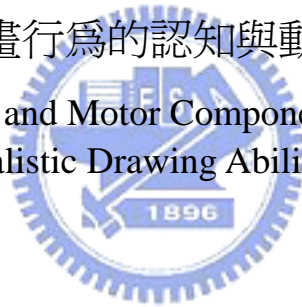


國立交通大學
應用藝術研究所

碩士論文

寫實繪畫行為的認知與動作分析
The Cognition and Motor Component Analysis of
Realistic Drawing Abilities



研究生：陳俊安
指導教授：陳一平 教授

中華民國九十七年十二月

寫實繪畫行為的認知與動作分析

學生：陳俊安

指導教授：陳一平

國立交通大學應用藝術研究所碩士班

摘要

本研究嘗試透過實徵方式，探討認知過程中的平面空間定位準確性和與動作相關的手眼協調能力與寫實繪畫能力之間的關係。研究中將平面空間定位能力區分為絕對定位和相對定位能力，觀察此三者與忠實繪畫彼此間的關係。我們定義「絕對定位能力」為：僅僅參照單一的參考框架，而能準確判斷目標平面空間位置的能力，此單一的參考框架不與圖像產生群化作用；「相對定位能力」則是指依賴圖像本身部件與部件之間的空間關係去判斷某一部件位置的能力。

分析結果顯示忠實繪畫能力和本研究所定義的相對定位、絕對定位及手眼協調能力皆有關。推論相對空間能力可能和線條描繪的忠實程度有正相關。此外，相對定位能力和手眼協調轉化速度之間有正相關性，也和絕對定位有顯著正相關。藉由問卷得到受試者們繪畫經驗的資料並加以量化，分析後發現與相對定位和手眼協調能力有顯著正相關，也許這兩個能力皆可藉由繪畫加以訓練。

關鍵字：寫實繪畫、平面空間定位、手眼協調、繪畫經驗、可訓練性、空間關係、參考框架。

The Cognition and Motor Component Analysis of
Realistic Drawing Abilities

Student : Chun-An Chen

Advisor : Dr. I-Ping Chen

Institute of Applied Arts
National Chiao Tung University

Abstract

In this study, we investigated the relationship among the following aptitudes: 2-D spatial localizations, eye-hand coordination, and realistic drawing abilities. We differentiated the 2-D localization abilities into “absolute localization” and “relative localization”. “Absolute localization” means localizing the position of an element of an image with reference to a single frame that has no grouping effect with any part of the image. As to “relative localization”, it refers to localize an element of an image with reference to other parts of the image.

The result of this study reveals that realistic drawing abilities positively correlate with all three aptitudes that we tapped, i.e. absolute, relative localization accuracies, and eye-hand coordination performance. Relative localization is also found to correlate with both absolute localization and eye-hand coordination. The amount of prior training in drawing of the participants was evaluated quantitatively with a questionnaire. We find eye-hand coordination performance and relative localization accuracy might be enriched through drawing training as these two scores are correlated with the training level.

Key words: realistic drawing, 2-D localization, eye-hand coordination, drawing experience, trainability, spatial relation, reference frame.

誌謝

在過去不算短的人生中，我一直致力於把「該做的事」做好，而忽略了自己「想做的事」。一直到進入應用藝術所，我才發現取悅自己是非常重要的。一切好像突然有了方向，我似乎正朝著正確的目標前進。然而隨著大大小小的工作，及伴隨而來的失眠。我又陷入盲目的迴圈，開始懷疑我到底有沒有正視自己所需要的。雖然表面上跟同學們依然熱絡，但卻第一次嚐到了在人群中依然孤寂的感覺。

進行論文後，開始規律的執行實驗及閱讀文獻。腦中種種的疑慮不安就漸漸消失了，而也發現那些我以前所認為無趣的工作竟然對我有很大的幫助，或許我一直被自己所貼上的標籤矇蔽了。所有工作都可以是愉悅的，一旦你了解自己最後的目的。或者該說一旦了解自己的目的，這些工作便不再像是工作，而僅僅是抵達終點前的一段插曲。



感謝在我人生最大轉折期間不斷幫助以及包容我的任性的家人們，即使你們常常吵吵鬧鬧擾亂我僅有的睡眠，或是耳提面命而趕走了我身旁的悠靜，我依然覺得這一切是動人的。感謝我求學期間認識的所有同學，跟你們一起打屁聊天的日子對我而言都不是浪費，反而也許是最有趣的經驗之一。感謝參與這篇研究的受試者與學長姐們，沒有你們投注寶貴的時間便沒有這篇論文誕生。當然最後要感謝我的指導教授陳一平老師，跟老師閒聊或許跟上課一樣精采。您引領實驗室的同僚們進入，這些經歷是我從來沒有的。

另外給正在考慮進入交大應用藝術所的朋友們：別猶豫了，來吧！

目錄

摘要.....	i
abstract.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究方法.....	5
1.4 研究流程架構.....	6
第二章 文獻探討.....	8
2.1 空間辨識的生理基礎.....	8
2.1.1 從視網膜到視覺皮質區.....	8
2.1.2 兩種獨立的視覺資訊通道.....	10
2.1.3 兩種視覺資訊通道互相獨立的證據.....	11
2.2 空間資訊的編碼.....	11
2.2.1 兩個通道如何處理空間資訊.....	12
2.3 左右腦偏好的空間訊息.....	13
2.4 目前對空間能力的定義.....	14
2.4.1 從繪畫觀察左右腦與空間能力.....	14
2.5 手眼協調.....	15
2.5.1 時間方面.....	15
2.5.2 空間方面.....	16
2.6 繪圖時的手眼互動.....	17
2.6.1 繪畫時的眼球運動.....	18
2.7 鏡描作業.....	19
2.7.1 鏡描作業的練習效應.....	21
2.7.2 鏡描作業與左右腦的關係.....	21

2.8	影響寫實繪畫能力的原因.....	22
2.8.1	刺激的詮釋.....	23
2.8.2	形象恆常性.....	24
2.8.3	原型偏移.....	26
2.9	如何克服脈絡效應.....	28
第三章	實驗.....	29
3.1	受試者.....	29
3.2	評分人員.....	29
3.3	作業內容.....	30
3.3.1	鏡描作業.....	30
3.3.2	空間絕對定位作業.....	32
3.3.3	相對定位拼圖作業.....	33
3.3.4	絕對定位線段描繪作業.....	35
3.3.5	忠實摹寫作業.....	39
3.4	實驗環境.....	40
3.4.1	鏡描作業.....	40
3.4.2	空間定位作業.....	41
3.4.3	絕對定位線段描繪作業.....	41
3.4.4	忠實摹寫作業.....	42
第四章	實驗結果與討論.....	43
4.1	數據分析.....	43
4.1.1	忠實描繪能力與手眼協調能力.....	43
4.1.2	忠實描繪能力與空間絕對定位能力.....	44
4.1.3	忠實描繪能力與相對定位能力（拼圖作業）.....	45
4.1.4	忠實描繪能力與絕對定位線段描繪作業.....	46
4.1.5	鏡描作業執行速度與其他能力.....	47
4.1.6	對於忠實繪畫的貢獻度.....	47
4.1.7	各項能力與繪畫經驗之間的關係.....	49
4.2	綜合討論.....	50
4.2.1	手眼協調、空間定位能力與忠實繪畫.....	50
4.2.2	手眼協調、相對空間與絕對空間定位.....	51



4.2.3 手眼協調與空間定位的可訓練性.....	53
4.3 後續研究與建議.....	53
4.4 結論.....	54
第五章 參考文獻.....	56
5.1 中文文獻.....	56
5.2 英文文獻.....	56
附錄 I：各作業使用刺激.....	62
附錄 II：實驗問卷.....	69



圖目錄

圖 1-1	杜勒「助手用儀器描繪女體圖」.....	2
圖1-2	濕壁畫，西斯汀禮拜堂.....	3
圖 1-3	研究架構流程圖.....	7
圖 2-1	視覺訊號由視網膜到視覺皮質區示意圖.....	9
圖 2-2	兩種傳輸路線示意圖.....	10
圖 2-3	不同方向的鏡描作業六芒星圖.....	20
圖 2-4	Sommers (1984) 的曖昧圖形.....	23
圖 2-5	薛柏幻覺示意圖.....	24
圖 2-6	Cohen & Jones (2008) 形象恆常性實驗使用刺激.....	25
圖 2-7	Matthews 和 Adams (2008) 圓柱比例示意圖意.....	27
圖 2-8	Picard & Durand (2005) 實驗用參考圖.....	27
圖 3-1	本研究所討論範圍及其實驗.....	30
圖 3-2	鏡描作業評分失誤率由低至高的表現.....	31
圖 3-3	空間絕對定位作業介面示意圖.....	32
圖 3-4	相對定位拼圖作業介面示意圖.....	34
圖 3-5	相對定位拼圖作業用圖.....	34
圖 3-6	被評為高相似度與低相似度的作品.....	35
圖 3-7	絕對定位線段描繪作業實驗組操作介面示意圖.....	36
圖 3-8	絕對定位線段描繪作業參考圖.....	37
圖 3-9	絕對定位線段描繪實驗組評分標準.....	38
圖 3-10	絕對定位線段描繪實驗組表現好與差的作品.....	38
圖 3-11	忠實摹寫能力作業參考圖.....	39
圖 3-12	忠實摹寫能力評分由高至低的作品.....	40
圖 3-13	鏡描作業操作環境.....	41

圖 3-14 絕對定位線段描繪作業操作環境.....42

圖 4-1 忠實描寫能力與絕對定位距離誤差值分佈圖.....45

圖 4-2 忠實繪畫、手眼協調與絕對、相對空間定位能力之間相關性示意圖.....51



表目錄

表 3-1	受試者相關背景資料統計.....	29
表 4-1	忠實描繪能力與鏡描作業誤差程度相關係數分析.....	43
表 4-2	忠實描繪能力與鏡描作業執行時間相關係數分析.....	44
表 4-3	忠實描寫能力與絕對定位誤差值相關係數分析.....	45
表 4-4	忠實描寫能力與相對定位能力相關係數分析.....	46
表 4-5	忠實描繪能力與絕對定位線段描繪表現、數位描繪表現相關係數分析...	46
表 4-6	絕對定位能力、相對定位能力與絕對定位線段描繪表現相關係數分析...	47
表 4-7	三種能力對忠實繪畫的線性迴歸分析之一.....	48
表 4-8	三種能力對忠實繪畫的線性迴歸分析之二.....	48
表 4-9	繪畫經驗評分依據.....	49
表 4-10	各種能力與繪畫經驗的相關性.....	50



第一章 緒論

1.1. 研究動機

當我們站在一幅畫作面前欣賞它的美麗時，我們所看到的其實是藝術家一連串複雜心智與動作歷程作用之後的成果，畫家們究竟如何將眼睛所見的外在世界，幻化為畫布上美麗的圖像呢？在研究繪畫能力的文獻中，以兒童繪畫能力的研究占大多數（Freeman, 1980; Reith, 1988; Lee, 1989, 引自 Cohen & Bennett, 1997），成人繪畫能力研究則常常被忽略。繪畫能力在大眾心中似乎成了上天所賦予少數人的權利，而增添了一層神秘的色彩。

儘管如此，轉換藉由觀察畫家們作畫時的行為或許可以得到一些啓示：「他時而注視著紙上線條，時而觀察模特兒。...Ocean 的視點僅投注於圖像的某一處細節，他的動作隨著所注視的景象行進。每次注視模特兒的瞬間，都強烈的影響當時筆下描繪出的形象」（Miall & Tchalenko, 2001）。上述所說的包含了大部分畫家所進行的繪畫過程，其中最先被提及的外在行為就是觀察的動作。透過眼睛，畫家一方面必須正確的觀察萬物的形態；一方面還需要指導手中畫筆描繪。

達文西首重觀察的能力：「達文西的凝視，使他能夠在繪畫作品中捕捉到前所未有的細膩表情。對他來說眼睛確實是靈魂之窗，如同他一再強調的，『眼睛是我們用來充分欣賞大自然無盡傑作的主要工具。』（Gelb, 1999）達文西認為透過練習和專注可以克服感知的錯覺（Delusions）。「在繪畫過程中練習，可以幫助你憑肉眼判斷物件正確的寬度和長度，而這是繪畫中最重要的事」（Richter, 1970, 引自 Cohen & Bennett, 1997）。

十六世紀文藝復興時期的藝術家杜勒，發明了一個使畫家們可以精確繪出投影在平面上的影像的儀器，使得寫實繪畫大大邁前一步。他利用一個標記器使自己的視點保持固定，透過一個方格網觀察模特兒並將其繪於具有相同方格網的紙上，藉此繪出所看到的物件比例和透視關係，而不受到後天知識的影響。這段歷史間接的說明了平面空間定位能力對寫實繪畫的重要性。

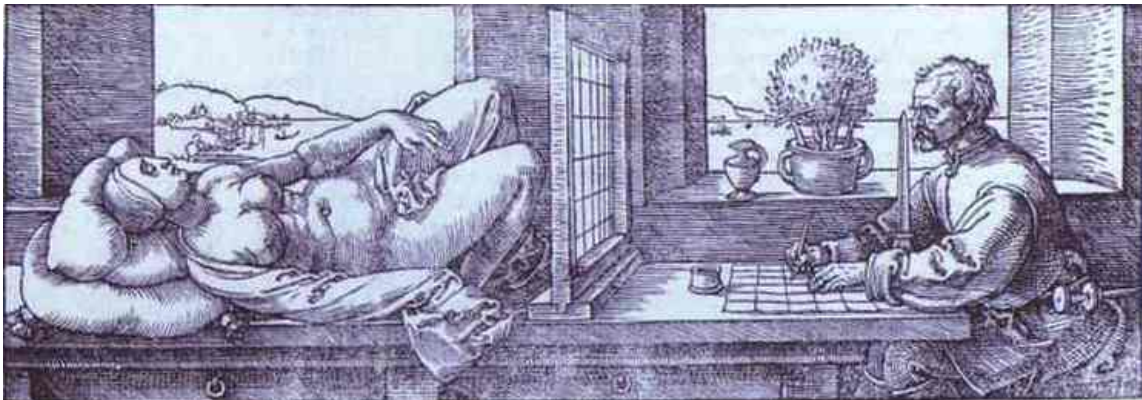


圖 1-1 杜勒「助手用儀器描繪女體圖」

在正確的觀察之後，畫家們藉著靈活的手上功夫將其所見重現於紙上（周元琪，2007）。關於「靈活的手上功夫」這一點，文藝復興時期的大師們提供了驚人的示範。當時畫家們在製作巨幅壁畫時經常必須搭設鷹架，再於鷹架上進行工作。而在鷹架上的移動範圍有其限制，使得畫家們不得不使用非慣用手。「米開朗基羅在希斯丁教堂作畫時，把畫筆從一手換到另一手，使觀者目瞪口呆。達文西是左撇子，他也培養出同樣的左右開弓，在畫<最後的晚餐>等傑作時，經常換手畫畫。」這說明文藝復興的大師們擁有極好的手眼協調性(Gelb, 1999)。Cohen 與 Bennett (1997) 也提到手部協調能力的重要。他們認為繪畫過程需要四種能力：對所繪物件的認知、再現所繪物件那些部件的決策、手部協調能力，及對所繪圖像的認知。手部協調能力指的就是手部動作能否依據視覺導引行動。



圖 1-2 濕壁畫，拱頂裝飾畫，280 x 570 公分 西斯汀禮拜堂

因此平面空間定位和手眼協調或許是繪畫過程中較前端，不涉及腦部其他高層活動的能力。本研究嘗試探討認知過程中的平面空間定位準確性和手眼協調能力與寫實繪畫能力之間的關係。研究中再將平面空間定位能力分為絕對定位和相對定位兩種不同的成分，觀察此三者與忠實繪畫彼此間的關係。

1.2. 研究目的

藝術是個人情感的表現，繪畫形式與技巧更是五花八門。光是繪畫的媒材便難以數計，油畫、水彩、蛋彩、素描、壓克力...等，藝術史本身更是各個畫派的大雜燴。繪畫的風格如此之多，若不對繪畫的範疇做一限制，則所需的能力更是難以窮盡，本研究的探討範圍以忠實繪畫能力為主，探討其和平面空間定位能力、手眼協調能力之間的關係。關於寫實描繪，Cohen 和 Bennett 是這麼定義的：可以被辨識為某一特定時空下的景物，並較之增加或是刪除了某些細節(Cohen & Bennett, 1997)。以此標準來說，比例精確的素描是寫實的，不過份失焦的照片亦是寫實的。選擇寫實繪畫能力作為研究對象並不意味我們認為繪畫的唯一旨趣在於追求肖似，而是寫實描繪是一種約束性或條件性比較高（more constrained）的

活動，亦即受試者在描繪的每一道過程中，包括觀察的確實、形象表徵的建立與維持、依內在視覺表徵作手眼協調的工作、動作執行的精確、動作結果回饋到視覺以作修正等等活動，都必須對照於一個已知的規範（亦即他所描繪的對象物）。一方面這使得每一道程序的執行精確度要求變得比較高，另一方面也使得執行結果的評量變得容易（因為有描繪的對象物可資比對），這是表現型的繪畫（含抽象畫）無法提供的研究便利。

研究中所謂平面空間定位能力，指的是在二維平面中判斷位置的能力。爲了解參考點的不同和忠實繪畫的關聯，我們進一步將平面空間定位能力分爲兩種能力：「絕對定位能力」與「相對定位能力」。所謂「絕對定位能力」，指的是以單一的參考框架爲依據，而能準確判斷物體位置的能力。此單一的參考框架通常獨立於圖像之外，看起來和圖像本身沒有群化現象。而「相對定位能力」則是指依賴圖像本身部件與部件之間的空間關係去判斷某一部件位置的能力。事實上並沒有所謂的「絕對定位」，本研究中所定義的「絕對定位」乃是與研究中的「相對定位」比較下而產生的辭彙。進一步來說，在「絕對定位」中，參考框架和所要判斷位置的物件是處在「分化」的狀態；而「相對定位」的參考點未必只有一個，並且與目標物處在「群化」的狀態，需要進行分化的動作才能加以利用。因此，雖然兩者都是利用參考點來判斷位置，但是參考點和目標物的關係有可能是不同的。

一般繪畫研究中較少提及動作控制的部分，而本研究試圖討論其中的手眼協調和寫實繪畫的關係。手眼協調常使用描圖作業及鏡描作業來衡量，指的是手部動作接受視覺導引而能精確靈巧的移動雙手。近年來則傾向認爲手和眼球運動是互相影響的。本研究中所定義的手眼協調，乃是指不受本體運動的慣性或是運動感覺記憶的影響，能夠即時的因應視覺資訊的變化而展開手部動作。

本研究便是爲了分析寫實繪畫能力和上述能力間的關係。這類的研究可以幫助我們了解寫實繪畫，有助於藝術教育的實行。在目前的社會意識中，藝術教育並不若其他學科般受到重視。無法閱讀及算數的孩童比起無法寫實描繪的更不能被大眾接受。但有許多研究者相信，孩童時期對繪畫能力的培養，不只是其他藝術形式的基石，同時也有助於其他學科的發展，因此就潛能開發的實用目的而言，對構成繪畫活動的內部細節進行研究實有其必要性。而目前的美術教育漸漸不重視繪畫技巧的訓練，強調的是視覺感知的技巧，這是不是一個充分合理的趨勢？有什麼相對的得與失？了解繪畫能力的本質可以幫助我們釐清美術教育的方向。在此必須強調，此類繪畫能力的實徵研究，並不是想將人的繪畫能力歸因於上天賜與的才能，或是將人分門別類。而是經由了解繪畫所需能力，使想學習此道的人們有可以努力的方向，以及得知這類能力的訓練是否具有「培養畫家」以外的更廣大的價值。



進一步來說，繪畫能力之所以如此複雜難解，正是因爲我們目前對人整體的認知了解有限。本研究除了想了解繪畫能力之外，更重要的是透過繪畫，擴充我們對於人類認知版圖的瞭解。

1.3 研究方法

本研究分別探討（1）「絕對定位」、（2）「相對定位」、（3）「手眼協調」等個別技能與忠實繪畫能力之間的關係。研究中透過各種作業來了解受試者的能力高低，其結果根據情況的不同以評審評分或是自動化計算的方式加以量化。並將量化後結果進行統計分析，除了了解個別技能各自對繪畫的貢獻外，也可以了解他們彼此間的關係。

