

高年級學童於手繪與電繪介面立體表現之差異性探究

洪珮華* 林榮泰**

摘要

電腦繪圖與徒手繪圖模式不盡相同，學童於兩介面轉換應用的繪畫歷程與策略更易等，皆為當代藝術教育與資訊科技教育跨域推展不容忽視的問題。本研究以 70 位國小六年級學童為對象，旨在探討學童於徒手繪製與應用電腦繪製立體物時，其空間能力表現的差異性、相關性與類型分析，並探究其形體認知概念及繪製策略。研究採用內容分析法、Pearson 積差相關、成對樣本 t 檢定與質性訪談方式進行。研究結果發現，電繪介面降低了立體表現能力的高階段別、提升了象徵形態轉換期 1 之能力表現；就差異性論，電繪介面的「桌面表現」能顯著提升原手繪表現能力，顯示學童能因應不同介面而轉換繪製策略。另就各觀察向度的個案分析顯示，兩介面的表現能力需相輔觀察，僅單一介面的分析，容易誤判學童的立體表現能力與其實際的立體認知狀態，此提供予藝術／數學／資訊科技教育在適性化學習上之教學策略參酌，以期達到效能學習與符應 12 年國民教育多元適性發展之理念。同時依質性訪談結果建議，應讓學童於繪製過程中注重各步驟的觀察與記憶，重視自我學習歷程與繪製策略反思，更能加增後設認知學習與正向學習。

關鍵詞：立體表現、空間表現、徒手繪圖、電腦繪圖

投稿日期：2018/10/30；接受日期：2019/04/09

* 台北市立大學學習與媒材設計學系兼任講師

** 國立臺灣藝術大學創意產業設計研究所教授

The Sixth-Grade Pupils' Expression of Solid Objects: A Comparison of Freehand Drawings and Computer Graphics

Pei-hua Hung^{*} Rungtai Lin^{**}

Abstract

Whether the performance on computer is corresponded with freehand drawing, or what possible transition of learning strategy between both devices could be, are worthy to be explored. This study took 70 K6-graders as research subjects and investigated the variation, correlation, drawing types and painting strategies of solid objects on both devices. The research took content analysis, Pearson product-moment correlation coefficient, paired-samples *t*-test and qualitative interview as research methods. The results revealed, it reduced the amount of linear perspective stage from participants, and upgraded the amount of Transition 1 stage on computer-graphics device. For the variation, the “desktop performance” had better performance with significant difference on computer than freehand drawing, this presented that pupils can change drawing strategies according to the device’s usability. Ultimately, both performances should be viewed as references for knowing pupils’ real cognitive ability, only taking one aspect would misjudge them. This provided references for the Arts/Math/Computer Technology curriculum as adaptive learning strategy. Moreover, the qualitative interview showed, in order to increase pupils’ meta-cognitive learning and positive learning, pupils should observe and value their self-learning processes and drawing strategies as suggestion.

Keywords: computer graphics, expression of solid objects, freehand drawing, spatial representation

Submitted: 2018/10/30 ; Accepted: 2019/04/09

^{*} Adjunct Lecturer, Department of Learning & Materials Design, University of Taipei

^{**} Professor, Graduate school of Creative Industry Design, National Taiwan University of Arts

壹、前言

為符合社會及文化的快速變革，教育部以「深度學習、數位公民」為願景，於〈2016-2020 資訊教育總藍圖〉中論及，科技應用將佔據更多學習空間，並提供更多元的學習鷹架與型態，學童使用資訊載體與多媒體等機會與能力亦必然提升(教育部，2016)。資訊科技與藝術領域在教育上的鏈結不斷開展，2008 年資訊教育課程綱要中，「繪圖軟體應用」早已為評定中年級學童的資訊科技能力之一(教育部，2008)，12 年國民基本教育亦論，當代藝術教育在科技跨域上有其發展的必要性(國家教育研究院，2017)，數位技術既開拓了新的視覺經驗，以數位媒體進行藝術創作表現，應為教育的其一必然方向。

Arnheim (1976)曾提出知覺副本的概念，認為人類心理所感受的形象與實際真實事物，就物理性而言並無差別，人類所見即為事物本身，因此藝術家所創作的作品，能被認為是該作者的知覺副本。以此來看學童描繪的物體，各發展階段呈現的樣態特性不同，從其認知而投射在畫面上的意象／形象觀察，確實有研究之必要。Wilson 與 Wilson(1982)指出，繪畫觀察於藝術教育上具三層面意義，包含對學童認知過程的了解、得知其使用象徵系統的技巧與完成能力、以及協助增進知識習得與情感／美感的提升。其在藝術教育的重要性如同語言、數學、音樂等領域，以其複雜的發展能力展現，皆應被系統性的研究(Golomb, 1992)。尤其，透過觀察兒童的繪畫過程，對於其視覺思考與分析方式、表達、想像、創造力，甚或性別習慣表現，皆能有更深入的了解(Jolley, Barlow, Rotenberg, & Cox, 2016)。

空間表現的階段性發展常以立體物的繪製手法，為研究繪畫與空間能力的主題之一(Kuttner & Ebersbach, 2012；Nicholls & Kennedy, 1995)，同時也為幾何教育中，藉由學童在立體圖形的表徵方式，得知其對立體物的認知與掌握能力。空間再現(spatial representation)的方式因涉及將三維空間的立體樣態壓縮至二維介面的策略處理方式，因此牽涉對物體的認知與視覺影像再現的矛盾關係，卻也是兒童繪畫上普遍須面臨的問題(伊彬與張婉琪，2011)。然而，以往的觀察一向以學童徒手繪圖(freehand drawing)(以下簡稱手繪)為研究對象，在資訊能力與科技藝術的必然發展下，學童利用電腦繪圖(以下簡稱電繪)創作的機會已不斷提昇，卻甚少研究著重於電繪的立體表現能力探究。究竟，學童手繪與電繪是否呈現其認知能力的一致性，在知覺副本的表現上，是否互為相依？本研究即欲探知兩者繪圖介面表現能力的相關性，並以此為其一研究動機。另外，許多研究指出，學童繪製立方體時常以心像概念、固有習慣與原有認知而繪圖(伊彬、徐慧芳，2002；葉宗青、李隆盛，2007；Nicholls & Kennedy, 1992)，而電繪工具因具簡易縮放比例、旋轉、移動物體、剪貼及複製等便利功能，利於手繪能力較弱的學童表現想法，並提高學習動機與成就(謝佩寰，2009)；且其能藉由操作而輕鬆修改、刪除、重製與復原，更降低學童徒手繪圖時之不耐與受挫力(王聖文，2010)。因此透過電腦螢幕呈現立體形象，是否因介面不同而與手繪樣態呈現差異，或展現其認知型態與應用策略的不同，其在兩界面的繪製策略與錯誤樣態又呈現那些表現，上述皆為本研究之探討動機。依據 2013 年〈6-11 歲學童數位學習與數位機會調查報告〉(行政院研究考核發展委員會，2013)顯示，高年級(11-12 歲)於文書軟體使

用上，能以小畫家或其他繪圖軟體畫圖的比例已達 91.4%；同時，相較於中、低年級，其於立方體的表現上更能運用不同且更有效、複雜的表意系統(Willats, 1992)。因此，本研究以國小高年級為研究對象，依主、次要研究動機，茲將研究目的臚列如下：

- (1)探究國小高年級學童於手繪與電繪介面其「立體表現樣態之差異性」。
- (2)探析國小高年級學童於手繪與電繪介面其「立體表現能力之相關性」。
- (3)剖析國小高年級學童於手繪與電繪立體物的「繪製策略與錯誤表現」。

貳、文獻探討

一、空間表現能力差異

空間表現涵蓋了視覺上深度線索的覺知與展現，包含前縮、投射線、遠近大小比例、前後遮蔽等，更涵蓋觀念與技術的雙向應用能力(伊彬、張婉琪，2011)。在平面上表現立體感是透視法則的精神所在，顯著的特性包含有近大遠小的遠近對比及平行線相聚集中的消失點原理，這些規律的透視關係呈現出的空間深度與層次，因其近於人類視覺經驗，故能影響觀者的體驗感受與想像(劉靜、應國虎，2012)。就視覺寫實而言，追求科學化的視覺經驗能代表繪者空間能力的表現。Cox(1986)認為，表現視覺寫實所涵括的理解性與組成性策略，如閉合、比例、視點與線性透視等協調使用能力，為成人展現的成熟繪畫能力。其中線性透視法(linear perspective)為一以數學幾何系統為基礎，在平面上建構三維空間的方法，在空間軸向上應出現 x 軸(水平線)、y 軸(垂直線)與 z 軸(深度線 depth，以傾斜線表示)(Kennedy & Juricevic, 2006)。

然於成熟繪畫能力之前，各年齡的空間表現原就呈現階段性發展，如 8-9 歲以上孩童，才漸有能力依自主意識與意願以寫實方法表現(Paine, 1984)。Lowenfeld 與 Brittain(1987)分層指出，7-9 歲學童傾向以形式的觀念為主，表達的是主觀的空間概念(如對事物的情感影響其畫面的空間關係)，9-11 歲能開始視覺的寫實表現，12-14 歲能嘗試利用透視法則，而 14-17 歲的視覺型學習者能企圖強調光影與透視法來表現實物的體積或重量；進一步而言，9-11 歲的寫實萌芽階段能脫離單一基底線畫法，且能有遮蔽(重疊)能力以表現空間的遠近與前後位置關係。而大略於 11-12 歲能漸使用斜邊縮短、匯聚消失點等透視概念(Willats, 1995)。陸雅青(1999)亦指出，9-12 歲孩童對於喜好的事物能細心描繪以表現觀察到的寫實細節，漸脫離自我中心的空間表現方式(如摺疊法、X 光透視法)，而 12 歲以上青少年皆有以透視方式表現畫面三維空間的「意圖」，僅差異於表現手法的正確性，若能以透視法處理空間問題，代表其抽象思考能力已趨近成人思維。亦即，能畫出立體的空間深度為孩童發展邁向「視覺寫實」的關鍵(Kuttner & Ebersbach, 2012)，且對於繪製對象能漸表現從單一視點描繪的知覺顯現(Cox, 2012)。

