

3D 列印筆與 3D 繪圖 對於學習成效與興趣之探討

指導教授：謝顯丞

研究學生：方菱、劉邦泰、陳可盈

關鍵詞：3D 列印筆、3D 列印、學習興趣、空間概念

摘要

近年來 3D 列印發展迅速，美國電子公司研發出全球第一支能在空氣中畫出物體的 3D 列印筆，並將其命名為 3Doodler。3D 平面繪圖與 3D 列印筆都需要藉由人的空間概念將立體圖呈現出來，透過練習，兩種研究工具都可以幫助學生提高創意表現與空間能力。空間能力是影響學生學習成效很重要的因素，這是一種能將平面的圖形轉換為立體圖形的能力。本研究以國小三年級學生為研究對象，以傳統的 3D 繪圖為對照組、3D 列印筆為實驗組，共兩班，每班人數為 24 人，探討兩種研究工具對於學生之學習成效與使用興趣的差異比較。若 3D 列印筆的學習成效與學習興趣顯著高於 3D 平面繪圖，或許小學的美術課程購入 3D 列印筆供學生使用將影響往後學生的空間能力與創意表現等等。經過實驗過程得到的資料，本研究得到以下結論：1. 3D 列印筆與 3D 繪圖對於學習成效沒有顯著差異。2. 3D 列印筆與 3D 繪圖對於學習興趣沒有顯著差異。

壹、緒論

一、研究背景與動機

近年來 3D 列印發展迅速，除了相關技術「熔融沉積法 (FDM)」的專利釋出使得列印機器製造的成本下滑，美國電子公司 WobbleWorks 更是研發出全球第一支能在空氣中畫出物體的 3D 列印筆，並將其命名為 3Doodler。有別於一般 3D 列印須先將設計圖於電腦上繪製完成，再以列印機器緩慢多層堆疊的方式進行，3D 列印筆是利用熱熔膠槍的原理，先迅速熔化塑料條，待使用者畫出後立即冷卻成固態，藉由人的創意及想像力繪畫出自己想要的立體圖，可大幅縮短表現立體結構上的時間與減少列印成本。

透過 3D 列印筆與 3D 繪圖能夠幫助學生提高創意表現與空間能力。空間能力是影響學生學習成效很重要的因素，這是一種能將平面的圖形轉換為立體圖形的能力。3D 列印筆能夠簡單、快速而又有效率的描述一個模型的形狀，使創意具體化。從前只能在黑板上表現的平面圖，現可用 3D 列印筆呈現出來，學生可利用立體圖形，表達對知識的理解。因此本研究以傳統的 3D 繪圖為對照組、3D 列印筆為實驗組，來探討兩者對於學習成效與使用興趣的差異比較。

二、研究問題

- (一) 探討 3D 列印筆與 3D 繪圖對於學習成效的差異比較。
- (二) 探討學生使用 3D 列印筆之後，對於學習的興趣是否有顯著提升。

三、研究目的

- (一) 探討學生使用 3D 列印筆後，立體空間概念是否顯著高於 3D 繪圖
- (二) 探討學生使用 3D 列印筆後，對於立體空間學習的興趣是否顯著高於 3D 繪圖

四、研究重要性

現代社會發展越發著重於創意適性表現，但缺乏立體呈現的即時工具，即本研究所探討之目的與成效。故若本研究之立論成立，將影響往後學生的創意表現。

五、研究假設

- H1：實驗組 3D 列印筆之學習成效大於 3D 繪圖 ($\mu_1 B > \mu_1 A$)
H2：實驗組與對照組之 3D 繪圖學習成效沒有顯著差異 ($\mu_1 A = \mu_2 A$)
H3 實驗組與對照組之學習成效有顯著差異 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

μ_1 ：實驗組 (Receiving treatment)

$\mu_1 A$ ：實驗組 3D 繪圖學習成效； $\mu_1 B$ ：實驗組 3D 列印筆學習成效

μ2：對照組 (Receiving alternative treatment)