忠實繪畫能力在觀察作畫模式下，以「整體忠實再現」程度爲衡量的標準，

衡量的標準又以圖像中各部位相互比例關係的精確程度為主，線條的熟練程度、風格，或是筆觸的細膩程度皆不在考量範圍內。根據上一節對於個別能力的定義，本研究選擇以鏡描作業評量「手眼協調」；而絕對定位和相對定位則是以刺激位置的放置準確率來評量。繪畫是牽涉本體運動感覺（sensorimotor）的行為，而已經有眾多證據指出視覺空間資訊的準確性受本體運動感覺影響（Blouin et al., 1993; Milner & Goodale, 1995; Goodale & Haffenden, 1998），因此在初步討論空間定位能力對於忠實繪畫表現的貢獻時，我們選擇涉及動作控制的刺激放置實驗，而不是靜態的位置辨識實驗。為了方便紀錄與分析，受試者在電腦上利用滑鼠來進行實驗。

定位能力評鑑標準是判斷位置的精確度；判斷位置的準確度越高，能力也越高。研究中所指的空間定位能力，皆是指畫布的平面空間。因此研究中的實驗作業皆是二維作業，而繪畫能力是否牽涉三維的空間定位能力，則須待本研究結果分析後再進一步研究。

本研究要提問的問題如下：

忠實繪畫能力和絕對定位能力有無相關？

忠實繪畫能力和相對定位能力有無相關？

忠實繪畫能力和手眼協調能力有無相關？

絕對定位能力和相對定位能力之間有沒有關聯？他們各自在忠實繪畫中扮演何種角色？

手眼協調和平面空間定位與繪畫經驗有無關係？

1.4 研究流程架構

本研究以實徵的方式探討手眼協調、絕對定位能力、相對定位能力與忠實繪畫能力之間的關係。在設計實驗前先了解先前相關的研究，盡量避免衡量各個子

能力的作業受到其他同樣與繪畫有關的因素影響，而使得此作業所需的能力不夠單純。接著進行簡單的前測，確認作業難度是否適當。在正式實驗中受試者皆單獨受測，每個受試者都完成所有實驗項目。實驗後所得到的資料再進行量化分析，研究的流程如下圖：

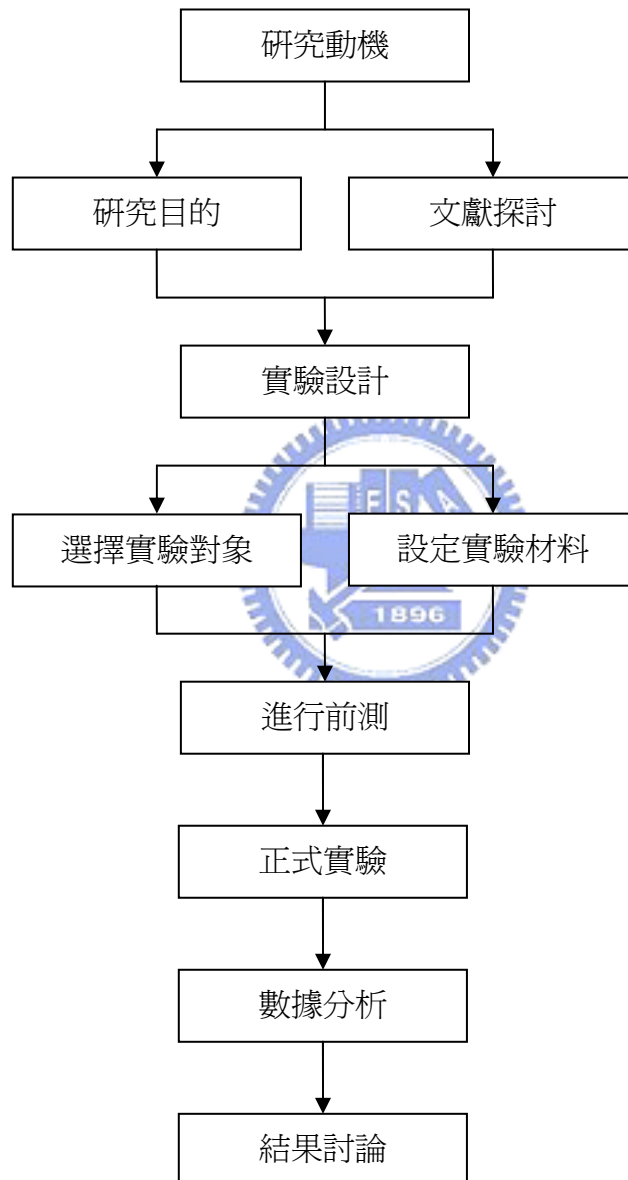


圖 1-3 研究架構流程圖

第二章 文獻探討

本研究所探討的與繪畫時的感知和動作控制相關，因此本章會先探討視覺感知如何在腦中形成，以及我們如何處理空間資訊。再從空間與時間面向討論手眼之間如何互動並了解鏡描實驗，最後介紹與繪畫能力相關的各種研究以了解至今發現影響繪畫能力的變因有哪些。

知覺（perception）是一種自主的感官經驗，知覺過程發生在大腦將神經信號轉換為實際的感覺之間；再認（recognition）則牽涉知識、記憶等層面，是一種將所感覺到的事物賦予語意意義，加以分門別類的能力（Goldstein, 2007），當外在刺激在腦中轉化為知覺經驗之後，通常伴隨著認知的發生。本研究著重於空間的即時感知和忠實繪畫的關係，而與較高層次、涉及知識（knowledge-based）的再認活動較無關。我們先由生理結構來看人如何感知。



2.1 空間辨識的生理基礎

2.1.1 從視網膜到視覺皮質區

呈現在視網膜上的影像訊號如何傳送到腦中，而又是如何得以感知（perceive）這些訊號呢？下圖表現了刺激如何由景象經由角膜、水晶體而倒立成像於視網膜中，視網膜所轉錄的神經訊號再透過 LGN（lateral geniculate nucleus）到大腦視覺皮質區（Visual Cortex）。研究發現視網膜上排列於鄰近位置的細胞，其投射到 LGN 的神經束亦著落在 LGN 各層的鄰近細胞上，亦即以一種點對點的映射方式，LGN 維持並再現了在網膜上神經活動的空間型態。同樣的，在視覺皮質層也發現相同的現象（retinotopic map on the cortex）（Hubel & Wiesel, 1965; Tootell, Switkes, Silverman & De Valois, 1982）。這說明視網膜各處的神經束能將訊號送至相對應的

視覺皮質區並激起反應。

越靠近中央小窩（Fovea）的刺激，在皮質區引起的反應面積越大。這表示當你注視某處，則注意力中心處的影像敏銳度（acuity）較其他部分高。這是因為中央小窩處的錐細胞排列最緊密，而與其連結的節細胞幾乎是一對一對應，而在主要視覺皮質區所對應的細胞數目也最多。Duncan 和 Boynton（2003）確認了皮質區面積和敏銳度的關係。他們利用 fMRI（核磁共振影像）觀察受試者在 V1 中對應到的面積和視覺清晰程度的關係，發現中央小窩對應到的皮質區域越大的人，對影像的敏銳度越高。

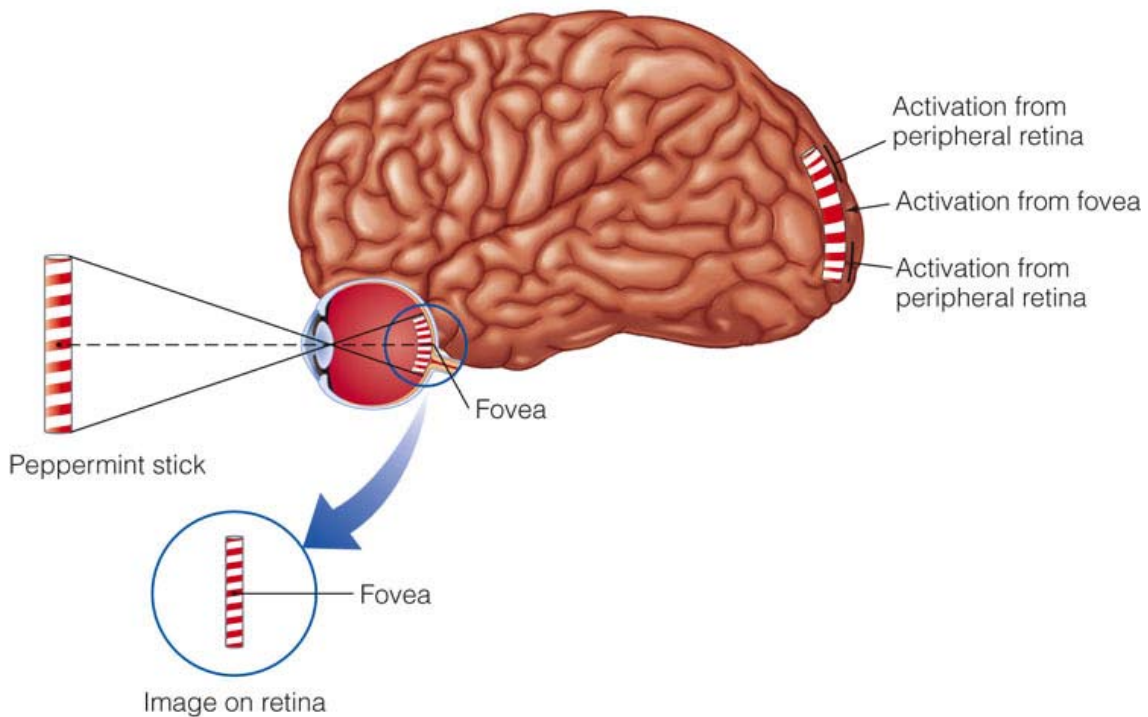


圖 2-1 視覺訊號由視網膜到視覺皮質區示意圖（引自 Goldstein, 2007）

腦部左右兩側都有 LGN，而每側 LGN 皆有六層，分別接收兩眼的訊號。2、3、5 層接收與自己同側的眼球送出的訊號；1、4、6 則是接收非同側的，兩眼視網膜上的刺激都會傳送到同一側 LGN 上。即使隔著一層 LGN，這些接收相同訊

號的神經細胞驚人的整齊排列在一起。而在 Visual Cortex 也相同，接收視網膜上相同位置的訊號的神經細胞，以垂直於 Cortex 表面的方式排列(location columns)。

綜合上述所言，可知在 cortex 表面激起反映的圖樣和視網膜所接收的影像刺激是相似的，但由於中央小窩處所對應到的 cortex 區域較多，相比之下 cortex 反應的圖樣是變形的。這提醒我們，cortex 上的訊息並不是要重組刺激，而是要保有能夠描述該刺激的資訊 (Goldstein, 2007)。

2.1.2 兩種獨立的視覺資訊通道

70年代起，學者們開始研究 striate cortex 以外的皮質區。Ungerleider 和 Mishkin (1982, 引自 Ungerleider & Haxby, 1994) 發現自 V1 到 temporal lobe 之間的區域和辨識物體有關，稱為 what pathway(又稱 temporal pathway)；而 V1 到 parietal lobe 之間的區域和辨識物體位置有關，稱為 where pathway (parietal pathway)。Schiller (1990) 和其他學者進一步發現，parvo LGN (LGN 的第 3、4、5、6 層) 所傳送的資訊和顏色、質感、形狀、深度有關；而 magno LGN (LGN 的第 1、2 層) 所傳送訊號則和運動有關。

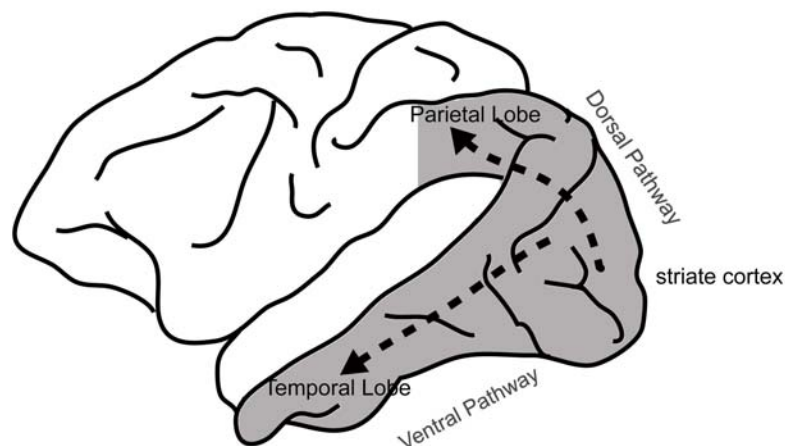


圖 2-2 兩種傳輸路線示意圖

2.1.3 兩種視覺資訊通道互相獨立的證據

Milner 和 Goodale (1995) 在對 DF 病患的研究中，他們發現病患原本難以判斷一個狹槽（像是一個信箱的信件投入孔）的走向（orientation），因為 DF 病患的 temporal pathway 遭受損傷，無法辨識物體的形狀。而一旦病患被要求將這封信「寄出」時，他們竟然可以成功的完成作業。另一方面，parietal pathway 受傷的病患則尚擁有辨識物體的能力，但不能利用視覺資訊旋轉信封將之投入。因而推論 parietal pathway 不只牽涉空間位置的判斷，還有和視覺配合的動作控制（visual for action）；而 temporal pathway 則主要涉及視覺的感知（visual for perception）。這實驗也說明 visual for perception 和 visual for action 在神經生理上是兩個獨立的機制，即使其中一個受損也不影響另一個的運作。這些證據並非侷限於腦部受損的病人身上。Bridgeman、Lewis、Heit 和 Nagle (1979, 引自 Bridgeman et al., 2000) 對一般正常人進行實驗。當眼睛進行掃視時，正常人無法觀察到刺激的移動，但他們發現受試者仍然可以以手指出移動後正確的位置。這說明這兩者可以獨立處理視覺訊息。



2.2 空間資訊的編碼

想要執行精確的目標導向（goal-directed）動作，必須先處理目標的空間資訊。空間資訊的處理方式，以參考框架來區別，可分為兩種：egocentric 和 exocentric（Paillard, 1991）。egocentric 不依賴視網膜提供的視覺資訊，以運動感覺神經（sensorimotor）處理空間訊息，以頭腳、胸背、左右側為參考軸，對物體的位置、距離等進行編碼。處理的是連續的、動態的本體感受訊息（proprioceptive signal），直接與物理世界展開對話；exocentric（也稱為 allocentric），衡量某一物件與其他周遭穩定視覺標地的相對位置關係。exocentric 通常被認為和知覺（perception）及再認行為（recognition）有關。這種模式除了可以表現物件與參考標地的空間關係外，還有物件之間、身體某部分與靜態的環境框架間的相對空間關係（Paillard, 1987）。

Conti 和 Beaubaton (1980, 引自 Paillard, 1991) 讓受試者在頭和身體不能移動的情況下，分別在全黑的環境中和具有背景資訊的視覺環境中進行伸手指物。他們發現在全黑的環境中正確率較低，這結果說明了兩種模式的存在。當取得空間資訊的過程涉及身體運動時，我們進行定位的方式可以是 *egocentric* 或 *exocentric* (Paillard, 1987)。例如伸手取物，當手與目標物的距離漸漸減少，我們所注意的會是手與目標物間的距離，於是漸漸轉入 *exocentric* 模式。因此在定位時使用何種模式，取決於可得的資訊。當處於黑暗中，僅能看見目標物而看不見其他視覺上標的時，我們僅能依靠 *egocentric* 參考框架，及本體感覺 (*proprioception*) 所傳遞的訊息。而當視覺背景資訊存在時，*egocentric* 和 *exocentric* 兩種模式可以同時存在 (Paillard, 1991; Blouin et al., 1993)。

2.2.1 兩個通道如何處理空間資訊

Goodale 和 Haffenden (1998) 重新詮釋這 *temporal pathway* 和 *parietal pathway* 的功能，而不將重點放在兩者接收的資訊的差異 (物體特徵和空間位置)。他們認為這兩個通道皆能處理物體特徵和空間位置資訊，只是使用這些資訊的方式不同。*temporal pathway* 允許資訊以長時的方式存在，而人藉以辨識物體並將經過辨識的物體分門別類，大部分時間是以 *exocentric* 的方式處理空間訊號。而 *parietal pathway* 即時處理物體的位置配置等訊息，以 *egocentric* 的方式編譯空間訊號。這兩種系統同時運作，才能處理生活中各種複雜的工作。

Bridgeman、Kirch 和 Sperling (1981) 進行了兩個實驗。第一個實驗將刺激和參考框投影在受試者前方 (除此之外，沒有其他視覺資訊)。刺激的位置是固定的，而參考框則會左右躍動。對受試者來說，看起來是刺激在左右移動。然而受試者可以正確地指出刺激最後出現的位置。第二個實驗讓刺激和參考框以相同的相對位置一起移動，知覺上刺激是靜止的，而受試者在進行指向作業時仍能指出

刺激移動的方向。上述實驗除了說明 *visual for perception* 和 *visual for action* 在空間編碼上的獨立性，也指出這兩個通道處理空間訊息的不同之處。雖然空間能力一般都認為是與 *where pathway* 相關，本研究中的平面空間定位可能與 *what pathway* 也有相當程度的關聯。不管是絕對定位能力或是相對定位能力，皆屬於偏向 *exocentric* 的編碼方式。

2.3 左右腦偏好的空間訊息

除了 *exocentric* 與 *egocentric* 的分別以外，學者們尚發現左腦與右腦對空間訊息各有其偏好的表達方式。Kosslyn (1989) 指出，人透過兩種方式表達空間關係：*categorical* 和 *coordinate*。*categorical* 就空間認知來說，是一種表達某個物體在空間中的某種性質的能力。我們常用語言表達各物體之間的空間關係便是一種 *categorical* 的展現，如英文常用的介係詞 (*prepositions*) 便可以快速描述物體的相對位置 (“in the car”, “to your left”, “behind you”, etc)；而 *coordinate* 指的是以「量」的方式感知和表達物體空間面向的能力 (Kosslyn, Chabris, Marsolek, & Koenig, 1992)。這類型的空間資訊對於我們非常重要，尤其是當我們需要在物理環境中控制我們的身體運動或是操縱物件時。例如僅僅了解蘋果放在桌上，對於「將蘋果拾起」這個動作一點幫助都沒有，而是需要知道蘋果與桌邊實際的距離。*coordinate* 的空間訊息需要網格座標的架構，才能彼此溝通。如「那處離此有 10 公里遠」、「他在你左邊三公尺處」，需要雙方有共通的尺度標準才可能彼此理解。本研究所論及的平面空間定位能力要求的是精確性，因而可能較需要在 *coordinate* 的模式下進行。而 Kosslyn (1989) 的研究指出，大腦中分別有不同的區塊負責此兩種空間表現方式。左腦較擅長在 *categorical* 的模式下處理空間訊息，能以較快的速度處理 *categorical* 式的訊息；右腦則較擅長處理 *coordinate*。綜合上述，本研究中所欲討論的定位能力可能和右腦活躍的程度相關。

2.4 空間能力的定義

學者們對空間能力如何定義有不一的看法，John Eliot（1983）結合各家論述，將空間能力定義為「...對視覺形式的感知與記憶，並能由心像產生、重建視覺形狀（的能力）」。¹ Linn 和 Peterson（1985）則定義空間能力為能表徵、轉化、產生和回想（representing, transforming, generating and recalling）非語言訊息的能力。空間能力的定義如此之多，Rowe（1991）簡單的以三個因子說明空間能力：空間關係、空間方向性和空間視覺化（spatial relations, spatial orientations and spatial visualization）。Carroll（1993, 引自黃詩婷，2007）則定義空間能力為「視覺認知的能力」，比之 Rowe 的定義，Carroll 認為認知的速度也該列入能力的考量而增添了：完形速度（closure speed）、形狀應變性（flexibility of closure）、知覺速度（perceptual speed）因子。目前雖然不確定繪畫能力與空間能力是不是上天賦予的能力，不過研究指出，這兩種能力皆是可以被訓練的（Cunningham & Reagan, 1972; Sherman, 1947, 引自 Orde, 1997）。既然如此，對繪畫的訓練也許不只能提升繪畫能力，同時也提高空間能力。上述的空間能力大多指涉心象的產生及運用能力，且與短期記憶有關；而本研究的平面空間定位能力則屬於感覺記憶。儘管如此，空間能力與繪畫的關係仍值得作為研究中的參考。下面便介紹一些與空間能力及繪畫能力有關的研究。