於幾何形體概念上，van Hiele(1986)提出幾何思維發展階段，高年級學童應達到視覺層次、描述層次，並進而至理論層次的幾何認知能力。綜上所述，本研究受試學齡(11-12 歲)應具有的空間認知與表現能力，應傾向視覺寫實，已有形體其點線面等構成要素觀念，非以簡單幾何形態特徵表示，並能嘗試透視方法。

二、手繪立方體的表現樣態

許多探析空間能力的研究顯示，幾何立體與日常用品常為此類研究的繪圖標的(葉宗青、李隆盛，2007；Nicholls & Kennedy, 1992)。Mitchelmore (1978)曾就 80 位 7-15 歲學童手繪立體物的表現樣態分類，其表示在發展歷程上呈現四種表現方式，包含平面圖式、立體圖式、前寫實與寫實四階段。Nicholls 與 Kennedy (1992)則在約 1700 位孩童及成人的研究中發現，手繪立方體略可分為十種樣態，約 80%的五歲幼童僅以單一方形表現立體，而約 80%的 14-15 歲學童及成人皆使用平行投影法(parallel projection drawing)，惟較高層次的透視表現很少被青少年或成人應用；概略而言，年齡較小兒童以「特徵」為基礎的幾何方式繪製立方體，年齡較長學童與成人，則採「方向」為基準的有利視點之幾何方式表現。Cox 與 Perara (1998)於針對 489 位 5-13 歲學童繪製立方體能力的研究中表示，以其評量的九點量表而論，立方體表現能力確實隨年齡呈現線性發展趨勢，其分析方式涵蓋線條、數量、方向、面的整合、傾斜線運用及透視等，平均年齡亦分為九階段，以 12 歲 6 個月為該研究受試者表現立方體能力的最佳時期。Kuttner 與 Ebersbach(2012)則於 97 位 6-9 歲孩童另探求性別造成的立體表現差異，其發現女生較重視表現物體的圖畫性細節，而男生傾向表現物體外觀線條的視覺知覺，然整體表現仍以展開圖(fold-out)或以基底線(same ground line)整合各面的平面方式最多。

若以更清楚的階梯能力而論，Willats (1977)曾針對 5-17 歲兒童與青少年描繪桌上有收音機、箱子與平底鍋的研究中，將受試者的透視表現分為六發展階段論述，其認為該階段性歷程由無投射系統、直角投射(orthographic projection)、垂直斜角投射(vertical oblique projection)、斜角投射(oblique projection)、表現純化透視(naïve perspective)矩形邊緣會向 20-60 度角收斂、然後到達空間發展末階的線性透視(矩形邊緣呈現 60-100 度角會聚)(圖 1)，且認為表現單一物體的結構與表現多樣物體的空間關係，兩者能力存在高度相關，而兩者以上的觀察物更能表現物與物的處理策略。

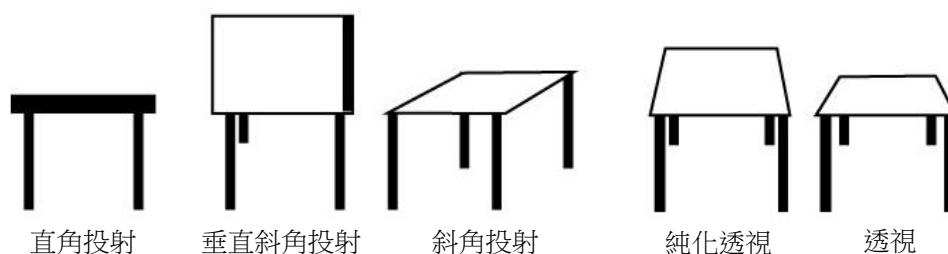


圖 1 Willats 桌子表現之發展階段。

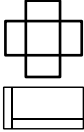
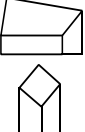
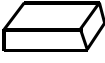
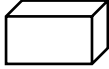
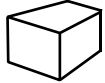
資料來源：引自 *Spatial Representation in Drawing: The Influence of Size, Viewpoint, and Observation on Drawing Development* (p. 19), by B. I. 1995. University of Illinois at Urbana- Champaign, IL.

許多研究(如：Golomb, 1992；Lowenfeld & Brittain, 1987；Nicholls & Kennedy, 1995；Willats, 1995)指出，約 11-12 歲學童能開始以斜邊縮短與匯聚消逝點等線性透視方式，嘗試表現空間感。而 I(1995)亦表示，兒童從 3-4 歲前能使用單一封閉線(close line)表現不同物體，約 7 歲時能以圖

樣樣式簡單的直角投射方式呈現，9 歲時能嘗試表現物體的局部特徵，圖樣呈現多樣複雜的分化結果，9-11 歲趨向合理化與視覺化，11-13 歲不再使用直角投射或不合邏輯樣式，13 歲時能普遍達到更進階的斜角投射，且大部分(約 72%)的 13 歲以上青少年，在合適條件下，可能無須教導便能自動採用線性透視法則(I, 1995)。

呈上述 Willats 將透視表現分為六發展階段論述後，其於之後研究增加了兩階段轉換期(transitional stages)，介於直角投射與斜角投射之間(引述自 I, 1995)。I(1995)亦將表現單一立體物之發展順序，分層為：封閉線、直角投射、第一階段轉換期、第二階段轉換期、斜角投射、透視等階段，其中第一階段轉換期呈現不同角度的觀察特徵，各平面間相互重疊、或分離、堆疊，而第二階段轉換期較能呈現整體形狀與空間關係，且能表現相對位置的連結。本研究依 I, Bin 之幾何繪製階段別為基準，參酌其他文獻理論依據，將介於直角投射與平行斜角投射之間的立體表現，另增設第三階段轉換期，為將連接面已跳脫直線處理方式，更清楚呈現 z 軸空間深度的立方體，視為更進一階之能力區分。茲將本研究各表現樣態分項說明如下表(表 1)：

表 1 立方體表現之發展階段特徵

	直角 投射法	轉換期 1	轉換期 2	轉換期 3	平行斜角 投射 類似 等斜圖	斜角投射 類似 等角圖	線性透視
表現 樣態	全平面表 現	摺疊表現 ／連接面 直線處理	部分連接 面 直線處理	出現 Z 軸 具深度感	幾何教學 課程 標準立體 樣態	幾何教學 課程 標準立體 樣態	科學性呈 現
特徵 說明	表現最簡 化的外型 特徵	呈現各面 樣態	試圖展現 立體感(部 分連接面 仍以直線 處理)	試圖展現立 體感(連接 面不以直線 處理)，能呈 現空間深度	正面平行 於繪圖介 面或畫者， 側面的對 應兩邊維 持平行。	一角與繪 圖介面或 畫面呈現 夾角，側面 對應兩邊 維持平行。	對應兩邊 若無限延 長會聚集 於同一點
圖 例							
概 略 形 態	象徵形態	象徵形態	象徵形態	立體形態	立體形態	立體形態	立體形態
概 略 年 齡	7 歲	7-9 歲	9-11 歲	10-11 歲	11-13 歲	12-13 歲	13 歲以上

資料來源：統整自葉宗青、李隆盛(2007)、I(1995)、Nicholls & Kennedy(1995)、Mitchelmore(1978)、Willats(1977)之立方體階段表現樣態。

三、立方體之繪製策略與常見錯誤表現

Arnheim(1976)認為，人類視知覺中的「簡化原則」，常將生活中所見的複雜物體，依其外輪廓加以簡化而僅表現特徵，兒童尤其依此知覺特徵來呈現。Nicholls 與 Kennedy(1992)於研究中亦發現，愈小年齡的策略方式，愈以表現熟悉的幾何外型特徵為主。胡寶林(1996)於觀察兒童繪畫中亦認為，兒童初識物體對象時，以其外表特徵或屬性為記憶對象，此物理外在特性便成為該物的概念，爾後難以打破其固定繪畫習慣。Bremner、Morse、Hughes 與 Andreasen(2000)甚且表示，7-10 歲孩童繪製熟悉物品時所產生的錯誤數量，超過模仿輪廓線條以及描繪不熟悉物品，其原因可能為學童依習慣認知的形體特徵而畫，並非提取視覺觀察到的客觀形體結構。伊彬、徐慧芳(2002)同樣認為，學童常以心像概念(原有概念)進行繪圖等創作作業，因對於物體的熟悉度反而降低觀察意願，以致作品再現寫實的現象降低。綜上可知，學童對於生活中習以為常的物品，即便提供予以觀察，仍可能以既有的認知特徵而畫，缺乏客觀觀察的動機，若無提供實體，更易以熟悉的心像概念，簡化外型特徵而表現。

Willats 於 1981、1985 年之研究分析，學童常於同一平面上，僅並列呈現立方體的前景與側景，或前景與上景的兩面關係，有些可呈現三個可見面，然卻扭曲變形了另兩個面(引自 I, 1995)。I(1995)認為，決定寫實的呈現方式常與個人喜好、價值系統相關，非僅止於技術的模仿行為，更重要的影響原因在於繪畫的情況改變(控制條件差異)，繪製的方式亦隨之改變，而究竟繪圖時受知識或知覺的影響，亦取決於實際的繪製情境。葉宗青與李隆盛(2007)則觀察，國中學生常見的繪圖錯誤，來自於對立體物形體概念不清以及錯取觀察視點，對於已具固有概念之形體，更直接表現其習慣性畫法與原認知特點；若對形體幾何概念不清時，易使用臆測、推論、拼組等繪圖策略，例如在繪製正 12 面體的實驗中，概念不清的受試者會以 12 邊形進行組合排列，形成錯誤的展開圖示；其亦指出，在提供實物觀察時，學童於立體表現上易選擇利於繪製的視點著手，此或許為受試者在繪製時採用的繪圖策略，為將三維物體轉至心像中最易表達的方向相關。Frick 與 Newcombe(2015)於孩童以三維實物對照輪廓線條研究中發現，年齡較小孩童難於提取實物中「面」的邊線，亦即難於轉換面與線的關係，然提供二維實物照片卻易於認知輪廓線樣態。上述研究顯示，無論年齡長幼與否，熟悉且便利完成的方式常是立體表現的主要選擇依據，若繪製時認知與技能產生衝突，繪製策略則於矛盾中妥協。亦即，「所知」受限於認知、技能、介面或時間，繪者可能主動更換繪製策略以選擇最有利方式表現，亦或保持固定習慣以熟稔的方式繪製，而此均未能展現實際的認知能力。