μ2A：對照組 3D 繪圖學習成效

六、研究架構

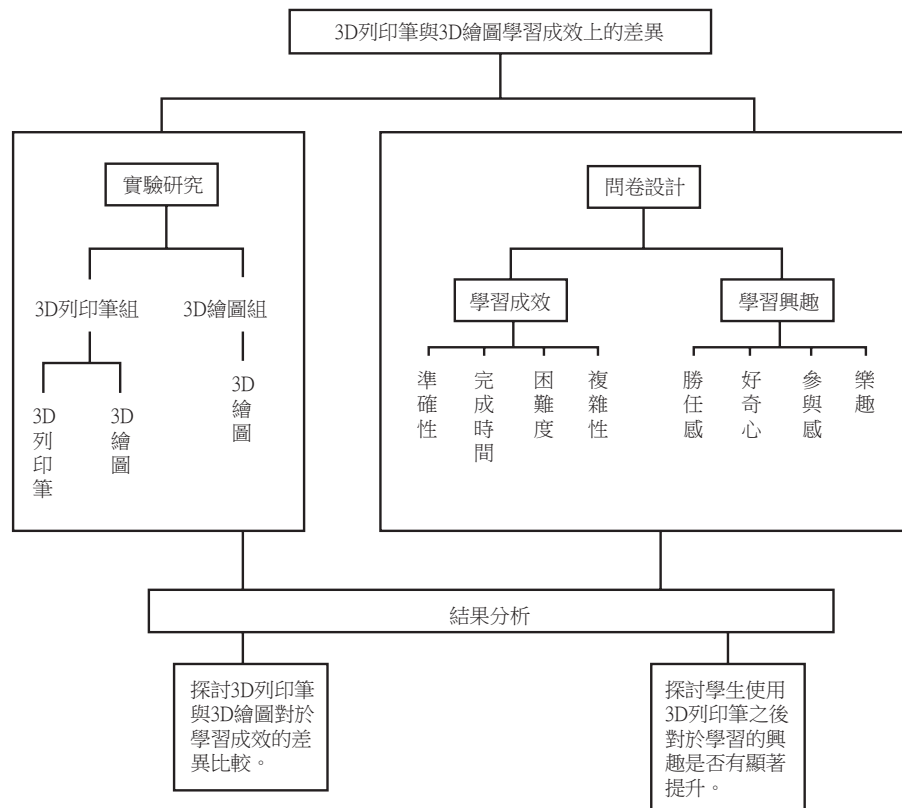


圖 1-1 研究架構圖

七、研究範圍與限制

- (一) 礙於經費限制，無法大量購置 3D 列印筆，進行大班制的實驗。
- (二) 礙於大觀國小一班學生人數為 24 人，因此樣本數較小。
- (三) 由於大觀國小美術課有固定課程，因此本研究實驗只為期一個月。
- (四) 導因於 3D 列印筆為較新的概念與產品，目前普及度不高、文獻量亦不足，故資料來源缺乏時間歷證。

八、名詞釋義

- (一) 3D 列印：透過電腦輔助設計 (CAD) 或電腦動畫軟體建模，再將建成的三維模型「分割」成逐層的截面，從而指導印表機逐層列印。
- (二) 空間能力：個體能對物件在腦中產生心像，並能想像物件經旋轉、移動、

扭轉、摺合、展平等形狀變化後之立體圖形的能力。

- (三) 創意表現：一系列使用表現技法將內心的創意、構想具體呈現出來的過程及結果。
- (四) 學習興趣：個人致力於或傾向致力於對某一學科、事件、想法的心理狀態，其由個人與情境環境間之互動而產生。
- (五) 學習成效：教學結束後，學習者在知識、技能及態度上的改變。是衡量學習成果的指標，評鑑教學品質最重要的項目之一。

貳、文獻探討

一、立體空間概念

指個體能對物件在腦中產生心像，思考二、三度空間，並能想像物件經旋轉、移動、扭轉、摺合、展平等形狀變化後之立體圖形的能力；空間能力涵蓋認知能力，超越了如記憶、複製或配對等認知能力，它含有感觀、記憶、邏輯思考以及創造性空間思考的能力。

