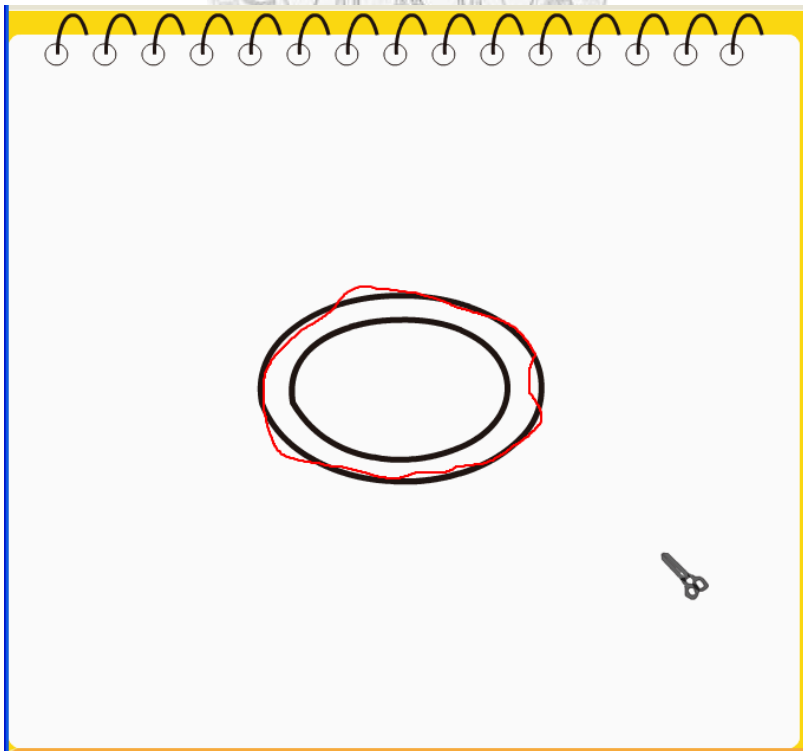


Figure 3.3.10 經過處理完成的圖，有部份的錯誤被消除

3.3.7 碎塊

顯示剪紙軌跡，能精確的表現出使用者手部控制力的表現，讓使用者明顯感受到表現的好壞。「完整區塊」的回饋方式，讓準確度的資訊能在遊戲中保存到遊戲結束。但是「完整區塊」的演算法不夠完整，在使用者控制不佳、造成作品有裂縫的時候，卻會消除某些錯誤資訊。所以，我們提出一個新的想法來解決：「碎塊」的回饋方式。新的想法仍然利用封閉區域的概念，不同之處在於，對於剪下來的紙片，我們用「多個小型封閉區域」的概念，由小而大去理解它。也就是說，每張小紙片都是被軌跡封閉起來的區域，而這些封閉小區域邊界的聯集就是使用者剪切的軌跡，如 Figure 3.3.11 所示。這樣的回饋方式擁有的優點在於它會精確的捕捉到控制不佳的資訊，並在剪下來的碎紙片中忠實的呈現。剪得越偏，成品就越偏，要怎麼解釋是使用者自己的自由，而不像警示聲音這麼強烈的回饋，不會造成使用者緊繃的心情及遊戲進行的干擾。這樣的作法讓使用者從剪完那一刻就能隨時隨地觀察自己表現，以評估手部功能是否有進步。

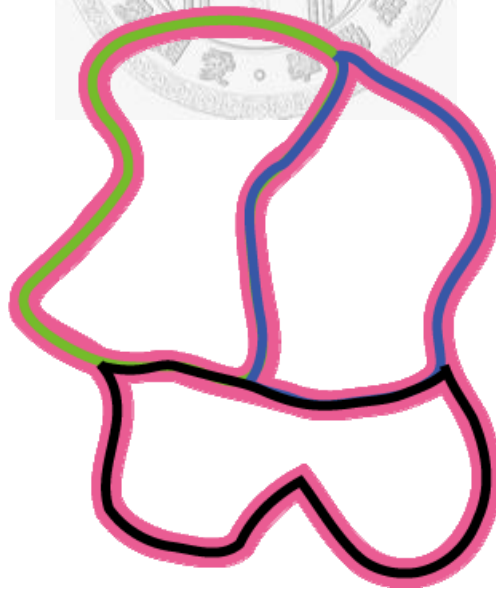


Figure 3.3.11 每張小紙片，都是一塊封閉區域

以下將介紹我們用來將每張紙片邊界點分組的機制。我們所擁有的資訊是剪的軌跡圖。經過尋找及分類的機制處理後，我們會產生分好組、排序過的邊界點，讓我們可以做出「剪出」每個小紙片的效果，如 Figure 3.3.12 所示。首先，我們必須將影像分成外部、軌跡、內部三塊區域。接著找出內部跟軌跡的交界點作為小紙片的邊界點。我們會將這些點依照所屬的紙片不同進行分類，並在分類的同時進行排序，全部的點都分類完後即可製作每張紙片。有關「自然碎塊」產生機制的詳細內容請參照 Appendix D。



Figure 3.3.12 由左道右為從剪的軌跡到剪下來的過程

實驗結果跟討論

「碎塊」的回饋效果，能精確地反應使用者手部控制的準確度，表現出裂縫、小碎片、完整的區塊等不同的特徵。裂縫的效果在長度不夠長的時候可能會被忽略，小碎片就會有直接的影響。因為剪出小碎片之後，每一張都是獨立的個體，就得分開搬移，所以使用者會清楚地知道因為沒有控制好而把圖案剪碎了。這個回饋方式由於能精確地表現出控制不準確所造成的結果（裂縫、碎片），所以成為我們最終版本所採用的回饋方式。

3.3.8 檢查

「檢查」這個功能的設計，主要是希望把幼兒在剪紙過程中疏忽而沒有連結好的軌跡端點標示出來。方法是找出讓軌跡沒有連結成封閉區域的端點，將它們標示出來，輔助幼兒修補這些地方，以形成封閉區域，完成剪紙

的動作。

我們提供的檢查功能，主要是建立在一個基礎上：沒有連結好的端點，一定是每一段剪切軌跡的起點跟終點。我們在剪紙的過程中，紀錄下每次剪切開始跟結束的端點座標，並進一步的過濾，找出最有可能的點。我們所擁有的資訊是每次剪切的起點跟終點，經過過濾器的處理後，留下符合條件的點，並將它們標示出來給使用者作為參考，如 Figure 3.3.13 所示。

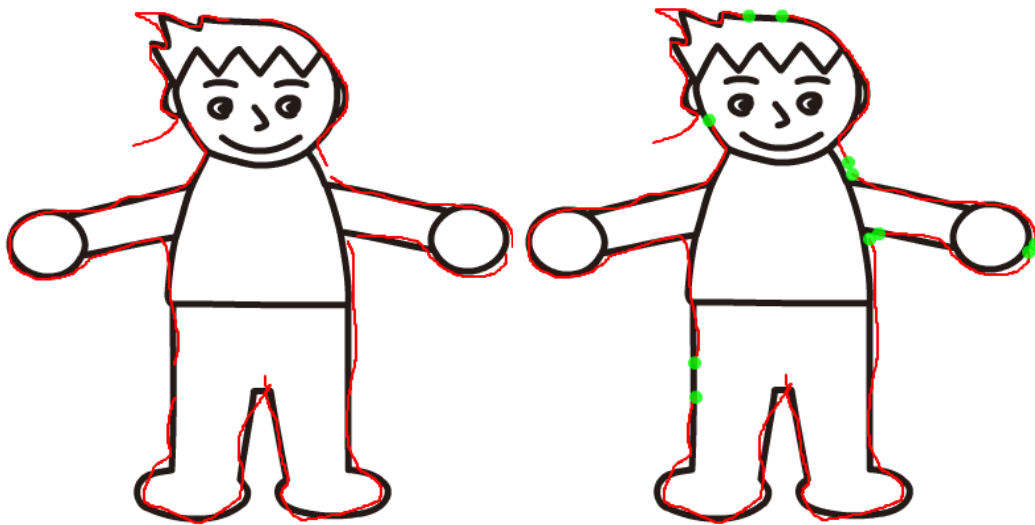


Figure 3.3.13 左圖為使用者剪的軌跡，右圖為檢查後的標示

我們所設計的端點過濾機制的主要的概念是要尋找符合任一種條件的端點：距離相近但尚未連結的成對端點、附近有其他不相連的軌跡的端點。第一種是最常見的組合，如 Figure 3.3.14 左圖所示，通常是使用者停下動作之後，再剪之時並沒有從上一次剪的終點繼續，或是在收尾時沒有仔細控制，因而沒有連接好的情況所產生。第二種則是考慮到，並不是一定要成對的端點才是需要連結的，端點也可以跟軌跡相連，如 Figure 3.3.8 右圖所示。有關端點標示的過濾機制詳細內容請參照 Appendix A。

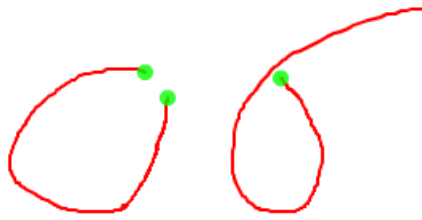


Figure 3.3.14 左圖為成對的端點，右圖為端點跟可連結的軌跡

3.3.9 完成

我們設計了一個「勾勾」按鈕，讓使用者在剪完的時候主動通知系統，進行剪下的動作。在測試版本中，其實沒有這項設計，「剪完」這個事件是由系統自動判斷的。判斷的基礎在於，我們認為每次剪紙的動作，都有可能剪出紙片，所以我們在每次持續剪的動作結束時，檢查是否有封閉區域的產生，有的話就自動將紙片剪下，否則就繼續進行遊戲。判斷的機制在理論上可行，實際上卻發現這會造成使用者的麻煩：在某些情況下，使用者因為沒有將繪圖筆控制好，剪的軌跡出現偏斜的情況，會跟其它的軌跡造成極小型的封閉區域，系統經過檢查判定有封閉區域的出現，就會自動進行剪下的動作。但是在使用者的觀念中，他根本還沒有剪好整個圖案，小碎片並不是他想要的，往往會造成使用者幾乎要剪完了，卻因為產生了小型封閉區域而造成系統的誤判，導致剪下來的紙片不如預期。所以我們設計了一個表示『完成』的按鈕，讓使用者自行決定所謂「剪好」的時刻，將決定權交給使用者，也省去了我們無法完全猜對使用者意圖的麻煩。

3.3.10 抽屜

我們為遊戲設計了一個抽屜來收藏剪好的紙片，讓使用者藉著它在不同

本剪貼簿之間交換紙片。當使用者要將剪好的紙片放到背景上時，必須先將紙片放進抽屜裡，切換到背景剪貼簿，再把紙片移動到想黏貼的背景上。在製作測試版本的時候，爲了避免紙片在抽屜裡重疊，我們設計了一個自動將紙片從左向右排列的機制。但是在試驗中發現，紙片的位置會自動改變往往讓使用者不知所措。使用者反而不介意紙片重疊，畢竟重疊的情況是他們自己造成的。因此，我們更改機制，讓紙片在被放入抽屜時，停留在使用者所放的地方，不會被自動排列。更改機制後，使用者很快就能適應新的機制，而不會因爲紙片位置變動而不習慣了。

3.3.11 剪、畫二階段進行

在測試版本的遊戲中，我們設計的遊戲流程很簡單：可以剪下圖案，也可以幫圖案著色，兩者之間沒有進行的先後順序，如 Figure 3.15 所示。但是在實際測試過後，我們發現了一個遊戲流程上的問題：我們容許使用者在遊戲的過程中隨意的進行剪切跟著色的動作，本意是不限制他們的自由，但是換個角度來想就發現這同時也代表著他們可以只畫不剪，並沒有措施來確保他們一定會進行剪下圖案的動作。而同樣幫一張圖像著色，不像剪紙大致上有沿著輪廓的模式，單以填滿區塊爲例，上色的方式多不勝數，只要能填滿就好，所以很難從著色的過程去評斷手部功能的表現。爲了達到在遊戲中訓練的目標，我們必須增加一些機制來讓幼兒進行剪下圖像的動作。

在實際訓練用版本中，我們重新規劃了遊戲流程，明確地將遊戲定位爲兩階段的過程：剪紙、著色。我們在提供的圖案中增加了新的類型：背景圖案。藉由背景圖案的提供，我們希望幼兒能對他們的創作進行更全面的思考，考慮在背景所提供的情境下，要怎麼選擇人物、配件以及顏色，以構成完整的圖案。在剪紙階段，如 Figure 3.3.16 左圖所示，幼兒必須使用剪刀工具剪下圖案，並將紙片搬移到櫃子裡。在著色階段，如 Figure 3.3.16 右圖所示，