然而，改善學童繪製策略或增進寫實能力，常可藉教育的積極引導而改變，Barrett 與 Bridson(1983)表示，任務指導能有效影響與改變孩童慣用的繪圖習慣。Brittain 則認為，兒童個別繪畫發展所經的時間長度並非一致，增加繪圖經驗與引起學習、觀察興趣，是使其進步的方式(引自徐春江，2011)。而 I(1995)提出，藉由觀察經驗的增加，對於物體特徵於視網膜成像與圖像的比較，能更加注意，且經由差異化比對，不斷練習後更能直接或間接增進繪畫各項技能，如增加固定視點寫生經驗、放大物件觀察與呈現適當擺放角度等，皆能誘發學童立體寫實表現。因此，學童常見的立方體簡化繪製策略或錯誤表現，亦應當可藉由適當引導、繪製任務與觀察經驗，以改善其不足。

四、電腦繪圖之使用特質與繪製策略

「繪圖軟體」在使用上，能提供豐富色彩選擇，於技法上能模仿各種筆觸與效果，材質應用更能以特效輕易表現物件肌理，並具能輕鬆回復、修改、分解，與調整替換圖形與位置的功能(簡佳麟，2008)。繪圖介面的差異性，確實為傳統繪畫帶來衝擊，謝秀佩(1999)在探討傳統媒材與電腦媒材繪圖時的透視感表現，發現在靜物線畫寫生的空間表現上，兩介面未達顯著差異，而在繪畫行為模式及認知上，學童會因應媒材特性而產生不同的繪畫策略；其舉例如低年級因滑鼠鍵盤操作能力不足，無法畫出物件重疊等較高層次展現，且電繪時，將圖形分析、再整合的步驟與徒手繪圖不同，顯示工具改變能影響繪圖思考模式。曾健評(2003)以畫上弦月為例，電腦繪圖以操作滑鼠畫出兩圓弧相交於兩點，不見得容易與美觀，此時，繪圖者可能改變策略，點選物件拖曳出兩相等的圓形、使其部分重疊，再以擦拭工具去除多餘部份，此即為因應工具而改變的繪製策略(圖 2)。

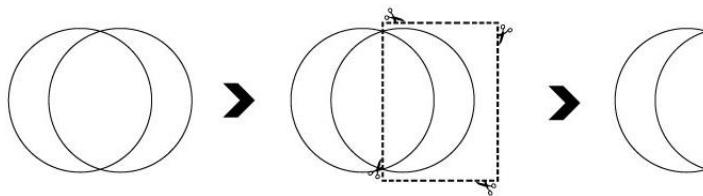


圖 2 電腦繪圖繪製策略——以上弦月為例

註：此圖的概念引自曾健評(2003)的研究。

另有教學研究發現，六年級學童在電腦繪圖時，常局限於固定功能鍵的使用(謝士英、古信鳳、蔡宗穆，2006)。雖然其任意修改功能，能讓學生更勇於嘗試且正向影響繪圖能力，然因工具熟悉度不足，或感麻煩困難，仍會避免使用某些工具(劉光夏、陳首伸、王玲玲，2014)。徒手繪圖成就高的學童，則認為滑鼠操作與工具使用功能，會限制其隨心所欲的發揮，其繪畫方式遷就軟體功能的限制而改變；反之，自我表現慾望低的學童則受限於軟體功能，而呈現僵化表現(曾健評，2003；謝士英等，2006)。亦即，學童習慣使用較熟悉、簡易且固定的操作工具繪圖，繪畫方式與樣態亦受軟體功能限制而影響。

綜上所述，國內兩介面表現的差異性探究多以彩畫繪製為主題，對於繪製立體圖尚無研究著墨。而 Kurtulus(2011)於 8 年級學生以電腦繪製 1 點及 2 點透視長方體中，肯定電腦輔助教學相較於傳統教學，能顯著提升繪製透視圖的概念與技能。尤其電腦工具中的物件移動與色彩功能，能協助學童更清楚認知透視圖的深度與組成部分，而放大工具與輕鬆去除錯誤的線條與畫法，能使透視呈現更加清晰。因此，應用電腦軟體教學能較紙筆講述方式，更有效提升透視圖的概念與繪製的正確度(Kurtulus, 2011; Luh & Chen, 2013)。緣此，兩介面的立體幾何造形，是否如先前彩畫研究，因使用工具差異而呈現樣態不同、繪製策略是否相異、其認知與技能表現是否具相關性、而電繪介面是否更易於立體表現等，此皆為值得深入探議之處。

參、研究方法

本研究以國小六年級學童為受試者，探究其在手繪與電繪介面繪製立體物所呈現的表現樣態、差異性、相關性與繪製策略，依研究目的將實驗規劃、觀察變項及研究假設、研究對象、研究工具與整體研究流程等，分述如下：

一、實驗規劃

本研究以學童的立體表現為觀察要點，參考 Willats(1977)其桌子與靜物之實驗，同樣以物與物的空間再現關係(between-objects)為研究主題。因此，將施測指令訂為：「桌子上有一個長方形立體積木」以探究。此指令無情境暗示亦無提供實體參考，僅將指令呈現於黑板上，口述指導語為：「請畫出黑板上的主題，並且盡全力表現物體的立體感」。主要測驗學童原有概念或視覺印象中，兩物體的基本立體樣態與對應關係。

本實驗依研究目的分為兩階段測試，並皆於美術課實施。第一階段請受試者於 B5 尺寸白紙上畫出指令內容，並請其觀察、記憶繪製時的先後次序與方式，時間限定 25 分鐘，於收卷後另進行個別訪談，每生訪談時間約計 2 分鐘，請其敘說繪製方式與先後次序。第二階段為避免印象干擾，於一個月後，續於電腦教室中以電繪方式進行相同指令繪圖。每位受試者自主操作一台電腦，於正式繪圖前，先自由於軟體介面練習 30 分鐘(未告知施測指令)，實際施測時同樣告知觀察目的與記憶步驟，測驗時間同計 25 分鐘，並於後進行個別訪談。

二、觀察變項與研究假設

為探析高年級學童於兩介面立體表現能力之差異性與相關性，擬先求得影響立體表現的變項因子，在觀察要項上以文獻資料及專家訪談進行觀察變項擬定。於研究指令：「桌子上有一個長方形立體積木」，除將「積木」立體表現列為觀察要項外，亦參酌伊彬、張婉琪(2011)於其研究測試中對於學童的桌子繪製觀察，該研究提及「桌面」呈現之厚度感表現差異、「桌腳」注意前後遮蔽問題、較遠桌腳不應與地平線等長等觀察特點，同時提列出「桌面」、「桌腳」以為觀察變項。另外，因伊彬與徐春江(2001)於其研究立體模型描繪所提出的第五階段能力，物與物間應有合理、統一的方向性與比例關係，續提出「視點相符程度」為本研究最後之觀察變項。

本研究以三位美術教師為專家訪談對象，其美術教學年資皆為 7 年以上，並具國小美勞教學專業背景，同樣亦以此三位教師為受試者作品之評分者。於專家訪談後，確認本研究評量指標訂定為「積木」、「桌面」、「桌腳」與「視點相符程度」等四項評分要點，並以李克量表 1-5 等第為量化分數(依序為 1 最低分至 5 為最高分表現)為評分標準。茲將各項度評分參酌依據，臚列如下表 2：

表 2 觀察變項評分基準

觀察要項	評分：1 分	評分：2 分	評分：3 分	評分：4 分	評分：5 分
積木	僅以簡化形體(長方形/平行四邊形)表示，為全平面表現	以簡化/不規則形體表現，或以摺疊法/直線表現連接面	試圖展現積木立體感，能稍具空間深度	呈現標準平行/斜角投射/透視樣態，立體厚度仍不符視點	能呈現平行/斜角投射/透視樣態，且具符合視點之厚度表現
示例					
桌面	僅以簡化形體(長方形/圓形)表示，為全平面表現	以簡化/不規則形體表現，或以摺疊法/直線表現連接面	試圖展現桌面立體感，能稍具空間深度	能呈現標準平行/斜角投射/透視樣態，桌面無厚度	能呈現平行/斜角投射/透視樣態，且具符合視點之厚度表現
示例					
桌腳	僅呈現 2 隻簡化形體，為全平面表現	以摺疊法表現桌腳與桌面關係	能呈現 3-4 隻桌腳，惟後桌腳與前桌腳立於同一水平面上	2 隻後桌腳非立於同一平面上，且桌腳無厚度	能呈現符合視點之桌面桌腳關係，且具厚度表現
示例					
視點相符	呈現兩物視點相反之對應關係	呈現兩物不合理之相對關係	兩物視點相差約略小於 60 度角之對應關係	呈現兩物略同視點之對應關係	呈現兩物同一視點之合理對應關係
示例					

依文獻論述基準，電腦繪圖因介面提供應用工具的便利性，能降低學童繪圖時的受挫與不耐，因此首先假設兩介面表現能具差異性；然立體表現能力因與個人認知能力展現相關，故本研究亦假設手繪與電繪能力的各觀察變項間，應互為正相關。茲將研究假設定為：