二、3D 列印筆

美國電子公司 WobbleWorks 研發出全球第一支能在空氣中畫出物體的 3D 列印筆，並將其命名為 3Doodler。3D 列印筆無須電腦或軟體支援，只要插上電源，利用熱熔膠槍的原理，先迅速熔化塑料條，待使用者畫出後立即冷卻成固態，熔化溫度高達 200 度 C 以上。有三種不同材質的塑膠，可以根據使用者的用途來做選擇。PLA 塑膠適合畫在玻璃上及鐵上，並提供超過 40 種顏色，包括透明及金屬色；ABS 塑膠可創造可彎的作品、畫螺旋及在空中畫畫，適合給第一次使用 3Doodler 的使用者；FLEXY 是一種樹膠性的塑膠，乾了會有彈性，可以做衣服或皮夾等作品。3D 列印筆除了讓使用者可以憑空創造出藝術作品，Wobble Works 表示該產品還可以用於部分物件的修復工作。

三、學習成效

教學結束後，學習者在知識、技能及態度上的改變。學習成效是衡量學習成果的指標，評鑑教學品質最重要的項目之一，學習成效會受到學習型態、課程設計和教學方式等因素影響（王宗斌，1999）。

Kirkpatrick（1975）所提出的四層次訓練成效評估理論最具代表性，該理論將訓練成果區分為「反應」、「學習」、「行為」、「成果」等四個評估層次。Baldwin 與 Ford（1988）在研究中發現，在衡量學習者學習後行為的改變時，大多數的研究皆採用自我評估方式。王瑞宏（2004）「反應層次」係指學員對訓練的喜愛或滿意程度，一般研習最常在結束時

使用自填問卷調查此一層次的成效，但是良好的反應並不一定保證有優質的學習成效，而「行為」及「成果」層次之評估作業有其特定條件之限制。

Saleh 和 Kim 在 2009 年提出對學習成效的評估方法，認為它可以提供更公平合理的評估方式，分別是準確性、完成時間、困難度、複雜性和答案的價值，而目前在教育界普遍用來評量學生學習成效的，除了常用的紙筆測驗外，尚有其他多種的評量工具。陳年興、謝盛文和陳怡如 (2006) 將評估學習成效的評量工具分為以下兩類：

1. 學習者的學習成績：如平時考、期中考與期末考等。
2. 學習者的學習知覺：如滿意度和互動等，屬於學習者學習過程中的經驗及反應。

陳年興等 (2006) 認為單利用成績作為學生學習成效的衡量，可能不盡周詳；其實學生的學習知覺是更為重要的，因此，認為採用自我評量方式是較為適切的學習成效指標。

四、學習興趣

興趣經常被定義為個人致力於或傾向致力於對某一學科、事件、想法的心理狀態，其由個人與情境環境間之互動而產生 (Krapp 2005; Schiefele 1991)。Renninger, Hidi 和 Krapp (1992) 提出有關興趣理論的分類，將興趣典型的區分為個人興趣與情境興趣兩類。個人興趣指個人的特質，為穩定持久，不隨情境改變的個人狀態；相對的，情境興趣為個人受情境環境刺激，而感覺有趣，此與特別的主題或情境有關。

Hidi (2001) 研究指出「學習興趣」為個人對於學習任務的偏好，可源自個人自身的喜好；亦或源自個人與環境的互動，因此產生一種正向的心理狀態，提供個人進一步的學習動機。興趣在學習上扮演重要的角色，因為興趣能促進學習。

參、研究方法與步驟

一、研究方法

(一) 實驗研究法

以大觀國小四年級學生為研究對象，共兩班，分別給予不同的教學工具，實驗組給予兩種刺激，分別為 3D 平面繪圖與 3D 列印筆，而對照組只給予一種刺激—3D 平面繪圖。實驗時間為期一個月，並在課程結束後發放問卷及試題來探討兩者之間學習成效與興趣的差異。