將剪下的紙片「黏貼」到所選擇的背景圖案上，進行著色跟畫面配置。這樣設計的好處，在於如果幼兒沒有剪下圖案，並將紙片貼到背景圖案上，就沒有辦法進行著色的動作，就無法進行遊戲。所以我們藉由二階段的規劃，貫徹先剪紙後上色的遊戲規則，並配合背景圖案，讓剪紙跟著色的順序限制合理化，以達到訓練目的。

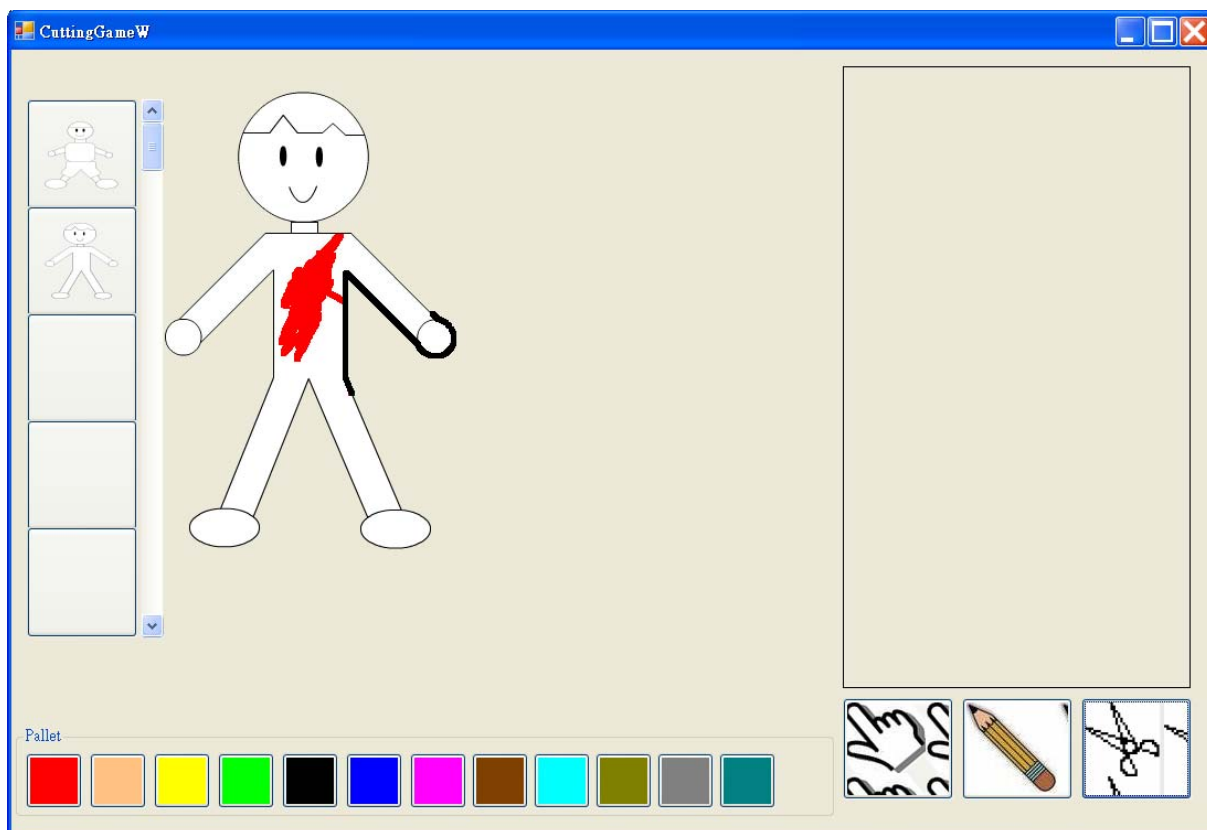


Figure 3.3.15 單一階段

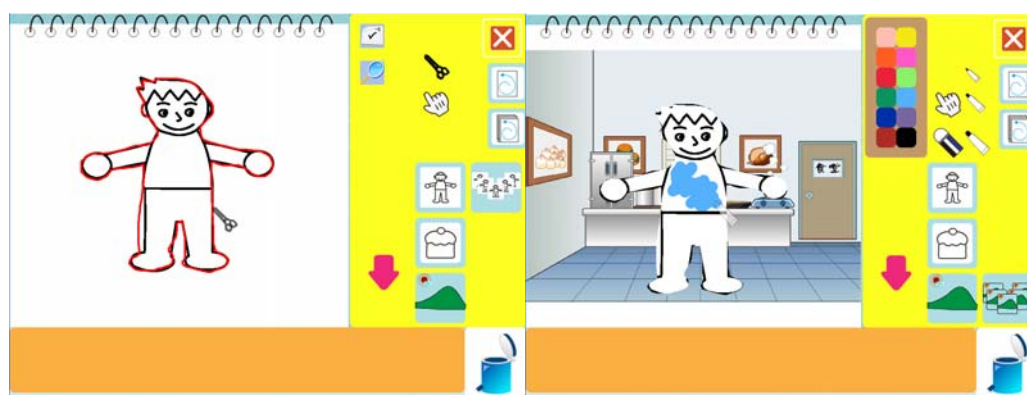


Figure 3.3.16 左圖為剪紙階段，右圖為著色階段。

3.3.12 變形工具

我們設計了紙片的變形工具，解決在現實世界中，無法將紙片隨意進行長寬、大小的改變，造成紙片限制創作所能做出的表現的問題。在我們試驗的過程中發現，由於我們使用電腦的圖形化使用者介面作為進行遊戲的方式，除了圖案等內容之外，我們還需要空間來放置工具、抽屜、調色盤、按鈕。不像現實世界中的空間，工具、材料可以隨意放置，我們所有的內容跟工具都要擺放在一定大小的電腦螢幕顯示器上。為求操作簡單，我們讓背景圖案能在介面中完整呈現，而不允許將畫面放大縮小的動作，所以背景圖案的大小有一定的尺寸上限。在設計剪紙的圖案時，因為遊戲帶有訓練手部功能的目的，圖案的大小也有一定的限制：太大的話線條簡單，沒有訓練的意義，太小的話輪廓長度也短，訓練的時間也縮短。這兩者的大小限制，使得我們將剪下的紙片貼上背景圖案時往往造成不協調的感覺，也就是所構成的圖畫中人物跟背景圖案中景物的比例不對。而且，對每個人來說，生活經驗、想法都不同，我們不可能將背景跟圖案調整成所有使用者都能接受的大小，所以變形工具的存在有其必要性。

我們設計的變形工具需要配合手工具來使用：當使用者用手點選剪好的紙片時，紙片的四周會出現一個藍色的方框，大小剛好跟紙片的長寬相同。藍色方框的右下角有一個帶著黑色雙箭頭的白色實心方塊，用手工具壓住方塊後，可以藉著拉動方塊來改變紙片的大小，如 **Figure 3.3.17** 所示。



Figure 3.3.17 變形工具

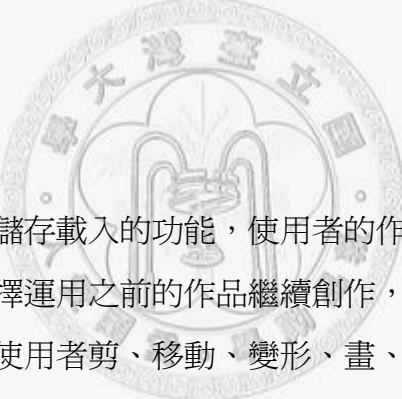
在實際訓練的過程中，我們發現幼兒運用這個功能做出了其他我們沒有設想到的應用：有個幼兒喜歡吃蛋糕，他會運用變形的功能去調整蛋糕的大小來說明今天小男孩比較餓，所以買了一個大蛋糕來吃。另一個幼兒很喜歡描繪在操場中發生的事情：他透過變形的功能，將兩個小男孩分別放在跑道的兩端，並調整他們的高度，跑的遠的表示跑的比較快，所以身影看起來比較小，反之，跑的慢的看起來就很大。他透過變形的工具來改變人物的大小，呈現圖畫中不同的人跑速有快有慢的情形。

3.3.13 筆，調色盤跟橡皮擦

我們設計了調色盤讓使用者更換顏色，並透過畫筆筆尖即時變色讓使用者了解自己持有筆的顏料。由於著色的模式沒有一定的標準，我們主要透過剪紙的表現作為評估手部功能的主要依據。但是，著色的動作也需要使用者用手精確地控制繪圖筆，所以仍然可以設計一些機制來達到訓練的效果。我

們在系統裡將畫筆的作用範圍延伸到背景圖案上，如果使用者沒有控制好畫筆，著色的時候就會超出紙片的輪廓而畫到背景圖案上。但是，使用者總是會因為控制不好而畫出去：在試驗過程中，幼兒常常因為畫到背景圖案而覺得自己沒畫好，雖然達到我們想要的效果，但是也讓他們很氣餒，所以我們設計了橡皮擦的功能來補救著色的失誤，擦除畫錯的地方。設計了橡皮擦的功能，原意是要讓他補救著色時控制不佳所造成的失誤，但是我們發現橡皮擦同樣也具有訓練手部功能的效果：如果使用者沒有小心控制橡皮擦，可能會把畫好的地方擦掉，導致他們必須再次的使用畫筆修補不小心擦錯的部份。所以透過互補的特性，畫筆跟橡皮擦的組合就成為遊戲中另一種訓練手部功能的機制。

3.3.14 儲存載入



我們為遊戲設計了儲存載入的功能，使用者的作品會被保留下來，下一次開啓遊戲時，可以選擇運用之前的作品繼續創作，或是創作新的作品。要達成這個功能，需要把使用者剪、移動、變形、畫、擦的結果記下來。系統透過紀錄剪紙的軌跡座標，可以重建剪好的紙片；紀錄紙片黏貼的頁數以及位置座標即可將重建的紙片移動到正確的位置；紀錄紙片的長寬數值即重現變形的效果。

至於畫跟擦的動作，我們並沒有紀錄筆觸的大小、顏色、著色的軌跡、擦除的軌跡，因為這樣作會導致我們必須重新把所有的動作模擬一次才能做出一樣的效果，而且這樣紀錄的資料量非常不固定，如果重複畫了很多次，當中又夾雜著很多次的擦除動作，載入的動作會很複雜。而且像是著色跟擦除這類型的動作，他們的效果常常會重疊，所以用模擬的方式重建著色及擦除的效果其實很浪費時間。

對於載入效率上的問題，我們透過點陣圖這種固定大小的儲存方式來解決。在遊戲結束的時候，把紙片上經過繪畫跟擦除後的結果，儲存在點陣圖上。這樣做的缺點在於需要的儲存空間固定，即使沒有上色也需要固定的儲存空間。但是，從另一個角度來說，無論經過多少次的著色跟擦除，作用的範圍一定都在紙片上，所以系統只需要用跟紙片一樣尺寸的點陣圖來儲存每個像素的數值即可，可以完全忽視繪畫的過程。透過這些紀錄的機制，我們讓使用者在登入遊戲時，會看到自己之前的作品，紙片還是可以變形、上色，使用者可以自行選擇要繼續創作或是重新創作。

3.3.15 紀錄

由於我們一開始就想要解決專業人士在旁觀察紀錄的需求，我們幫系統設計了紀錄的功能，自動把使用者進行遊戲的過程記錄下來，以便分析。我們運用 MDM Studio 所提供的檔案系統處理功能，在遊戲關閉時，將我們紀錄的資訊輸出到硬碟產生文字紀錄檔。紀錄的資訊包括開啓遊戲的時間、使用者帳號名稱(單人使用情況下是預設值)、使用者剪的軌跡座標、每次剪紙動作的時間、使用者剪切了哪一本剪貼簿的哪幾頁、剪的順序、遊戲結束的時間。

3.3.16 輸出作品

我們幫系統設計輸出作品的功能，運用 MDM Studio 所提供的檔案系統處理功能，在儲存紀錄的同時，也將幼兒的作品轉換成點陣圖，經過 Jpeg 編碼器編碼，在硬碟中產生影像檔案。日常生活中，幼兒在學校中做的美勞作品，常常會被帶回家跟家人分享，而幼兒的作品往往會成為親子之間討論想法跟對話的平台，幼兒會跟家長說作品背後的故事，家長可以藉機了解幼兒

的想法、分享自己的經驗。我們在訓練過程中，都會列印作品送給幼兒做紀念，所有的幼兒都很高興的拿著自己的作品解說他們圖畫中所說的故事，也會高興的跟家長或是其他的小朋友分享他們的作品，彼此互相觀摩比較。這樣一方面可以觀察幼兒進行訓練的狀況，比如說手部功能是否有進步、對哪些類型的內容有所偏好。另一方面也當作獎勵，讓他們可以保留作品，或是跟大家分享，提昇他們玩遊戲的動機，主動進行訓練。