- H1：手繪與電繪立體表現對應之觀察向度具差異性；
- H2：「手繪」立體表現各觀察向度具正向相關性；
- H3：「電繪」立體表現各觀察向度具正向相關性；
- H4：手繪與電繪立體表現對應之觀察向度具正向相關性。

三、研究對象

本研究受試樣本為都會區大型學校(總班級數>80 班)之國小高年級學童，研究所得推論僅限於相似之都會學校型態。本研究以方便取樣方式就研究者任教之六年級三個班級以為受測對象。該三個受試班級原即為常態編班下之普通班級，共計 70 位學生，分別為男生 40 位，女生 30 位，年齡介於 11-12 歲之間。在背景能力上，對於幾何觀念的起點知能，於數學領域能力指標下，學童應能達到「能運用頂點、邊與面等構成要素，辨認簡單立體形體」，且「能認識面的平行與垂直，並描述正方體與長方體中，面與面的平行與垂直關係」。承上述起點知能，於施測前，本研究依實驗內容可能含括之數學、資訊與美術能力，以其學期領域成績與隨機抽樣之一班級進行變異數同質性檢定。分析結果顯示，三受試班級在此三領域成績表現(依序為數學、資訊與美術)與抽樣班級之變異數同質性 Levene 檢定，未達顯著($F=0.06, p=.806>.05$ ； $F=0.30, p=.587>.05$ ； $F=2.12, p=.149>.05$)，顯示三受試班級與母群體之其他同齡班級具同質性，於三領域學習成就表現相似。接續以實驗相關的美術與資訊能力，就受試者該學年度兩領域成績進行常態分佈檢測。分析結果顯示，美術與資訊領域成績的偏態與峰度係數皆小於 1(偏態=-.983、峰度=.906；偏態=-.134、峰度=-.985)，顯示此組受試對象之美術與資訊能力為常態分布表現，能代表該學齡班級普遍性樣態之樣本，應可視為能客觀代表母群體之抽樣觀察。

四、研究工具

本研究繪圖軟體統一採用五年級已接觸過的 PhotoImpact 軟體，並事先確認該軟體非本學期資訊課程應用內容，以避免軟體工具使用受教學者影響。茲就軟體工具功能概述如下：以繪製立方體而言，該軟體可能應用的操作工具內含「路徑繪圖」工具，其能自主縮拉長方形大小，以及「變形」工具中的傾斜、扭曲、透視、任意旋轉等功能，「傾斜」為能將長方形變形為平行四邊形之功用、「扭曲」則可以單獨對點拉伸造成相鄰邊長變形、而「透視」則能呈現對應兩邊靠攏或擴張、「任意旋轉」為能自主旋轉物體方位等。

五、研究流程

依研究動機與目的，本研究對於手繪立方體的表現能力與樣態進行文獻探析，藉以了解該齡學童可能呈現的立方體類別，並以此為分類依據與提出研究假設，同時依文獻論及之錯誤樣態，對比本實驗受試者之錯誤類型。此部份指稱之「錯誤樣態／表現」，為以數學幾何形體概念及文獻建議該年齡應有的立體繪製表現為標準，亦即以平行投影與線性投影，為本研究所稱之「標準樣態」。本研究依研究目的進行二階段式實驗，據實驗結果以內容分析法歸納其所屬類別與所佔比例。接續依專家訪談及文獻參考之評量向度擬定，以分項探究立體表現能力，同時進行成對樣本 t 檢定以探求兩實驗在各評量向度之能力差異，續以 Pearson 積差相關檢定兩實驗結果之相關性。研究最後就所得結果論述本實驗之發現與建議。研究流程如圖 3 所示。

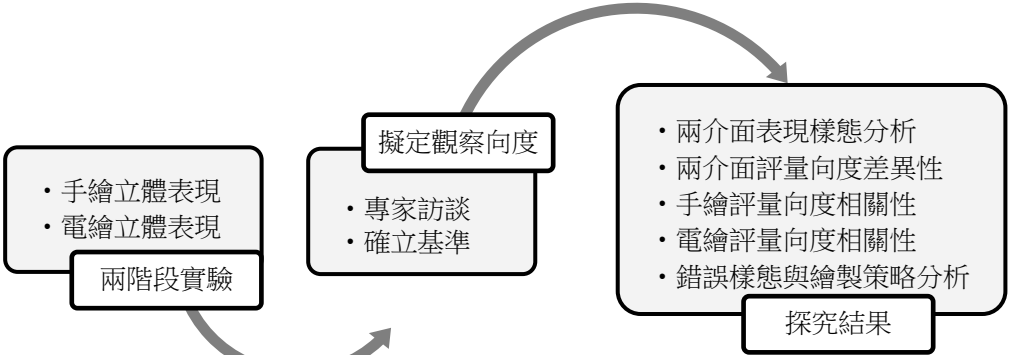


圖 3 研究流程

肆、研究結果

依研究目的所列，分為四部分敘明：首先針對兩介面的立體表現樣態分述，續探討兩介面立體表現能力在各觀察向度之差異性，以及各觀察向度於兩介面呈現顯著差異的個案分析，接續進行對應向度上的相關性比較，最後歸納兩介面立體表現的常見錯誤樣態，並探討其繪製策略。

一、兩介面立體表現樣態

(一) 積木立體表現樣態

1.1 手繪介面

「積木」項目中，手繪樣態可分為象徵形態：全平面表現、連接面直線處理(轉換期 1、2)，與立體形態：轉換期 3、平行斜角投射與斜角投射等。於表現樣態上，共計 23 種表現方式，以平行斜角投射(48.58%)占受試者(n=70)比例最高(表 3)，此與文獻探討所得相符。

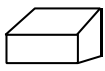
表 3 手繪積木立體表現樣態

全平面表現				轉換期 1、2					
總比例：	5.71%	2.86%	2.86%	總比例：	4.29%	1.43%	2.86%	1.43%	2.86%
11.43%				12.86%					
轉換期 3								-	-
總比例：	2.86%	1.43%	4.29%	4.29%	4.29%	1.43%	1.43%	-	-
20.02%									
平行斜角 投射						斜角投射			
總比例：	22.86%	11.43%	7.14%	2.86%	4.29%	總比例：	1.43%	4.29%	1.43%
48.58%						7.14%			

1.2 電繪介面

於電繪「積木」表現中，同樣象徵形態涵蓋：全平面表現、連接面直線處理(轉換期 1、2)，立體形態續分為轉換期 3、平行斜角投射、斜角投射等。其表現樣態較手繪集中，共計 17 種表現方式，並仍以平行斜角投射(50.00%)占大多數(表 4)。與手繪積木相較，各類別比例有所差異，部分學童在電繪介面繪製積木時，更以簡化原則處理，初步推論可能為過程中先繪製桌子、後繪製積木，因所剩時間不足，便選擇迅速解決問題的方式。然在簡化的全平面表現中，電繪出現較多平行四邊形的積木樣態(增 7.14%)，就工具操作而言，電繪可直接點選長方形物件拖曳畫出，執意以平行四邊形表現，則需另外選擇「傾斜」功能或「菱形」物件，顯示此為學童自主認為桌面上的積木，應如同桌面方向，亦呈現平行四邊形樣態。另外，斜角投射表現較手繪人數少 5.71%，則推論因操作工具拖曳長方形較容易，斜角的長方形則需以「變形」物件的「旋轉」功能，或「扭曲」物件的單獨對點拉伸，此等步驟皆不若直接畫成平行斜角投射方便。

表 4 電繪積木立體表現樣態

全平面表現						轉換期 1、2		
總比例： 34.28%	20%	4.29%	7.14%	1.43%	1.43%	總比例： 2.86%	1.43%	1.43%
轉換期 3						-	-	-
總比例： 11.43%	1.43%	1.43%	1.43%	5.71%	1.43%	-	-	-
平行斜角 投射					-	斜角投射		-
總比例： 50.00%	28.57%	12.86%	7.14%	1.43%	-	總比例： 1.43%	1.43%	-

(二) 桌子立體表現樣態

2.1 手繪介面

手繪「桌子」樣態涵蓋：全平面表現、連接面直線處理或折疊表現(轉換期 1、2)、轉換期 3、平行斜角投射、斜角投射、類透視等，共計 44 種表現樣態，因桌面、桌腳皆可能呈現立體或象徵表現，故分化類別較「積木」多樣，分計以平行斜角投射(桌面或桌腳可呈立體表現)占 27.14%(表 5)，為最大比例。

表 5 手繪桌子立體表現樣態

全平面 表現		轉換期 1								
總比例： 5.71%	5.71%	總比例： 15.72%	4.29%	2.86%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%
轉換期 2					轉換期 3			-	-	-
總比例： 5.72%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	總比例： 2.86%	1.43%	1.43%	-	-	-
平行斜角 投射 1										
總比例： 20.00%	1.43%	1.43%	2.86%	5.71%	1.43%	1.43%	2.86%	1.43%	1.43%	1.43%
平行斜角 投射 2										
總比例： 27.14%	10.0%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	2.86%	5.71%	1.43%
斜角投射										
總比例： 15.71%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	4.29%	1.43%	1.43%
類透視										
總比例： 7.14%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%					

2.2 電繪介面

電繪「桌子」樣態涵蓋：全平面表現、轉換期 1、2、轉換期 3、平行斜角投射、斜角投射、類透視等，共計 35 種表現樣態，較手繪集中。亦同樣計以平行斜角投射(桌面或桌腳可呈立體表現)占最多數(44.28%)(表 6)。

表 6 電繪桌子立體表現樣態

全平面表現				轉換期 1			
總比例： 5.71%	1.43%	2.86%	1.43%	總比例： 4.29%	1.43%	1.43%	1.43%

轉換期 2				轉換期 3			
總比例： 5.71%	2.86%	1.43%	1.43%	總比例： 4.29%	1.43%	1.43%	1.43%

平行斜角 投射 1					類透視	
總比例： 24.29%	2.86%	10.00%	10.00%	1.43%	總比例： 1.43%	1.43%

平行斜角 投射 2									
總比例： 38.57%	8.57%	5.71%	2.86%	1.43%	4.29%	1.43%	2.86%	4.29%	4.29%

