

3D 技術融入教學對國小學童空間幾何學習影響之研究－

以彰化縣一所國民小學為例

蔡政容^{1,*} 張庭毅² 簡鈺姍³

^{1,*}國立彰化師範大學 數學系 統計資訊研究所

E-mail: cjtsai@cc.ncue.edu.tw

²國立彰化師範大學 工業教育與技術學系 數位學習研究所

E-mail: tychang@cc.ncue.edu.tw

³國立彰化師範大學 數學系 數學研究所

E-mail: ali.jane@hotmail.com

摘要

本研究之主要目的，在於探討利用近年來日益成熟的 3D 技術設計出之空間幾何輔助教材，對學生學習空間幾何之影響。本研究以彰化縣之某國小高年級學生為實驗對象，根據實驗結果本研究建議，3D 視覺多媒體教學須配合良好的 3D 視覺多媒體設備與教學環境，否則無法提昇學生之學習成效。再則，教師在進行互動式 3D 動畫教學時，必須掌控學生自行操作互動式 3D 動畫之時機，以提昇學生之學習成效。

關鍵詞：3D 技術、數學教育、幾何教學、空間能力

Abstract

In this study, we design teaching support materials by using the interactive 3D animation and 3D-vision multimedia techniques. Then these materials are used in our experimental teaching to find their impact on students' learning effectiveness. According to the experimental results, this research suggests that without the support of good 3D-vision multimedia equipments and teaching environment, using 3D-vision multimedia in teaching can not improve students' learning effectiveness. Furthermore, when a teacher uses interactive 3D animation in his/her teaching, he/she has to control the timing, in when the students operate the interactive 3D animation by themselves, to enhance the students' learning.

Keywords: 3 Dimensions Technique, Mathematics education, Geometry teaching, Spatial Ability.

壹、前言

幾何學習可細分為「平面幾何」(Plane Geometry)和「空間幾何」(Spatial Geometry)，其中平面幾何是在探討點與線之間的關係，而空間幾何則是探討點、線、面之間的關係。雖然諸多學者對於空間能力有不同的觀點和定義，大部分的釋義裡皆包含了「心理上操作圖像旋轉的能力」，亦可歸納出所謂的空間能力是「一種心理操弄圖像的能力」。Lisi與Wolford (2002)建議應利用電腦輔助空間活動之學習以提升學生的學習成效；此外，過去之研究亦指出改善學生之空間能力是必需的(Onyanha, Derov & Kinsey, 2009)，且空間能力可經由訓練與學習而提昇(呂潔筠，2009)。因此對於空間感、心理操弄圖像能力不佳的學生而言，在學習空間幾何需要好的輔助教材來幫助學生學習。

然而目前國小教師在教授空間幾何單元時，因缺乏好的學習教材輔助，大多數教師仍以平面的方式呈現空間圖像(如在黑板上畫出空間圖)，造成心理操弄圖像能力不佳的學生在學習空間幾何時常會有學習成效不佳之情形發生。檢視教育部數位教學資訊網中所提供的空間幾何數位輔助教材(<http://isp.moe.edu.tw>)，亦皆以平面圖形方式呈現。這種以平面方式呈現空間概念的輔助教材，因在空間思考與感覺上並無法給學生十分具體寫實的樣貌，對於提昇學生空間幾何的學習成效皆有一定的限制。在國內外將3D視覺化技術運用於數學空間教學的相關研究方面，目前國外未有運用3D視覺化技術於數學空間幾何之相關

教學研究，但在生物科與化學科之教學上已有學者運用3D視覺化技術來輔助教學並應用，例如Osodo、Amory、Graham與Indoshi (2010)等學者是運用3D視覺化技能來輔助學生在生物之細胞構造上提高學習興趣之教學研究探討。在國內方面，洪郁婷等人利用3D虛擬實境教學探討不同性別與不同學習風格下學生的學習成就與學習態度(洪郁婷，2004)。