3.4 遊戲說明手冊

我們幫遊戲設計了說明手冊，主要是希望小朋友在忘記如何操作的時候，家長能有參考的資料。說明書內主要分為兩個部份：第一部份介紹從執行遊戲到結束遊戲中間所必須經過的步驟。主要包括三個遊戲的階段：

開啓遊戲

- 點選遊戲
- 要求儲存空間
- 進入遊戲
- 讀取畫面

使用遊戲

- 遊戲流程
- 人物模式
- 配件模式
- 背景模式

結束遊戲

- 關閉

第二部份則設計了一個完整的情境，把進行遊戲中可能會經過的步驟跟使用的功能依序介紹，並配合實際操作的螢幕截圖，讓使用者在文字之外能

有圖形的解說，可依範例操作。以下依序列出範例中的事件：

- 選擇人物或配件
- 點選剪刀
- 將圖案剪下
- 按放大鏡檢查
- 連好再點選勾勾按鈕
- 把剪好的圖案拉近抽屜裡
- 可以把不要的圖案移至垃圾筒裡刪除
- 切換到背景模式
- 把剪好的圖案放到背景上
- 放大縮小
- 著色
- 擦除
- 結束遊戲



3.5 評估輔助工具

3.5.1 總覽

在遊戲結束後，遊戲紀錄會儲存在桌面上的 Cutting Game Record 資料夾內。幼兒於上學或去醫院治療之前，需將紀錄複製到 USB 隨身碟中，繳交紀錄給治療師或教師。治療師等專業人員可利用我們配合遊戲所開發的評估輔助工具，分析繳回的資料。對於遊戲的評估，我們主要設計了兩種輔助工具，第一項為模擬器，可以讀取幼兒剪紙的軌跡紀錄，像播放錄影帶一樣地模擬剪紙的進行過程。第二項為分析器，藉由讀取幼兒剪紙的軌跡紀錄和

時刻紀錄，配合預先定義的機制來計算剪紙的準確度，以評估幼兒手部功能的表現。時刻的紀錄可以知道幼兒每次進行剪紙動作的時刻，可用來計算剪下每張圖案所需的時間，讓專業人員從時間、效率的面向來評估幼兒手部功能的表現。

3.5.2 模擬器

在第三章 3.15 節裡有提到，我們紀錄了幼兒進行剪紙遊戲的過程。有了這些資料，專業人員可以模擬幼兒進行遊戲時的過程：我們設計了一個模擬器，藉由所紀錄下來的剪紙軌跡座標，重現幼兒剪紙的動作順序。如 Figure 3.5.1 所示，畫面中央顯示的是幼兒選擇的圖案，紅色的軌跡是剪紙的軌跡。右邊的組件有四個欄位：週期，可以用來調整模擬器播放的速度快慢；每次步數，代表每次經過一個週期要畫出多少個剪紙軌跡的點；目前步數，代表目前模擬的步數；總共步數，代表幼兒在這張圖上剪紙軌跡點總數。另外還有五個按鈕，分別是：播放，以週期跟每次步數所定義的速度來模擬幼兒剪紙活動過程。迴轉，從目前的步數以相反的方向播放。暫停，可在模擬剪紙時暫停，觀察目前的狀況。完整路徑，一次將所有的軌跡標示出來。清除路徑，將軌跡清除。

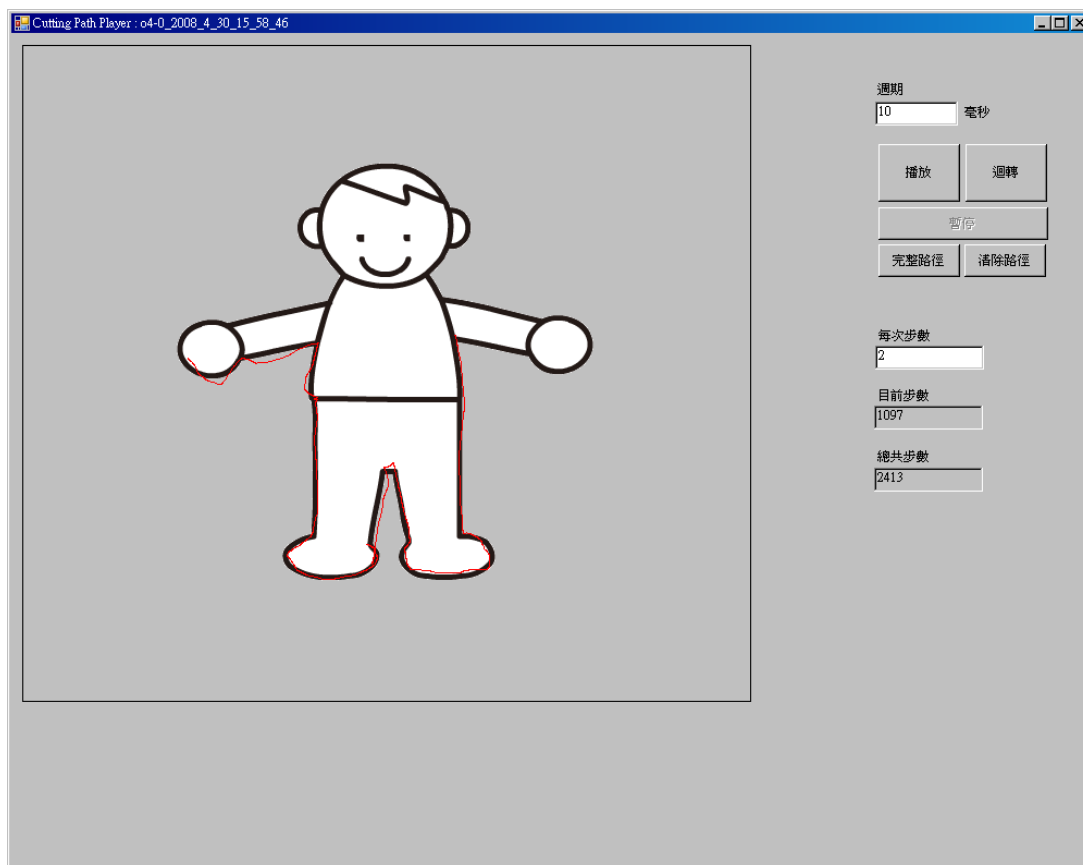


Figure 3.5.1 軌跡模擬器

目前的模擬器有一個限制，就是它並沒有按照當時幼兒剪的速度來播放，而是讓分析資料的人根據自己的喜好來決定播放的速度，以便分析觀察。未來考慮配合我們所記下來的時間資訊，更精準地模擬幼兒進行剪紙遊戲的準確度以及速度。

3.5.3 分析器

概念

我們設計出配合遊戲的評估工具，能根據幼兒進行遊戲的紀錄來評估手部功能是否有進步，以便進一步發展成爲包含訓練、紀錄、評估功能的完整

系統。分析器參考了在醫學院的復健部常用的測驗工具 Southern California Sensory Integration Tests 這項測驗工具中的分項目 Motor Accuracy Test-Revised 來設計。主要的概念如下：以我們在剪貼簿內圖案的輪廓線為基準，將緊鄰於輪廓線的點串連起來，形成第一條分界線，再向外跟輪廓線距離為一個 threshold 的點連成一條線，根據距離的倍數不同總共求出三條線，合起來共四條分界線，以同樣的道理也向內算出四條分界線，如 Figure 3.5.2 所示。我們運用偏差量來表示剪紙的準確度，統計的是分界線被剪的軌跡所截斷的截線段長，如 Figure 3.5.3 所示。在輪廓線之外，造成的截線段越外層、或是在輪廓線之內，造成的截線段越內層就表示偏差的越多，手部功能的表現越差。

我們擁有的資訊是剪紙的軌跡點座標、該張圖案的輪廓線圖。首先，以剪的軌跡在圖案外部為例，對於軌跡中連續的兩個點，我們會以距離最近為標準找出在第一條分界線上相對應的兩個點，由兩條點、對應點之間的連線在分界線上所造成的截線段就被定義為剪切這兩點所產生的偏差量。將各層偏差量加總後，分別除以該張圖案的輪廓線長度(因為輪廓線粗細為 5 pt，我們以輪廓線的像素數目除以 5 作為輪廓線的長度)，即可得到剪下這張圖案時的錯誤率。統計的量包括屬於內部四層分界線的四項錯誤率、屬於外部四層分界線的四項錯誤率，所以總計使用八項錯誤率來表示剪紙的準確度。其中，對第二條分界線上的偏差加權乘以 2、對第三條分界線上的偏差加權乘以 3、對第四條分界線上的偏差加權乘以 4，將結果在圖檔的左邊顯示，數字代表偏差量，括號中為錯誤率，如 Figure 3.5.4 所示，以利分析人員閱讀、紀錄。其中「外」表示外部的偏差，「內」表示內部的偏差，「L」表示內外的總和。「B1」表示第一條分界線，「12」表示第二條分界線，「23」表示第三條分界線，「34」表示第四條分界線。上半部為加權前的統計，下半部為加權過後的統計。有關偏差量統計機制的詳細內容請參照 Appendix E。

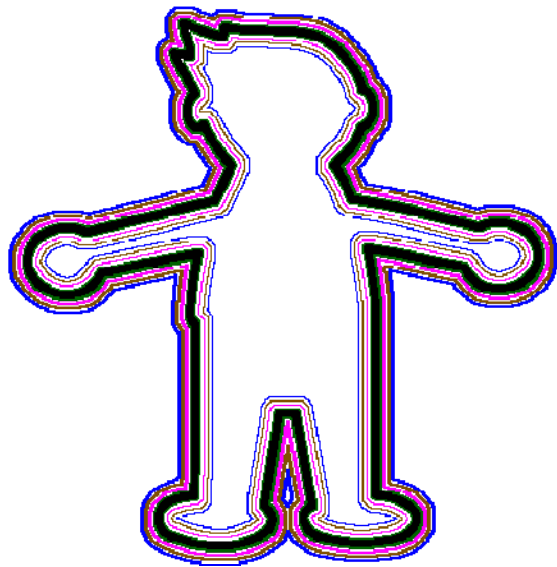


Figure 3.5.2 準確度分界線示意圖。



Figure 3.5.3 準確度判定示意圖

外B1:647 (0.2948)
外12:351 (0.1599)
外23:189 (0.0861)
外34:103 (0.0463)

內1B:242 (0.1103)
內21:64 (0.0291)
內32:31 (0.0141)
內43:19 (0.0086)

LB1:889 (0.4051)
L12:415 (0.1891)
L23:220 (0.1002)
L34:122 (0.3556)

外B1:647 (0.2948)
外12:702 (0.3199)
外23:567 (0.2584)
外34:412 (0.1377)

內1B:242 (0.1103)
內21:126 (0.0583)
內32:53 (0.0423)
內43:76 (0.0346)

LB1:889 (0.4051)
L12:830 (0.3783)
L23:660 (0.3008)
L34:488 (0.2224)

邊線 pixel 數 : 10974

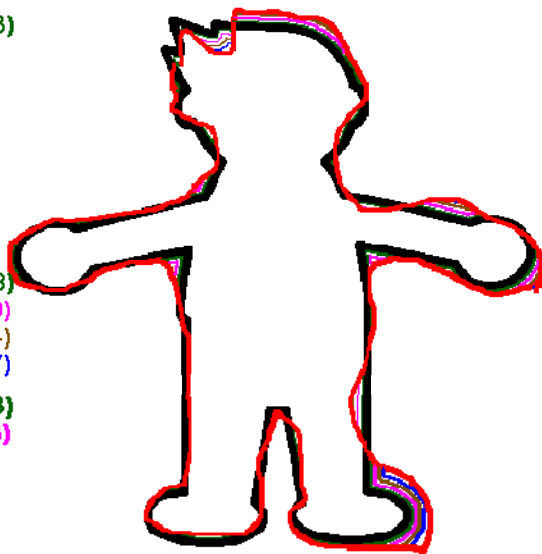


Figure 3.5.4 偏差量、錯誤率統計示意圖

討論分析

傳統的 Motor Accuracy Test-Revised 測驗完成後，需要治療師以工具手動量測並統計幼兒在各層分界線的偏差量，費時費力。擁有了我們開發的輔助分析器之後，治療師可以直接運用分析器分析紀錄、統計出偏差結果，不必再自行計算，一方面省力，一方面也避免人為統計的失誤以及主觀判斷的差異。