2.4.1 從繪畫觀察左右腦與空間能力

許多研究是透過繪畫來觀察左右腦側化與空間能力的關係。研究大腦皮質結構和認知能力之間關係最常用的方法，便是觀察慣用手不同者在繪畫表現上的差異。這是因為慣用手往往被視為大腦側化的指標，左撇子的大腦左右半球不對稱性被認為比右撇子低，而右撇子的左半腦專化以完成感知動作相關的作業（Bishop, 1990; Haaland & Harrington, 1996）。Lewis 和 Harris（1990）的研究指出，左右撇子在繪畫表現上最重要的差異是空間能力，左撇子在空間能力上較右撇子優越。也就是說，右腦較其他人活躍的人，在空間能力上也許較好。

Kirk 和 Kertesz (1989) 進一步提出生理上的證據：右腦損傷與繪畫的關係，右腦損傷的病人作畫相對較複雜，而且有空隙忽略及空間關係缺乏一致性的現象；而左腦損傷病患的畫作細節較少。Vlachos 和 Bonoti (2004) 針對慣用左手與慣用右手的 7 到 12 歲幼童進行繪畫測試並分析其特徵，發現兩者的繪畫沒有太大差異。這或許說明，幼童時期或許兩者使用的繪畫策略是一致的 (Vlachos & Bonoti, 2004)；另一個可能則是側化以及認知方式的不同和年紀有關。上述實驗雖然是由繪畫來觀察左右腦與認知能力的關係，但從這些研究中同樣可以看出空間能力對繪畫的貢獻。

2.5 手眼協調

接下來介紹本研究所欲討論的另一子能力：手眼協調。關注手眼之間如何配合的研究多從日常生活的簡單行為，去觀察眼睛與手的運動位置及兩者運作的時機。涉及手眼協調的行為中，視覺資訊對手部動作的準確性非常重要。然而，正確的移動肢體所需要的不僅僅是前往的位置資訊，同時也需要知道目前肢體的位置 (Miall & Cole, 2006)。Desmurget 等學者 (Desmurget, Rossetti, Jordan, Meckier & Prablanc, 1997) 指出，在 static closed loop condition (SCL，只有在動作之前可以看見手靜止時的位置) 比全程不能看見手 (full loop condition) 的準確性高。這顯示靜止時的 proprioception 對手眼動作較不具效益。當動作的反應如此倚賴視覺資訊時，我們不得不假設眼和手之間有某種聯繫 (Sailer, Eggert & Ditterich, 2000)。一般而言，我們可以就「時間」(Temporal) 和「空間」(Spatial) 面向討論手眼協調。「時間」方面是指，手和眼之間互相配合的時機；「空間」是指眼和手在完成運動中如何移動視點和手的位置、是否共用空間資訊。

2.5.1 時間方面

在手眼協調方面最常被研究的行為便是伸手取物 (reaching movement)。對於目標的注視提供了較詳細的資訊，用以更正手移動的軌跡以及比較目標和手的位置

置。研究 (Helsen, Elliott, Starkes & Ricker, 2000) 指出掃視 (saccade) 的完成時間和手移動速度最快的時機一致，也就是說眼睛先注視到目標，而後手才碰觸到目標。而當目標在手的移動達到最高速之前被移動的話，受試者可以正確地更正軌跡 (即使在看不見手的狀態下)。驚人的是，這些受試者並沒有知覺到目標位置的改變 (Goodale et al. 1986)。

Neggers 和 Bekkering (2000) 的研究說明，當目標移動的時機在手部達到最高速之後，人眼無法立即掃視第二目標直到手碰觸到初始目標的位置。上述研究顯示手和眼睛的運動之間並非獨立的，手部的動作也同樣影響眼的運動，兩者的關係隨著從事作業的過程而不同 (Reina & Schwartz, 2002)。

2.5.2 空間方面

手眼協調的空間面向最主要的研究問題是，兩者是否使用相同的空間表示法。Gielen (1984) 發現手與眼球在面對兩個不同的刺激目標時，往往朝向同一個目標移動。這使他得出兩者使用同一空間位置訊號的結論。還有一些實驗也能說明此論點，當目標在掃視期間被移動，初期受試者平均需要一秒鐘去重新掃視移動後的目標。經過幾次試驗後，受試者可以直接指向目標。假如手與眼使用相同的目標位置訊號，最終手的移動位置也會逐漸移動。而 van Donkelaar (1997) 的研究中發現掃視的幅度和手移動的幅度不是互相獨立的。而在同時呈現許多目標物的情況下，眼睛掃視的軌跡也受到手的伸取 (reaching) 的影響 (Tipper et al., 2001)。這些研究呈現的意義是，至少眼和手共用了關於目標的某些資訊。

目前已知眼和手可能共用的資訊包括：retinal signal、extraretinal signal 和 proprioception signal。Vercher (1994) 將伸手取物這個行為分成允許直視和不可直視 (必須看著某一替代刺激) 兩種情況，前者手的動作有較好的精確性。可能是因為中央小窩的解析度較其他位置來的高，這說明了 retinal signal 對手部動作的影

響。另外，對目標的注視不只提供了視網膜上的視覺資訊。眼球的運動訊息（extraretinal gaze signal）也影響手伸取方向的精確性。Adam 等學者（1993）提出人會嘗試把手移往眼睛最後注視的地方。而 extraretinal gaze signal 能否被有效利用和網膜上的視覺資訊有關。當處在完全黑暗的環境中，一般人無法正確的以手指出凝視的方向（Blouin et al. 2002）。另外，本體運動感覺（proprioception）對手部動作精確性是很重要的，沒有 proprioception 的受試者在以手指物的作業中有誤差較大的現象（Gordon et al. 1995）。

2.6 繪圖時的手眼互動

在手眼協調相關的研究中，牽涉到繪畫相關的實驗還相當少。Gowen 和 Miall 發現繪畫時的手眼互動如同伸手取物作業一樣，在繪畫時眼睛往往注視（fixation）同一位置，直到畫筆到達相同位置。而 Ketcham（2006）等學者提出注視位置和手的移動軌跡有關。眼睛的注視發生時機與肘部彎曲較大的時間點息息相關，另外注視最常發生在筆劃曲率最大而移動速度最慢的時候，下一個注視點的位置往往在手的移動軌跡附近（Reina & Schwartz, 2003）。這說明了在繪畫中不只眼睛提供視覺空間資訊以供手運作畫筆；手也作為反饋的角色，影響眼睛注視的位置。除了注視的時機，Gowen 和 Miall 還發現眼睛移動的位置往往在筆之前，特別是在筆恰好要到達眼睛注視處之前。這說明注意力早一步被釋放，而進行掃視的工作；也表示可以利用已儲存的注視點，預測接下來手該移動到什麼位置。

這些研究說明在繪畫中，手和眼並非是完全獨立的。手眼兩者的運動有可能是互相平行的，亦有可能是互相影響，取決於活動的不同。也許從眼睛視點的移動可以幫助我們了解繪畫時的狀態以及我們如何在繪畫過程中「觀看」。

2.6.1 繪畫時的眼球運動

Gowen 和 Miall (2006) 研究未經練習的素人在描圖與繪圖 (Tracing and Drawing) 時，手眼互動的情形。受試者們被要求分別描圖與繪圖十次，以簡單的幾何圖形為主。他們發現在描圖作業時，眼睛掃視的頻率較高而幅度較小；在繪圖時則頻率低且幅度較大。另外，在描圖時眼睛「跟隨」(pursuit) 的頻率較高。因為描圖時需要連續地比較圖像與筆端的位置；繪圖則否。

繪圖與描圖時眼睛運動特性的差異似乎與作業複雜度有關。Gowen 和 Miall 發現若圖形為方形和不規則形，描圖與繪圖時眼睛掃視的幅度、頻率差異較小。這是因為若圖形為方形，描圖時水平垂直的直線較不須持續的注意；若圖形為不規則，繪圖時依然需要不斷參照圖形，因而降低兩者的差異。而在圓形描圖時眼睛跟隨的頻率增加，也喚起更多的手眼合作。由此可知即使性質相近如繪圖與描圖在手眼協調的本質上都有不同。而這些手眼運動的變化，和忠實繪畫本身有何關聯呢？



Miall 和 Tchalenko (2001) 邀請一位畫家 (Humphrey Ocean) 描繪幾張肖像畫，並觀察他的眼球運動。另外也請三位未受專業訓練的受試者進行一分鐘的肖像畫。結果發現 Ocean 在開始繪畫後，眼球運動的方式和平常狀態有劇烈的不同，眼動的頻率較平時高；而未受專業訓練的受試者則沒有如此高的區別。Ocean 的注視範圍較集中在單一的細節，而其他受試者則較分散。關於注視頻率和繪畫忠實度的關係，他們觀察到 Ocean 注視時間約為 0.6~1.0 秒，而其他受試者則只有約為一半的注視時間；而在非受專業訓練的受試者中注視時間較長的，畫得較精確；而注視時間較短的，誤差最大。

其他的學者則提出不同的結論。Ballard, Hayhoe 和 Pelz (1995) 的相關研究提出直接的證據證明人會經常性的移動注視點，是爲了補償容量有限的工作記憶

區。Ballard 說明人類記憶的模式就如指標系統 (Pointer) 一樣，會儲存感知資訊的位置指標，而非直接儲存所感知到的資訊。這樣的系統會減少工作記憶區的使用率。受過專業訓練的畫家在下筆前，僅僅記得要臨摹的區域位於何處，而先儲存這次要畫的那一小部分視覺資訊，如此便會造成注視刺激物的頻率增高。而降低注視的頻率，則會迫使畫家增加工作記憶區的資訊儲存量，進而導致此記憶以較差的品質重現。亦即，較低的注視頻率會提高繪畫的誤差。Ballard 的方形複製畫實驗的結果即符合上面的論述。他要求受試者以有限的注視頻率進行方塊複製畫，結果繪畫的精確程度較原先為低。

Cohen (2005) 的研究亦得到相似的結論。他針對視線往返於畫作與刺激間的頻率 (gaze frequency) 和繪畫精確度的關係展開實驗，邀請擅長繪畫的藝術家與為受專業訓練的素人進行繪畫，並觀察作畫間注視頻率的變化。他發現繪畫的精確程度與注視頻率的確有正相關，並且假若控制受試者的注視頻率，注視頻率的高低的确能影響繪畫的精確性。



Werner 和 Diedrichsen (2002, 引自 Cohen, 2005) 提出空間性記憶會在移除刺激後 50 毫秒內開始失真，當間隔時間越長，此失真會增加。另外 Huttenlocher (1991, 引自 Cohen, 2005) 認為記憶的失真和對刺激的詮釋有關。此一記憶的失真會朝向原刺激的原型 (prototype) 偏移。因此 Cohen (2005) 推論，當你保持記憶的時間越久，記憶和實際的誤差便會越大而越接近原型；注視刺激的頻率高的效果之一，便是能降低詮釋後所帶來的失真。

2.7 鏡描作業

觀察知覺和動作之間如何連結有許多方法，其中之一是透過將認知部分適當的扭曲變形，增加動作的難度 (Borresen & Klingsporn, 2001)。而且必須允許動作得以配合認知的變化，做適當的調整。鏡描作業 (Mirror Tracing) 正符合上述的

條件，即使沒受過專業訓練的素人亦能操作。本研究亦透過鏡描作業來觀察有繪畫經驗的專家們與未受繪畫訓練的素人的手眼協調能力。鏡描作業需要視覺感知與動作之間連續性的互動，而鏡描實驗把視覺資訊加以轉化而增加了執行的難度。鏡描作業擁有久遠的歷史。鏡描往往用以作業觀察人的空間反轉能力、手眼協調的能力及動作學習的能力，使用完成作業的速度及正確率為評估表現的依據。Gabrieli (1993) 認為鏡描作業難在抑制視覺與本體運動感覺的連結，並將之反轉。最近也發現鏡描作業的表現和腦部側化有關 (Bhushan, Dwivedi, Mandal & Mishra, 2000)。

一般來說，鏡描作業使用一面鏡子和一內一外的線條構成的圖案，請受試者看著鏡中的圖案，用畫筆循著內外線條之間的空白前進。較常使用的圖案是四至六點的星形圖案。在實驗中，鏡子和圖案與受試者的相對位置皆影響實驗的難度。通常此實驗會把鏡子置於受試者正前方，此時受試者在鏡中所見是一個與本體運動感受方向 (sensorimotor) 上下相反的世界。星形圖案的線條有幾種可能性：水平、垂直、斜向和轉折點 (Scheidemann, 1950)。當循著水平線條前進時，不具有太大難度，僅僅能測試手的穩定程度。而垂直的線條對受試者而言也非常容易習慣，難以看出真正鏡描作業的表現。而斜向與方向改變的線條在鏡描作業中是較難的部分。因此通常避免圖案中有太多水平與垂直線段，如下圖 a 與 b 中有三分之一的部分不具難度。

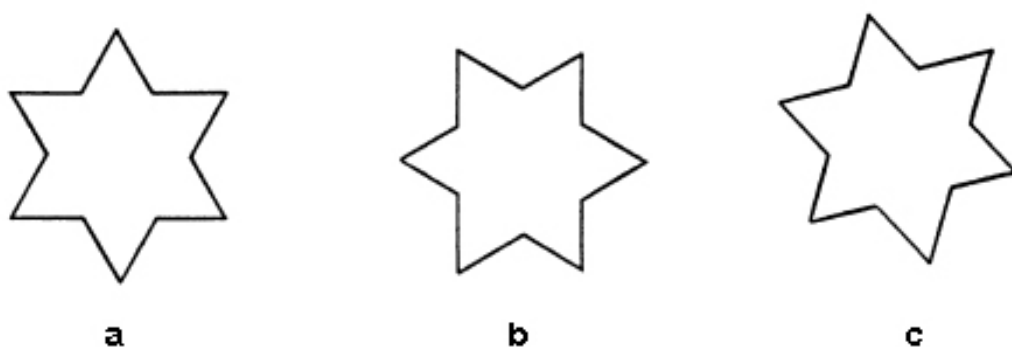


圖 2-3 不同方向的鏡描作業六芒星圖 (引自 Scheidemann, 1950)

2.7.1 鏡描作業的練習效應

Starch (1910, 引自 Morton, 2002) 指出鏡描可以透過練習進步，然而在記憶受損的病人中又如何呢？Gabrieli、Corkin、Mickel 和 Growdon (1993) 以患有 Alzheimer's disease (AD) 的病患和一般無患病者為對象進行鏡描實驗，觀察 AD 病患學習和保有 visuomotor 技巧的能力。AD 是一種和年齡相關的神經退化疾病，會影響人的記憶及認知行為。

結果發現 AD 病患透過練習而進步，以及保有這項技巧的能力和其他正常受試者一樣。AD 病患經由練習可以表現出對鏡描作業的熟練度，但事實上他們對於操作的過程無法持有清晰的記憶。即是說，sensorimotor 技巧的學習和長期記憶極有可能無關。儘管如此，在未進行實驗之前有半數的 AD 病患無法完整進行鏡描作業。似乎這項作業的初期表現與前額葉 (frontal lobes) 損傷有關，而與 visuomotor 學習不相關。



事實上目前對於鏡像作業本身並沒有全盤的了解，Willingham 等學者 (1991, 引自 Gabrieli et al., 1993) 的研究指出，此作業是具有方向性的。也就是說，若將之前完成過的圖案旋轉後請受試者再做一次，看不出明顯的學習效應。Borresen 和 Klingsporn (2001) 試著了解鏡描作業表現和認知 (cognition) 行為有無關係。他給予各組受試者不同的認知條件：正常受試組、事先告知鏡像成像的規則、事先觀察他人操作鏡描作業，以及上述兩者皆是。意外發現各組之間並沒有明顯差異。這些實驗說明，鏡描作業表現似乎與記憶、知識等無關。

2.7.2 鏡描作業與左右腦的關係

慣用右手者在使用左右手的偏好度和熟練度上展現比較好的穩定性 (Bishop, 1989, 引自 Bhushan et al., 2000)。但是未經過訓練的非慣用手則與慣用手在動作熟練程度方面有很大的差異。那麼此種左右差異與鏡描作業表現有何關聯？Bhushan

等學者邀請左、右撇子及雙手混用者進行 25 次包含慣用手與非慣用手的鏡描作業。發現兩手可以混合使用的人 (Mixed-Handed) 在鏡描作業上的失誤較左、右撇子少，且完成速度遠高於慣用左手的受試者 (left-handed)。另外他們在進行鏡描作業初期時也較不受干擾。雙手混用者在 Bilateral transfer (Bhushan et al. 2000) 上評比較差，意指較不容易將某一側的動作 (motor skill) 學習效應展現在另外一側上。這些發現說明，雙手混用者在鏡描作業中所展現的手眼協調性較有慣用手者高。這可能顯示擁有較穩定側向偏好的人在操作此種視覺資訊與本體感受相反的作業時，反而必須花較多時間克服 (Bhushan et al., 2000)。

2.8 影響寫實繪畫能力的原因

在繪畫過程中還有許多的層面會造成繪畫的誤差。Cohen 和 Bennett 評估了刺激的感知對成人繪畫誤差的影響。他們將繪畫過程分成四個階段，並且評估每一個階段對繪畫誤差的影響程度。第一個階段是對刺激的感知，當然其中也包括對刺激的詮釋。第二階段是決定再現哪些資訊，以及如何再現。第三階段是繪畫時肢體的運動。第四階段則是在評估所繪圖形時的感知和認知。Cohen 和 Bennett 指出對成人繪畫中的誤差影響最鉅的是最初對刺激的感知。其他部分都沒有顯著關係。

Kozbelt (2001) 強調受過訓練的畫家，在其他視覺認知能力也比一般人出色。他分別對受過藝術訓練和未受訓練的學生進行實驗，包括寫實繪畫能力、辨識模糊和受到遮蔽的圖像、尋找經過偽裝的物體，以及心像旋轉實驗。他的實驗結果顯示藝術相關的學生在所有的實驗中都較未受訓練的學生出色。同時也說明了寫實繪畫能力和各種感知能力之間是具有高度相關性的。

上述研究說明了觀察過程的確和忠實繪畫有關。對「觀察階段」所造成的繪畫失真已經有相當久遠的歷史，可將之分為幾類，包括：(1) 刺激的詮釋、(2) 形象

恆常性、(3) 原型偏移。

2.8.1 刺激的詮釋

19 世紀時，John Ruskin 對寫實描繪難以達到一事，提出了他的見解：觀察時知覺的轉變會使人難以忠實的描繪，而知覺的轉換主要是受到後天學習的影響。他另外以「無辜之眼」(innocent eye) 一詞來描述人可以不受後天學習的影響來看待眼前的景物 (Rosenberg, 1963, 引自 Cohen & Bennett, 1997)。許多研究者開始針對「刺激的詮釋」與寫實繪畫的關係進行實驗。Van Sommers (1984) 利用簡單的線條圖形做了一個實驗，證明了對圖形的詮釋確實會影響繪畫的結果。他挑選了可以被雙重解釋的圖形，並將受試者分成兩組。給予兩組受試者不同的解釋後，要求他們精準的重現同一張圖。圖 2-1 為受測圖形之一，被引導此圖為「交錯的雙刀」的受試者大多畫成兩條交錯的直線；而被引導此圖是「面對面的老鼠」的受試者則傾向畫成兩個相對的箭頭。