綜合上述之現況，如何開發更有效的資訊輔助教材以提昇學生空間幾何的學習成效，是一個值得研究的議題。近年來，3D動畫(3D Animation)技術已非常成熟。根據研究者之教學經驗與相關文獻搜集，過去相關研究大多數將平面式3D動畫技術運用於開發空間幾何的相關輔助教材提昇學生之數學學習成效，且未有探討互動式3D動畫與3D視覺(3D-Vision)技術可否提昇學生數學學習成效之相關研究。因此，利用互動式立體3D動畫技術開發空間幾何的輔助教材以提升學生空間幾何的學習成效為在本研究動機之一，利用3D視覺技術開發空間幾何的輔助教材並探討其是否能更進一步提昇學生空間幾何的學習成效，為本研究動機之二。本研究之主要研究目的在於探討使用一般、互動式3D動畫與3D視覺多媒體三種不同輔助教材進行立體空間教學後，學生之學習成就表現情形。

貳、文獻探討

幾何學習可細分為「平面幾何」和「空間幾何」，其中平面幾何是在探討點與線之間的關係，而空間幾何則

是探討點、線、面之間的關係。鄭英豪(2010)依循著Van Hiele的幾何思維規劃我國中小學九年一貫數學領域之課程綱要，將學生的幾何學習分成四個階段：第一階段希望學生可以透過視覺和操作來進行圖形推理，包含辨識形體之特性與描述；第二、三階段之主要教學目標包含形體組成要素之察覺、組成要素間之關係和性質、察覺圖形之特徵與定義、圖形之解題等；第四階段之重點則在於非形式演繹、幾何定義與包含之關係、應用性質解決問題與尺規作圖等。

對於空間能力的定義，國內、外學者因觀點與分析角度的不同，而有不一樣的闡述。(Clements & Battista, 1992)認為孩童的空間能力是其將主動操控空間情境之經驗逐漸內化組織所形成。Stavridou 與 Kakana (2008)認為空間能力是認知能力裡的圖形能力(Graphic Ability)，是一種能在三維空間中進行視覺化感知(Visual Perception)和視覺化思考(Visual Thinking)的能力其研究結果顯示學生的空間能力與數學成究有高度相關性。Boakesm (2009)認為空間能力是指空間視覺化能力，是一種可以對二維與三維物體進行視覺形象化(Visualize)之能力。Guzal 與 Sener (2009)認為空間能力指的是個體對於空間中的物體可以進行視覺資訊化，並在心中旋轉或轉換該物體能力。Yang 與 Chen (2010)則提出空間能力主要是指在心理操弄並旋轉物體的能力。Cheng 與 Mix (2011)定義空間能力就是心理上旋轉物體之能力。

在空間能力的組成要素方面，國內外學者亦有諸多解釋與見解。McVey(2001)將空間能力之內涵歸納

為空間視覺(Spatial Visualization)與空間方位(Spatial Orientation)兩種類；其中空間視覺是指個體對於物體之特徵具有複雜推理之能力，空間方位則是指個體對於物體具有心智旋轉的能力。Miyake 與 Rettinger (2002)將空間能力區分為執行能力、知覺速度、空間旋轉能力三類；其中執行能力是指在複雜多元的空間進行視覺推理的能力，知覺速度是指對於簡單之圖像能快速與視覺配合之能力，空間旋轉能力則是指對於簡單之圖像能快速地在心理旋轉。Ishikawa 與 Kastens (2005)認為空間能力是由為空間關係、空間旋轉、空間操作三項技能所組成；其中空間關係是指個體能進行空間操作與視覺透視之能力，空間旋轉是指個體能在心智上旋轉物體之能力，空間操作是指個體能在心智上操作圖像之能力。Hegarty、Khooshabeh 與 Montello (2009)將空間能力分為空間旋轉能力、空間透視能力、空間視覺能力三大類；其中空間旋轉能力是指個體能在心智上對二維或三維圖像進行正確地旋轉，空間透視能力是指個體對於陌生之圖像能想像出圖像之截面等看不到之處，空間視覺能力是指個體在處理圖像過程中的認知、定位以及回復之能力。

在國內外將3D視覺化技術運用於數學空間教學的相關研究方面，目前國外未有運用3D視覺化技術於數學空間幾何之相關教學研究，但在生物科與化學科之教學上已有學者運用3D視覺化技術來輔助教學並應用，例如 Osodo、Amory、Graham與Indoshi (2010)等學者是運用3D視覺化技能來輔助學生在生物之細胞構造上提高學習興趣