1. 自變項 (independent variable)：3D 繪圖、3D 列印筆
2. 依變項 (dependent variable)：學習成效、學習興趣
3. 控制變項 (control variable)：相同學習場所、相同 3D 繪圖課程與老師、相同學

習時間

(二) 問卷調查法

於實驗結束後讓實驗對象填寫 3D 列印筆與 3D 繪圖兩者對於學習成效與使用興趣為主的問卷，並將問卷結果輸入 SPSS 軟體進行統計分析。問卷內容包含兩大部分，第一部分是學習成效所設計的題目，第二部分則是以學習興趣所設計的題目，分述如下：

1. 學習成效

Saleh 和 Kim 在 2009 年提出對學習成效的評估方法，認為它可以提供更公平合理的評估方式。本研究以其中的準確性、完成時間、困難度、複雜性這四項構面來設計學習成效的問卷題目，待實驗對象使用完 3D 列印筆與 3D 繪圖軟體後，填寫相關問卷。計分方式以「非常不同意」、「不同意」、「稍微同意」、「同意」、「非常同意」等五個尺度，分別給予 1、2、3、4、5 分，得分越高表示滿意度越高。

2. 學習興趣

本研究針對內在動機特質中的勝任感 (competence)、好奇心 (curiosity)、參與感 (participation)、樂趣 (enjoyment) 這四項構面來探討實驗對象分別使用完兩種繪圖工具後，對於四種特質的滿意程度。計分方式以「非常不同意」、「不同意」、「稍微同意」、「同意」、「非常同意」等五個尺度，分別給予 1、2、3、4、5 分，得分越高表示滿意度越高。進而統計分析兩者對於創意表現的差異。

二、研究對象與抽樣方式

本研究以大觀國小四年級學生為對象，共兩班，分成 3D 繪圖組 (24 人) 與 3D 列印筆組 (24 人)。採用群集抽樣方式 (cluster sampling)，以大觀國小為母群體，再從大觀國小中隨機抽出兩班作為實驗組與對照組。

三、研究內容

實驗時間為期四週，每週 1.5 小時。授課內容如下表：

表 3-1 授課內容

	3D 繪圖 (對照組)	3D 列印筆 (實驗組)
第一週	1. 3D 立體是什麼 2. 透視圖 3. 消失點的運用 4. 練習利用消失點畫立體圖	1. 3D 立體是什麼 2. 透視圖 3. 消失點的運用 4. 練習利用消失點畫立體圖 5. 3D 列印筆 — 畫出正方形
第二週	1. 立體展開圖概念 2. 錐體柱體 3. 練習哪些展開圖可以組成正方形	1. 立體展開圖概念 2. 錐體柱體 3. 練習哪些展開圖可以組成正方形 4. 3D 列印筆 — 畫出三角錐

	3D 繪圖 (對照組)	3D 列印筆 (實驗組)
第三週	1. 陰影的概念 2. 如何在立體圖加上陰影	1. 陰影的概念 2. 如何在立體圖加上陰影 3. 3D 列印筆 — 畫出立體文字
第四週	1. 總複習 2. 考試 3. 填寫問卷	1. 總複習 2. 考試 3. 填寫問卷