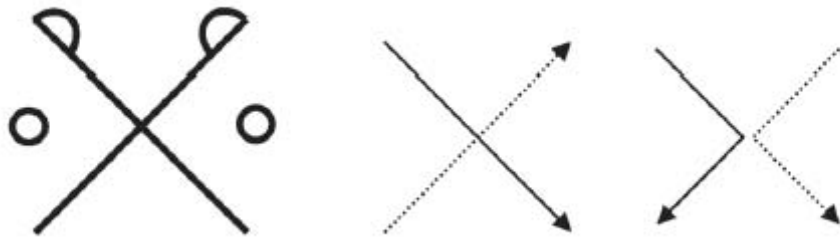


圖 2-4 Sommers (1984) 的曖昧圖形

然而即使在所給予的刺激不是曖昧圖形的情況下，刺激的詮釋仍對繪圖的精確性有負面的影響。Lee (1989) 用黑白的輪廓的桌子圖形進行實驗，並要求低年級的學生忠實的描繪此圖。對其中一組學生說明此圖是桌子的某一部分；另一組則不給予說明。實驗結果顯示被給予刺激詮釋的組別所繪的圖形有顯著的誤差，而另一組則較精確。

2.8.2 形象恆常性

「形象恆常性」(shape constancy) 指的是以傾斜角度呈現的物體，一般人所感知到的形象會和視網膜實際上所呈現的影像有所出入。Cohen 和 Bennett (1997) 提到認為具有深度線索的感知失真較難以忠實描繪。Kubovy (1986, 引自 Mitchell et al., 2005) 也提出相關說明，一個傾斜的平面在人的感知中，極有可能較不傾斜 (foreshorten)。Thouless (1932, 引自 Cohen & Jones, 2008) 分別對受過專業訓練的畫家，和較無繪畫經驗的平常人進行「形象恆常性」的實驗。看看前者是否較能克服刺激的詮釋所造成的誤差。結果發現前者誤差的傾斜角度會比後者稍小一些。比較普遍的解釋是人對物體的實際形態的知識，會影響感知的結果。Thouless 的實驗結果顯示，受過訓練的畫家的確較不易受到「形象恆常性」的影響。

Mitchell 和 Ropar 等學者 (2005) 用薛柏錯覺 (Shepard illusion) 為實驗的主題。他們提供兩組圖形 (如下圖) 給受試者，兩組圖形分別都會令受試者感知到和實際圖形有別的資訊。這兩組圖形中直立的四邊形和橫放的四邊形的長和寬皆相同，但我們會感到直立的較細長、橫放的較寬短。兩對的不同之處在於圖 B 被賦予了桌子的形象，而圖 A 僅僅是單純的幾何圖形。而桌腳暗示了觀者的位置，及些微傾斜的視角，也就是 B 圖具有 A 圖缺乏的深度線索。當橫放和直立的四邊形同時顯示供受試者描繪時，結果沒有太大的誤差；而桌子的描繪結果則有非常嚴重的形變。儘管如此，依然無法證明深度線索是否真為繪畫誤差的主要成因。

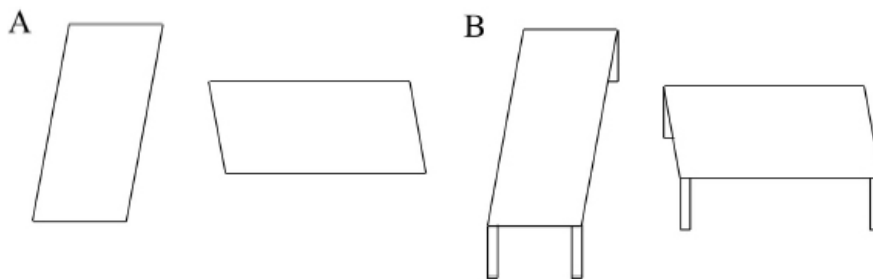


圖 2-5 薛柏幻覺示意圖

Cohen 和 Jones (2008) 以四個實驗試圖釐清形象恆常性所造成的感知誤差和繪畫誤差之間的關係。實驗一讓受試者觀察四張不同角度的照片，請他們挑選出和照片中窗戶相同的四邊形。實驗二請另一批受試者重複實驗一的形象恆常性實驗後，再進行繪畫摹寫作業。實驗三重複實驗一的作業，另外增加了四種延遲操作的情況。請受試者在刺激移除後，分別在 15、60、150 秒後挑選圖形，另外還有觀察與操作同步、觀察後立即操作等五種。以觀察形象的形象恆常性是否和記憶失真有關。實驗四則在探討形象恆常性所造成的感知誤差和以下幾種能力之間的關係：正確描繪形象特徵，正確的描繪空間關係，辨識特徵細節的能力，辨識空間關係的能力。在測驗特徵辨識能力的項目中，將原刺激（人臉）中各部位單獨呈現（眼睛、鼻子和嘴巴），將各部位和屬於其他不同人臉的各部位輪流呈現，請他們以評分的方式衡量此部分是否屬於原刺激。而在辨識空間能力的作業中，則是將人臉的細節資訊去除，而僅以粗略的幾何形狀標示位置，請受試者同樣以評分的方式在眾多的影像中評斷接近原刺激的程度。

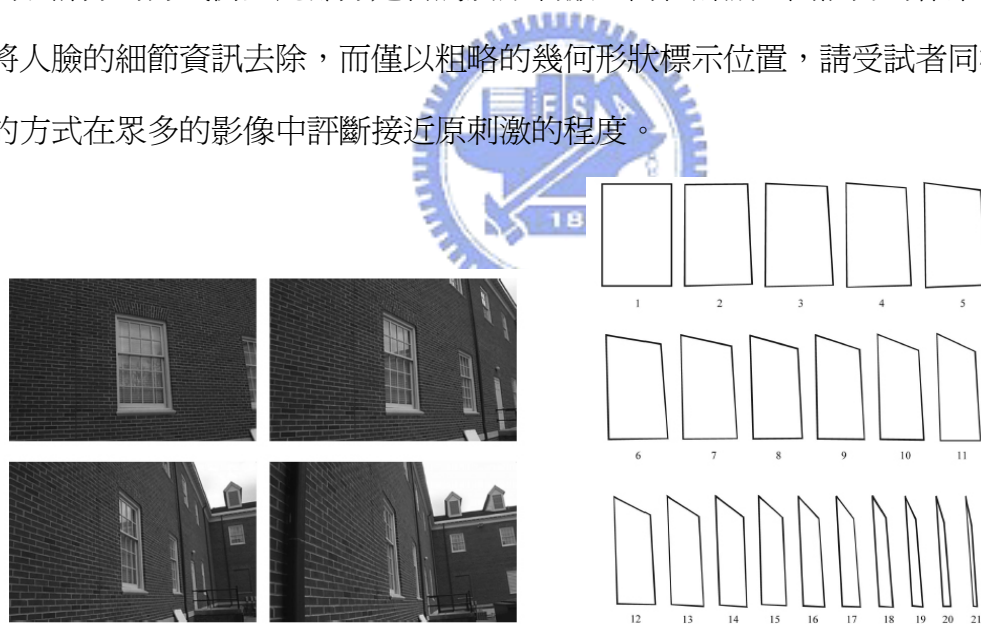


圖 2-6 Cohen & Jones (2008) 形象恆常性實驗使用刺激

從這四個實驗的結果得出：繪畫的忠實程度和形象恆常性所造成的誤差成極大的負相關；延遲操作的結果和觀察同步操作沒有很大的差異。這說明形象恆常性和編譯刺激的方式有關，而與維持記憶不失真的能力較無關。形象恆常性造成的感知誤差和正確的描繪空間能力有很大的關係，這兩者也都和整體的繪畫精確

性有很大關係。而雖然形象恆常性和延遲情況下的特徵辨識、即時的特徵辨識之間沒有相關性，但他們本身都和繪畫的精確性有關。這也許代表著記憶系統、感知系統皆和忠實繪畫能力有關。

2.8.3 原型偏移 (canonical bias)

Gombrich (2004) 提出進行再現繪畫時，會藉由某一主題記憶中的原型作畫。此一原型也稱之為基模 (schema)。根據 Marr 和 Vaina (1982, 引自 Mitchell et al., 2005) 的說法，schema 是和視點無關的，因之一個物件在腦中的原型是不具有和方位或視點相關的細節，而這些細節也會妨礙人使用基模 (schema) 來辨識所見之物。同樣的，當人想要描繪某物體特定的面向時，基模會削弱人對細節的觀察，使感知失真。兒童繪畫是一段由描繪「所知」朝向描繪「所見」的過程 (Picard et al., 2005)。



Taylor 和 Mitchell (1997) 的實驗說明成人繪畫中的誤差成因，和兒童繪畫一樣，來自於原先對於刺激物的知識。人的繪畫都會偏向內部的、知識導向的形象。也許人對同一物體都有各自的內在圖像，使所繪圖形朝向各自的標準圖像

(canonical representation) 偏移。透過自由繪畫可以看出受試者心中的標準圖像為何。Matthews 和 Adams (2008) 亦認為成人的繪畫誤差來自於每個個體自有特性的標準圖像，儘管標準圖像偏移現象 (canonical bias) 會隨著年齡遞減。他們的實驗邀請七十二個成人自由描繪心中的圓柱體形象，之後再請同一批受試者進行觀察作畫。為避免絕對大小的個體差異，作者分析圓柱各部位的比例，包括 A/B、A/C、A/D、B/C、B/D (如下圖)。他們發現各項在自由作畫和觀察作畫兩種作業中的各項比值皆成正相關，顯示證明每個成人觀察後所繪的圓柱體和各自對圓柱體的特徵標準表徵 (idiosyncratic canonical representation) 有顯著的關聯。

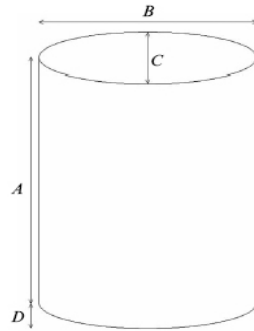


圖 2-7 Matthews 和 Adams (2008) 圓柱比例示意圖

而也有認為繪畫的失真並非來自 **canonical representation**。Picard 和 Durand (2005) 要求四到六歲的孩子進行長柄鍋的自由繪畫，之後分別以 3D、2.5D 及 2D 的方式呈現長柄鍋，並以不同的方位呈現長柄鍋的形象，要求受試者作畫。所謂 3D、2.5D 及 2D 分別指的是背景具有深度脈絡的影像、背景不具深度脈絡的影像及僅有平面線條輪廓的圖像（如下圖）。他們發現較年幼的受試者在自由繪畫時，大多傾向同一方位（水平或垂直），這顯示兒童心中的確對此圖像有指標性的表現方式（**canonical representation**）。但在臨摹繪畫作業中，並沒有發現朝向 **canonical representation** 偏移的傾向。這說明兒童的繪畫失真，大部分來自於他們想要描繪出他們認為最能呈現物體的角度，而不是某個已存心中的標準圖像。

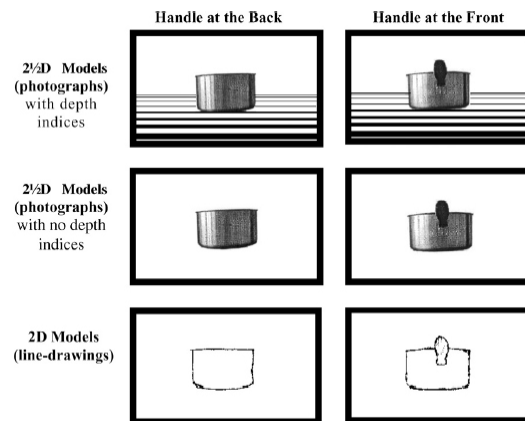


圖 2-8 Picard & Durand (2005) 實驗用參考圖

Cohen 和 Bennett (1997) 認為有些知覺失真會對繪畫的忠實度造成影響，如

具有深度線索的刺激便是一例；有些則否，並非所有感知的失真都會造成繪畫的誤差。爲了說明此點 Cohen 和 Bennett 將感知失真分爲錯覺（*illusion*）和錯解（*delusion*）。錯覺是僅發生在初期的視覺過程，而不涉及觀看後的詮釋。這類的錯覺不僅僅發生在觀照刺激時，也發生在觀看所描繪的圖形上。所以當作畫者沒有察覺所見錯覺其實並不存在時，反而能正確的作畫（這也稱爲 *El Greco Principle*）。而錯解（*delusion*）則發生在個體關注和刺激物有關或是類似物體的資訊，更勝於關注刺激物本身的存在。先見的知識不僅僅影響繪畫的形，也影響色的運用。如大多數人畫海洋會使用正藍色，而不使用較接近實際顏色的綠色。

2.9 如何克服脈絡效應

如何克服脈絡效應（*context effect*）所產生的繪畫失真呢？Zeki（1993）提出一個降低刺激詮釋效應的方法，就是進入「不完整的觀看」（*void viewing*）狀態。在此狀態下，僅僅看到刺激的一小部分。比如說透過一個窺孔去觀察桌子的一角，此時桌子的完形對人的感知影響會降到最低，而視網膜上的成像影響最大。因此也降低了「形象恆常性」的效應（張柯衍，2008）。

而一般畫家作畫時不可能真以窺孔觀察，利用觀察方式的改變也能抑制詮釋效應，幫助藝術家們進入「不完整的觀看」（*void viewing*）狀態（Cohen, 2005）。注意力是有限的資源，觀察的瞬間在注意力中心的，只有視野的一小部分。Mack 和 Rock（1998, 引自 Cohen, 2005）提出觀察者並沒有真正處理那些遠離注意力中心的視覺資訊。這種現象稱爲「非注意性的失明」（*inattention blindness*），而這種失明現象彷彿在觀察者眼前有一個遮罩一樣，幫助畫家降低詮釋效應。當非注意性的失明發生時，除了注意力中心外，其餘的視野內的資訊是較不清楚的。特別是當刺激呈現時間不超過一秒鐘的情況，「非注意性的失明」現象最明顯；刺激呈現時間越久，則觀察者得到的視覺資訊越多。Cohen 認爲這就是何以大部分的畫家以較高的注視頻率往返畫作與原始刺激之間。

第三章 實驗

3.1 受試者

本研究的受試者以國立交通大學的學生為主，皆為年齡介於 19~24 歲之間的大學及碩士生。每個受試者都接受問卷訪談以了解他們的相關經驗，共計 38 人，男性有 14 人，女性有 24 人。有 11 人具有美術或設計背景。由於本研究主要討論與忠實繪畫能力有關的變因，因此取樣範圍包括受過專業繪畫訓練的受試者和一般未經訓練的素人。以下是受試者的詳細背景資料：

目前就學領域	人數
人文社會學系相關	8
教育心理學系	5
資訊工程、資訊管理學系	7
電子工程及其他工程學系	7
應用藝術所	11

表 3-1 受試者相關背景資料統計

3.2 評分人員

評分人員有三位，皆是藝術領域在學博士生，受過專業的繪畫訓練，也都有指導學生作畫的經驗。對於相關研究的繪畫能力評量經驗豐富。所有評量皆採取相對計分，也就是受試者中相對較好的表現給予高分。

3.3 作業內容

本研究的實驗項目分為三個類型：手眼協調相關、平面空間定位相關及忠實繪畫能力相關。共計有五項作業，實驗前皆給予每個受試者適當的指導語，使其了解如何操作及作業的訴求。受試者皆獨立受試，每個項目的實驗時間有一定間隔，避免學習效應，也避免受試者看出實驗假設而產生預期心理。研究中採用的作業在難易度上須有一定的區別力，假如評鑑後分數過於集中會難以區別能力高低。

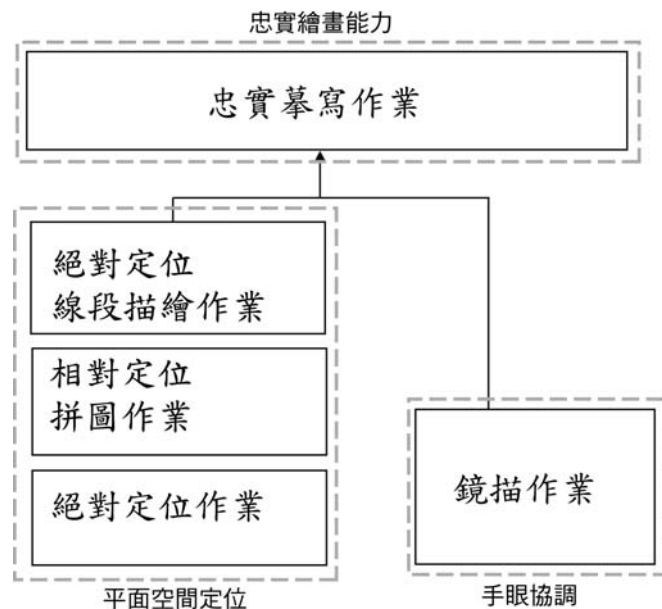


圖 3-1 本研究所討論範圍及其實驗

3.3.1 鏡描作業

作業內容：

鏡描作業為衡量手眼協調能力中最廣為人知且有效的作業。本作業可以看出受試者在自體運動知覺和視覺經驗完全不同時，利用現有視覺資訊重新掌握手部運動的能力。作業內容要求受試者僅僅利用鏡中和現實世界左右相反的影像資訊，在

內外輪廓之間間隙中描繪某個圖形，盡可能不要接觸或超過內外輪廓。

實驗刺激選擇：

此作業利用鏡描作業中最常使用的五芒星圖形來檢驗受試者的手眼協調能力，共測驗兩次，分別要求受試者以順時鐘和逆時鐘描繪。鏡描作業的難度和線條方向及轉角數目的多寡有關，爲了不讓鏡描作業過於簡單而失去此對手眼協調能力的敏感度，圖形中避免出現垂直及水平的線條。

評分方式：

一般而言鏡描作業的衡量方式有兩種：操作失誤率及操作時間。本實驗依據所繪線條的面積來評斷此作業的失誤率，因爲越平滑穩定的線條，所產生的面積越少；反之，越離開描圖區、不穩定的線條，則畫面上黑點的面積越大（由下圖即可明顯看出此現象）。因此我們掃描受試者鏡描作業的成果，並使用程式計算黑點的面積以作爲失誤程度的量化數據。操作時間則以碼表計算受試者兩次鏡描作業的時間。

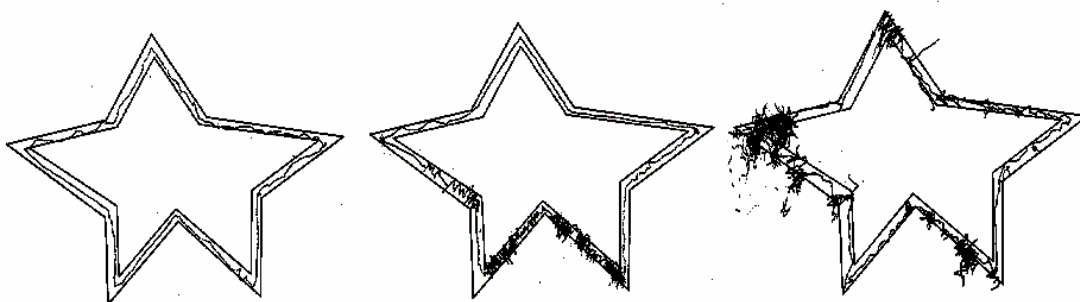


圖 3-2 鏡描作業評分失誤率由低至高的表現

3.3.2 空間絕對定位作業

作業內容：

本作業目的在衡量受試者的絕對空間定位能力。本研究所定義的絕對空間定位指的是在某個特定的參考框架內，估計某一獨立目標物平面位置和方向性準確與否的能力。作業中給予受試者一個特定形狀的外框和框中的刺激（可能是點或線段）作為參考圖，要求受試者在旁邊同樣形狀大小的框中，將目標物放置在和參考圖相同的位置。受試者利用滑鼠或是鍵盤可以旋轉以調整目標物的走向

（orientation）以及移動位置（position）。將游標移動到目標物上，按下左鍵不放後，此時物件處於「可拖曳狀態」。在此狀態中，移動便可以自由拖曳目標物件，放開左鍵後物件則不再被拖曳。若不滿意物件的位置可以反覆拖曳目標物件；而若要旋轉物件，同樣在「可拖曳狀態」下，轉動滑鼠的滾輪或是按下鍵盤的左右鍵，皆可以順、逆時針旋轉物件。為了避免在旋轉花費太多時間，若按下鍵盤左右鍵的時間越長，則旋轉的量越大。