之教學研究探討。在國內方面，洪郁婷等人利用3D虛擬實境教學探討不同性別與不同學習風格下學生的學習成就與學習態度 (洪郁婷，2004)。

參、研究實施與設計

依照研究目的，本研究之自變項為教學方法。依變項包含：

- (1) 數學科學習前測驗(以下簡稱前測)：以洪郁婷(2004)編定的「數學科學習前測」的成績為指標(試題信度 Cornbach α 係數為 0.85，平均難度為 0.70，平均鑑別度為 0.51)，在實驗教學前施測。
- (2) 數學科學習成就測驗後測(以下簡稱後測)：以洪郁婷(2004)編定的「數學科學習成就測驗後測」的成績為指標(試卷平均難度為 0.60，平均鑑別度為 0.40)，在實驗教學結束後施測。

本研究之控制變項則包含：

- (1) 教學內容：實驗組與控制組之教學內容一致，皆為南一出版社編製之國小數學第十一冊中的「角柱與角錐」單元。
- (2) 教學時間：實驗組與控制組之教學時間一致，每節課為四十分鐘，且均在正式的數學課程中實施，共計七節課。
- (3) 教學者：實驗組與控制組的教學者一致。

依據 Piaget 的認知理論，國小六、七年級學童正處於具體運思期，已經開始具備一些邏輯思考的能力，加上中年級時已學過平面幾何，故國小六、

七年級年級學童非常適合學習空間幾何。Ben-Chaim、Lappan 與 Houang (1988)曾針對不同年級之學生進行空間視覺化研究，其研究結果亦顯示空間視覺能力之教學訓練最佳時機在國小六、七年級。綜合上面之敘述，本研究以國小高年級學童為實驗對象。本研究依據周新富(2007)採不等組前後測實驗設計研究法，自彰化縣某國小六年級中，採方便取樣抽取三個班級，三班級各皆為 28 人，進行共計七節的教學活動，並隨機分派兩班為實驗組，分別接受「3D 動畫教學」之課程與「3D 視覺教學」之課程，另一班為控制組，接受一般教學課程。本研究進行期間共有 84 人參與研究，因有十二位學生因故無法全程參與課程、前測或是後測，故最後採用樣本數共為 72 人；其中實驗組(3D 動畫組與 3D 視覺組)各有 24 人，控制組(一般教學組)24 人。

本研究所使用的研究工具，包括「數學科學習前測驗」試卷、「數學科學習成就測驗後測」試卷以及自製之「互動式 3D 動畫教學輔助教材」與「3D 視覺多媒體輔助教材」。本研究用來進行實驗教學之互動式 3D 動畫教學輔助教材，如圖 1 所示，是採用 MAYA2010、Blaze 3D Studio1.5 與 FrontPage 2003 軟體進行製作。本研究用來進行實驗教學之 3D 視覺多媒體教學輔助教材，如圖 2 所示，則是採用 MAYA2010、Blaze 3D Studio1.5、CamStudio2.0 與 PowerDVD11 軟體進行製作。學生進行 3D 視覺多媒體教學時須穿戴研究者自行製作之紅藍眼鏡，如圖 3 所示。

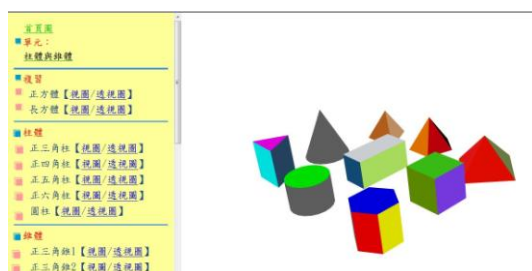


圖 1、互動式 3D 動畫教學之介面

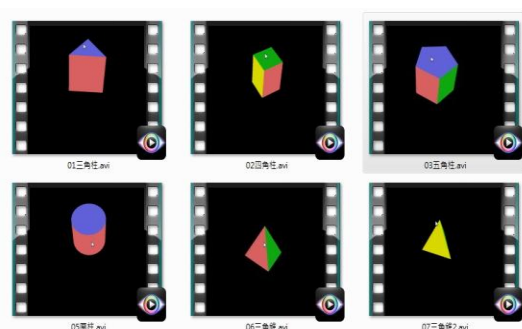


圖 2、3D 視覺多媒體教學介面



圖 3、研究者自行製作之 3D 視覺多媒體教學課程紅藍眼鏡

本研究自行設計之「互動式 3D 動畫教學輔助教材」與「3D 視覺多媒體輔助教材」，皆依據教育部於民國 97 年公佈的「國民中小學九年一貫課程綱要」所編製之南一版數學科第十一冊第九單元「錐體與柱體」課程，並參考其他各版本之相關課程內容。二種教材的研發歷程亦皆依循 Horton