平行斜角 投射 2					斜角投射				
總比例： 5.71%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	總比例： 10%	4.29%	1.43%	1.43%	2.86%

依研究所得，電繪介面「積木」與「桌子」同樣以平行斜角投射表現占最多數，此與文獻相符，大多數未受訓練的少年或成人，皆鮮少自動以透視法表現立方體，顯示較高層次能力需經誘發、教導後才出現。此外，仍有 24.29% 學童手繪積木尚停留在外觀特徵的簡易表現，以及僅呈現認知中應有的三個可見面，能將其組合，卻無法成功表現立體感，為未達相應學齡能力的立體表現。而能呈現積木立體樣態的轉換期 3，錯誤多在未能表現對應兩邊相互平行(兩介面皆同)，雖然該學齡孩童於數學幾何課程已有對應邊、面相互平行的認知概念，卻無法融合運用於手繪呈現，亦或特意於電繪呈現不平行樣態，此為認知與技能，或認知與心像的落差。另外在電繪介面的桌子樣態中，能以平行斜角投射表現的人數大幅提升 21.43%，或許與其操作功能讓學童較易表現所知的立體樣態相關。而能以斜角投射或類透視表現的人數則較手繪減少 11.43%，同樣推論為軟體介面易操作平行斜角投射之因，此工具雖助益於表現所認知的立體樣態，但也改變了原高階能力學童的繪製策略，因而降低了整體階段別。然而，電繪介面的「桌腳」表現，卻明顯出現前後腳站立於同一基底線的情況增多(增 10%)，此或許為電繪時集中心力與時間在表現桌面的立體寬度上，以致易忽略桌腳的適當位置。另外電繪桌子在「象徵形態」比例上較手繪人數減少 5.71%，此仍顯示電繪操作工具易於表現實際認知相關。

二、兩介面各觀察向度之差異性表現

本研究兩介面評量的整體測驗信度 Cronbach α 值為 .918，各評量要點 α 值介於 .903- .913

間，顯示評量的各觀察要項間，具高度內部一致性信度。於效度檢驗上，各觀察向度之因素負荷量介於 .615- .978，皆具評量效度。同時進行評分者間之信度考驗(表 7)，顯示三位評量者在每一向度的評分皆為顯著相關存在，評分結果具一致性。

表 7 手繪與電繪立體表現 各評量向度之信度考驗

	手繪 桌面	手繪 桌腳	手繪 積木	手繪 視點	電繪 桌面	電繪 桌腳	電繪 積木	電繪 視點
Kendall's w	.155	.286	.209	.392	.176	.078	.122	.096
卡方值	21.639	40.101	29.244	54.880	24.578	10.888	17.116	13.508
p value	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.000	.001

在探究兩介面的差異性上，茲先就整體受試者於兩介面之「積木、桌面、桌腳與視點」各觀察向度進行差異性分析，續就受試者個人於上述評量向度之特別差異，分述兩介面的觀察表現。

(一) 手繪、電繪立體表現能力之整體差異性

就兩介面各觀察向度對應比較，以成對樣本 *t* 考驗檢視兩實驗結果之差異性，僅支持部分研究假設「H1：手繪與電繪立體表現對應之觀察向度具差異性」，兩介面僅於「桌面表現」能力呈現顯著差異(表 8)，亦即電繪介面的工具操作僅顯著提昇學童於「桌面」的空間表現能力。相較先前的樣態探討，此能力表現於平行斜角投射的人數比例增高，顯示學童在電繪操作上，較易於表現實際認知的「桌面」立體樣態，又以平行斜角投射方式較斜角投射更易操作表達，此繪製策略運用的確因應介面而產生差異性。

表 8 手繪與電繪立體表現 各評量指標成對差異分析表

評量指標	人數	平均數	標準差	<i>t</i>	<i>p</i> (雙尾)
積木表現	70	手繪 3.3761	手繪 1.1734	0.97	.335
		電繪 3.2336	電繪 1.3193		
桌面表現	70	手繪 3.1376	手繪 1.1012	-2.62	.011
		電繪 3.5471	電繪 0.92698		
桌腳表現	70	手繪 2.7284	手繪 0.90198	-0.85	.397
		電繪 2.8337	電繪 0.85307		
視點相符	70	手繪 3.0050	手繪 0.94531	-0.59	.558
		電繪 3.0810	電繪 0.98629		
整體平均	70	手繪 3.1434	手繪 0.94535	-0.27	.785
		電繪 3.1760	電繪 0.95618		

(二) 積木差異性表現

在「積木表現」上，雖然兩介面表現的平均分數未達顯著差異，仍見手繪表現較電繪表現略高分(3.38 v.s 3.23)(表 8)，以圖 4 分析，手繪介面計 20 位受試者(28.57%)未能達到 3.00 分(李

克量表 1-5 等第計)，而電繪介面計有 25 位受試者(35.71%)未能達到 3.00 分，整體表現能力較手繪弱勢，此結果尚待深入分析。另以個案而論，以手繪較電繪佳者 23、55、66 號(表 9)為例，能較電繪表現出正確的平行斜角投射樣態，顯見其手繪能力應較電腦操作而佳；而電繪明顯高於手繪表現的 9、27、30 號，則能跳脫轉折期 1、2 表現，此三位學生皆能從手繪的象徵形態進階至立體形態，尤其 27、30 號，更表現出三個可見面的正確組成樣態，亦即，徒手繪圖對於此揭受試者而言，較電繪軟體的部件操作更顯困難，藉由電繪軟體的協助，學童能表現出實際的立體認知概念。

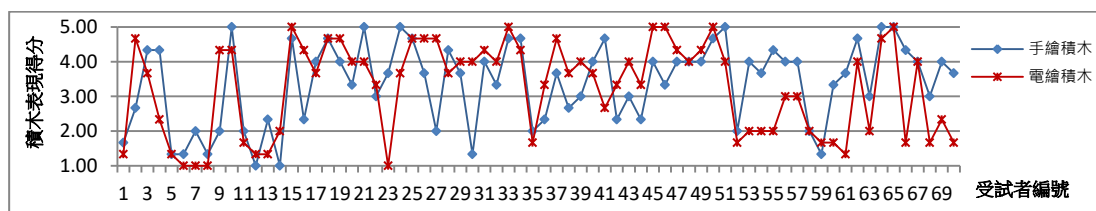
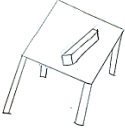
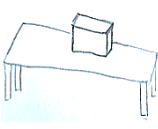
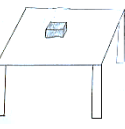
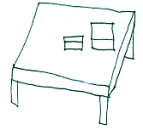
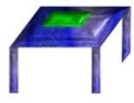


圖 4 手繪與電繪介面「積木表現」折線圖

表 9 「積木表現」於手繪與電繪介面之個案圖例

					
					
受試者 23 號	受試者 55 號	受試者 66 號	受試者 9 號	受試者 27 號	受試者 30 號
「積木表現」手繪較電繪表現能力高			「積木表現」電繪較手繪表現能力高		

(三) 桌面差異性表現

於「桌面表現」上，可見電繪介面的工具操作顯著提昇學童於「桌面」的空間表現能力(上頁表 8)；以折線圖分析(圖 5)，手繪介面計 25 位受試者(35.71%)未能達到 3.00 分(李克量表 1-5 等第計)，而電繪介面僅計有 11 位受試者(15.71%)未能達到 3.00 分，整體表現能力顯著提升。另就個案分析，以手繪明顯高於電繪表現的受試者 8、24、33 號(表 10)及電繪明顯高於手繪表現的 29、36、46 號為例，手繪較佳者能以平行斜角投射或類透視處理桌面，電繪卻僅以象徵形態表現，依電繪訪談資料分析，此多為電腦能力不足導致，如受試者表示：

“我不知道怎麼做成我想要的桌子，後來覺得這樣好像也可以(s-2-8)”。

而電繪較佳者則修正了手繪的折疊或象徵樣態，反而能以平行斜角投射呈現，尤其因明顯

改變了桌子形狀，使得桌腳能跳脫展開法，呈現出立體感。此部份依電繪訪談記錄推論，電繪操作工具能選取物件拖曳出平行四邊形，可快速協助學童呈現桌面，而手繪平行四邊形時，則需注意對應兩邊平行狀態及直線拉長畫直，相對而言較不容易，故手繪能力較弱者於手繪時易直接放棄嘗試。

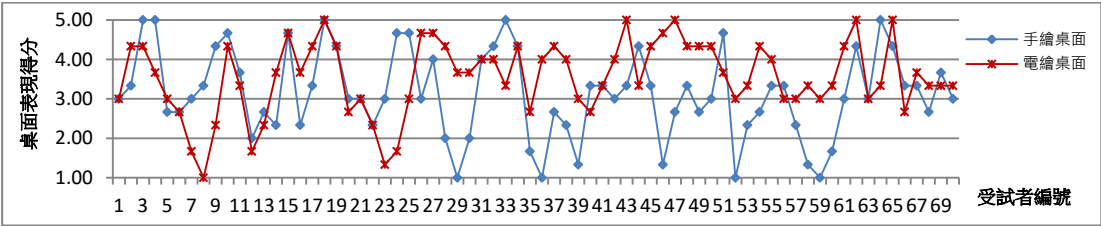
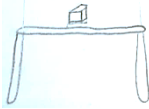


圖 5 手繪與電繪介面「桌面表現」折線圖

表 10 「桌面表現」於手繪與電繪介面之個案圖例

					
受試者 8 號	受試者 24 號	受試者 33 號	受試者 29 號	受試者 36 號	受試者 46 號
「桌面表現」手繪較電繪表現能力高			「桌面表現」電繪較手繪表現能力高		