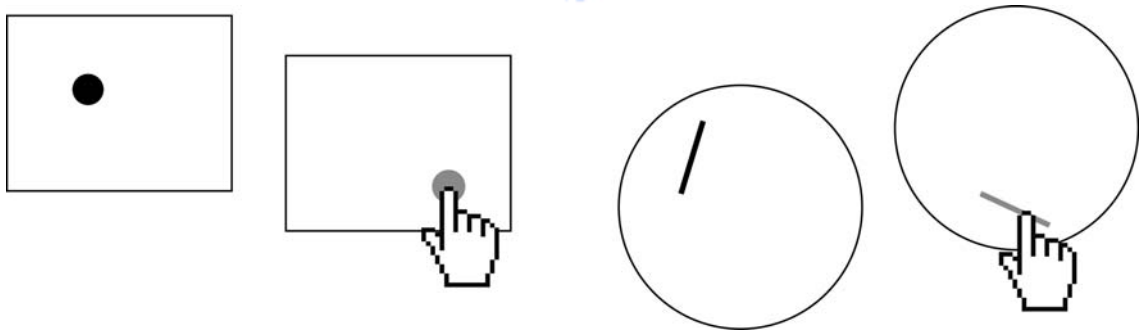


圖 3-3 空間絕對定位作業介面示意圖

實驗刺激選擇：

本作業改變外框的形狀，目標物的種類和物件在框中的位置而要求受試者操作此作業六十次。為了進一步接近繪畫時的狀態及增加定位難度，目標物除了有圓點之外還有直線和曲線。外框的形狀有方形和圓形。參考圖與操作介面中的兩


個參考框架的相對位置不會固定。(主要避免將兩個框架置於螢幕上同一水平高度，避免受試者不以框架為參考物，直接對照參考圖的刺激與目標物的位置。) 作業中不限制操作的時間，但會計時以做評估之用。

評分方式：

從距離和方向的精確性來觀察絕對定位能力。距離指的是點或線段的中點和原刺激的差距；方向指的是線段在平面上呈現的角度和原刺激的差異。由電腦計算放置位置與原參考點的距離，以及角度的偏差。將六十次偏差值加總後計算平均值。

3.3.3 相對定位拼圖作業

作業內容：



本作業目的在觀察受試者的相對定位能力，即是不依賴獨立於圖像之外的框架而準確定位的能力。在定位過程中，受試者僅能參照圖像各部位的相對位置以完成作業。此作業給予受試者僅具有輪廓線段的圖形，以及將這些圖形拆散後的構成線條（連走向也隨機打亂），而受試者被指示利用電腦畫面上被打亂的線條，盡力去模仿參考圖上的圖形將這些線條排到適當的位置。旋轉和移動線條的方式和空間絕對定位作業一致。為避免受試者利用參考畫面與拼圖畫面的框架作為共同的參考點，而影響實驗測量的效度，因此將參考圖放大列印在紙上，且固定於桌面。使受試者無法在同一平面上做比對（實際操作的拼圖介面呈現於電腦螢幕上）。受試者被要求盡力在 20 分鐘完成一個圖形，大部分的受試者可在此時間內完成。

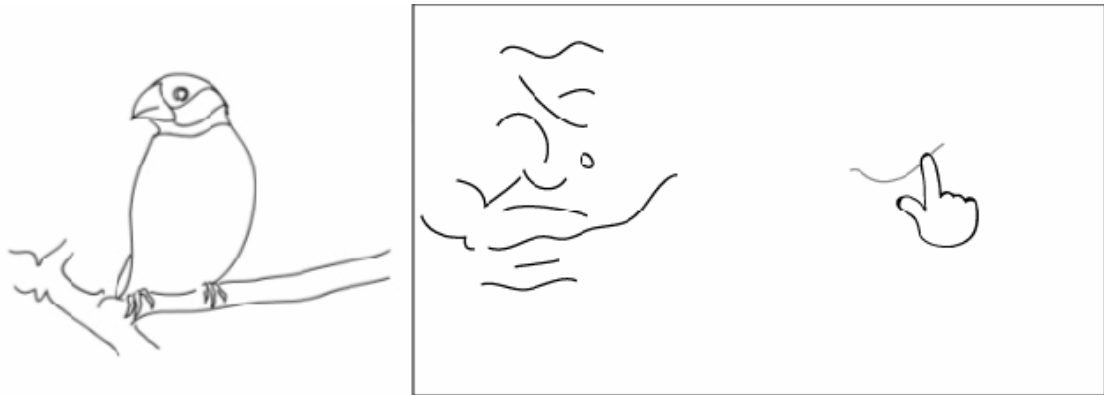


圖 3-4 相對定位拼圖作業介面示意圖

實驗刺激選擇：

此作業共有三個圖形：樹枝上的鳥兒、牛的頭部特寫、人臉的側面。爲了不使受試者利用紙面和電腦螢幕作爲參考框架，紙本與電腦螢幕的長寬比例亦有所差別。另外爲了避免「形象恆常性」的效應，選擇不具有線性透視的圖像爲作業參考圖。這些圖形都出自於自然界動物的形象，極易被辨識。一旦受試者的結果在比例上有誤，專家們極容易看出不同之處。除了較長而對結構具有決定性影響的線條外，圖形中也包括了較細微複雜之處，想要完全複製這些細節具有頗大的難度。



圖 3-5 相對定位拼圖作業用圖

評分方式：

將所拼成圖像交由三位具有專業美術素養的專家進行評估。評分的標準是構成圖像與原參考圖的整體相似度，以一到五點評分，分數越高者相似度越高。判斷相似度的標準如下：圖形整體結構的比例相似度佔 60%，而細節相似及完整的程度則佔 40%（如「樹枝上的鳥兒」圖中的眼睛及嘴巴部分、「人臉的側面」中右側的眼睛鼻子等部位）。給予評審透明賽璐璐片印成的原參考圖，以供與受試者作品疊合比對。三位評審分別給分後，取平均值代表此作業的表現。下圖是高分與低分的範例：

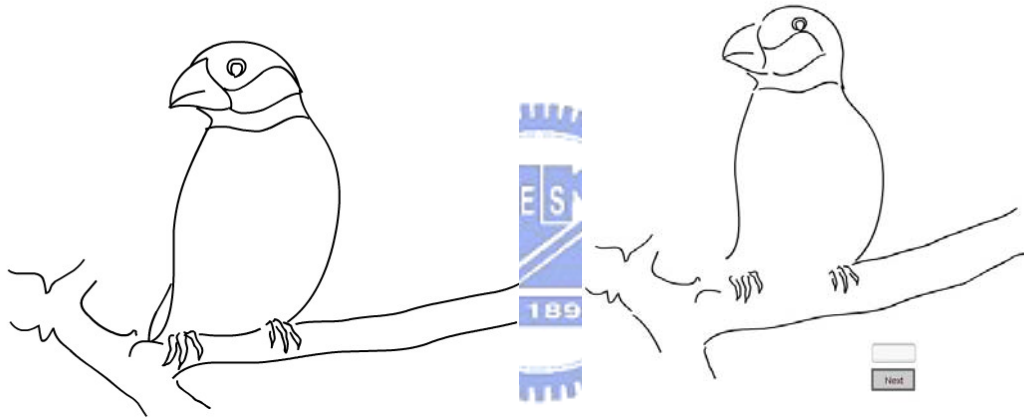


圖 3-6 被評為高相似度與低相似度的作品

3.3.4 絕對定位線段描繪作業

絕對定位線段描繪作業實驗組

作業內容：

此作業目的是為了評量絕對定位能力，但較之前實驗更接近繪畫的行為。作業中每次僅顯示圖像中的某一線段，要求受試者在一樣的相對位置上臨摹此線段。完成此線段後，會進入下一頁，同樣只顯示圖像中的某一線段。如此重複作業直到圖像中所有線段皆出現過為止。受試者完全不知道這些線段皆為某一圖像

的一部分。線段出現的順序是隨機決定的，每一位受試者所見的線段順序皆不同，使受試者無法意會到這些線段能拼成什麼圖像。操作介面如下圖，虛線代表被隱藏的線段，受試者實際上在每次嘗試只能看到實線線段。受試者利用手繪板進行此作業，一次只能畫一筆。畫下第二筆時，實驗介面會清除畫面上的線段；假使對所繪線段不滿意也可以按下「Clean」按鍵清除後再重新描繪。

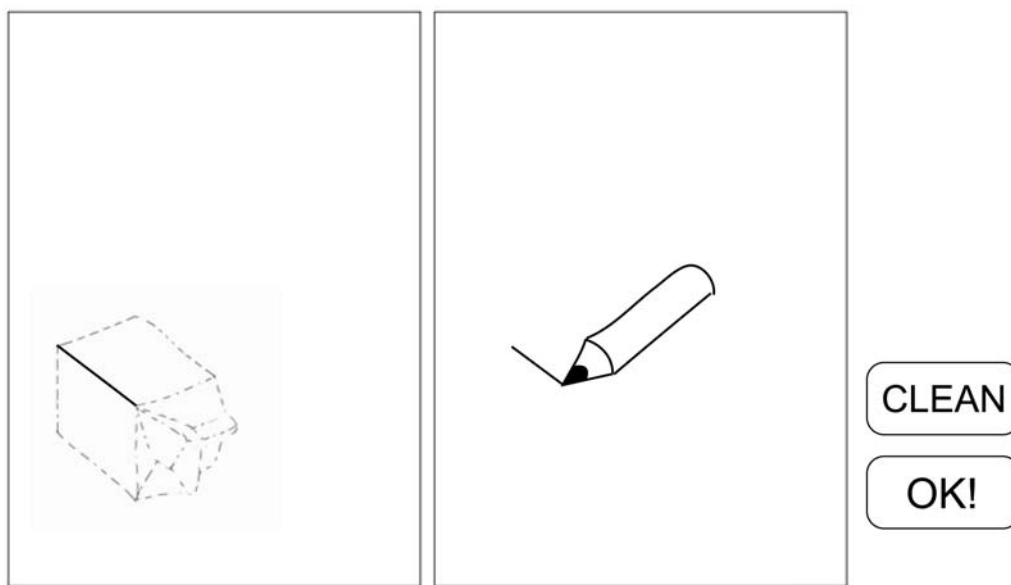


圖 3-7 絕對定位線段描繪作業實驗組操作介面示意圖

所有線段重疊後的圖所代表的意義是：受試者們在沒有圖像線索的情況下，僅僅利用外框和線段的相對位置（然而這是本研究中所定義的絕對定位能力）去描繪整個圖像的結果。相較之下，一般的繪畫過程則可以利用圖像本身各部位的位置，去判斷下一個部位該置於何處。若此部分的表現和一般忠實繪圖能力無顯著相關，則可說明相對定位能力的重要性。區分出絕對與相對兩種定位能力，有助於我們理解善於繪畫者所倚賴的是哪種定位方式。

實驗刺激選擇：

此作業共有三個圖形：牛奶盒、發條和兔子。因為此作業難度較高，要注意挑選圖像以使受試者的表現具有可鑑別性，如果使用的圖像太過複雜，恐怕每位

受試者都疊合出同樣雜亂的線條。因此圖案的線條必須疏密有致，才能從疊合後圖像的完成度看出好壞。如在牛奶盒開口處要疊合出一個完整的形象就較其他部分困難。

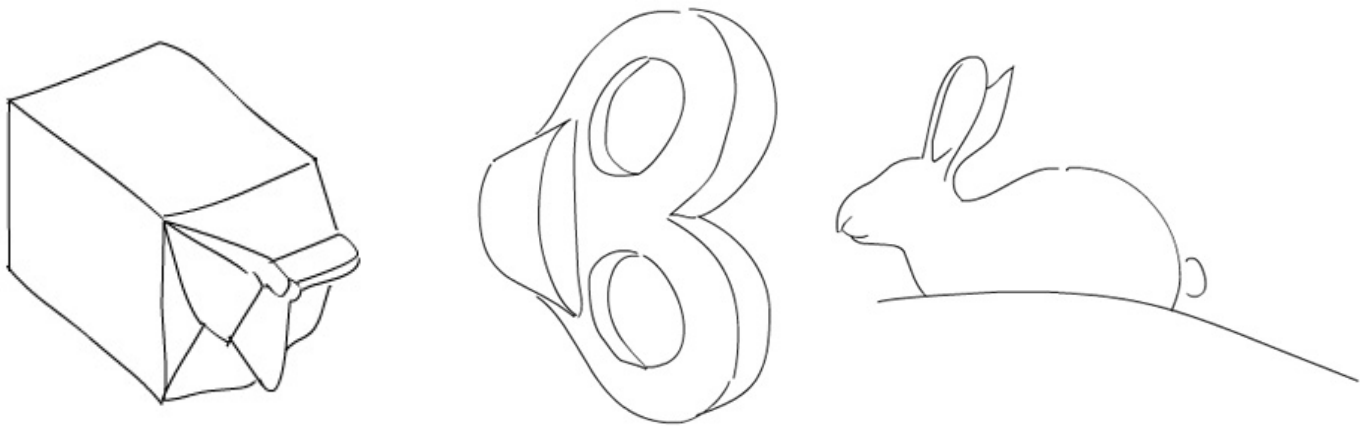


圖 3-8 絕對定位線段描繪作業參考圖

評分方式：

因為視覺影像難以由自動化計算的方式將結果量化，因此將所有線段疊合後的圖像交由三位專家根據一個共同的標準評分。標準中將可能的誤差分爲 (a) 距離、(b) 曲度、(c) 走向和 (d) 長短等面向 (如下圖所示)，根據每個線段偏離該圖像的程度給分，越相近的分數越高。線段的分數有五級，每一級距佔多少分數由圖形的線段總數決定。如：某圖形總共有 20 條線段，則每個線段最高五分、最低零分，每個線段所佔的分數是相同的。所有線段分數加總後滿分是一百分。三位評審根據此標準獨立計分，平均後即爲此向作業表現分數。

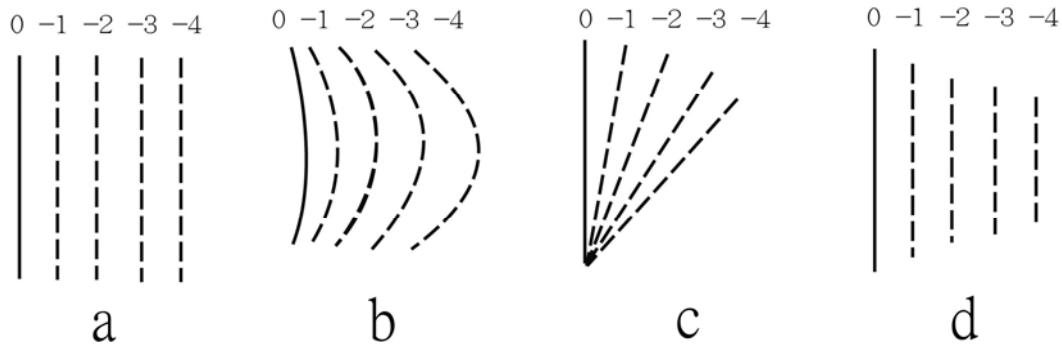


圖 3-9 絕對定位線段描繪實驗組評分標準

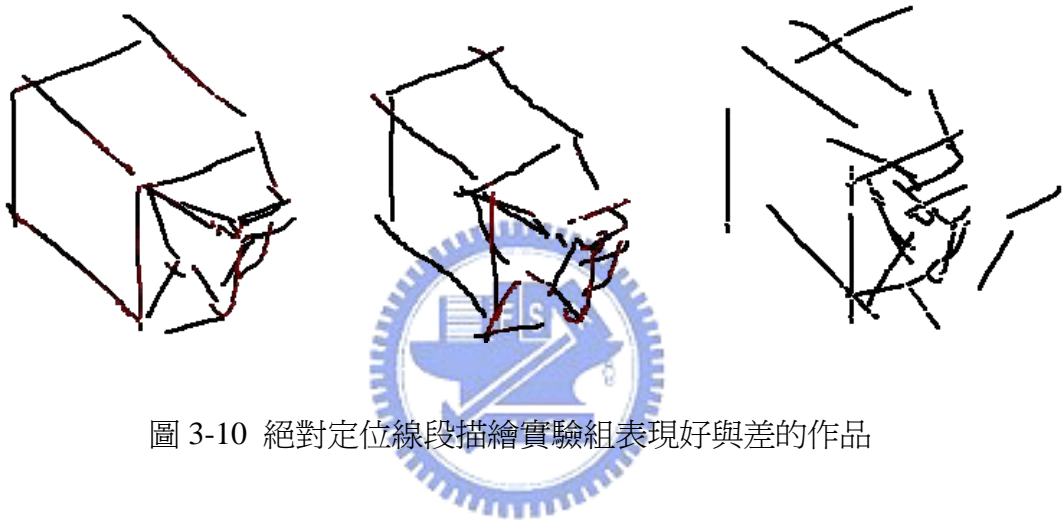


圖 3-10 絕對定位線段描繪實驗組表現好與差的作品

絕對定位線段描繪作業對照組

此為分批線段描繪作業的對照組。將參考圖完整顯示在左邊圖框中，請受試者忠實摹寫圖像。為了使受試者不意識到之前所繪的線段和參考圖之間的關係，除了在絕對定位線段描繪作業實驗組中出現線段的順序是隨機的之外，此對照組和實驗組作業操作的時間間隔須拉長。沒有任一位受試者察覺到在此要求他們摹寫的圖片是絕對定位線段描繪作業實驗組中出現的刺激。此實驗同樣以數位板和個人電腦為操作介面，若對所繪線條不滿意亦可以使用「Clean/Draw」按鈕進行塗改。為了降低熟悉與不熟悉數位板所造成的偏差，在數位板上加墊一張 A4 白紙，使運筆時仍能感覺到紙的質感。

3.3.5 忠實摹寫作業

作業內容：

此作業旨在評估受試者的寫實繪畫能力。作業內容給予受試者一幅鹿的素描，鹿以側面站姿佇立於畫面中。請受試者盡可能忠實的依照此圖描繪，並且適當表現出明暗的關係，於十分鐘之內完成此作業。大部分受試者皆能在十分鐘左右完成。由於此作業的目的是找出具有忠實觀察並描寫形態能力的人，而不去評估將實際畫面轉為圖像的能力，所以採用的是素描而非照片。



圖 3-11 忠實摹寫能力作業參考圖

實驗刺激選取：

在材料的選取上除了要選擇一般人不常見的圖像外，自然的動物形態較不易掌握且動物體態具有一定比例，比例上稍有偏差即可感覺出來。另外不使用需要太多繪圖技巧的圖，因為此實驗也希望能篩選出雖不具有繪畫經驗，但是具有忠實摹寫的潛力的人。需要高超繪圖技巧的作品會壓抑此類人的表現。因此選擇此明暗較單純但是形態稍微複雜的素描圖。

評分方式：

以依據受試者的觀察能力和摹寫繪畫能力來判斷。若受試者使用一般公式或參考線的方法去定出各部位的比例，則不算忠實的臨摹作畫。繪畫的風格、線條優美程度和素描技巧皆不影響評分的高低。因為受試者中有一半是未受過專業訓練的素人，我們不希望繪畫經驗影響評分結果。所以僅僅就整體與部位間的比例精確程度，及細節部分是否忠實呈現等面向評分。評分的標準如下：整體結構比例的精確性佔 60%（如腿與身體的長寬比例、頭與脖子傾斜的角度等），明暗色調的細膩程度佔 20%，而細節的精確程度佔 20%。三位評審獨立評分，以五點量表評分，平均後即為此作業表現分數。