(2000)所提出的系統化教學設計階段與步驟，包含分析、設計、建立、評鑑等四個程序。二種教材皆經由兩位現職國小教師給予意見並修正，並經由具有數位學習專長之教授、具有數學教育專長之教授之指導與修正，故本教學輔助教材具有內容效度。

肆、研究結果分析與討論

本研究採用 SPSS 套裝軟體為資料處理工具，並界定顯著水準為 .05 ($\alpha = 0.05$) 進行研究結果分析。在實驗教學前，為了解學生在學習「柱體與錐體」單元之前的相關基本能力，本研究以「數學科學習前測驗」之分數為依變項，進行變異數同質性檢定。就前測成績而言，Levene F 考驗結果為 2.827 ($p = .066 > .05$) 未達顯著水準，表示三組學生的前測成績之變異數差異未達顯著，即受試者的前測成績是同質性的。受試者前測成績之 ANOVA 之考驗 F 值為 .794 ($p = .456 > .05$)，未達顯著水準，故三組學生在實驗教學前的前測成績未有顯著差異，表示三組學生在接受不同教學法之前對於學習「柱體與錐體」起始基本能力是相同的。

實驗教學完後，本研究對三組不同教學法之學生進行數學學習成就後測，以瞭解受測學童在不同教學方式下，學習幾何課程單元「柱體與錐體」之學習成效差異情形。本研究以「數學科學習前測驗」之成績為共變項、「教學法」為自變項、「數學學習成就測驗後測」之成績為依變項進行單因子共變數分析。在進行單因子共變數分析之前，依據共變數分析的基本假定，必須先考驗組內迴歸係數是否符

合同質性假定。組內迴歸係數同質性考驗結果F值為1.638 ($p = .202 > .05$)，未達顯著水準，表示可繼續進行共變數分析。在排除共變項(前測)對依變項(後測)的影響後，自變項對依變項的影響效果檢定之F值為6.517 ($p = .003 < .05$)，達顯著水準，表示不同教學法之效果有顯著差異，亦即表示後測成績會因不同教學法而有所差異。事後比較結果顯示，3D動畫教學與3D視覺教學的後測成績是達顯著水準，3D動畫教學與一般教學的後測成績亦達顯著水準，表示3D動畫教學的後測成績均顯著優於3D視覺教學與一般教學；但3D視覺教學與一般教學的後測成績是未達顯著水準。

本研究中接受互動式3D動畫教學的學生比接受一般教學的學生在學習成就較佳，與古智勇(2003)的研究結果一致，藉由本研究再次驗證動畫教學比一般教學成效有顯著。此外，本研究中接受互動式3D動畫教學學生之數學學習成就優於接受3D視覺多媒體教學學生，此研究與Dixon(1997)的研究結果一致。Dixon(1997)在動態教學環境下探討對於學生建構旋轉與反射概念之二維度與三維度視覺化影響，研究結果顯示二維度視覺化有達顯著水準，但其三維度視覺化沒有顯著性差。研究者探究本研究中接受互動式3D動畫教學學生之數學學習成就優於接受3D視覺多媒體教學學生之原因，可能因本研究所使用的3D視覺多媒體硬體設備不夠完美，例如投影機、放映輔助教材、3D眼鏡等設備上之因素，造成3D立體感不夠明顯。此外，3D視覺多媒體教學需要在比較暗的燈光下投影出畫面，在此環境下學生較容易

分心，導致3D視覺多媒體教學成效比互動式3D動畫教學會來的差。

伍、結論與建議

根據本研究結果，研究者建議在進行空間單元教學時可搭配互動式3D動畫教學，以提升學生之學習動機與學習成效，但須注意教室秩序。此外，若無良好之3D視覺設備，不建議使用3D視覺多媒體為主教學教材，且3D眼鏡配戴時間不宜太長。