傳統的 Motor Accuracy Test-Revised，通常由治療師在旁督導幼兒進行測驗，測驗的結果不會有特殊情況的出現，因而容易量測。而「我的剪貼簿」是給幼兒帶回家裡進行的訓練，無法掌控幼兒剪紙過程，因此會出現傳統測驗不會發生的狀況，分界線並沒有因為剪的軌跡而形成截線段的現象，這在傳統測驗是不會出現的狀況。發現問題後，我們重新定義了統計的規則，將

每一個軌跡點都對應到輪廓線上距離最近的一點，定義出虛擬截線段的概念，如 Figure 3.5.5 所示，因而不會受限於實際是否形成截線段的問題。詳細的定義及作法請參考 Appendix E。

目前的演算法有一個限制，就是以距離最近的點來對應剪到的輪廓線並不是完美的。如 Figure 3.5.6 所示，系統將剪切右腿輪廓的軌跡判斷為剪切左腿輪廓，因而低估了偏差，我們會在未來找出更好的機制來對應剪的軌跡跟所剪的輪廓線。



Figure 3.5.5 沒有實際形成截線段，系統以距離最近點來定義虛擬的截線段

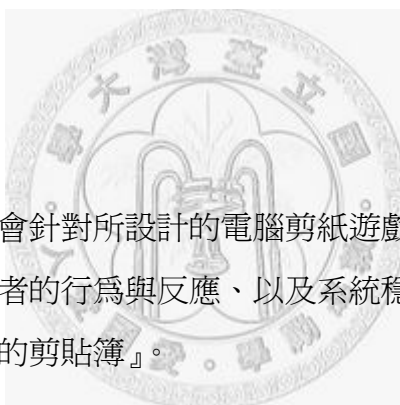
Figure 3.5.6 以距離最近點作為判斷機制的缺點示意圖

Chapter 4

系統分析

4.1 總覽

在這個章節中，將會針對所設計的電腦剪紙遊戲進行分析，包括跟傳統剪紙遊戲的比較、使用者的行為與反應、以及系統穩定性和功能的評估，以不同的面向來評估『我的剪貼簿』。



4.2 跟傳統剪紙遊戲的差異

我們設計了一個電腦剪紙遊戲，藉由科技來訓練小朋友的手部功能。將遊戲從現實世界轉化進入虛擬世界的過程中，我們做了取捨跟改變，因此對遊戲的操作方式、功能有一定的影響，以下分別就這兩個方向分析電腦剪紙遊戲跟傳統剪紙遊戲的差異。

4.2.1 操作方式

在「我的剪貼簿」的設計裡，我們運用繪圖板配合繪圖筆當作遊戲的輸入裝置，由於沒有剪刀的鋒利刀鋒，不具有危險性、沒有安全上的顧慮。使用繪圖板比起使用剪刀較為安全，不需要大人在旁邊監督。而繪圖筆的設計原本就是為了讓我們在滑鼠、鍵盤之外，有一個日常生活中所熟悉的輸入資訊方式：書寫、繪畫。所以遊戲以繪圖筆做為輸入方式，也可以順便訓練幼兒握筆、運筆的姿勢，在遊戲中實際練習。但是，握筆寫字或是畫圖主要是靠手指的肌肉進行精細動作，相比之下，使用剪刀時手指肌肉的收縮幅度改變較大，這在手部功能訓練，特別是手指肌肉的功能訓練效果上是否有差別，要等待進一步的分析、測試。

「我的剪貼簿」的紙是固定的，無法旋轉或是傾斜。在真實世界裡剪紙的時候，剪的軌跡發展方向就是剪刀在作用時的方向，所以我們往往會旋轉紙張、或是傾斜紙張，來找出對我們的手而言最舒適的角度。我們甚至會運用左手控制紙張的方向動態決定剪的方向，讓右手負責控制剪刀的開合即可。而繪圖板的作用方式則是以電子設備去追蹤繪圖筆尖端的移動軌跡，並不是在實體上造成真的裂痕，所以不會受到之前軌跡的影響，可以隨時改變方向，或是隨時停止從另一個地方開始剪，這是跟傳統剪紙不同之處。

傳統剪紙遊戲進行過程中，眼睛可以同時看到手操作剪刀的動作跟剪切的軌跡，所有的動作都在視野範圍之內。但是玩『我的剪貼簿』時，繪圖板的操作跟螢幕呈現的剪刀、剪的軌跡是在不同的地方，幼兒必須有能力理解繪圖筆運作跟螢幕上剪刀動作之間的關聯，在眼睛需要觀察螢幕呈現的同時控制好自己手部肌肉的運動，整合自己的視覺、觸覺，才能成功的剪下圖案，可見「我的剪貼簿」也是一種讓幼兒訓練感覺統合的方法[2]，因此對自閉症兒童等有感覺統合問題的患者可能有在手部功能之外的手眼協調訓練效果。

「我的剪貼簿」有紀錄的功能，因而不像傳統剪紙遊戲需要專業人員在旁觀察幼兒的表現。只要有電腦跟繪圖板的地方，幼兒無須大人的陪伴也可以進行訓練。再加上現在個人電腦的使用越來越普及化，大部分的家庭都會有一台個人電腦或是筆記型電腦，所以不管是在時間上、空間上，進行遊戲的限制都大為降低。因此，幼兒可以不受治療師跟教師的時間限制，在家裡進行大量且密集的訓練，對於訓練的成效有很大的幫助。

4.2.2 功能

在第三章內有提到，「我的剪貼簿」具有紀錄的功能，這是傳統的剪紙遊戲所沒有的功能，無須經由專業人員在旁觀察或錄影來紀錄幼兒的表現。而我們透過軟體的架構，在遊戲中設計了紀錄使用者動作的功能，將時間跟位置等資訊紀錄在硬碟裡，幼兒去醫院或學校時可將資料繳交給專業人員保存以便分析。這樣做的好處在於遊戲過程中不需要專業人士在旁觀察，節省人力。遊戲結束後，專業人員可以運用我們所設計的模擬器，重現幼兒剪紙時的過程，並以分析器自動評估幼兒表現，免去專業人員自己量測計算的工作，避免人力時間的浪費。這樣做還具備一個好處：程式以固定的機制設計，不會受到個人判斷標準不同所造成的差異跟人為疏失的影響，對所有的紀錄以統一的標準分析，在未來可望成為標準的評估工具。

不同於其他的研究，「我的剪貼簿」的優點在於利用便宜的器材(Wacom的中等大小繪圖板[33]市價約新台幣六千元左右)，讓幼兒的家庭能負擔器材的費用、輕鬆的架設使用，無須專業人士的指導跟幫助，迅速在家自行裝設進行訓練。但是這樣做的缺點在於，透過紀錄，我們只能從軌跡上去了解幼兒操作繪圖筆的能力，我們無法使用進階的技術跟精密的儀器，對幼兒手部功能表現，像是握筆姿勢、使用力道等特徵進行精確的測量。

在「我的剪貼簿」裡，剪紙動作的效果完全靠軌跡標示來提醒使用者，並沒有做出把紙剪開的效果。傳統剪紙活動由於紙張會被剪開，能在某種程度上導引使用者進行剪紙的活動：現實世界中，如果想剪下的圖案只剩一小段還沒完成，剪好的部份會自然地因為地心引力影響下垂，沒剪好的部份跟剩下的紙張中間的連結會被凸顯出來，使用者可以輕易找出沒剪好的部份。但是在電腦遊戲中，目前並沒有這樣的提示，所以我們設計「檢查」這個功能來輔助使用者順利進行遊戲。

數位資訊的複製跟改變非常容易，我們運用這項特點，讓幼兒可以不斷的回復頁面，剪得不好可以重新練習、有進步的話可以重複練習。由於大量的練習是有效復健的一大因素，我們這樣的設計一方面運用了數位資訊的優勢，一方面也配合了復健和訓練的需求，希望能真正的對手部功能的訓練有所幫助。我們還設計了可以不斷重新著色跟修改的畫筆跟橡皮擦，一方面讓幼兒能將自己的作品修改至理想狀態，另一方面讓幼兒能進行更多的手部功能訓練。可以無限次黏貼的背景圖案、可以無限次改變黏貼位置跟形狀大小的紙片，讓幼兒可以運用自己的生活經驗，反覆的構築自己的作品。

4.3 使用者的行為與反應

幼兒的行為與反應

進行訓練的幼兒之中，只有少數有操作電腦的經驗，通常是玩遊戲，或者是觀看一些幼兒雜誌，像是小小牛頓[29]的互動光碟，大部分的幼兒對於電腦的操作都不熟悉，有些甚至根本沒有接觸過電腦。我們在進行訓練之前，會分別先帶著他們玩一次，教他們進行一次完整的遊戲流程。經過這一次的帶領之後，根據家長們的敘述，所有的幼兒回家都能自行遊戲，完成作品。不過在訓練的過程中我們也發現，電腦對他們來說畢竟是新的事物，他們對

於看到的剪貼簿的頁面背後還有其他頁面這種概念不太能理解。所以在一開始的遊戲過程中，往往只會選擇剪貼簿的第一頁、或是預覽中的前面幾頁來剪。這些幼兒需要我們主動的提醒他，一本剪貼簿內還有很多其他圖案可以選擇，並教他們如何運用預覽來尋找其他圖案時，他們才逐漸的了解到，在電腦的虛擬世界中，「看不到的地方」也有放著很多圖案的概念。我們考慮在將來對遊戲的介面做調整跟修改，找出更能讓幼兒理解的模式，以製作出幼兒能自行理解並進行訓練的遊戲。

「我的剪貼簿」中的圖案，都是我們特別設計過的，主要是幼兒生活中會見到的物品。在訓練的過程中發現，有的幼兒爲了想要描繪自己想說的故事，會無視於頁面的內容，強行剪出自己想要的圖案。如 Figure 4.3.1 所示，幼兒無視頁面的小男孩圖案以及背景的草地圖案，將紙張剪成船艦，並將背景畫成海，以便構成他們的作品。我們曾經考慮過要給幼兒空白頁面，讓他們自己繪畫、自己剪下自己創作的圖案。但是這樣可能會對訓練的效果有影響，因爲圖案是幼兒自行創作的，我們無法控制他的大小跟輪廓的複雜度，無法掌控難度。另外一點是這樣就無法對不同小孩的遊戲紀錄進行比較，在解釋表現時較爲困難。因此，未來考慮在這方面進行研究，希望能找出一個合理的方法，既保有幼兒玩遊戲自行創作的自由，也保有訓練及評估的可信度。

「我的剪貼簿」的內容當中，圖形的輪廓有複雜度的差別，所以對於沿著輪廓剪紙的困難度也有差別。但是目前並沒有特別針對難度進行排列或是區分，而由幼兒自行選擇想要剪的圖案。在訓練過程中跟幼兒互動的情況發現，幼兒會去區分圖案的難度，常會聽見像是「這個太簡單了」、「那個好難喔」的評語。比較保守的就會只挑簡單的圖案，如 Figure 4.3.2 左圖所示。比較想要有所表現的會特別選擇難度高的圖案，如 Figure 4.3.2 右圖所示。我們在未來會對遊戲的進行方式重新設計，以求能兼顧難度的控制與自由選擇的權利。