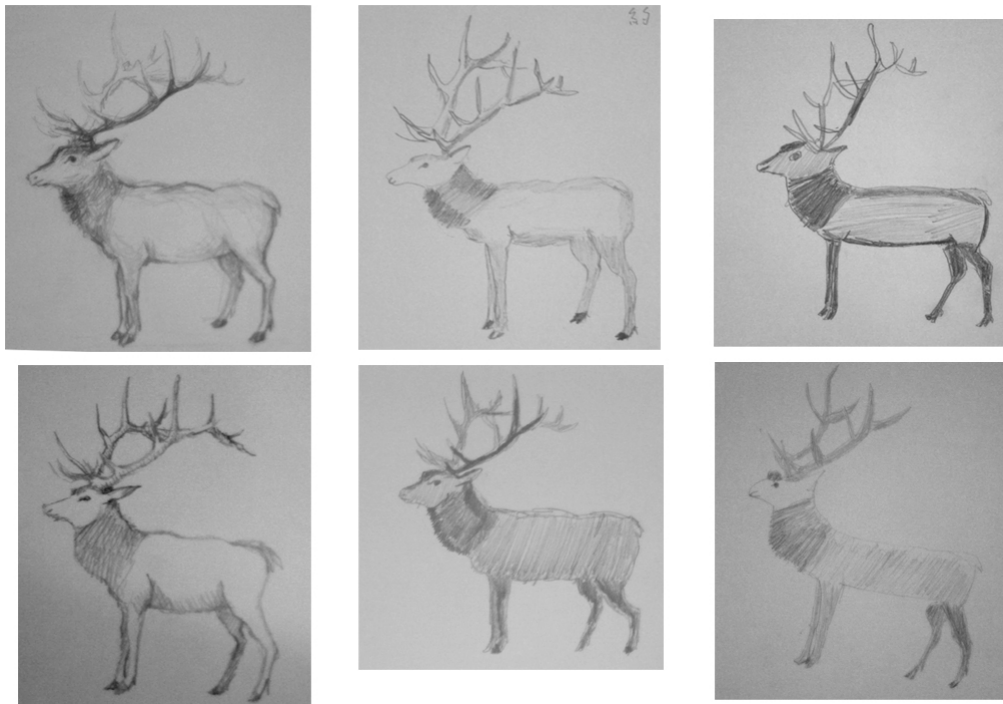


圖 3-12 忠實摹寫能力評分由高至低的作品

3.4 實驗環境

3.4.1 鏡描作業

本作業採用的硬體設備為：

1. A4 尺寸、80gsm 的白紙。
2. 立面鏡、珍珠板製成的 L 型檔板

3. 2B 自動鉛筆



圖 3-13 鏡描作業操作環境

3.4.2 空間定位作業

進行「空間絕對定位作業」、「相對定位拼圖作業」兩種空間定位能力實驗期間，受試者進行次實驗採用的硬體設備為：

1. Asus 桌上型個人電腦，採用 Intel Pentium (4) 3.00GHz 處理器
2. Microsoft Windows XP Professional 作業系統
3. 顯示器 FlexScan S1901
4. ACER 滑鼠、鍵盤

3.4.3 絕對定位線段描繪作業

「絕對線段描繪作業實驗組」、「絕對線段描繪作業對照組」實驗採用的硬體設備和 3.3.2 一致，另使用 WACOM Intuos3 Mode: PTZ-630 繪圖板。

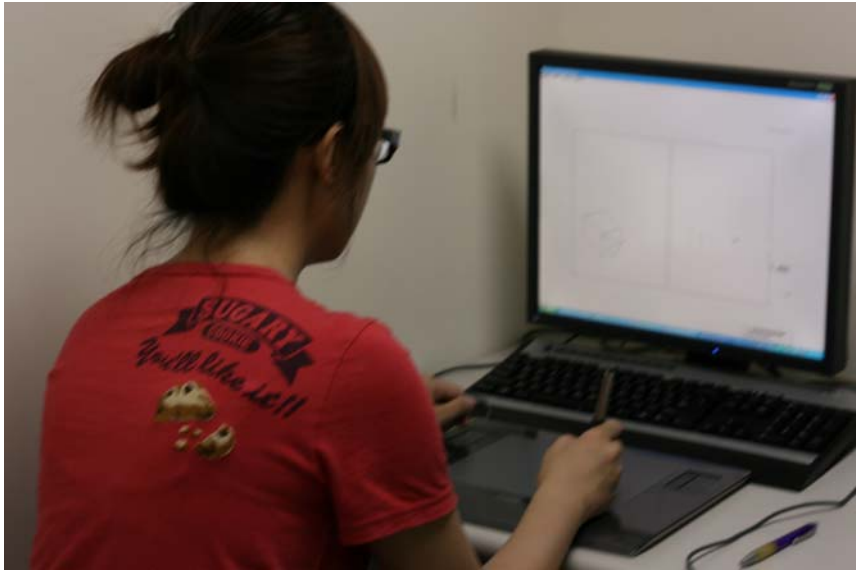


圖 3-14 絕對定位線段描繪作業操作環境

3.4.4 忠實摹寫能力作業

本作業主要進行忠實摹寫能力作業，採用的硬體設備為：

1. A4 尺寸、80gsm 的白紙
2. 2B 鉛筆及橡皮擦提供修正
3. 數位式碼表以供時間參考



第四章 實驗結果與討論

4.1 數據分析


爲了了解各項作業與忠實描繪能力間的相關性，我們針對各項作業的結果進行相關係數分析，以下是各項作業交叉分析結果：

4.1.1 忠實描繪能力與手眼協調能力

一般來說，評量鏡描作業表現的依據有兩種：正確率與執行速度。本研究分別以此兩者爲討論「手眼協調的穩定性」和「適應新的手眼協調速度」的依據。以下分別就此兩者與忠實繪畫能力討論之。

鏡描作業的正確率：

下表是忠實描繪能力與鏡描作業誤差之間的相關性分析。由於計算的分數是失誤次數，所以分數愈高表示手眼協調的穩定性愈差。分析結果說明手眼協調的穩定性和忠實描繪能力呈顯著正相關。



	忠實描繪能力	鏡描作業失誤
Person 相關	1.	r=-0.305
顯著性	.	p=0.049

表 4-1 忠實描繪能力與鏡描作業誤差程度相關係數分析

鏡描作業的執行速度：

將兩次鏡描作業的完成時間加總平均後分析和忠實繪畫表現之間的相關性。發現忠實繪畫的表現和執行鏡描作業的速度呈顯著正相關性 ($p=0.028$)，這說明忠

實繪畫能力和適應新的手眼協調速度有關；這兩個結果的一致性，顯示手眼協調的表現和忠實繪畫之間確實有顯著的正相關。

	忠實描繪能力	鏡描作業時間
Person 相關	1.	$r=-0.339$
顯著性	.	$p=0.028$

表 4-2 忠實描繪能力與鏡描作業執行時間相關係數分析

4.1.2 忠實描繪與空間絕對定位作業

我們將空間絕對定位作業的表現分為兩個面向：距離和走向的準確率。下面分佈圖的 Y 軸是空間絕對定位作業的距離誤差值，從趨勢線可以看出來空間絕對定位誤差和忠實描寫能力幾乎沒有相關性。兩者相關性未呈顯著相關 ($p = 0.775$)。而實際上所有受試者在這兩項能力中的分佈相當分散，除了此兩者真的可能缺乏相關性外，也有可能是作業的難度不足或過高，難以表達受試者絕對定位能力的真實面貌。另外空間絕對定位的走向 (orientation) 誤差同樣也和忠實描寫能力沒有顯著相關 ($r=0.179$)。

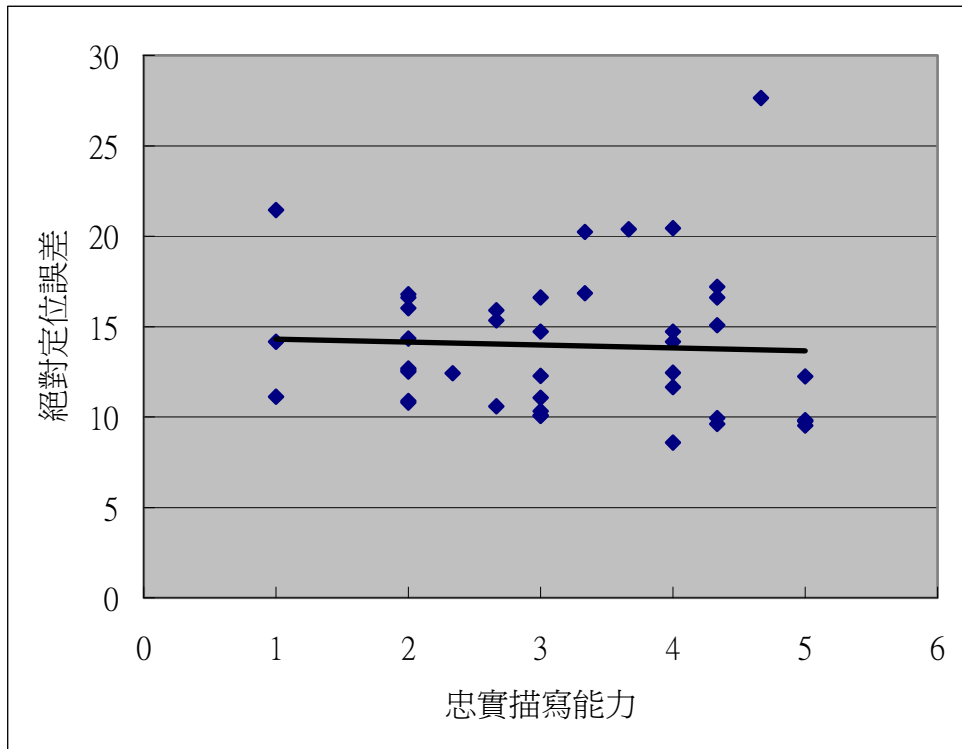


圖 4-1 忠實描寫能力與絕對定位距離誤差值分佈圖

	絕對定位距離誤差	絕對定位走向誤差
Person 相關	$r=-.046$	$r=0.179$
顯著性	$p=.775$	$p=0.258$

表 4-3 忠實描寫能力與絕對定位誤差值相關係數分析

4.1.3 忠實描繪能力與拼圖作業

相關係數分析說明兩者的相關性達到顯著 ($p=0.050$)。進一步分析相對定位與空間絕對定位能力的相關性，則發現兩者沒有顯著相關 ($p=0.403$)。那麼由此看來或許真的存在兩種空間定位的方式，而相對定位能力則可作為是否具有寫實繪畫潛力的試金石。

相對定位表現	
Person 相關	r=0.304
顯著性	p=0.050

表 4-4 忠實描寫能力與相對定位能力相關係數分析

4.1.4 忠實描繪能力與絕對定位線段描繪作業

此部分更深入探討「絕對定位線段能力」與「忠實描繪能力」之間的關係。絕對定位線段描繪和空間絕對定位作業都在衡量「絕對空間定位能力」，兩者都以不與圖像發生群化效應的外框為空間位置的參考框架。分析結果顯示，絕對定位線段描繪作業與忠實描繪能力、數位描繪表現呈顯著正相關 ($p=0.038$, $p=0.002$)，此結果與先前的絕對定位相關性所得到的結果不同，或許是空間絕對定位作業的測量敏感度不足之故。若此為真，則絕對定位能力和忠實描繪能力之間亦有正相關性。

而數位描繪的部分則如預期的與忠實描繪能力成顯著正相關。不過因為所描繪圖形過於簡單，本實驗並未把數位描繪列為忠實描繪能力的表現之一。

	忠實描繪能力	絕對定位線段描繪	數位描繪
忠實描繪能力	1.	$r=0.337^*$ ($p=0.038$)	$r=0.398^*$ ($p=0.015$)
絕對定位線段描繪	.	1	$r=0.478^{**}$ ($p=0.002$)
數位描繪			1

表 4-5 忠實描繪能力與絕對定位線段描繪表現、數位描繪表現相關係數分析

4.1.5 空間絕對定位、相對定位、絕對定位線段描繪作業與鏡描作業執行速度

「空間絕對定位」、「拼圖作業」與「絕對定位線段描繪作業」的交叉相關性分析顯示，空間絕對定位雖與相對定位不成顯著相關，但絕對定位線段描繪與其餘兩者皆有高度顯著的相關性 ($p=0.003$, $p=0.001$)。絕對定位線段描繪作業和絕對定位表現有關，這是實驗前即可預料到的。空間絕對定位作業之數值則與其他測量結果沒有相關，應該是測量的敏感度不足之故。上述結果說明了「絕對定位能力」和「相對定位能力」之間存在正相關性，而這也是符合實驗前預期的結果。

	空間絕對定位誤差	拼圖作業	絕對定位線段描繪	鏡描作業操作時間
空間絕對定位誤差	1.	$r=-0.134$ ($p=0.403$)	$r=-0.470^{**}$ ($p=0.003$)	$r=-0.051$ ($p=0.749$)
拼圖作業	.	1	$r=0.498^{**}$ ($p=0.001$)	$r=-0.452^{**}$ ($p=0.006$)
絕對定位線段描繪			1	$r=-0.128$ ($p=0.442$)
鏡描作業操作時間				1

表 4-6 絕對定位能力、相對定位能力與絕對定位線段描繪表現相關係數分析

進一步觀察手眼協調轉換速度與上述三項空間定位相關作業的關係，僅有相對定位表現與之有顯著正相關。其餘兩項作業幾乎可說是沒有相關性。由此可看出，絕對定位與手眼協調轉換速度之間無相關性；而相對定位則反之。這說明了相對定位和絕對定位能力之間有所不同，兩者或許在空間資訊的編碼過程中是有歧異的。

4.1.6 絕對定位、相對定位、手眼協調能力對於忠實繪畫的貢獻

由上述結果已知絕對定位、相對定位、手眼協調轉表現和忠實繪畫能力呈正

相關。我們分別以絕對定位線段描繪、相對定位作業、鏡描作業的表現代表上述前三種能力，透過線性迴歸分析，了解三者分別對忠實繪畫能力的貢獻度。而由於這三個作業評量結果的單位不同，因此須先將各個作業的量化數據轉為 Z 分數。也就是將所有受試者的表現值，線性轉換為一組平均值為 0、標準差為 1 而分佈形狀與原始表現值相同的數值。下列兩表中所示的各個作業表現皆先轉換為 Z 分數後代入，其中分別以鏡描作業失誤程度和鏡描作業執行時間代表手眼協調代入迴歸分析。從係數的估計值可以看出絕對定位和手眼協調可能對寫實繪畫貢獻較大，而相對定位較小。然而此處貢獻度的效度是有限的，因為拼圖作業和其他兩個作業間皆有顯著相關，可能在迴歸分析中其餘兩個作業分去了相對定位能力在寫實繪畫中該有的份量。

	Coefficients	SE	T stat	P value
拼圖作業	0.131	0.202	.648	0.521
絕對定位線段描繪	0.315	0.205	1.534	0.134
鏡描作業失誤	-0.293	0.176	-1.661	0.106

表 4-7 三種能力對忠實繪畫的線性迴歸分析之一

	Coefficients	SE	T stat	P value
拼圖作業	0.036	0.220	0.165	0.870
絕對定位線段描繪	0.329	0.206	1.598	0.119
鏡描作業執行時間	-0.327	0.194	-1.68	0.102

表 4-8 三種能力對忠實繪畫的線性迴歸分析之二

4.1.7 各項能力與繪畫經驗之間的關係

空間能力、感知能力皆是可以用來訓練的，那麼本研究所測量的各種能力是否也與繪畫經驗相關呢？我們在問卷中請受試者描述關於美術、繪畫方面的學習經驗，並就「學習時間」與「自我練習情況」兩面向，將繪畫經驗的程度分為四階。以下是評分標準：

繪畫經驗	分數
有數年的傳統繪畫學習經驗，並至今仍有持續的練習	3
有數年的繪畫學習經驗，但並不太練習	2
未經長時間的傳統繪畫訓練，但是有持續的練習	2
僅有一般國民教育程度的繪畫學習經驗，平常也偶而自己作畫	1
僅有一般國民教育程度的繪畫學習經驗，平常也完全不作畫	0

表4-9 繪畫經驗評分依據

將各受試者的繪畫經驗數值化後，再與其他各項作業表現進行相關性分析，其中忠實描繪能力、相對定位、鏡描作業執行速度與之有顯著正相關。鏡描作業的正確率和繪畫經驗的相關性即使未達顯著，但有呈正相關的傾向。而繪畫經驗與其他作業皆無顯著關係。就此看來，可以說明絕對定位能力和繪畫經驗無甚關聯；手眼協調能力和相對定位能力則與繪畫經驗呈正相關。不過相關性分析無法說明何者為因何者為果，無法確定和這些能力是否由繪畫訓練而來，需要後人進一步的研究。

繪畫經驗	
忠實描繪能力	r=0.405** (p=0.008)
空間絕對定位誤差	r=-0.167 (p=0.292)
絕對定位線段描繪	r=0.040 (p=0.809)
拼圖作業	r=0.419** (p=0.006)
鏡描作業操作失誤	r=-0.269 (p=0.085)
鏡描作業操作時間	r=-0.364* (p=0.018)

表 4-10 各種能力與繪畫經驗的相關性

4.2 綜合討論

4.2.1 手眼協調、空間定位能力與忠實繪畫

綜合以上分析結果，忠實描繪與絕對定位、相對定位能力和手眼協調能力皆呈顯著正相關。我們原本就預期兩種空間定位能力都會是認知過程中影響寫實繪畫精確性的一項重要因素。此結果說明判斷圖像中各個部件之間的相對空間精確性，和藉由與圖像間不存在群化現象的參考框架來判斷位置，在寫實繪畫中都是重要的。除了闡述空間知覺的重要性之外，上述論點還隱藏了一個因素，就是將一個完形化為各個部件的能力。相對定位能力良好的人，或許也需要此種「分化」的能力，乃至於能有效的判斷部件間的空間關係。然而本研究並未討論此點，尚待後人繼續發展。另外研究中的相對定位能力也並未完全排除克服圖像詮釋效應的能力，之後可以選擇能夠詮釋和不具意義的圖像再做進一步實驗。

從鏡描作業所測得的手眼協調能力與忠實繪畫能力的顯著正相關性看來，擅於忠實繪畫者較能拋棄原先的既有的手眼協調習慣，而僅僅關注於如何追隨視覺資訊，並能迅速且穩定的適應此一新的手眼合作關係。

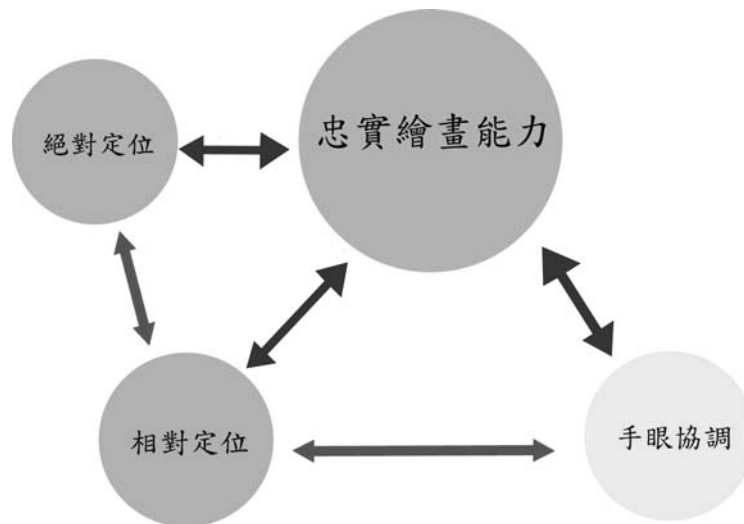


圖 4-2 忠實繪畫、手眼協調與絕對、相對空間定位能力之間相關性示意圖

至於各個能力對忠實繪畫的貢獻程度，我們雖藉由迴歸分析的係數判斷絕對定位和手眼協調能力對寫實繪畫可能比相對定位的貢獻度高。但是此迴歸係數可信賴的前提是，所使用的依變數（即各項子能力）彼此之間互相獨立，這個在數學模型中再理所當然不過的條件，在真實的世界卻是難以達成。而本研究的代表相對定位的拼圖作業表現分別和其餘兩者有顯著相關性，因此極有可能其餘二者的貢獻度有一部分是來自於相對定位能力。目前本實驗僅僅由拼圖作業來衡量相對定位，日後可以增設更多實驗專一的討論相對定位及各項子能力。另外平面定位能力既是講求精確性的能力，或許在實驗設計前即應考量如何以自動性計算量化之。

4.2.2 手眼協調、相對空間與絕對空間定位

手眼協調轉換速度和相對定位之間、手眼協調轉換速度和絕對定位線段描繪之間相關性的不一致，也許可以說明相對定位和絕對定位兩種能力是互有交集（絕對定位線段描繪和相對定位作業有顯著的正相關），而不完全相同的能力。這也是相當合理的結果，兩者雖然都牽涉空間位置判斷的精確性，卻極可能是以不同的方式對空間資訊編碼。不過即使如此仍無法完全說明是否存在本研究定義的相對