(四) 桌腳差異性表現

於「桌腳表現」而言，同樣以折線圖分析(下頁圖 6)，手繪介面計 37 位受試者(52.86%)未能達到 3.00 分(李克量表 1-5 等第計)，而電繪介面則計 31 位受試者(44.29%)未能達到 3.00 分，相較其他向度分數(手繪 2.73、電繪 2.83)，整體能力最為弱勢，顯示在描繪桌子時，桌腳的立體樣態較易被忽略，或容易呈現摺疊、三隻桌腳、長短不合視覺經驗、缺乏邏輯等狀態。就個案分析，手繪明顯高於電繪表現的受試者 4、25、64 號(下頁表 11)，其桌腳較能呈現立體樣態且視點相符，而電繪表現時，卻缺乏立體或長度不符視覺經驗的狀態，如前、後桌腳立於同基底線或後兩桌腳不等長的情形。另外，電繪表現較手繪佳的 28、47、65 號，則能以電繪表現較合理的視覺長度或立體樣態，尤其 28 號注意到改變桌面樣態，便能正確繪製四支桌腳。

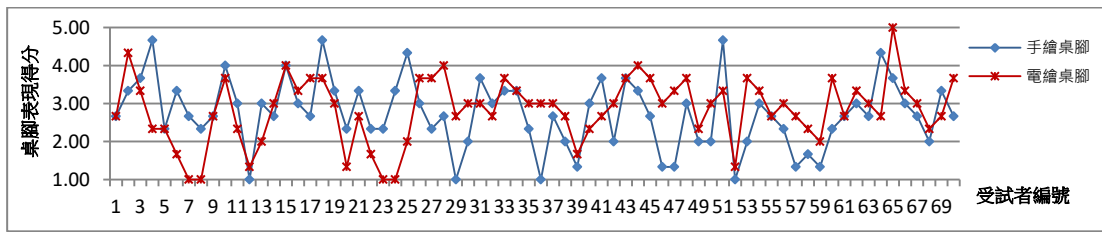
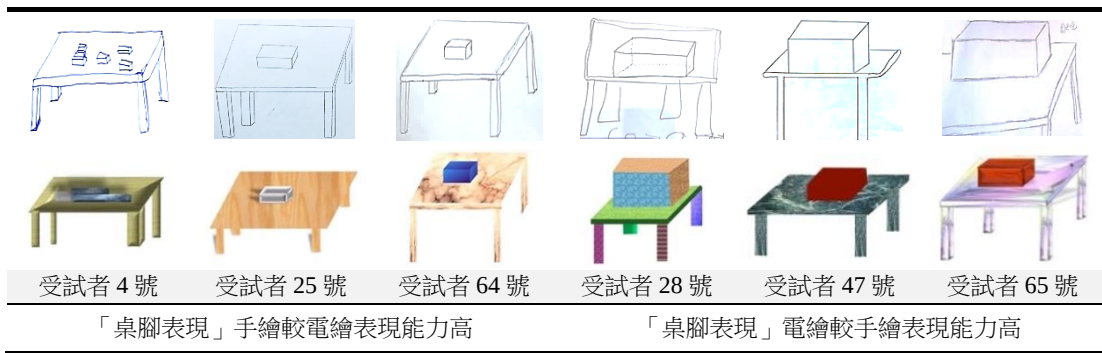


圖 6 手繪與電繪介面「桌腳表現」折線圖

表 11 「桌腳表現」於手繪與電繪介面之個案圖例



(五) 視點差異性表現

在「視點相符」向度中，以折線圖分析(圖 7)，手繪介面計 34 位受試者(48.57%)未能達到 3.00 分(李克量表 1-5 等第計)，而電繪介面計有 31 位受試者(44.29%)未能達到 3.00 分，整體表現能力亦為弱勢。無論何種介面(表 12)，皆可看出學童以其易表現的有利視點分別繪製兩立體物，並無特別注意兩物在空間的合理視覺狀態，因此未見哪一繪圖介面較能表現統一的方向性。

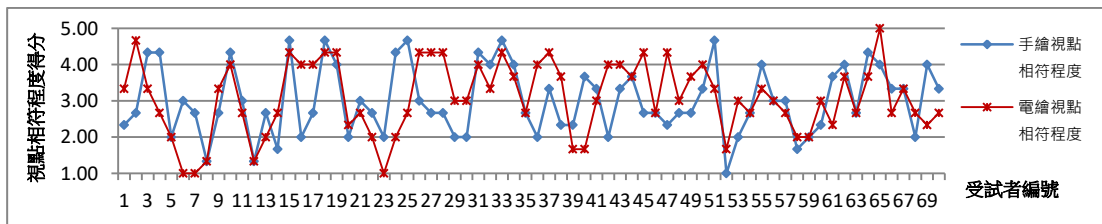
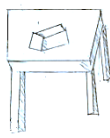
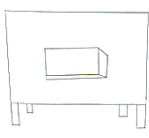
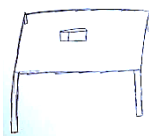


圖 7 手繪與電繪介面「視點相符程度」折線圖

表 12 「視點相符程度」於手繪與電繪介面之個案圖例

					
受試者 6 號	受試者 40 號	受試者 69 號	受試者 2 號	受試者 16 號	受試者 42 號
「視點相符」手繪較電繪表現能力高			「視點相符」電繪較手繪表現能力高		

依上述各評量向度之個案圖例觀察，並無法僅以單一介面樣態來推論學童空間認知或表現能力，應以兩介面相輔觀察才可得知其實際的能力展現。

手繪表現因涉及立體幾何的認知與將認知轉化的描繪技能，能力較弱的學童欲依心像概念寫實描繪，確實較為困難。而電繪軟體的工具操作，僅需知道其使用方式便能表現所知，滑鼠操作與手繪的靈敏性不再絕對相關，亦即，線條掌控不為表現關鍵，僅需單純挑選物件，利用簡單的色塊繪製組合而成(圖 8)，操作工具的簡單技能反而利於轉換實際對物體的認知。然，何以此繪製策略僅提升學童的桌面表現，未在桌腳、積木上展現？從學童桌面樣態的多樣化觀察以及訪談記錄得知，學童將時間集中於選擇材質、製造漸層等美化上，雖有助於表現不同面的連結，卻導致無足夠時間繪製桌腳與積木。如受試者表示：

“我花了很多時間選顏色和材質試試，最後決定這個是我的桌面(s-2-23)”、“我覺得選漸層很好用，好像有陰影，比較立體(s-2-40)”。當訪談者續問何以積木不如此呈現時，受訪者回答：“等我畫完桌子，最後時間不夠了，積木只好就那樣(s-2-35)”。

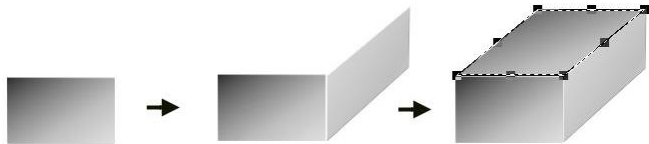


圖 8 「平行斜角投射」電繪介面繪製策略之一

三、手繪、電繪立體表現能力之相關程度

(一) 手繪立體表現各觀察向度之相關性

為進一步探究受試者於手繪立體表現的各觀察向度間是否具相關性。利用 Pearson 積差相關檢定得知，各觀察向度皆達到顯著正相關($p<0.001$)，支持研究假設「H1：手繪立體表現各觀

察向度具正向相關性」，其中尤以「桌面」與「桌腳」、「桌面」與「視點相符程度」之相關係數大於 0.8(表 13)，而「積木」相對於「桌面、桌腳」表現之相關係數則較低($r=0.54$ 、 0.50)。

表 13 手繪立體表現各觀察向度之相關分析結果

	桌面表現	桌腳表現	積木表現	視點相符程度
桌面表現	1			
桌腳表現	$r=.84$ $p=.000$	1		
積木表現	$r=.54$ $p=.000$	$r=.50$ $p=.000$	1	
視點相符程度	$r=.81$ $p=.000$	$r=.80$ $p=.000$	$r=.72$ $p=.000$	1

(二) 電繪立體表現各觀察向度之相關性

同樣以 Pearson 積差相關檢定得知，各觀察向度亦皆達到顯著正相關($p<0.001$)，此支持研究假設「H2：電繪立體表現各觀察向度具正向相關性」，其中尤以「桌腳」與「視點相符程度」之相關係數大於 0.8(表 14)，而「積木」相對於「桌面、桌腳」表現之相關係數亦較低($r=0.61$ 、 0.49)。

表 14 電繪立體表現各觀察向度之相關分析結果

	桌面表現	桌腳表現	積木表現	視點相符程度
桌面表現	1			
桌腳表現	$r=.76$ $p=.000$	1		
積木表現	$r=.61$ $p=.000$	$r=.49$ $p=.000$	1	
視點相符程度	$r=.80$ $p=.000$	$r=.82$ $p=.000$	$r=.73$ $p=.000$	1

依研究所得，兩介面均於「桌面、桌腳與視點相符」之正向相關性較大，亦即，桌面表現能力較佳者，桌腳與視點相符的能力亦相對提高。而「積木」雖與「桌面、桌腳」表現亦為顯著正相關，惟其相關係數較低，顯示在兩物關係中，積木的立體表現能力不全然代表桌子的空間表現能力。

(三) 手繪、電繪立體表現其對應觀察向度之相關性

以兩介面就各觀察向度對應彼此相關性，依 Pearson 積差相關檢定，僅支持部分研究假設「H3：手繪與電繪立體表現對應之觀察向度具正向相關性」。其中，「桌面表現」於兩介面相關程度未達顯著($r=.178$ ， $p=.140$)；「桌腳」、「積木」、「視點相符程度」均達顯著相關($r=.308$ ， $p=.010$ ； $r=.518$ ， $p=.000$ ； $r=.376$ ， $p=.001$)。亦即，就受試者的平均表現上，手繪「桌腳表現」