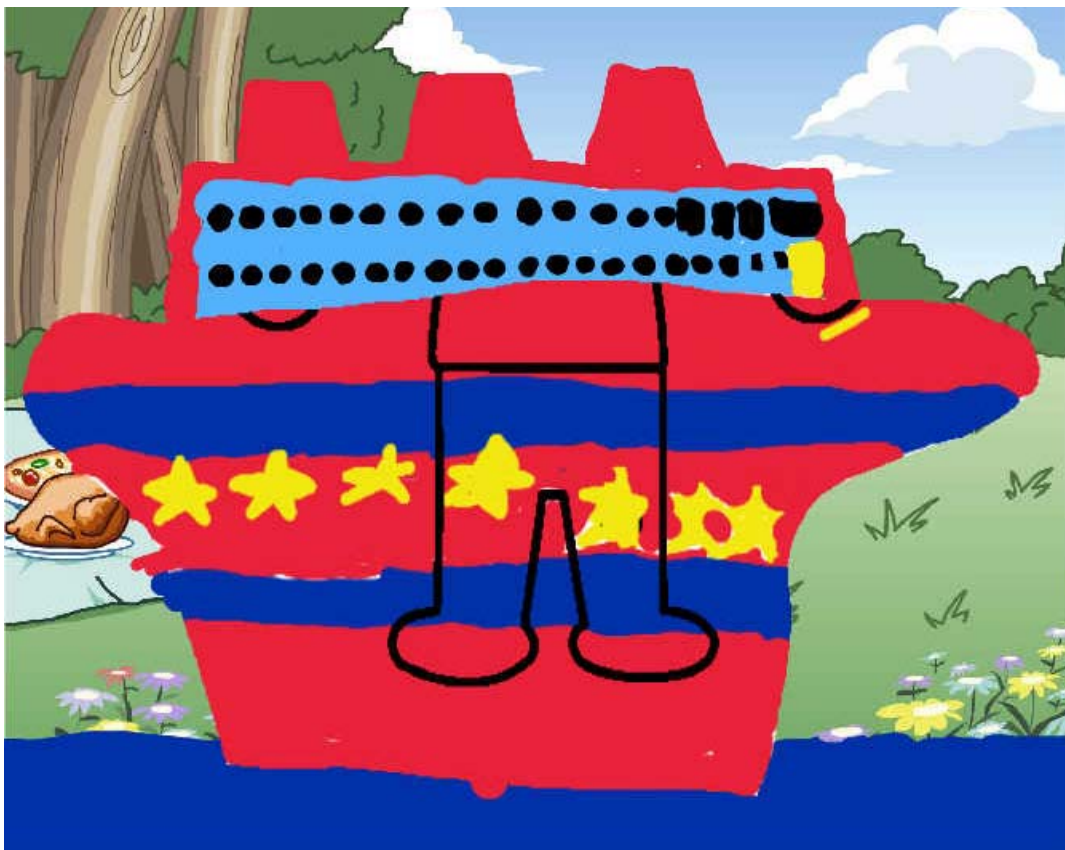


Figure 4.3.1 幼兒無視頁面圖案以及背景的圖案



Figure 4.3.2 左圖為輪廓較為簡單的碗，右圖為輪廓較為複雜的小男孩

在第三章裡面我們有提到，遊戲說明手冊的設計分成了兩部份，分別是開啓、進行、關閉遊戲，以及一個完整的情境示範。設計的目的是爲了讓幼兒在不懂遊戲的功能跟進行方式時，讓家長有說明書可供查看。但是在訓練的過程中，我們卻從幼兒的作品以及跟幼兒的互動中發現說明書其他的用

途。有一位小朋友本來在著色的時候非常制式化，就是單純的把顏色塗滿。經過一段時間的訓練後，偶然發現他的作品當中開始出現有條紋跟圖案的衣服，而他則是很興奮的跟我們說，因為看到了遊戲說明手冊裡第二部份的情境示範，看到最後的作品中小男孩身上的衣服有條紋跟圖案，所以他也開始學著在著色的時候幫衣服添加變化。經過了這個事件，我們才發現，遊戲說明手冊的設計，除了讓家長進行功能的查詢之外，也帶有啟發使用者新玩法的效果。

小朋友跟家長的讚美跟建議

除了訓練的目的之外，我們也希望遊戲的本身是好玩的、可以激發幼兒自動自發的去玩遊戲。除了自己觀察的結果之外，我們也收到來自小朋友跟家長的看法。根據我們跟家長的談話內容中可以發現，所有的家長都反應良好，認為小孩子們都喜歡我們所設計的遊戲。有位家長反應，他的小孩子根本不用他提醒或催促，每天時間一到就會自動自發的跑去開電腦，然後自己玩遊戲，做好了成品會很興奮的請他去看。有位幼兒在為期一個月的訓練中，不斷的問我們：「一個月後我還可不可以玩『我的剪貼簿』啊？」，可見他非常喜歡我們設計的遊戲。另外還有一位家長說，在為期一個月的訓練最後幾天，小孩子聽說一個月的時間快到了，覺得不好好把握就沒有機會玩了，就開始每天很認真的把兩本剪貼簿內的每一頁都仔細的剪下來，然後也不管合不合適、或是畫面空間夠不夠用，把所有剪下來的東西全部貼到背景圖案上。

在跟幼兒和家長談話的過程中，我們也收到了一些家長跟小孩子的建議。在內容方面，家長們建議應該要放更多的內容(目前有 54 頁的圖案、5 頁的背景)，或是定期更換內容，以便不同小孩子都可以找到他們喜歡的圖案。否則每天的遊戲看到的內容都是一樣的，一、兩個禮拜就可以把所有的東西剪過一次，小孩子就會開始覺得無聊。有位家長建議我們多放一些交通工具，像是汽車、火車、飛機、船等小朋友(特別是小男孩)會喜歡的圖案，他甚至建議放槍之類的武器，不過考慮到「我的剪貼簿」是要給幼兒玩的，

就沒有把槍砲這類危險物品列入未來設計的考量。另外，在著色的部份，目前的作法是參考一般市面上賣的蠟筆所提供的十二色來設計調色盤。家長建議可以設計混色的功能，讓小朋友學著自己去調配顏料，畫出他們想要的顏色，這樣作品的色彩也會更加的豐富。

我們在訓練過程中發現，極少數的家長，對電腦的操作還是不熟悉，以致於每個禮拜固定要把遊戲的紀錄繳交回來的時候，往往無法順利將紀錄複製到 USB 隨身碟裡。通常需要我們跟他們在電話中解釋複製檔案的方法，一步一步的跟他們解釋每項步驟，以及解釋螢幕上 GUI 的操作(像是 Windows 的檔案總管，或是彈跳出來的對話視窗)以及可能的變化，才能輔助他們成功的插入 USB 隨身碟、將資料複製到 USB 隨身碟中、安全的移除隨身碟。因此，未來會透過網路讓程式自行傳送紀錄至資料庫儲存，以減輕使用者負擔。

系統評估

我們研究的目標在於設計一個可以讓幼兒帶回家進行手部功能訓練的遊戲，因此遊戲的穩定度非常重要。根據家長們繳交回來的資料顯示，七位小朋友，各自進行為期一個月、每天一次的訓練情況下，總共有二百一十次的訓練。其中，只有三次的紀錄有出現不正常的狀況：前兩次的原因在於一位小朋友剪了過多的圖案，造成記憶體使用過多，程式執行異常，沒有將遊戲結束的時間儲存到紀錄檔內，剪紙軌跡的紀錄則都有確實儲存。這個錯誤造成的只是失去了遊戲結束時間的資訊，其實可以靠紀錄檔案的最後修改時間來取代，完全不構成問題。第二位小朋友則是因為沒有按照遊戲說明手冊上的安裝指引在桌面進行，將程式放在 USB 隨身碟內執行。由於 USB 隨身碟的讀寫速度較一般硬碟慢，因此在造成儲存紀錄檔案以及輸出作品的時間過長，超過了 Flash 指令執行的時間限制，觸發了 Flash 架構之下的 Timeout 機制，使得程式執行不正常。在了解情況將程式複製進電腦的硬碟內執行後，就沒有再發生類似的狀況了。由上述的數據可知，我們的程式執行狀況是非常穩定的，確實經過了長達一個月的使用，出現的錯誤則都是原因已知的問

題：第一個問題可透過後續處理完全復原，不會造成任何資訊的損失。另外也可以在遊戲的機制上進行改進，減少記憶體的使用，將可剪的圖案總數進行限制，確保記憶體的使用在安全數量以下。第二個問題算是已知的限制，只要在進行訓練的一開始說明清楚即可避免問題發生。

既然「我的剪貼簿」是設計給幼兒獨立進行的遊戲，那遊戲規則及內容必須足夠簡單，讓幼兒都能立刻學會。從我們收到的家長回應可知，在訓練前經過一次帶領後，小朋友在家都能自己進行遊戲，無須大人的輔助，表示遊戲簡單易懂，不會有入門障礙。

遊戲說明手冊的方面，家長的反應良好，普遍認為精美易懂。但是小朋友在經過一次帶領後都能獨立進行遊戲，說明手冊在提供使用者查詢的效果上並不明顯，反倒出現了在前一節當中提到的示範效果，讓小朋友透過觀察別人的作品，了解到遊戲更多的可能，在模仿之後，進而發揮屬於他們自己的創意。

目前的系統，還有一些地方尚未完成。這些部份不會影響系統的可用性，但會影響使用者的經驗跟評估的結果：第一、在遊戲內我們設計了一個檢查的功能，以輔助使用者找出沒有剪好的部份，完成剪紙活動。檢查的機制目前是根據觀察使用的情況而設計的，並無法證明能處理所有的情況，理論上也不可能解決所有的情況，畢竟有些狀況下判定的結果也是因人而異，沒有標準的答案。第二、目前模擬器的功能並沒有將時間的因素考慮進去，因此不能算是完整的模擬使用者剪紙過程。第三、分析器目前無法將剪的軌跡完全正確的對應到輪廓上(以人判斷的結果作為標準答案來比較)，在極端的情況下會出現對應錯誤，影響到評估的數據。這些問題在未來會繼續研究解決的方法。



Chapter 5

實驗與結果

5.1 總覽



在這一章節中，我們將會針對實驗設計跟使用者進行介紹，並簡述由分析器所分析的實驗結果。至於使用臨床上的測驗 Motor Accuracy Test-Revised 以及 Visual Motor Test of Integration 的結果正在分析當中，會在日後發表結果。

5.2 使用者與實驗設計

我們找了七個小朋友並獲家長同意進行訓練：這七位小朋友都患有自閉症，他們的感覺統合[2]都有問題，因此手部功能比一般小朋友差。實驗由前測、訓練、後測、追蹤測所組成。在正式訓練之前，我們讓每位小朋友試玩「我的剪貼簿」作為前測，紀錄訓練前手部控制的能力，接著讓小朋友將遊戲帶回家進行為期一個月的訓練。在一個月的訓練當中，每星期會請小朋友

至台大醫院的復健部進行遊戲，觀察他們進步的情況。在一個月的訓練結束當天，我們讓小朋友至台大醫院進行遊戲，作為後測，觀察一個月訓練的成效。暫停訓練一個月後，我們會再請小朋友至台大醫院進行遊戲作為追蹤測，觀察訓練的效果在停止訓練後是否能持續。在一個月的訓練當中，我們要求小朋友每天進行一次遊戲，剪下所選擇的人，並配合喜歡的配件，貼到背景圖案上構成一幅作品。從 2008 年 1 月至 4 月，陸續讓七個小朋友將程式帶回家訓練一個月，直到 4 月 30 日結束。

每次到台大醫院測試，都會先讓小朋友進行 Southern California Motor Accuracy Test-Revised 來評量使用筆時視覺引導的正確性，並運用 Visual Motor Test of Integration(VMI)來評量幼兒仿畫 24 個圖形的能力。做完標準的測驗之後，進行我們設計的「我的剪貼簿」，讓他們剪喜歡的人物跟配件，並貼到背景上完成一幅圖案。

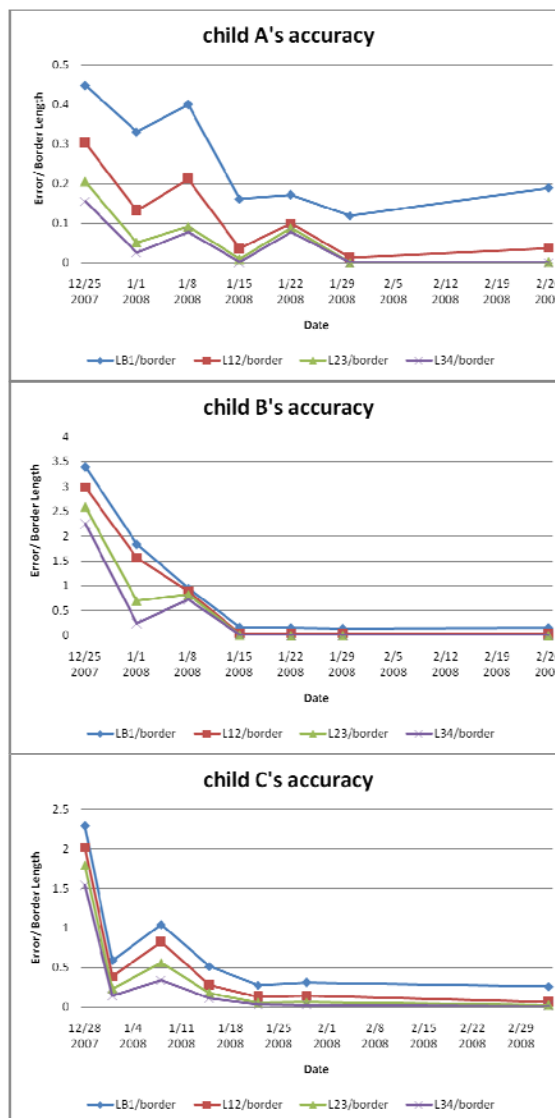


5.3 結果分析

由於到台大醫院復健部進行的測試，所有的幼兒都是使用同一套硬體設備，螢幕、解析度、繪圖板的設定都完全一樣，所以我們以到台大醫院進行前測、訓練中的測試、後測、追蹤測的結果來呈現訓練的效果。我們依照章節 3.5.3 中所定義的錯誤率，使用未加權的數值，將每次進行遊戲所剪的錯誤率平均，得到每次進行遊戲時在不同層的平均錯誤率。