定位與絕對定位兩種能力，亦或兩者其實是相同的能力。同樣的，這需要以相對定位或絕對定位為專一討論的對象，觀察操作相關作業時受試者的表現。

而手眼協調轉換速度與相對定位能力有顯著正相關性，除了因為此兩者間真的存在關係之外，亦或是因為我們使用鏡描作業作為衡量的工具。鏡描作業本身就是扭曲知覺空間，造成受試者需要重新適應另一種手眼協調的方式。從 *exocentric system* 的空間編碼方式來看，較能判斷圖像間相對位置者，也許在鏡描作業中可以較快因應筆端和圖像間相對位置的變化，進而控制筆的方向。因此即使操作鏡描作業的手部穩定性不一定好（鏡描的失誤率和相對定位能力無關），仍能快速的完成作業。


絕對定位線段描繪作業可以被分為兩個階段，一是空間絕對定位，二是正確描繪線段形狀。除去相對定位與絕對定位本身的相關性之外，或許相對定位與正確描繪線段形狀也有關係。我們可以這樣分析絕對定位線段描繪這個行為，當我們未下筆時，除了參考框架外沒有任何參考點，所以在線段的起點會非常需要絕對定位的能力。而在線段的起點與終點之間，由於除了框架外，還有已經繪好的部分線段可資參考，所以此時相對定位能力的效應較大。也就是說，相對定位能力也許不僅僅只有表現在繪畫過程中各部位之間空間關係的精確程度，甚至輪廓線條本身「形」的精確性也和相對定位能力相關。如此想來相對定位能力對忠實繪畫能力的影響也就不言而喻。

另外，也許可以從另一方向來看待此結果的意義，絕對定位線段描繪作業和一般臨摹作畫的差異是，絕對定位線段描繪能力作業完全不涉及視覺材料的詮釋。對照 Cohen 和 Bennett（1997）的研究結果：他們認為在繪畫的四階段中，知覺過程發生的謬誤是繪畫誤差最大的因素。而其中最被廣泛研究的，是各種圖像本身引發的脈絡效應（*context effect*），而不涉及任何脈絡效應的絕對定位線段描

繪作業和忠實繪畫能力卻有極高的關聯性，這暗示繪畫的動作執行和感知過程中，仍有許多值得我們挖掘之處。

4.2.3 手眼協調與空間定位的可訓練性

繪畫經驗分別和相對定位能力、手眼協調轉換的速度成顯著正相關($r=.419^{**}$, $r=.364^{*}$)，這也許代表此兩者是可以透過繪畫加以訓練（當然亦有可能是因為能力較佳，因而較喜歡作畫）。已有許多研究指出繪畫有助於其他能力發展，Kozbelt（2001）的研究說明了有繪畫經驗的人比起未受過訓練的素人在物件辨識能力上有更好的表現，Sherman（1947, 引自 Orde, 1997）利用繪畫技巧的訓練來強化視覺感知。他發現經過繪畫訓練後，對視覺的敏銳度也增加了。這些研究皆說明了繪畫訓練可以帶動其他能力的進步。



而絕對定位能力則與繪畫經驗不相關。絕對定位能力也許難以透過繪畫訓練之外；另一個可能的原因與近代藝術教育中畫框的地位逐漸失去有關。傳統藝術中，畫框是藝術的邊界，也是現實與藝術之間的通道（李長俊譯, 民 84）。藝術家依賴畫框制定圖與地的關係，圖藉由框突顯自己的存在。安海姆認為畫框的重要性到 19 世紀達到巔峰，如在竇迦的畫中邊框常常用以切斷畫中人物或物象，如此便強調了邊框的效果。而自達達主義以降，反藝術成為藝術中的主流。畫框或是藝術的邊界便成為眾人急欲打破的對象，或許這樣的觀念也影響了創作或是觀畫的感知過程。

4.3 後續研究與建議

本研究關注定位能力與繪畫能力之間的關係。之後的研究也許可以關注在繪畫的認知過程中，究竟還包含了哪些因素，而又以何者對寫實繪畫影響最大。例如可以比較相對定位能力和克服圖像詮釋效應的能力之間的關係，另外可以增加

有畫框的忠實描繪作業做對照組，避免抑制絕對定位能力強的受試者在忠實描繪作業的表現。目前我們尚不知所謂相對定位是透過何種認知機制進行。本研究關於相對定位的實驗涉及靜態的視覺感知和動作控制兩個獨立的機制，下一階段的實驗也許可以將此二者切割，獨立探討視覺感知與視覺動作控制兩者和忠實繪畫能力的關係。

鏡描實驗能否適當表達繪畫中所須的手眼協調性也是值得繼續追究的問題。從一般定義來看，良好的手眼協調應指在正常的視覺環境下能精準展開手部動作，而未必是迅速的適應新的手眼協調（Bhushan et al., 2000）。需要進一步了解鏡描實驗的手眼合作的方式，才能判斷究竟適不適合作為評估繪畫手眼協調的工具。總而言之，對各項能力應有更專一的討論，待及我們對這些個別能力夠了解時，才能夠進一步衡量他們與寫實繪畫能力之間的關係。



4.4 結論

本研究以實徵美學的方式，討論忠實繪畫能力，與空間定位能力、手眼協調能力之間的相關性。針對各項能力，分別以忠實摹寫作業、空間絕對定位作業、相對空間定位作業、絕對定位線段描繪以及鏡描作業來觀察受試者的表現。將討論結果簡單羅列如下：

- 1.繪畫過程中，鏡描作業所測得的手眼協調能力和平面空間絕對位置判斷的精確性對繪畫的忠實程度有很大影響。
- 2.判斷圖像各部分之間的相對空間關係亦與忠實繪畫能力有顯著的正相關，而對寫實繪畫的貢獻也許不如其餘二者。
- 3.判斷相對空間關係的精確性甚至可能和線條描繪的忠實程度非常相關。
- 4.相對空間位置的判斷和手眼協調轉換速度兩者有正相關性。

5.相對空間判斷力和手眼協調能力也許可藉由繪畫加以訓練。

本研究結果除了提供繪畫感知過程方面研究提供一個可能的方向外，也具有美術教育上的積極意義。乍看之下本研究似乎指出忠實繪畫的精確性和天生的空間觀察能力有關，但進一步結果顯示判斷相對空間關係的能力極有可能是可以透過繪畫訓練的。也許繪畫所需的能力不能完全歸因於天賦，繪畫所需要的能力是可以在不斷繪畫中培養出來的。「繪畫與涉及動作控制的手眼協調正相關，也與空間認知中的定位能力（包含研究中所定義的相對和絕對定位）呈正相關，而相對定位能力又與手眼協調成正相關」這些結果，或許也適當的回應了我們在第一章所提出的疑問：「美術教育中假若僅強調感知的訓練，是不是適當的做法？」我們的結論說明了下列可能性：加強手眼協調能力後，除了本身對繪畫能力的增益之外，也對平面定位能力有益，而提高平面定位能力後又能對繪畫能力有所助益。反過來說，琢磨空間認知的能力亦同樣有可能同時增益另外兩者。綜合上述，或許同時加強對動作以及空間認知的訓練，比起失衡的過於強調感知，更能有效增進繪畫能力。

而在這裡必須強調的是，實徵美學並不是期望能將人所擁有的能力數值化以至於簡陋的將人分門別類。事實上研究中孤立的數值不具任何意義，而僅僅是進行比較的工具。其目的是提供我們對趨勢的觀察，讓我們更了解繪畫、甚至於更了解人的各種潛力之精微細節。繪畫可以說是人類最複雜的心智活動之一，而本研究中對於動作的討論在繪畫相關的研究中更是少之又少。希望研究的結果能有助於累積相關的繪畫研究，日後可以和各領域的研究互相連結，包括繪畫中的認知風格、動作控制等，發揮由點生面的功效。

第五章 參考文獻

5.1 中文文獻

邁可·葛柏 (民88)。 *7 Brains—怎樣擁有達文西的七種天才*。(劉蘊芳譯)。臺北市：大塊文化。

安海姆 (民84)。 *藝術與視覺心理學*。(李長俊譯)。臺北市：雄獅。

張柯衍 (2008)。 *色彩恆常性與繪畫用色*。交通大學。

周元琪 (2007)。 *繪畫相關能力與心像認知能力之間的相關性*。交通大學。

黃詩婷 (2008)。 *認知風格與繪畫手法之間的相關性*。交通大學。



5.2 英文文獻

Adam, R. A., Meyer, D. E., & Kornblum, S. (1990). On the time course and accuracy of spatial localization: basic data and a two-process model. *Acta Psychol, Amst.*, 84, 135-159.

Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., & Pelz, J. B. (1995). Memory representations in natural tasks. *Cognitive Neuroscience*, 7, 66-80.

Bishop, D. V. M. (1989). Does hand proficiency determine hand preference? *British Journal of Psychology*, 80, 191-199.

Bishop, D. V. M. (1990). *Handedness and development disorder*. Philadelphia: Lippincott.

Blouin, J., Amade, N., Vercher, J. L., Teasdale N., & Gauthier, G. M. (2002). Visual signals contribute to the coding of gaze direction. *Exp Brain Res.*, 144, 281-292.

Blouin, J., Bard, C., Teasdale, N., Paillard, J., Fleury, M., & Forget, R., et al. (1993). Reference systems for coding spatial information in normal subjects and a deafferented patient. *Exp Brain Res.*, 93, 324-331.

- Borresen, C. R., & Klingsporn, M. J. (2001). Some perceptual and cognitive factors in mirror tracing: Their limits. *The Journal of General Psychology, 119*(4), 365-384.
- Bridgeman, B., Gremmer, A., Forsman, T., & Huemer, V. (2000). Processing spatial information in the sensorimotor branch of the visual system. *Vision Research, 40*(25), 3539-3552.
- Bridgeman, B., Lewis, S., Heit, G., & Nagle, M. (1979). Relation between cognitive and motor-oriented systems of visual position perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 5*(4), 692-700.
- Bridgeman, B., Kirch, M., & Sperling, A. (1981). Segregation of cognitive and motor aspects of visual function using induced motion. *Perception and Psychophysics, 29*(4), 336-342.
- Bhushan, B., Dwivedi, C. B., Mandal, M. K., & Mishra, R. (2000). Performance on a mirror-drawing task by non-right-handers. *The Journal of General Psychology, 127*(3), 271-277.
- Carroll, J. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-analytic Studies*. New York: Cambridge University Press.
- Cohen, D. J. (2005). Look little, look often: The influence of gaze frequency on drawing accuracy. *Perception & Psychophysics, 67*(6), 997-1009.
- Cohen, D. J., & Bennett, S. (1997). Why Can't Most People Draw What They See? *Journal of Experimental Psychology, 23*(3), 609-621.
- Cohen, D. J., & Jones, E. (2008). How Shape Constancy Relates to Drawing Accuracy. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 2*(1), 8-19.
- Conti, P., & Beaubaton, D. (1980). Role of structural visual field and visual reafference in accuracy of pointing movements. *Perception and Motor Skills, 50*, 239-41.
- Cunningham, S., & Reagan, C. (1972). *Handbook of visual perceptual training*. Springfield: Thomas, C. C.
- Desmurget, M., Rossetti, Y., Jordan, M., Meckier, C., & Prablanc, C. (1997). Viewing the hand prior to movement improves accuracy of pointing performed toward the unseen contralateral hand. *Exp Brain Res., 115*, 180-186.
- van Donkelaar, P., Gauthier, G. M., Blouin, J., & Vercher, J. L. (1997). The role of ocular muscle proprioception during modifications in smooth pursuit output. *Vision Res., 37*(6), 769-774.
- Duncan, R. O., & Boynton, G. M. (2003). Cortical magnification within human primary visual cortex correlates with acuity thresholds. *Neuron, 36*, 659-671.
- Eliot, J., & Smith, I. (1983). *An international directory of spatial test*. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press.
- Freeman, N. H. (1980). *Strategies of representation in young children*. London: Academic Press.

- Gabrieli, J. D. E., Corkin, S., Mickel, S. F., & Growdon, J. H. (1993). Intact acquisition and long-term retention of mirror-tracing skill in Alzheimer's disease and in Global Amnesia. *Behavioral Neuroscience*, *107*(6), 899-910.
- Gielen, C. C. A. M., van den Heuvel, P. J. M., & van Gisbergen, J. A. M. (1984). Coordination of fast eye and arm movement in a tracking task. *Exp Brain Res.*, *56*, 154-161.
- Goldstein, E. Bruce (2007). *Sensation and Perception*. Belmont, CA: Thompson Learning.
- Gombrich, E. H. (2004). *Art and illusion: A study in the psychology of pictorial representation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Goodale, M. A., & Haffenden, A. A. (1998). Frames of Reference for Perception and Action in the Human Visual System. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *22*(2), 161-172.
- Goodale, M. A., Pelisson, D., & Prablanc, C. (1986). Large adjustments in visually guided reaching do not depend on vision of the hand or perception of target displacement. *Nature*, *320*(24), 748-750.
- Gordon, J., Ghilardi, M. F., & Ghez, C. (1995). Impairments of reaching movements in patients without proprioception. I. Spatial Errors. *Journal of Neurophysiology*, *73*, 347-360.
- Gowen, E., & Miall, R. C. (2006). Eye-hand interactions in tracing and drawing tasks. *Human Movement Science*, *25*, 568-585.
- Haaland, K. Y., & Harrington, D. L. (1996). Hemispheric asymmetry of movement. *Neurobiology*, *6*, 796-800.
- Helsen, W. F., Elliott, D., Starkes, J. L., & Ricker, K. L. (2000). Coupling of Eye, finger, elbow, and shoulder movements during manual aiming. *Journal of Motor Behavior*, *32*(3), 241-248.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1965). Receptive fields and functional architecture in two non-striate visual areas (18 and 19) of the cat. *Journal of Neurophysiology*, *28*, 229-289.
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V., & Duncan, S. (1991). Categories and particulars: Prototype effects in estimating spatial location. *Psychological Review*, *93*, 352-376.
- Jueptner, M., Jenkins, I. H., Brooks, D. J., Frackowiak, R. S. J., & Passingham, R. E. (1996). The sensory guidance of movement: a comparison of the cerebellum and basal ganglia. *Exp Brain Res.*, *112*, 462-474.
- Ketcham, C. J., Dounskaia, N. V., & Stelmach, G. E. (2006). The role of vision in the control of continuous multijoint movements. *Journal of Motor Behavior*, *38*(1), 29-44.

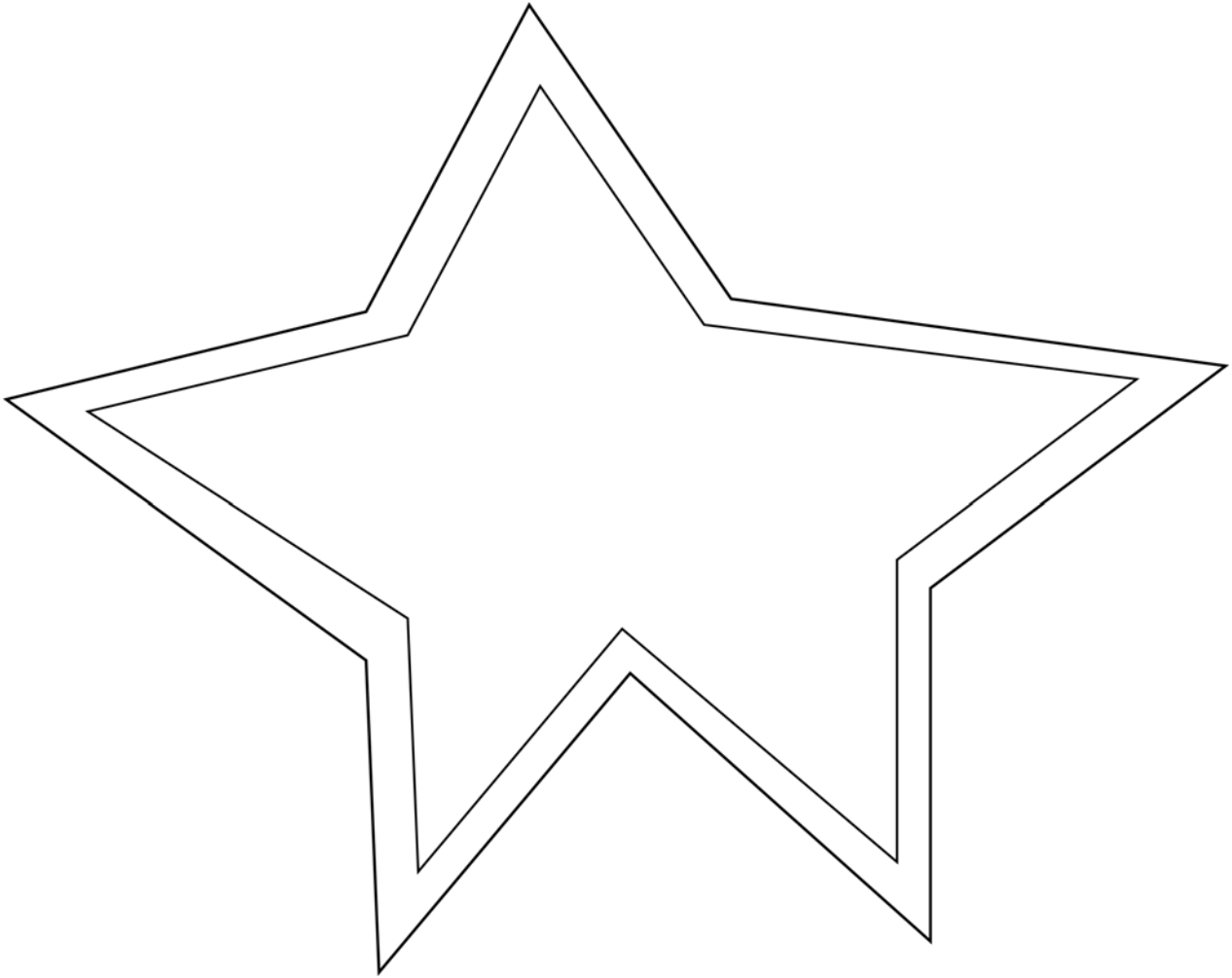
- Kirk, A., & Kertesz, A. (1989). Hemispheric contribution to drawing. *Neuropsychologia*, 37, 881-886.
- Kosslyn, S. M. (1989). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94, 148-175.
- Kosslyn, S. M., Chabris, C. F., Marsolek, C. J., & Koenig, O. (1992). Categorical versus coordinate spatial relations: Computational analysis and computer simulations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performances*, 18(2), 562-577.
- Kozbelt, Aaron (2001). Artists as experts in visual cognition. *Visual Cognition*, 8(6), 705-723.
- Kubovy, M. (1986). *The psychology of perspective and renaissance art*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lee, M. (1989). When is an object no an object? The effect of meaning upon the copying of line drawings. *British Journal of Psychology*, 80, 15-37.
- Lewis, R., & Harris, L. (1990). Handedness, sex and spatial ability. In S. Coren (Ed.), *Left-handedness: Behavioral implications and anomalies*. (pp. 319-341). New York: Elsevier Science Publishers B.V.
- Linn, M. C., & Peterson, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattentive blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marr, D., & Vaina, L. (1982). Representation and recognition of the movement of shapes. *Proceeding of the Royal Society of London, Series B: Biological Science*, 214, 501-524.
- Matthews, W. J., & Adams, A. (2008). Another reason why adults find it hard to draw accurately. *Perception*, 37, 628-630.
- Miall, R. C., & Cole, J. (2006). Evidence for stronger visuo-motor than visuo-proprioceptive conflict during mirror drawing performed by a deafferented subject and control subjects. *Exp Brain Res.*, 176, 432-439.
- Miall, R. C., & Tshalenko, J. (2001). A painter's eye movements: A study of eye-hand movement during portrait painting. *Leonardo*, 34, 35-40.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. New York: Marcel Dekker.
- Mitchell, P., Ropar, D., Ackroyd, K., & Rajendran, G. (2005). How perception impacts on drawings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 996-1003.
- Morton, B. E. (2003). Phased mirror tracing outcomes correlate with several hemisphericity measures. *Brain and Cognition*, 51, 294-304.
- Neggers, S. F. W. & Bekkering, H. (2000). Ocular gaze is Anchored to the target of an