在未來研究之方向方面，本研究設計之互動式3D動畫輔助教材，因受限於研究者設計能力與硬體設備，只能製作出簡單網頁模式之互動式3D動畫輔助教材，後續研究可以製作出畫面精緻、互動性更強之互動式3D動畫，相信能更吸引學生之注意力，提升學生學習動機與學習成效。此外，本研究設計之3D視覺多媒體課程，因受限於應用輔助教材與硬體設備，無法完美呈現出課程內容，導致學生學習成效並未優於互動式3D動畫教學。後續研究可加強3D視覺所須之軟硬體，再更進一步探討互動式3D動畫與3D視覺多媒體對學生之學習成效是否會有不同影響。最後，3D視覺技術日新月異，近期已有業者提出裸視3D視覺與互動式3D視覺技術，後續研究可使用裸視3D技術以解決學生覺得配戴3D眼鏡不舒服之問題，並製作互動式3D視覺多媒體以提昇輔助教材與學生之互動性。

參考文獻

一、中文部分

古智勇(2003)。**動畫網頁輔助學習數學幾何成效之研究—以國小六年級角柱和角錐單元為例(未出版之碩士論文)**。國立屏東師範學院，屏東市。

呂潔筠(2009)。**空間旋轉的診斷教學研究—以國小五年級學童為例(未出版之碩士論文)**。國立臺北教育大學，台北市。

周新富(2007)。**教育研究法**。台北市：五南圖書。

洪郁婷(2004)。**3D 虛擬實境教學軟體在不同性別及學習風格之數學科學習成就及學習態度之研究 --- 以國小六年級「角柱和角錐」單元為例(未出版之碩士論文)**。國立屏東師範學院，屏東市。

鄭英豪(2010年7月)。**國小學生視覺化幾何性質圖型的困難。2010數學暨資訊教育研討會**，國立臺北教育大學。

二、英文部分

Boakes, N. J. (2009). Origami Instruction in the Middle School Mathematics Classroom: Its Impact on Spatial Visualization and Geometry Knowledge of Students. *Research in Middle Level Education*, 32(7), 1-12.

Ben-Chaim, D. , Lappan, G. , & Houang, R. T. (1988). The Effect of Instruction on Spatial Visualization Skills of Middle School Boys and Girls. *American Educational Research Journal*, 25(1), 51-71.

Clements, D. H. & Battista, M. T. (1992). Geometry and Spatial

Reasoning. In Grouws, D. A. (ed.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Company.420-64

Cheng, Y. L. , & Mix, K. (2011, September). *Does Spatial Training Improve Children's Mathematics Ability?* Paper presented at the Society for Research on Educational Effectiveness Fall 2011 Conference, Washington, D.C.

Dixon, J. K. (1997). Computer use and visualization in students' construction of reflection and rotation concepts. *School Science and Mathematics*, 97(7), 352-358.

Guzal , N., & Sener, E. (2009). Highschool student's spatial ability and creativity in geometry. *Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 763-1766.

Hegarty, M., Keehner, M., Khooshabeh, P., & Montello, D. R. (2009). How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learning and Individual Differences*, 19(1), 61-70.

Horton, W. (2000). *Designing Web-Based Training : How to Teach Anyone Anything Anywhere Anytime*. NJ : John Wiley & Sons Inc.

Ishikawa, T., & Kastens, K. A. (2005). Why some students have trouble with maps and other spatial representations. *Journal of Geoscience Education*, 53,

- 184-197.
- Lisi, R. D., & Wolford, J. L. (2002). Improving children's mental rotation accuracy with computer game playing. *The Journal of Genetic Psychology*, 163(3), 272-282.
- McVey, D.M. (2001). Understanding concepts in research methodology: Therole of spatial ability. *Research in Education*, 65, 100-109.
- Miyake, A. , & Rettinger, D.A. (2002). Neurology, visuospatial ability may be best test of intelligence. *Hepatitis Weekly*, Atlanta.
- Onyancha, R. M., Derov, M., & Kinsey, B. L. (2009). Improvements in Spatial Ability as a Result of Targeted Training and Computer-Aided Design Software Use: Analyses of Object Geometries and Rotation Types. *Journal of Engineering Education*, 98(2), 157-167.
- Osodo,J.,Amory,A.,Graham-Jolly,M.,&I ndoshi,F.C.(2010). Visualization Skills and Their Incorporation in Biology Curriculum. *Journal of Educational Research and Reviews*,5(6), 282-291.
- Stavridou, F. , & Kakana, D.(2008). Graphic Abilities in Relation to Mathematical and Scientific Ability in Adolescents. *Educational Research*, 50(1), 75-93.
- Yang, J. C. , & Chen, S. Y. (2010). Effects of Gender Differences and Spatial Abilities within a Digital Pentominoes Game. *Computers & Education*, 55(3), 1220-1233.