在呈現幼兒剪紙活動偏差的錯誤率折線圖當中，橫軸標示著測驗的日期，縱軸標示著當天測驗的平均錯誤率。由於錯誤率的定義為「偏差量除以輪廓線長度」，在章節 3.5.3 中有提到，輪廓線的長度是用表示輪廓線的像素數目除以寬度五來逼近的，所以正常狀況下錯誤率的最大值約等於(而非等於)一，也就是完整的剪完，但是都沒有剪切在輪廓線上的狀況。LB1 的錯誤率

為 0.5 表示有長度為輪廓線一半的軌跡是在 division1 之外的，L12 的錯誤率為 0.5 表示有長度為輪廓線一半的軌跡是在 division2 之外的，L23 以及 L34 的錯誤率以此類推。根據定義可知 LB1 錯誤率 > L12 錯誤率 > L23 錯誤率 > L34 錯誤率，因此一般情況下由 LB1 錯誤率就能看出幼兒的表現。在一些特殊的情況下，像是幼兒因為控制不好而對同一段輪廓線重剪了很多次才準確的話，分析器對每一段軌跡都會統計偏差列入錯誤率的計算，因此錯誤率有可能出現 1 以上的值。如 Figure 5.3.1 所示為七位小朋友的錯誤率折線圖，以下分別對七位幼兒的表現進行分析。



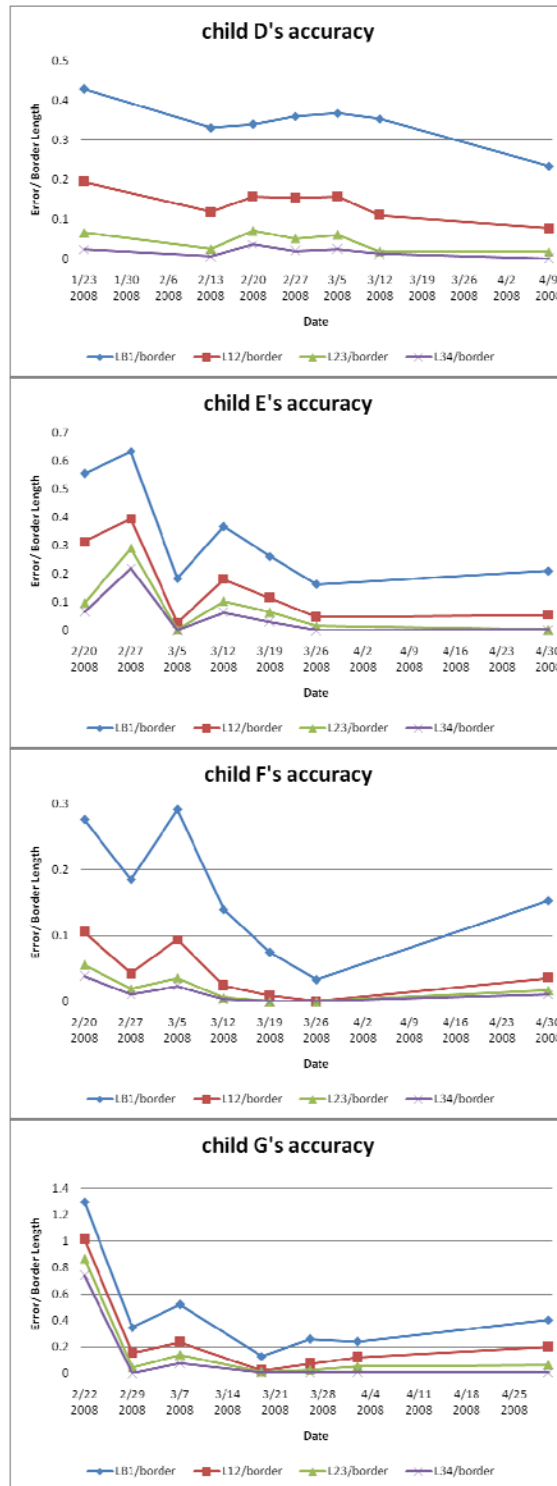


Figure 5.3.1 七位幼兒的錯誤率折線圖

Child A 在一開始的表現就比較好，錯誤率一直維持在 0.5 之下，到訓練後期 LB1 的錯誤率都在 0.2 之下。追蹤測的表現變化不大，沒有因為停止訓練而生疏，表示訓練效果有持續。

Child B 則剛好跟 child A 相反，在一開始控制得很不好，很難沿著輪廓線剪切，因此往往都要重複剪好幾次才能正確剪在輪廓線上。但是他的進步很快，在訓練兩個星期後 LB1 錯誤率都維持在 0.2 之下，一直持續到追蹤測的表現都非常穩定。

Child C 是比較特別的例子，由於他一開始不太能了解繪圖板跟游標的關係，所以無法準確的控制剪刀剪在輪廓線上。經過一次的教導後，在第二次就有很大的進步。在第三次的測試時，他的剪法變得很粗略，就是有把圖案剪下來就好，而不是剪在輪廓上。經由跟家長的對談發現，由於在家中進行遊戲時有父親在旁陪伴，由於他一開始剪得不好，父親建議他用這種粗略的剪法，避免把圖案剪得支離破碎，經過我們的提醒後，他就懂得沿著輪廓線剪的道理了。不過這個事件還是有影響到他，加上他情緒比較不穩定、比較沒有耐心，所以後來的測試中運筆的速度都比較快，而沒有細心地去注意控制好控制，所以他的 LB1 錯誤率一直都維持在 0.3 左右，沒有明顯的進步。

Child D 比較沒耐心，雖然一開始就控制的還不錯，但是因為性子急，總是用很快的速度剪完，而沒有去注意細節，因此他的表現沒有明顯的進步。

Child E 在一開始手部控制的能力屬於中等的程度，經過一、兩個禮拜的訓練後，LB1 的錯誤率就維持在 0.3 左右，在經過後面兩個禮拜後的訓練之後錯誤率就降低到 0.2 之下了，表現一直維持到追蹤測都還有這個水準。

Child F 是七位小朋友裡面，初始表現最好的，LB1 的錯誤率在一開始就在 0.3 之下了。我們根據收回的數據分析得知，他是最按時進行遊戲的幼兒。根據家長的說法，他很喜歡玩這個遊戲，每天會自動自發的去玩，勤於練習的關係，使得他在測驗時往往剪得又快又好。在最後的追蹤測當中，經過了一個月的停止訓練後，他對筆的控制能力略為生疏，但是他還是用他原本習慣的速度去剪，所以產生的偏差比較多，LB1 的錯誤率上升至 0.15，但是在七個小朋友的表現裡然算是很好的。

Child G 在一開始不太會控制繪圖筆，經過訓練後，很快的就熟悉繪圖筆的操作，經過一個月的訓練，錯誤率維持在 0.2 左右。根據我們回收的數據分析中發現，他進行訓練的情況非常不穩定，是七個幼兒裡訓練次數最少的，因此對於他在追蹤測的時候 LB1 的錯誤率提昇至 0.4，是七位小朋友之內訓練效果持續狀況最差的情況我們並不意外。

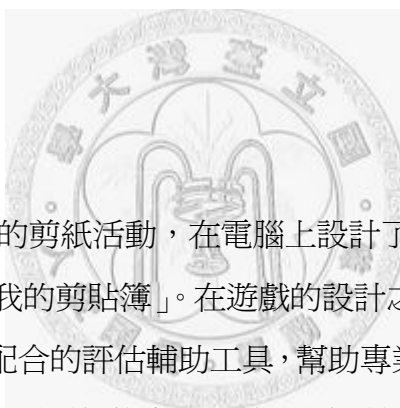
綜合起來看，七位幼兒的手部功能經過一個月訓練後，握筆和運筆的表現都有進步，剪切輪廓線的偏差量都有下降。追蹤測的表現比起後測的表現變化不大，只有其中一個練習次數很少的幼兒的錯誤率在追蹤測驗時有較大幅度的上升，超過 0.4，其餘的六位幼兒的錯誤率都在 0.3 以下，表示大部分的幼兒經過訓練後的效果都有持續，且錯誤率都低於 0.3 以下。

初步分析，幼兒在手部功能的表現上皆有進步，但由於樣本數不足，無法推斷出我們所設計的「我的剪貼簿」是不是真的適用於其他手部功能有問題的幼兒。另外，因為臨床上所使用的標準測驗結果尚未分析完成，無法佐證訓練效果是不是真的能移轉到現實世界中，所以暫時還無法證明電腦訓練遊戲的可信度。

Chapter 6

結論與未來展望

6.1 結論



本篇研究參考傳統的剪紙活動，在電腦上設計了一個功能更為豐富完整的手部功能訓練遊戲「我的剪貼簿」。在遊戲的設計之外，額外增加了紀錄使用者活動的功能、開發配合的評估輔助工具，幫助專業人員進行觀察與分析，構成一套從訓練、紀錄、到評估的完整系統。我們所設計的電腦剪紙遊戲「我的剪貼簿」，免除了專業人士陪同之限制，省去了人力耗費，同時又兼顧治療師跟教師評估幼兒手部功能發展狀況的需求，解決了一般幼兒訓練玩具無法紀錄幼兒表現，進而提供專業人員評估幼兒發展狀況的缺點。「我的剪貼簿」內含回復機制，無須耗費更多的紙張，就能讓幼兒進行無限次的重複練習，從多次的練習中汲取經驗。透過變形等無法在現實世界中實現的功能，讓幼兒發揮創意，提昇遊戲樂趣。操作上配合遊戲說明手冊以及一般家庭即可負擔的設備，將手部功能的訓練拓展至一般家庭以及任何有電腦設備的地點，讓幼兒可以進行大量且密集的訓練，促進手部功能的發展。

6.2 未來展望

本研究目前進行的實驗，只有讓七個幼兒帶回家進行為期一個月的訓練，樣本數量不足。未來希望能進行大規模的實驗，驗證「我的剪貼簿」手部功能訓練的效果。

在系統的服務模式上，未來將移植到網路上成為網路服務。一方面讓更多需要的幼兒獲得訓練的機會，另一方面能獲得大量的資料，輔助研究的進行。將系統移植到網路上還可以解決遊戲紀錄繳交的問題，經由網路傳送至資料庫進行儲存，不必依靠家長以手動複製資料的方式經由 USB 隨身碟繳交。此外，遊戲程式以及內容的更新只需要修改網站的程式及內容，所有使用者都可以即時獲得最新的版本。至於評估輔助工具方面，未來會將模擬器以及分析器移植到網路上，並設計新的視覺化圖形呈現模式，將幼兒進行訓練的資料以及表現，依照時間以及不同的分類方式呈現，讓專業人員或是家長及幼兒可以即時的藉由系統了解幼兒長時間的進步幅度，以便配合專業的診斷以及治療。

在遊戲設計方面，我們會找出判別不同圖案對手部控制的難易度機制，將所提供的圖案進行難易度分級，並配合定義的手部控制準確度判別標準，根據幼兒在遊戲時的表現，即時的給予不同程度的回饋，讓幼兒能立即對自己的表現有概略的了解，鼓勵幼兒挑戰自己，積極進行訓練。另外，我們也打算根據難易度的區分，將遊戲重新設計，根據幼兒遊戲時的表現，動態的調整進行的訓練內容，讓幼兒能循序漸進做難度更高的挑戰，確保幼兒在每次的訓練結束後能有所進步，而不會因為擔心自己的表現導致總是挑選比較簡單的圖案進行訓練，喪失了進步的機會。

在評估輔助工具方面，未來將提供更多的資訊給模擬器，盡量忠實的呈現幼兒進行活動時的情形，讓專業人員能詳盡的了解幼兒的狀況，以利進一

步的診斷跟訓練。至於分析器的未來展望，由於目前在判別剪的軌跡跟輪廓線的對應機制上還不盡理想，在特殊情況下會判別錯誤而影響評估數據，所以希望能研究出良好的對應方法。此外計畫將分析器跟現行醫院裡的標準測驗進行比較，做出必要的調整並進行大規模的測試，使得分析器發展成爲具有可信度的電子化標準測驗。若能將分析器發展成爲標準化的測驗，即可配合「我的剪貼簿」，構成一套標準、完整的訓練評估系統，對幼兒的手部功能改善有所貢獻。



參考書目

- [1] Stephanie Feeney, Doris Christensen, Eva Moravcik. 2007. Who am I in the Lives of Children? Prentice Hall.
- [2] 羅鈞令 (1998)。《感覺整合與兒童發展》。台北：心理。
- [3] C. Plaisant, A. Druin, C. Lathan, K. Dakhane, K. Edwards, J. M. Vice, J. Montemayor, “A Storytelling Robot for Pediatric Rehabilitation,” in Proceedings of the 4th international ACM conference on Assistive technologies, 2000, p.50-55.
- [4] A. Druin, J. Montemayor, J. Hendler, B. Mcalister, A. Boltman, E. Fiterman, A. Plaisant, A. Kruskal, H. Olsen, I. Revett, T. P. Schwenn, L. Sumida, R. Wagner, “Designing PETS: A Personal Electronic Teller of Stories,” in Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 1999, pp.326-329.
- [5] 牛津家族. [Online].Available:
<http://www.newwis.com.tw/front/bin/home.phtml>

[6] 小青蛙運筆訓練.