能力較佳者，於電繪的「桌腳表現」能力亦相對提高。此正向相關情形同樣表現在「積木」與「視點相符」能力上，惟「桌面表現」並無法顯示兩介面能力相關性。

四、兩介面立體表現之繪製策略與常見錯誤樣態

本研究以學童生活經驗中熟悉的物品為探究立體表現能力之標的，目的為探究學生原有概念或視覺印象中的轉化表現。結果顯示，即便為生活中常見物體，仍有學童僅願意表現最簡化的象徵。依研究者訪談所得，有些受試學童表示該簡化圖形即為其立體狀態，例如認為三個可見面呈現於同一平面上，即是立體感。另有部分學童承認無法「知與行」並用來表現所知樣貌。而在簡化造形樣態中，兩介面共有 12.86%受試者以平行四邊形表現積木，顯示其認為置於桌上的積木，在視覺印象中應改變原直角的實際認知，轉以符合兩物視點的心像概念呈現，然在訪談時，有受試者仍可有察覺的表示：

“積木應該改成跟正方體一樣的立體感才對，可是我不知道該怎麼做(s-2-36)”。

另外，較易呈現的積木錯誤表現，則在於以平行斜角投射或斜角投射時，受試者無法認知對應兩邊的平行關係，而呈現出變形的立方體，亦或能有平行觀念，卻受限於有限時間，如受試者表示：

“我沒有想到平行這件事，只是覺得應該像這樣(s-2-44)”、“我知道這裡要平行，可是來不及改好(s-1-56)”

然在電繪介面上，不應用軟體內含的「傾斜」工具功能，而選擇以「扭曲」工具改變原本平行關係，此應為認知影響工具操作與繪製策略，或固著於慣用工具，不嘗試以其他工具表現所知。如受試者認為：

“我沒有想到用這個(指「傾斜」工具)，只是覺得這樣拉(「扭曲」工具)很方便，也可以表現我想到的樣子(s-2-2)”、“我覺得用這個工具就可以(指「扭曲」工具)，再拉幾個點就好(s-2-28)”、“沒有想到要不要平行，覺得這樣很像了(s-2-14)”。

同時，其內含的「透視」功能可立即呈現線性透視樣態，卻如同文獻分析，僅有少數學童(1.43%)自主選擇此方式，即便介面提供了工具便利性，並無法誘發學童表現線性透視，此同樣可能為對於工具功能不甚熟悉、或固著使用已知功能、僵化表現樣態(以數學幾何形體替代心像)、或以最便利表現的方式為策略，因而降低了電繪在空間表現的階段別。

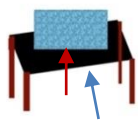
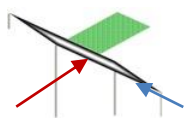
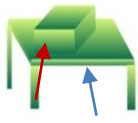
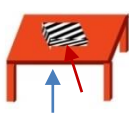
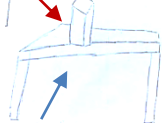
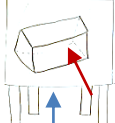
而在平行斜角投射表現上，電繪更易呈現桌腳僅有三支的狀況(手繪 11.43%、電繪 25.71%)，或是桌腳不符邏輯比例，如前後腳站於同基底線，亦或兩後腳未站於同一基底線上之錯誤樣態(手繪 5.71%、電繪 25.71%)，受試者認為：

“桌腳應該一樣長啊，所以畫一樣長(s-2-22)”、“第四支腳不需要畫，因為被擋住了(s-2-46)”；亦或能反思：“對，桌腳怪怪的，比例有點不正確，但我當時沒注意到(s-2-57)”、“桌腳看起來薄薄一片，應該要有立體感，可是時間不夠了，而且我也懶得畫(s-2-13)”。此結果皆證實桌腳於繪製時，為最易被忽略或最後才繪製的部份，或因時間限制、耐心不足或心像概念不足，導致錯誤表現。

另外在兩物關係上，「視點相符」此向度分別在手繪／電繪介面有 22.86%、24.29%受試者在心像概念轉化上無選擇統一的視點呈現(表 15)。依訪談內容發現，在視點的繪製策略上，請其再檢視自己作品時，受試者大多能自主知覺到兩物的觀看點不同，並多數能指出視角位置，如：

“我覺得立方體的角度不對！應該要轉過來……但沒時間了(s-2-46)”、“積木跟桌子看起來怪怪的……積木應該要轉向這邊……噢，我畫的時候沒發現(s-2-48)”，亦或不關心方向性：“我覺得沒差，反正東西都隨便丟在桌上(s-2-20)”，但請其指出視點方向時，卻無法覺知從哪個方向看，亦或有受試者回答：“我憑感覺做而已，不知道從哪方向看才對(s-2-59)”。

表 15 手繪與電繪立體表現「視點不相符」之圖例

					
受試者 6 號	受試者 7 號	受試者 46 號	受試者 48 號	受試者 38 號	受試者 60 號
電繪介面兩物體視點不相符圖例			手繪介面兩物體視點不相符圖例		

伍、結論與建議

本研究以 11-12 歲國小六年級學童為研究對象，探究其於不同介面操作時之立體物繪製樣態、表現能力差異性、相關性，以及應用之繪製策略等，茲將研究所得與建議列述如下：

一、結論

(一) 電繪介面的立體表現與繪製策略

1. 降低立體表現能力的階段別

電繪立體表現如同文獻探究之手繪結果，仍以「平行斜角投射」為最多數受試者表現桌子或積木時的立方體樣態，此為心像圖傾向以知識為基準的表現。然電繪介面因工具操作的便利性，學童的立方體末階表現更多停在「平行斜角投射」上，較手繪缺乏自主表現斜角投射或透視法，呈現認知表現的僵化樣態，整體降低了立體表現的能力階段別。

2. 提高手繪低成就之立體表現

同樣因應電繪工具之功能性，有些原在手繪無法表現平行斜角投射者，能透過媒材順利改變繪製策略，表現更高階的立體能力，尤其在「桌面表現」的量化分析上，更與手繪能力呈現顯著差異。此呼應兒童的認知知覺比其所能描繪出的樣態還要更多，電繪介面實為有效提供另一學習能力表現的應用媒材。

3. 電繪立方體的繪製策略

心像圖表現原即無其他輔助方式而構出立體圖，故應多為知識與技能的妥協結果，本研究依訪談結果得知，學童心像再現的繪製步驟確實多為：心像呈現認知的立體物(平行斜角投射樣態)、將立體物分為三個色塊(可見面)、選擇能輕易表現三個色塊的操作工具、拖曳與改變傾斜度、重組色塊等。此等電繪操作方式，較手繪以點與線的位置控制，更能協助學童展現實際對立體物在可見面的連結關係、呈現角度與組合之認知，因此能減少轉換期 1、2 的表現人數。

(二) 手繪與電繪介面立體表現的差異性與相關性

1. 電繪介面更利於「桌面表現」

以不同操作介面觀察對應的評量向度，僅「桌面表現」在兩介面上未呈現顯著相關性，同時為兩介面能力呈現顯著差異性之要項，亦即電繪「桌面表現」普遍能較手繪提高立體表現能力。然而，此結果應同樣可推論至立體樣態更清楚的積木表現上，惟未能呈現此結果，則與時間不足及重心放在繪製桌面(美化、材質選擇、明暗表現)相關。

2. 兩介面立體表現能力為正相關

就單一介面而言，各觀察向度彼此呈現顯著正相關，亦即「桌面表現」較佳者，同樣於桌腳、視點相符向度上，呈現較佳能力。而「桌腳、積木、視點相符」在兩介面對應表現上，亦為顯著正相關，即便轉換為電腦操作介面，同樣能表現相似能力。

(三) 以兩介面表現相輔觀察，才得為學童認知能力的依據

然依本研究個案分析，部分受試者於手繪呈現較佳空間能力，卻於電繪操作上表現較弱；同樣地，部分受試者利於應用電繪操作改變繪製策略，而呈現較佳的立體表現。此結果顯示，僅以學童單一繪畫介面的表現而判定其空間能力與推論其認知能力，實妥為不足，學童的繪畫模式確實因應媒材特性而變化，其實際的認知能力需要多方面、多角度的相輔觀察，才能得到較具代表性的意義。

(四) 其他表現方式及易錯誤樣態

1. 學童無意願自主表現「線性透視」

本實驗結果中「線性透視」確實為 11-12 歲學童少數選擇的表現樣態，且不因電繪工具操作的便利性而提升使用人數，此推論，理性的形體認知以知識為基準，且繪製物體「桌子與積木」屬於近觀之物，實無需應用線性透視此過於強化的視覺表現。

2. 「第三階段轉換期」應能透過教學立即改善

在積木的錯誤表現上，以平行斜角或斜角投射時，無法認知對應兩邊的平行關係，呈現出變形的立方體為較多數，此亦為本研究將立方體表現擴分為第三階段轉換期之因，顯示其在認知與技能的協調上，實應為透過教學引導(探究應注意的平行原則)，即能改善的一階段別，亦即，依本研究結果推論，能立即且有效提升約 11.43%-17.16%學童至平行斜角投射的能力表現。

3. 其他易錯誤樣態

在桌腳表現上，兩介面呈現最大的差異在於電繪易呈現桌腳僅有三支或是不符邏輯比例之錯誤表現，此為時間或心像概念不足而忽略。在兩物關係上，學童易以平行四邊形表現積木，顯示其認為置於桌上的積木，應改變原直角的實際認知，轉以符合兩物視點的心像概念呈現，此亦為繪製策略選擇妥協的方式。

二、建議

(一) 對於國小立體幾何與電繪教學者之建議

1. 增加電繪表現觀察

本研究得知，部分受試者於手繪呈現較低階的立體表現，卻於電繪操作提高能力，因此，欲得知學生的幾何認知，應可增加電繪表現觀察。此呼應控制繪圖情境或刺激物的繪製研究，改變媒體介面能影響表現能力或樣態的結果，說明認知結構隨著刺激物(應用介面)，引發不同的運思改變，非為固著僵化的狀態。