四、研究流程

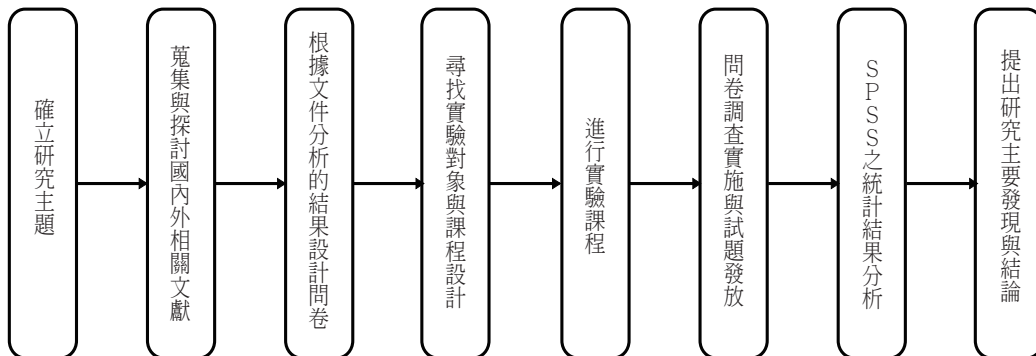


圖 3-1 研究流程

肆、研究結果

一、描述性統計

- (一) 實驗組 3D 列印筆與 3D 繪圖之學習成效，如表 4-1。
- (二) 實驗組與對照組之 3D 繪圖之學習成效，如表 4-2。
- (三) 實驗組與對照組之學習成效，如表 4-3。
- (四) 實驗組與對照組之學習興趣統計資料，如表 4-4。

表 4-1 學習成效試題分數之統計資料

統計資料		控制組	實驗組
N	有效	24	24
	遺漏	0	0
平均數		58.1250	63.1250
標準偏差		15.86715	15.16665
變異數		251.766	230.027
最小值		25.00	35.00
最大值		95.00	85.00
總和		1395.00	1515.00
百分位	25	50.0000	50.0000
數	50	57.5000	67.5000
	75	68.7500	75.0000

表 4-2 學習成效之統計資料

統計資料		控制組	實驗組
N	有效	24	24
	遺漏	0	0
平均數		78.0000	81.3235
標準偏差		10.78199	7.54755
變異數		116.251	56.966
最小值		57.33	61.18
最大值		100.00	100.00
總和		1872.00	1951.76
百分位	25	72.0000	77.6471
數	50	77.3333	81.1765
	75	85.0000	86.7647

表 4-3 實驗組與對照組之學習成效

統計資料		控制組	實驗組
N	有效	24	24
	遺漏	0	0
平均數		79.8958	84.1270
標準偏差		14.84026	10.41642
變異數		220.233	108.502
最小值		42.50	64.76
最大值		100.00	100.00
總和		1917.50	2019.05
百分位	25	66.8750	74.2857
數	50	81.8750	85.2381
	75	91.8750	93.0952

表 4-4 學習興趣之統計資料

	N	最小值	最大值	總和	平均數	標準偏差	變異數
控制組	24	65.00	90.00	1900.00	79.1667	6.70280	44.928
實驗組	24	75.00	95.00	2020.00	84.1667	6.01929	36.232
有效的 N (listwise)	24						

二、推論性統計

(一) 實驗組 3D 列印筆與 3D 繪圖之學習成效

以獨立樣本 T 考驗，檢測實驗組 3D 列印筆與 3D 繪圖之學習成效試題分數有無顯著差異，如表 4-5：

表 4-5 實驗組與控制組學習成效試題分數之 95% 信心區間

單一樣本檢定

	檢定值 = 0					
	T	df	顯著性 (雙尾)	平均差異	95% 差異數的信賴區間	
					下限	上限
實驗組	20.390	23	.000	63.12500	56.7207	69.5293
控制組	17.946	23	.000	58.12500	51.4249	64.8251

在 95% 信心區間下，兩者信心區間重疊，因此實驗組與對照組之學習成效試題分數並沒有顯著差異。

(二) 實驗組與對照組之 3D 繪圖之學習成效

以獨立樣本 T 考驗，檢測 3D 繪圖之實驗組與對照組之學習成效試題分數有無顯著差異，如表 4-6：

表 4-6 實驗組與控制組學習成效問卷分數之 95% 信心區間

	檢定值 = 0					
	T	df	顯著性 (雙尾)	平均差異	95% 差異數的信賴區間	
					下限	上限
實驗組	52.786	23	.000	81.32353	78.1365	84.5106
控制組	35.441	23	.000	78.00000	73.4472	82.5528