- Ongoing pointing movement. *Journal of Neurophysiol*, 83, 639-651.
- Orde, B. J. (1997). *Drawing as visual-perceptual and spatial ability training*. Albuquerque, NM: National Convention of the Association for Educational Communications and Technology. (ERIC Document Reproduction Service No. ED409859)
- Paillard, J. (1987). Cognitive versus sensorimotor encoding of spatial information. In P. Ellen & C. Blanc-Thinus (Eds.) *Cognitive processing and spatial orientation in animal and human*. (pp. 43-77). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Paillard, J. (1991). Motor and representational framing of space. In J. Paillard (Ed.), *Brain and Space* (pp. 163-182). Oxford: Oxford University Press.
- Picard, D., & Durand, K. (2005). Are young children's drawings canonically biased? *J. Experimental Child Psychology*, 90, 48-60
- Rand, C. W. (1973). Copying in Drawing: The Importance of Adequate Visual Analysis versus the Ability to Utilize Drawing Rules. *Child Development*, 44, 47-53.
- Reina, G. A., & Schwartz, A. B. (2002). Eye-hand coupling during closed-loop drawing: Evidence of shared motor planning? *Human Movement Science*, 22, 137-152.
- Reith, E. (1988). The development of use of contour lines in children's drawings of figurative and non-figurative three dimensional models. *Archives de Psychologie*, 56, 83-103.
- Richter, J. P. (Ed.). (1970). *The notebooks of Leonardo da Vinci*. New York: Dover.
- Rosenberg, J. D. (1963). *The genius of John Ruskin*. New York: Braziller.
- Rowe, H. (1991). *Intelligence: reconceptualization and measurement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sailer, U., Eggert, T., & Ditterich, J. (2000). Spatial and Temporal aspects of eye-hand coordination across different tasks. *Exp Brain Res.*, 134, 163-173.
- Scheidemann, N. V. (1950). A five-pointed star-pattern for mirror-drawing. *The American Journal of Psychology*, 63(3), 441-444.
- Schiller, P. H., Logothetis, N. K., & Charles, E. R. (1990). Functions of the colour-opponent and broad-band channels of the visual system. *Nature*, 343, 68-70.
- Sherman, H. (1947). *Drawing by seeing: a new development in the teaching of visual arts through the training of perception*. New York: Hinds, Hayden & Eldredge.
- Starch, D. (1910). A demonstration of the trail and error method of learning. *Psychological Bulletin*, 7, 20-23.
- Taylor, L. M., & Mitchell, P. (1997). Judgments of apparent shape contaminated by knowledge of reality: Viewing circles obliquely. *British Journal of Psychology*, 88, 653-670.
- Thouless, R. H. (1932). Individual differences in phenomenal regression. *British*

- Journal of Psychology*, 21, 216-241.
- Tipper, S. P., Howard, L. A., & Paul, M. A. (2001). Reaching affects saccade trajectories. *Exp Brain Res.*, 136, 241-249.
- Tootell, R. B., Silverman, M. S., Switkes, E., & De Valois, R. L. (1982). Deoxyglucose analysis of retinotopic organization in primate striate cortex. *Science*, 218(4575), 902-904.
- Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1994). "What" and "where" in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 157-165.
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle & M. A. Goodale (Eds.), *Analysis of Visual Behavior*. (pp. 549-586). Mansfield RJW. Cambridge, MA: MIT Press
- Vlachos, F., & Bonoti, F. (2004). Left- and Right-handed children's drawing performance: Is there any difference? *Laterality*, 9(4), 397-409.
- Van Sommers, P. (1984). *Drawing and cognition: Description and experimental studies of graphic production processes*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Vercher, J. L., Mages, G., & Prablanc, C. (1994). Eye-head-hand coordination in pointing at visual targets: spatial and temporal analysis. *Exp Brain Res.*, 99, 507-523.
- Werner, S., & Diedrichsen, J. (2002). The time course of spatial memory distortions. *Memory & Cognition*, 30, 718-730.
- Willingham, D. B., Huber, D. E., Spear, J. L., & Gabrieli, J. D. E. (1991). *Mirror tracing is learned via a series of direction-specific associations*. San Francisco, CA: Psychonomics Society.
- Zeki, S. (1993). *A vision of the brain*. Oxford: Blackwell.

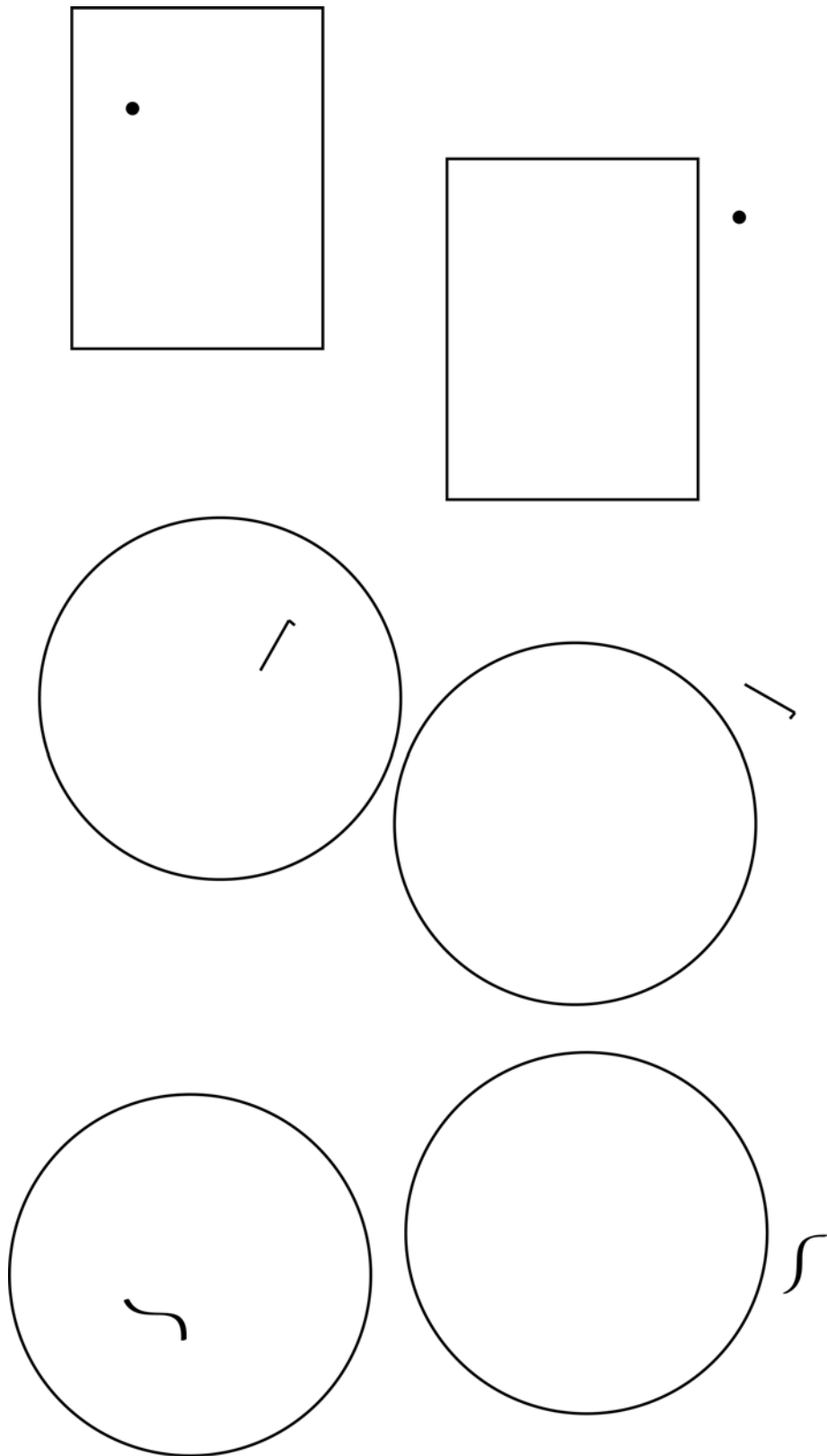
附錄I：各作業使用刺激

鏡描作業：



圖I-1 鏡描作業使用的星型描圖

空間絕對定位作業：



圖I-2 空間絕對定位作業刺激與介面範例

拼圖作業：

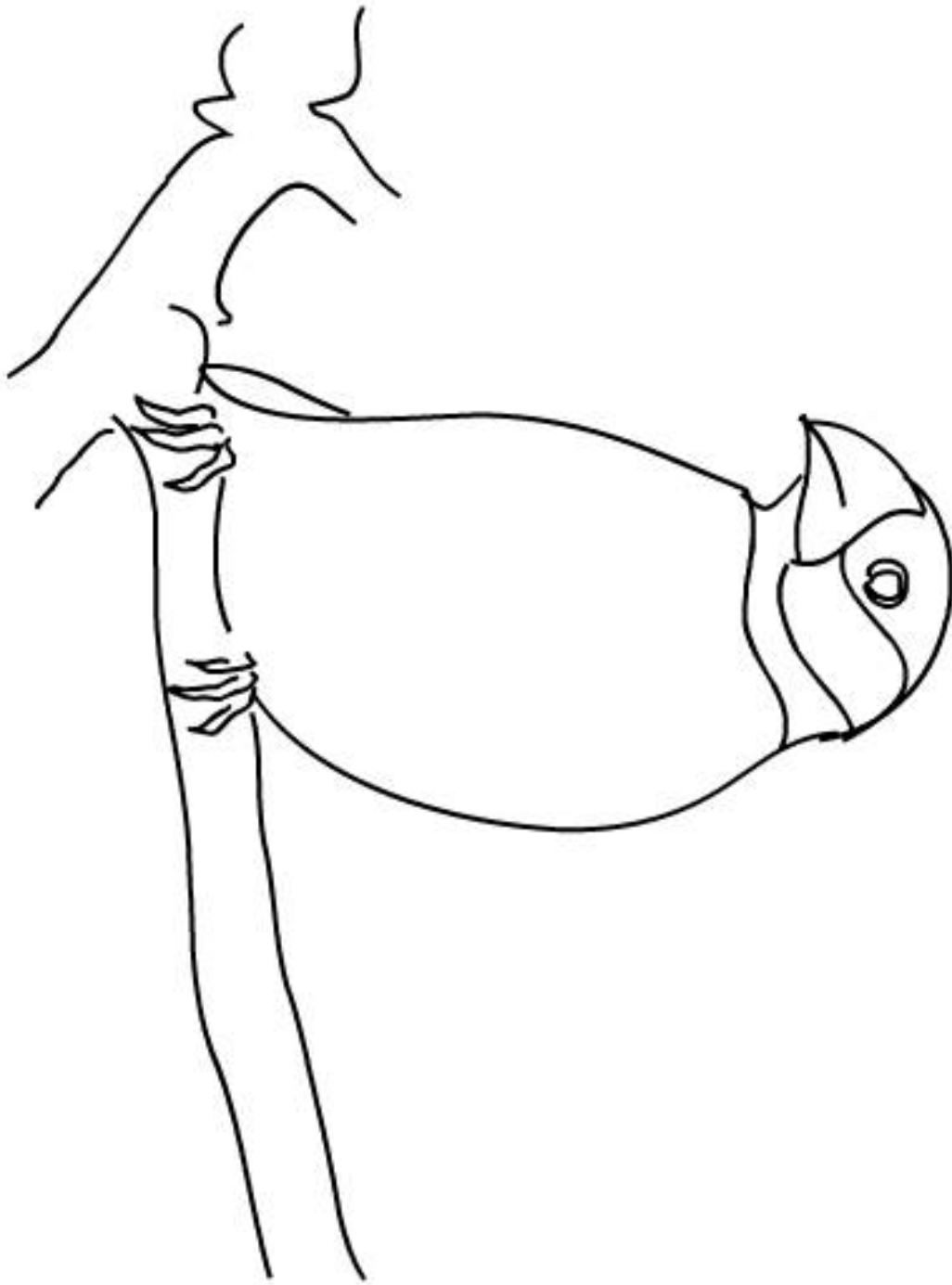


圖 I-3 拼圖作業參考圖一

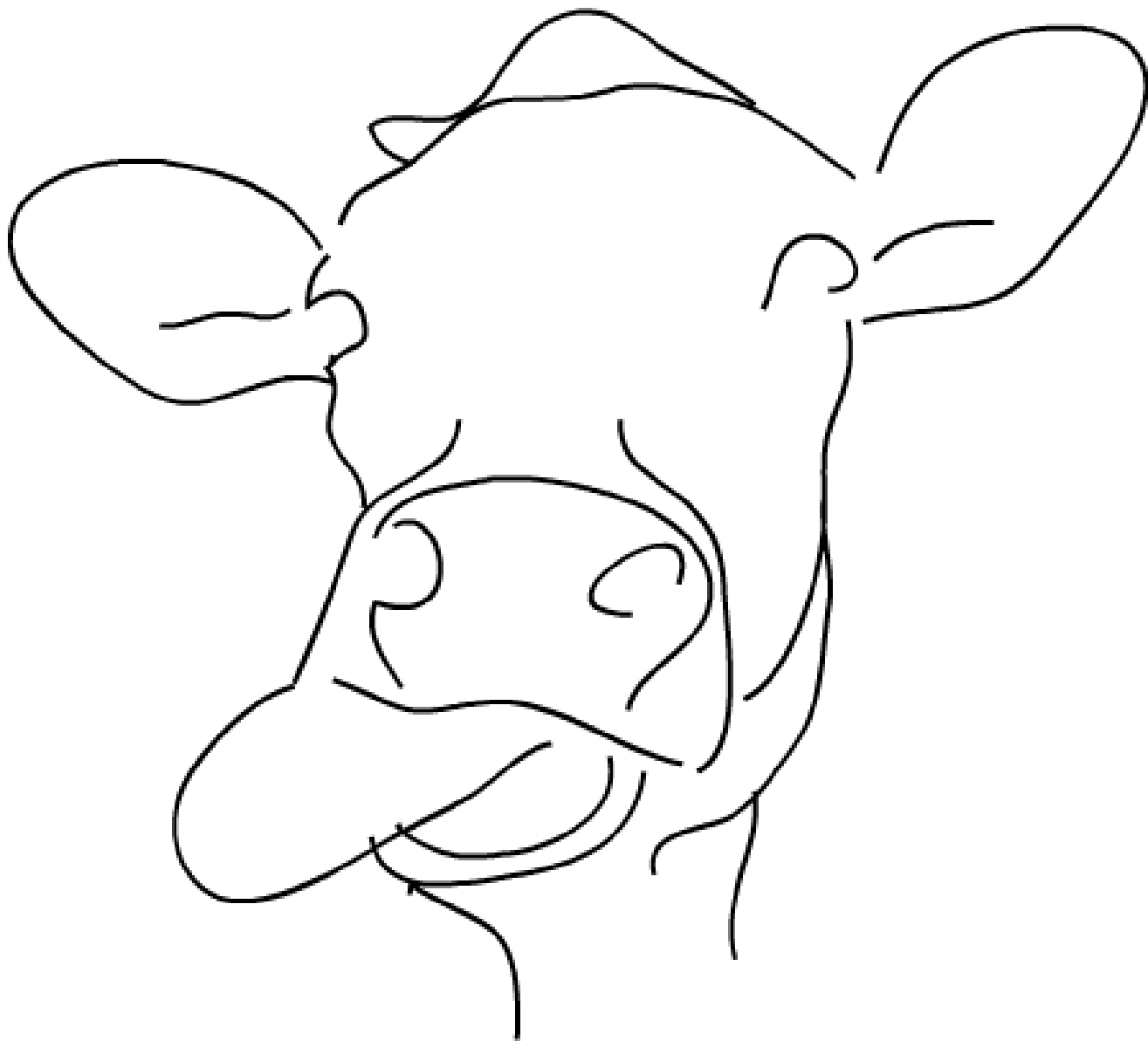


圖 I-4 拼圖作業參考圖二



圖 I-5 拼圖作業參考圖三

線段描繪作業：

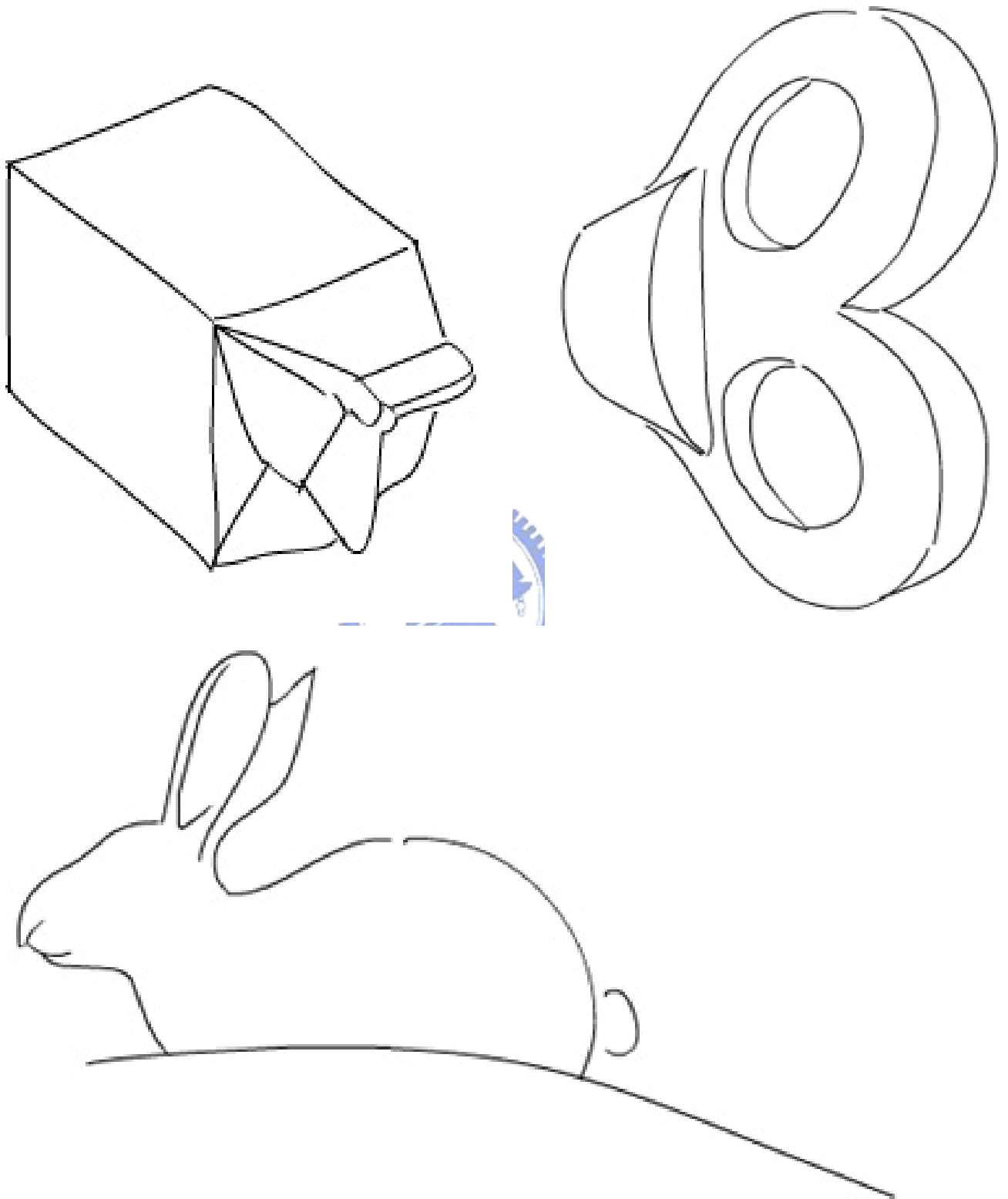


圖 I-6 線段描繪作業參考圖

忠實描繪作業：



圖 I-7 忠實描繪作業參考圖

附錄II 實驗問卷

0.就讀什麼科系?是否與美術或製圖相關?

1.是否有美術或任何製圖上的學習經驗?詳細描述學習的內容及時間(ex: 素描或水彩等等)和對它喜好的程度.

2.平常會不會練習?多久練習一次?每次練習多長時間?

3.有沒有用過繪圖板?使用的頻率和時間長短?使用的品牌是?

4.平常會不會素描?

5.有沒有漫畫的經驗?平常會不會練習漫畫?

6.有無作過鏡描實驗?