[Online].Available:<http://www.newwis.com.tw/front/bin/ptdetail.phtml?Part=A142129&Rcg=26235>

[7] 形狀色彩運筆遊戲.

[Online].Available:<http://www.newwis.com.tw/front/bin/ptdetail.phtml?Part=A142130&Rcg=26235>

[8] Vtech. [Online].Available: <http://www.vtechuk.com/>

[9] Soft & Soar Rocket.

[Online].Available:<http://www.vtechuk.com/developmental-benefits/>

[10] D. Jack, R. Boian, A. Merians, S. V. Adamovich, M. Tremaine, M. Recce, G. C. Burdea, H. Poizner, “A virtual reality-based exercise program for stroke rehabilitation,” in Proceedings of the 4th international ACM conference on Assistive technologies, 2000, pp.56-63.

[11] A. Merians, D. Jack, R. Boian, M. Tremaine, G. C. Burdea, S. V. Adamovich, M. Recce, H. Poizner, “Virtual reality-augmented rehabilitation for patients,” Physical Therapy, Vol. 82, No. 9. (September 2002), pp. 898-915.

[12] Cyberglove. Immersion Corporation. [Online].Available:

<http://www.immersion.com/3d/products/cyberglove.php>

- [13] M. Bouzit, G. Popescu, G. Burdea, R. Boian, "The Rutgers Master II-ND Force Feedback Glove," in Proceedings of the 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2002, pp.145
- [14] S. V. Adamovich, A. Merians, R. Boian, M. Tremaine, G. C. Burdea, M. Recce, H. Poizner, "A Virtual Reality Based Exercise System for Hand Rehabilitation Post-Stroke: Transfer to Function," in Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2004, pp.4936-4939.
- [15] R. H. Jebsen, N. Taylor, R. B. Trieschmann, M. J. Trotter, L. A. Howard, "An objective and standardized test of hand function," Archives of physical medicine and rehabilitation, 1969 Jun;50(6):311-9.
- [16] Jean Ayres. Southern California Sensory Integration Tests: Motor Accuracy Test Revised. Western Psychological Services
- [17] Keith E Beery. Developmental test of visual-motor integration. Follett Pub. Co.
- [18] K. Koyanagi, Y. Fujii, J. Furusho, "Development of VR-STEFG system with force display glove system," in Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence, 2005, pp.91-97.
- [19] A. M. Piper, E. O'Brien, M. R. Morris, T. Winograd, "SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development," in Proceedings of the

2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work, 2006, pp.1-10.

[20] KidTalk: Online Therapy for Asperger's Syndrome. [Online].Available: <http://research.microsoft.com/scg/papers/KidtalkTechRep.pdf>

[21] B. Brederode, P. Markopoulos, M. Gielen, A. Vermeeren, H. D. Ridder, “pOwerball: the design of a novel mixed-reality game for children with mixed abilities,” in Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children, pp.32-39.

[22] K. Blocher, R. W. Picard, “Affective Social Quest: Emotion Recognition Therapy for Autistic Children,” in Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations, Vol. 3.(April 2006), pp.133-140.

[23] H. Kozima, C. Nakagawa, Y. Yasuda, “Interactive Robots for Communication-Care: A Case-Study in Autism Therapy,” in Proceedings of the 2005 IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication, pp.341-346.

[24] K. Dautenhahn, “Design Issues on Interactive Environments for Children with Autism,” in Proceedings International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT), 2000, pp.156-159.

[25] Flash CS3. [Online].Available:<http://www.adobe.com/products/flash/>

[26] Flash Player.

[Online].Available:<http://www.adobe.com/products/flashplayer/>

[27] MDM Studio. [Online].Available:<http://www.multimedia.com/>

[28] OpenCV.

[Online].Available:<http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>

[29] 小小牛頓. [Online].Available:<http://www.kidsnewton.com.tw/>

[30] 吳幸玲 (2003)。《兒童遊戲與發展》。台北：揚智文化。

[31] Yet Another Coverflow using Papervision. [Online].Available:
<http://johndyer.name/post/2007/11/Yet-Another-Coverflow-using-Papervision.aspx>

[32] 何華國 (2006)。《特殊幼兒早期療育》。台北：五南

[33] Wacom Bamboo Fun.

[Online].Available:<http://www.wacom.com.tw/bamboo/>

[34] Jin-Ling Lo, Tung-Yun Lin, Hao-Hua Chu, Hsi-Chin Chou, Jen-Hao Chen, Jane Yung-Jen Hsu, Polly Huang, "Playful tray: adopting UbiComp and persuasive techniques into play-based occupational therapy for reducing poor eating behavior in young children," in Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP 2007), Innsbruck, Austria, September 2007, pp 38-55.

- [35] Yu-Chen Chang, Jin-Ling Lo, Chao-Ju Huang, Nan-Yi Hsu, Hao-Hua Chu, Hsin-Yen Wang, Pei-Yu Chi, Ya-Lin Hsieh, "Playful toothbrush: UbiComp technology for teaching tooth brushing to kindergarten children", in Proceedings of ACM CHI 2008, Florence, Italy, April 2008, pp 363-372.
- [36] P. King, J. Tester, "The landscape of persuasive technologies," Communications of ACM, 42, 5(1999), 31-38.
- [37] B. J. Fogg, "Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do," Morgan Kaufmann, 2002.
- [38] Microsoft Windows XP. [Online].Available:
<http://www.microsoft.com/windows/products/windowsxp/default.aspx>
- [39] Mac. [Online].Available: <http://www.apple.com/mac/>
- [40] Linux. [Online].Available: <http://www.linux.org/>

附錄



A. 「檢查」機制

「檢查」這個功能的設計，主要是希望把幼兒在剪紙的過程中疏忽沒有連結好的軌跡端點標示出來。我們提供的檢查功能，主要是建立在一個基礎上：沒有連結好的端點，一定是每一段軌跡的起點跟終點。我們所擁有的資訊是每次剪切的起點跟終點，經過過濾器的處理後，留下符合條件的點，並將它們標示出來給使用者作為參考。目前的機制主要的概念是要尋找符合任一種條件的端點：距離相近但尚未連結的成對端點、或是附近有其他不相連的軌跡的端點。以下將介紹檢查功能的實作方法。

hintList: 儲存剪切的起始點跟終點。

filterList: 儲存不成對的端點。

1. 將 **hintList** 之中已經在封閉區域之內的端點、已經跟其他的端點重合、或是已經連結到其他軌跡上的端點移除並存放到 **filterList** 之中。
2. 將 **hintList** 之中，距離相近、但是卻在剪的軌跡上不相連(或是相連但是距離在門檻值以上)的端點留下，剩下的點存入 **filterList** 之中。
3. 將 **filterList** 之中，在剪的軌跡上相連(距離在門檻值以下)的點移除。
4. 將 **filterList** 之中，將附近有其他剪的軌跡的點留下(端點跟該軌跡不在同一條軌跡上，或是在同一條軌跡上但是連結的話會圍繞出一片區域)。
5. **hintList** 以及 **filterList** 之中的點即為我們建議使用者連結的點。

以下分別介紹每個功能的實作方法

Flooding：將彼此相鄰的同色相素全部改成特定顏色的像素，如 **Figure A.1** 所示。

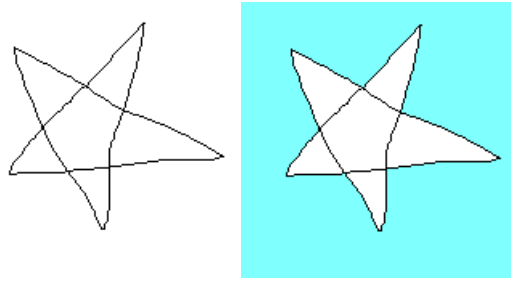


Figure A.1 左圖為 Flooding 前的原始影像，右圖為在原點以淡藍色 Flooding 的結果

移除已經在封閉區域內的端點：InnerPointFilter(hintList)

1. 以原點為起點，以透明色進行 flooding。
2. 移除 hintList 之中，周圍一定距離內沒有透明色像素的點。

移除已經跟其他的點或軌跡連結起來端點: AwayFromSeperateFilter(hintList)

對於每個 hintList 當中的點：

1. 以該點為中心從軌跡圖中取出小塊的正方形點陣圖。
2. 以透明色在小點陣圖中的任一白色像素點進行 Flooding。
3. 如果小點陣圖中還有白色像素，就將中心點自 hintList 中移除。

第三步驟的原理：如果點已經跟其他的端點重合，或是跟其他的軌跡連結的話，端點會出現在一條連續的軌跡之上，表示這個小點陣圖將會被軌跡分割成至少兩塊區域，則經過 Flooding 將一塊區域設定為特殊顏色後，還會有白色區域存在，如 Figure A.2 所示。

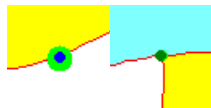


Figure A.2 端點重合，或是跟其他線段重合時，會將周圍的區域劃分成兩塊以上的小塊區域

檢查兩點之間是否同在一塊相同顏色的區塊上：TwoPointConnected(Point1, Point2, lineColor, thresholdC)

以 Point1 為起點，利用 A* 搜尋法，找出兩點之間的最短路徑(路徑的每一點為同一顏色)。如果在路徑長度未達 thresholdC 就到達 Point2，那就判定為同一區塊上互相連結，反之則判定為不在同一區塊上。

找出直線距離相近但是沒有經由軌跡直接連結的點：

DirectCloseNonConnectedPointList(基準點,candidateList, thresholdD, thresholdC) 對於每個 candidateList 之中的點：

1. 檢查它跟基準點的距離是否在 thresholdD 之內，符合則繼續下一步驟。
2. 透過 TwoPointConnected(Point1, Point2, lineColor, thresholdC) 檢查它跟基準點所在的軌跡是否相連，如 Figure A.3 所示，相連結就符合條件。

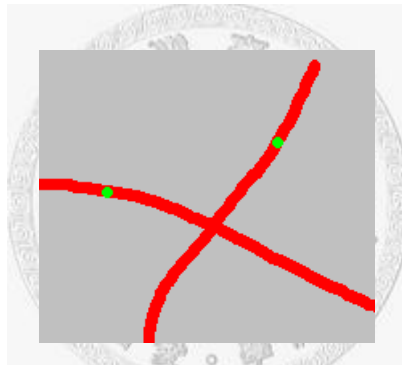


Figure A.3 兩點所在的軌跡交叉或相連

留下可能沒連結好的成對端點:HasDirectCloseNonConnectedPointFilter(hintList)

以每個 hintList 中的點為基準點

1. 用 DirectCloseNonConnectedPointList(基準點, candidateList, thresholdD, thresholdC) 找出直線距離相近但是沒有經由軌跡直接連結的點，只取最近的那一點，將剩下的點自 hintList 中移除。若沒有符合條件的點，直接將基準點移除，繼續 1 的步驟。
2. 將第一步驟中的一對端點在 hintList 中移除，持續 1,2 的動作直到 hintList 中沒有端點為止。

第一步驟中將剩下的點移除的目的是為了避免一對多、多對多的問題，

只將距離最近的一組點標示出來，免得因為可能性太多，太多的標示反而造成使用者不知道要連結哪些點。

將互相連結的點移除：RemoveDirectCloseConnectedPointFilter(filterList, thresholdD, thresholdC)

分別以每個 filterList 當中的點為基準點。

透過 TwoPointConnected(Point1, Point2, lineColor, thresholdC) 來檢查是否有互相連結的點，若是相連就把兩點都移除。

保留附近有其他軌跡的端點：HasNonConnectedCutPathFilter(filterList, distance)

對於每個 filterList 中的點：

1. 以該點為中心從軌跡圖中取出邊長為 distance 的小塊正方形點陣圖。
2. 對小點陣圖上的每個像素進行檢查，只要找到紅色的像素就以它為起點用特殊色 Flooding，並繼續檢查。如果沒有再找到紅色的像素，就從 filterList 之中將此點移除。

第二步驟中找到第二個紅色的像素的條件如果成立，就表示小點陣圖之內有兩塊以上的紅色區塊，也就是有跟端點不直接連結的軌跡線段(否則 Flooding 的時候會將相連的軌跡像素全部設為特殊色)。

其中，演算法的第一個步驟使用了 InnerPointFilter、AwayFromSeperateFilter。

第二步驟使用了 HasDirectCloseNonConnectedPointFilter。第三步驟使用了 RemoveDirectCloseConnectedPointFilter。第四步驟使用了 HasNonConnectedCutPathFilter。

B.