在 95% 信心區間下，兩者信心區間重疊，因此實驗組與控制組之學習成效問卷分數並沒有顯著差異。

(三) 實驗組與對照組之學習成效

以獨立樣本 T 考驗，檢測實驗組與對照組之學習成效試題分數有無顯著差異，如表 4-7：

表 4-7 實驗組與控制組學習成效之 95% 信心區間

	單一標本檢定					
	檢定值 = 0					
	T	df	顯著性 (雙尾)	平均差異	95% 差異數的信賴區間	
下限					上限	
控制組	26.375	23	.000	79.89583	73.6293	86.1623
實驗組	39.566	23	.000	84.12698	79.7285	88.5255

在 95% 信心區間下，兩者信心區間重疊，因此實驗組與控制組之學習成效並沒有顯著差異。

(四) 實驗組與對照組之學習興趣

以獨立樣本 T 考驗檢測實驗組 3D 列印筆與 3D 繪圖之學習成效試題分數有無顯著差

異，如表 4-8：

表 4-8 實驗組與控制組學習興趣之 95% 信心區間

單一標本檢定						
檢定值 = 0						
	T	df	顯著性 (雙尾)	平均差異	95% 差異數的信賴區間	
					下限	上限
控制組	57.862	23	.000	79.16667	76.3363	81.9970
實驗組	68.502	23	.000	84.16667	81.6249	86.7084

在 95% 信心區間下，兩者信心區間重疊，因此實驗組與控制組之學習興趣並沒有顯著差異。

伍、結論與建議

本研究結果為 3D 列印筆與 3D 平面繪圖對於學習成效與學習興趣皆沒有顯著差異，可推論出小學生認為此兩種教學工具皆能使立體空間概念進步，但進步的差異並不大。而樣本數太小也可能是導致沒有顯著差異的原因之一，若以後有充足時間與機會，本研究會將此主題做得更完善。

參考文獻

一、中文部分

- 邱昱凱 (2015)。3D 列印從何出發。義守大學企業管理學系。華藝線上圖書館。
- 阮淑宜 (1991)。幼兒空間概念之探討。國教科學。
- 洪志盈 (2003)。國小學童空間力量表建構之研究。國立彰化師範大學碩士論文。全國博碩士論文資訊網。
- 黃國斌 (2011)。以 3D 繪圖軟體 -Google SketchUp 融入生活科技課程。「設計與製作」能力學習活動。台灣師範大學科技應用與人力資源發展系。
- 陳偉民 (2010)。不同空間能力學生使用 3D 繪圖軟體對創意表現影響之研究。國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系。全國博碩士論文資訊網。
- 鄭宇杰 (2001)。電腦輔助設計於產品操作介面開發階段之研究。成功大學工業設計學系碩博士班。
- 呂美惠 (2010)。國小生活科技課程應用電腦輔助繪圖之成效研究。高雄師範大學工業科技教育學系。
- 盧建銘 (2014)。3D 列印技術之現況與發展。財團法人國家實驗研究院 國家高速網路與計算中心。
- 鄭瑞洲 (2011)。情境興趣 制式與非正式課程科學學習的交會點。科學教育月刊
- 張雯惠 (2011)。高職餐飲科學生動機、學習滿意度與學習成效影響之研究。朝陽科技大學休閒事業管理系。
- 龔聰莉 (2012)。學習風格在數位學習環境中對學習成效及學習態度之影響。國立高雄應用科技大學碩士論文。
- 林建妤 (2004)。創意自我效能與預期評量對內在動機、創造力之影響的實驗研究。國立交通大學教育研究所。全國博碩士論文資訊網。
- 陳瓊花 (2012)。創造力的載體：從「創意表現」探討創造力具體化的圖像類型、表現策略及其意涵。國立臺灣師範大學。資優教育論壇

二、其他

- 3Doodler 美國官方網站。上網日期 2016 年 12 月 10 日。取自 <http://the3doodler.com/>。
- 3Doodler。The Daily Dot。上網日期 2016 年 12 月 19 日。取自 <http://www.dailydot.com/technology/hands-on-3doodler/>。
- 3Doodler。TechNews。上網日期 2016 年 12 月 31 日。取自 <http://technews.tw/2013/02/21/3d/>