2. 電腦輔助立體教學

電腦應用教學被認為能有效誘發學習動機，基於本研究結果，以電腦輔助立體教學可視為藝術領域教師的選擇，亦或拓展為跨領域主題式協同教學，與資訊、數學領域合作；在教學上，建議可藉由不同色彩、材質及明暗等操作功能以表現立方體面與面的關係，清楚呈現面的相鄰、轉折與遠近，並可提供前視角的透視圖、斜視角的三個可見面，讓學童於電繪介面自主移動與重組，加深對立體物各組成部位的認識。

3. 工具使用之固著性

而針對固著使用工具，則建議新工具教學後，應給予足夠時間練習，亦或拋出問題讓學童僅以新工具思考解決；針對工具的綜合應用能力可設計單元或主題，讓學童以解決問題方式彈性運用，亦或以工具使用量表，探求學童固著使用工具的偏好與原因。

(二) 對於國小藝術領域教學者之建議

1. 提昇視覺感受力與敏銳度

本研究得知，仍約有 24%高年級學童無法徒手繪出長方體之立體感，相較 I 於 1995 年研究所得(89%的 13 歲學童已有立體表現能力)，顯示近年學童心像概念不足，亦或缺乏將概念轉化為圖像呈現之技能。能畫出立體空間深度為發展階段邁向「視覺寫實」的關鍵，在教學上，仍

強調基礎技能展現的重要性，12 年國民基本教育在即，藝術領域學習表現重視「觀察、探索、發現、感受、構思、嘗試、使用與表達等」，於國小階段尤重「探索與使用」，現今資訊科技社會已剝奪孩童的種種經驗機會，生活經驗的侷限降低了視覺感受力與自主觀察的動機，因此，美術教育應積極朝向提昇其感官敏銳度與美感知覺；其中，發展孩童的繪畫基礎技能、強化視覺記憶(心像概念)亦為方式之一。亦即，擬真能力既符合高年級學童認知年齡，引導其觀察與感知自然物和人造物，刺激孩童嘗試表現，仍為國小美術教育須努力之方向。

2. 增加多元寫實表現機會

呼應文獻探究中，增進固定視點觀察寫生能大量提昇寫實能力，以及控制繪製情境，如放大觀察之立體物、適當擺設角度以誘發繪圖表現等，抑或，將觀察物件呈現於單色布幕前，以減低背景訊息干擾，或藉由立體物之平面圖像以練習描繪輪廓線著手，或藉等軸點圖為繪製背景輔助等，從局部觀察練習描繪，循序漸進協助其寫實表現。

3. 重視學習歷程與自我省思

12 年國教藝術領域轉以提升學童設計思考能力為教學脈絡，依研究訪談所得，建議增加學童檢視自我作品的機會，落實注重自我創作過程(步驟)的重要性，放慢創作時間，鼓勵邊做邊想(腦中記錄步驟)，從想而做、做亦想中完成與自省，重視其學習歷程與應用策略，更能加增後設認知學習與正向學習。

最後，本研究限於課程時間，於受試者訪談部分較為限縮，此建議後續研究可針對繪製過程進行個別錄影，並延長受訪時間，以更精確剖析其繪製策略與錯誤樣態之背後成因。

參考文獻

- Arnheim, R.(1976)。藝術與視覺心理學(李長俊，譯)。臺北市：雄獅圖書。
- 王聖文(2010)。國小高年級學童以電腦軟體進行繪畫與設計之學習態度研究(未出版的碩士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。
- 伊彬、徐春江(2001)。全盲兒童與青少年對單一立體模型與部分遮蓋模型的描繪：視覺在空間表現發展之角色。《視覺藝術》，4，127-164。
- 伊彬、徐慧芳(2002)。臺灣全盲兒童與青少年在立體再現與複製策略之發展。《藝術教育研究》，4，1-40。
- 伊彬、張婉琪(2011)。教導先天全盲成人再現正立方體之個案研究。《藝術教育研究》，22，1-36。
- 行政院研究考核發展委員會(2013)。6-11 歲數位學習及數位機會調查。取自：<http://ws.ndc.gov.tw/001/administrator/10/refile/0/1000/3121615281771.pdf>
- 胡寶林(1996)。繪畫與視覺想像力。臺北市：遠流。
- 徐春江(2011)。年齡、視覺條件、作業命題、教育與學習對全盲者繪畫空間表現與發展之影響(未出版的博士論文)。國立臺灣科技大學設計研究所，臺北市。
- 國家教育研究院(2017)。十二年國民基本教育課程綱要藝術領域課程手冊(更新第三版)。臺北市：國家教育研究院。

- 教育部(2008)。國民中小學九年一貫課程綱要。取自 http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_97.php。
- 教育部 (2016)。2016-2020 資訊教育總藍圖。取自 <http://ws.moe.edu.tw/001/Upload/3/refile/6315/46563/65ebb64a-683c-4f7a-bcf0-325113ddb436.pdf>
- 陸雅青(1999)。藝術治療——繪畫詮釋：從美術進入孩子的心靈世界。臺北市：心理出版社。
- 曾健評(2003)。國小學童電腦繪圖教學設計之行動研究——以高雄市評頂國小為例(未出版的碩士論文)。國立屏東大學視覺藝術教育研究所，屏東縣。
- 葉宗青、李隆盛(2007)。繪圖情境與國中學生繪製立體幾何圖之表現的關係。科技教育課程改革與發展學術研討會論文集，2006，414-420。
- 劉光夏、陳首伸、王玲玲(2014)。國小三年級 iPad 電腦繪圖學習成效之研究。設計與環境學報，15，33-51。
- 劉靜、應國虎(2012)。黑白數字影像立體感呈現的研究。上海師範大學學報(自然科學版)，41(4)，351-352。
- 謝士英、古信鳳、蔡宗穆(2006)。電腦繪圖應用於國小視覺藝術教學之行動研究。科技教育課程改革與發展學術研討會論文集，2005，331-337。
- 謝秀佩(1999)。國小兒童使用電腦和傳統媒材繪畫表現的比較研究——以線性透視的描繪為例(未出版的碩士論文)。國立交通大學應用藝術研究所，新竹市。
- 謝佩寰(2009)。國小智能障礙學童運用電腦繪圖與傳統媒材繪畫表現之比較研究(未出版的碩士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。
- 簡佳麟(2008)。數位繪畫的發展與現況。設計競爭力期刊，1(1)，213-233。
- Barrett, M. D., & Bridson, A. (1983). The effect of instruction upon children's drawings. *British Journal of Developmental Psychology*, 1, 175-178.
- Bremner, J. G., Morse, R., Hughes, S., & Andreasen, G. (2000). Relations between drawing cubes and copying line diagrams of cubes in 7-to 10-year-old children. *Child Development*, 71(3), 621-634.
- Cox, M. V. (1986). Cubes are difficult things to draw. *British Journal of Developmental Psychology*, 4, 341-345.
- Cox, M. V. (2012). Children's representations of the human figure in their drawings. *Early Development of Body Representations*, 101-121. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781139019484.009>
- Cox, M.V., & Perara, J. (1998). Children's observational drawings: A nine-point Scale of Scoring Drawings of A Cube. *Educational Psychology*, 18(3), 309-317.
- Frick, A., & Newcombe, N. S. (2015). Young children's perception of diagrammatic representations. *Spatial Cognition & Computation*, 15(4), 227-245.
- Golomb, C. (1992). *The child's creation of a pictorial world*. Berkeley, CA: University of California Press.
- I, B. (1995). *Spatial representation in drawing: The influence of size, viewpoint, and observation on drawing development* (Unpublished doctoral dissertation). University of Illinois at Urbana-

Champaign, IL.

- Jolley, R. P., Barlow, C. M., Rotenberg, K. J., & Cox, M. V. (2016). Linear and U-shape trends in the development of expressive drawing from preschoolers to normative and artistic adults. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 10(3), 309-324.
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2006). Blind man draws using diminution in three dimensions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(3), 506-509.
- Kurtulus, A. (2011). Effect of computer-aided perspective drawings on spatial orientation and perspective drawing achievement. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 138-147.
- Kuttner, C. L., & Ebershach, M. (2012). Girls in details, boys in shape: Gender differences when drawing cubes in depth. *British Journal of Psychology*, 2012, 1-27.
- Lowenfeld, V., & Brittain, W. L. (1987). *Creative and mental growth* (8th ed.). New York, NY: MacMillan.
- Luh, D. B., & Chen, S. N. (2013). A novel CAI system for space conceptualization training in perspective sketching. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 147-160.
- Mitchmore, M. C. (1978). Development stages in children's representation of regular solid figures. *Journal of Genetic Psychology*, 133, 229-239.
- Nicholls, A. L., & Kennedy, J. M. (1992). Drawing development: From similarity of features to direction. *Child Development*, 63(1), 227-241.
- Nicholls, A. L., & Kennedy, J. M. (1995). Foreshortening in cube drawings by children and adults. *Perception*, 24(12), 1443-1456.
- Paine, S. (1984). Changing views of childhood and their effects on continuity in the teaching of drawing. *Readings in Primary Art Education*, 3(1), 47-58.
- van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. London, UK: Academic Press.
- Willats, J. (1977). How children learn to represent three-dimensional space in drawings. In G. Butterworth (Ed.), *The child's representation of the world* (pp. 189-202). New York, NY: Plenum Press.
- Willats, J. (1992). The representation of extendedness in children's drawings of sticks and discs. *Child Development*, 63, 692-710.
- Willats, J. (1995). An information-processing approach to drawing development. In C. Lange-Kuttner & G.V. Tomas (Eds), *Drawing and looking: Theoretical approaches to pictorial representation in children*(pp.27-43). Hertfordshire, UK: Harvester Wheatsheaf.
- Wilson, B., & Wilson, M. (1982). *Teaching children to draw: A guide for parents and teachers*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.