輪廓線判定

由於我們以是否剪切在輪廓線上區分幼兒手部功能的表現，所以我們必須找出判定輪廓線的方法，我們所擁有的資料是白底黑線條的圖案。以下將介紹輪廓線判定的機制。

對每一張只有黑白兩色的影像：

1. 以原點為起點，用透明色進行 Flooding。將影像變為具有透明色外部、黑色線條、以及白色圖案內部的點陣圖。
2. 如果黑色像素的四周八個像素有透明色，就表示該點在輪廓線上。其他的點都不會是輪廓線，如圖 B.1 所示。

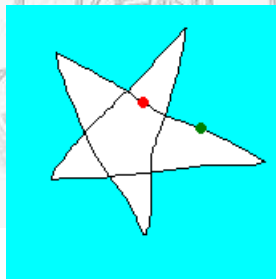


Figure B.1 較靠近星形中心點的圓形標記所標示的點屬於非輪廓線，鄰近的像素不會有代表外部的淡藍色像素。相反地，在星形邊線(輪廓線)上的圓形標記所標示的點鄰近的像素一定有代表外部的淡藍色像素。

由輪廓線判定方法可知，只要在系統起始期間做好 Flooding 的處理，在檢查目標點是否為輪廓線時只要檢查周圍的八個像素即可判定。

C.

產生並排序區塊邊界點以製作區塊

我們想達到的目標是將使用者剪的軌跡所圍繞起來的區域轉換成「剪下的紙片」，製造「剪下」的效果。我們所擁有的資料包括使用者剪的軌跡圖以及軌跡每一點的座標，經過演算法處理後，成為彼此相鄰、排序好的封閉區域邊界點。以下將介紹找出並排序區塊邊界點的機制。

pathPointList: 儲存剪的軌跡點。

sortPointList: 儲存排序過的軌跡點。

1. 以原點為起點，用透明色進行 **Flooding**。將影像變為具有透明色外部、紅色軌跡、以及由軌跡所包圍的白色內部的點陣圖。
2. 檢查點陣圖中是否有白色像素，如果沒有就表示紅色軌跡沒有製造出封閉區域，不會有區塊產生，不必繼續處理。
3. 檢查點陣圖中紅色像素的周圍八個像素：
 1. 周圍沒有白色像素，將紅色像素設定為透明色，在 pathPointList 中將點移除。
 2. 周圍沒有透明色像素，將紅色像素設定為白色，在 pathPointList 中將點移除。
4. 將 pathPointList 排序。
 1. 在 pathPointList 中挑出跟目標點直線距離最近的點，存入 sortPointList。目標點起始值為 pathPointList 的第一點。
 2. 將挑出的點設定為新的目標點，繼續第一步驟直到 pathPointList 內的點全部存入 sortPointList。

其中，第四步驟可利用檢查目標點周圍八個像素中，將直線距離最近的軌跡點直接設定為新的目標點來加快速度，而不必計算目標點跟 pathPointList 中每一點的直線距離來求出距離最近的點。



D.

產生並分類排序多個區塊的邊界點以製作碎塊

對於剪下來的紙片，我們用「多個小型封閉區域」的概念，由小而大去理解它，也就是說，每張小紙片，都是被軌跡封閉起來的區域，而這些封閉小區塊的邊界點所重疊後就形成使用者剪切的軌跡。我們所擁有的資訊是剪的軌跡圖，經過尋找及分類的機制處理後，我們會產生相對於每張小紙片分組且排序過的邊界點，使得我們可以做出「剪下」每個小紙片的效果。以下將介紹找出並排序小區塊邊界點的機制。

`borderList`: 儲存所有的邊界點。

`oneAreaList`: 儲存屬於一張紙片的邊界點。

`borderArrayList`: 儲存各組分類並排序過的紙片邊界點。

1. 以原點為起點，利用 **Flooding** 將軌跡圖處理成外部透明、被紅色軌跡圍繞的區域為白色的點陣圖。
2. 找出區塊跟剪紙軌跡的交界點作為紙片的邊界點，將結果儲存在 `borderList` 之中。
3. 將 `borderList` 之中的點分類成屬於不同紙片的邊界點並將他們排序。
 1. 在基準點四周共八個點內尋找下一個連結的點。如果沒有基準點就以 `borderList` 之中目前的第一個點為基準，繼續尋找連結的點，並將點儲存到 `oneAreaList` 之中，持續這個動作直到找不到連結的點為止。
 2. 從 `oneAreaList` 之中的最後一個點為新的基準點，尋找四周還未被連結的點，以未被連結的點為基準點，繼續前一個步驟，尋找同屬於一個區塊的邊界點。
 3. 如果在前兩步驟都無法在找到新的點，就將 `onAreaList` 之中的點存

放到 borderArrayList 之中，成爲其中一塊區塊的邊界點資訊，並繼續進行 3-1 的步驟，直到 borderList 中的點都存入 borderArrayList 中。

4. borderArrayList 內分好組並排序過的點就是我們所要的紙片邊界點。

步驟 3-2 的方法，主要是處理如 Figure D.1 所示的情況下，黑色的像素在連結的時候深入到軌跡反折點，周圍都沒有同屬於一個區塊、未連結的分界點。因此無法跟藍色所標示的點繼續連結。運用我們的方法，以 Figure D.1 的點陣圖爲例，往回找到第四個點的時候就會發現周圍有分界點(被標爲藍色的像素)可以繼續連結下去了。

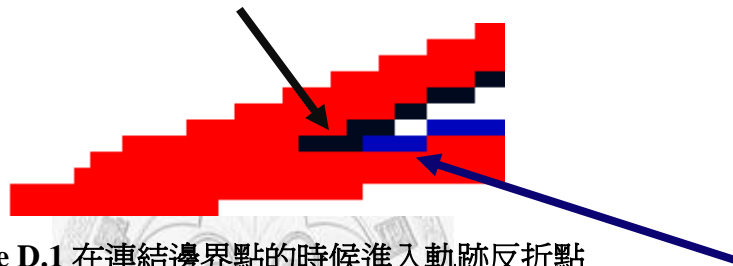


Figure D.1 在連結邊界點的時候進入軌跡反折點

由於我們是以最近的點來做連結的基礎，所以在某些情況下會有點被略過，像是 Figure D.2 中淡綠色的分界點，就在被屬於同一塊區域、標示爲黑色的分界點彼此連結的時候被跳過了。而這種點被忽略的話其實沒有什麼影響，對做出的視覺效果來說幾乎看不出來，反而是基於在 Flash 之中製作區塊是按照順序連結的關係，突然從其他的點連回來反而會製造出奇怪的形狀，所以當我們以上一個步驟的方法解決反折點的問題的時，會選擇忽略這些點。

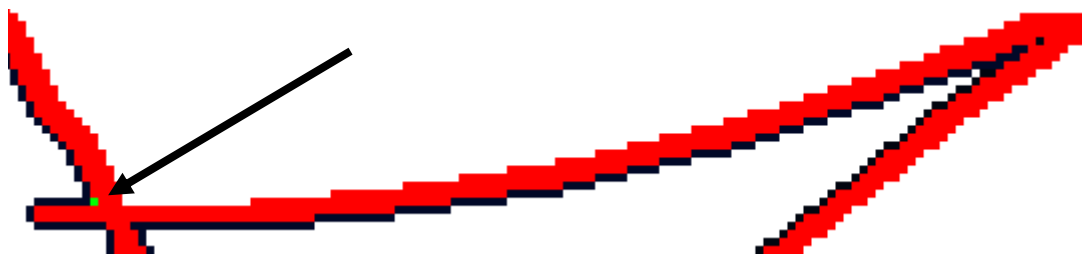


Figure D.2 由於我們尋找最近的點，有些點會被略過，如圖中左邊淡綠色的點

E.

剪紙偏差量統計

我們參考了在醫學院的復健部常用的測驗工具 Southern California Sensory Integration Tests 這項測驗工具中的分項目 Motor Accuracy Test-Revised 來設計我們評估準確度的程式。我們擁有的資訊是剪紙的軌跡點座標、該張圖案的輪廓線圖。我們運用偏差量來表示剪紙的準確度，統計的是被剪的軌跡所截斷的分界線截線段長。以下將介紹我們定義、統計的機制。

偏差量統計的機制對在輪廓線外部及輪廓線內部的計算方法是一樣的，這裡以輪廓線外部為例。



division1: 第一條分界線，緊靠輪廓線的分界線。

division2: 第二條分界線。

division3: 第三條分界線。

division4: 第四條分界線，最外層分界線。

curPoint: 目前處理的軌跡點。

prePoint: 前一次處理的軌跡點，也就是 curPoint 的上一個軌跡點。

curPointB: 在第一條分界線上對應於 curPoint 的點。

prePointB: 在第一條分界線上對應於 prePoint 的點。

connectB: 根據 prePoint、curPoint 所定義，相鄰於被剪到輪廓線線段的第一條分界線線段。

1. 將 prePointB 設定為在 division1 上距離 prePoint 最近的點。
2. 將 curPointB 設定為在 division1 上距離 curPoint 最近的點。
3. 將 connect 設定為 prePointB、curPointB 在 division1 上的最短連線。

4. 由 $(prePoint, prePointB)$ 、 $connectB$ 、 $(curPointB, curPoint)$ 、 $(curPoint, PrePoint)$ 這四條線段所圍繞的分界線段就是剪切的動作由 $prePoint$ 至 $curPoint$ 時所造成的偏差量，如圖 E.1 所示。

步驟四在計算偏差的時候不計在 $(prePoint, prePointB)$ 上的 $division1$ 、 $division2$ 、 $division3$ 、 $division4$ 的點，因為在前一組的 $prePoint$ 、 $curPoint$ 的組合時已經統計過了。

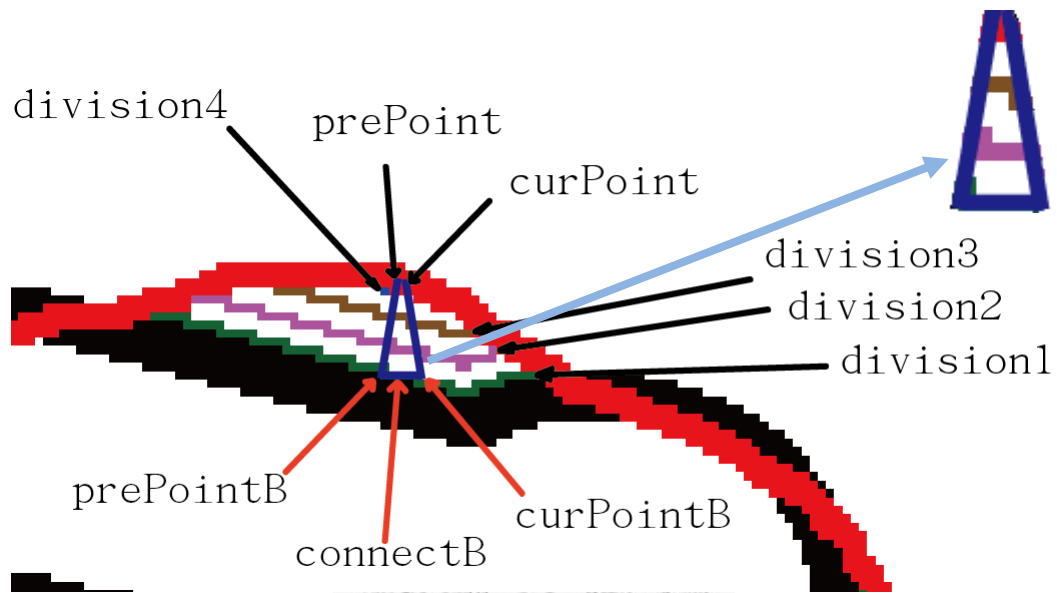


Figure E.1 剪切動作由 $prePoint$ 至 $curPoint$ 所造成的偏差量，就是右上角的梯形區域內含的 $division1$ 、 $division2$ 、 $division3$ 、 $division4$ 的點數。