

資訊科技融入國小四年級學童 立體展開圖學習之研究

魏春蓮、陳光勳*

摘 要

本研究旨在探討資訊科技融入立體展開圖教學對國小四年級學童空間能力學習成效的影響，研究方法採單一組別前、後測設計，研究對象為 26 位國小四年級學童。蒐集資料方式包括學童在空間能力測驗前、後、延後測的表現、教學原案的轉錄、訪談紀錄、教學省思等，以量為主以質為輔的方式分析其學習成效、學習概況及空間能力解題策略等。

從本研究中發現：

- 一、中、高數學學習成就學童的空間能力表現優於低成就學童。
 - 二、男、女學童的空間能力表現沒有顯著差異。
 - 三、空間能力測驗中「摺合」的表現優於「展開」，且「二維」的表現優於「三維」。
 - 四、實驗課程對學童空間能力學習具有良好的立即成效、保留成效及延宕成效。
 - 五、實驗課程的教學方式可促進學生對課程的理解、加深對課程的印象，並提昇學生的學習興趣。
- 最後提出教材、教學和研究方面的建議作為課程編輯者、教師和研究者的參考。

關鍵詞：空間能力、立體展開圖、學習成效

* 魏春蓮：新竹縣照東國小教師

陳光勳：國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系副教授

投稿收件日：95 年 03 月 31 日；修正日：95 年 06 月 15 日；接受日：95 年 07 月 14 日

資訊科技融入國小四年級學童 立體展開圖學習之研究

魏春蓮、陳光勳*

壹、緒論

一、研究動機

在我們生活週遭中，處處充滿著幾何與空間的經驗，舉凡家裡的裝潢擺設、旅途的路線規劃、地圖與路標的對照均與空間能力有密切的關係，所以空間能力的培養是刻不容緩的。

教育部（1994）國民小學課程標準，把「圖形與空間」列入 84 年的新課程領域目標之（三）中，而九年一貫課程綱要更將其列入五大數學內容主題中，所以在幾何的學習中，「空間能力」有其舉足輕重的地位（Fennema & Sherman, 1977）。

美國數學教師協會（National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]）在 1989 年的標準中，把數感（number sense）和空間感（spatial sense）視為學校數學的中心目標，NCTM 更於 2000 年新編訂的課程標準中，把「幾何與空間感」列入第三項標準中。此外，Wheatley（1990）發現空間能力及視覺心像在數學的思考與學習上有著某種程度的關聯性。Bishop（1989）亦覺得電腦產生的圖像是學生視覺化發展的有力工具，Clements and Battista（1992）則建議採用適當的電腦軟體來輔助幾何的學習；一些研究證實電腦輔助教學可以引起學生的學習動機、刺激其腦力思考，增進其學習效果，使得班級的學習氣氛更為活潑、輕鬆，師生間的互動更為熱絡（曾錦達，1984；郭文金，1999）；有些研究更指出，學生因為對電腦輔助教學有濃厚的興趣，進而對該科目的學習態度變得更積極正向（戴錦秀，2002；吳鳳萍，2002）；教育部（2001）在國民中小學九年一貫課程暫行綱

* 魏春蓮：新竹縣照東國小教師

陳光勳：國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系副教授

要的課程目標中指出「學生應達到運用科技與資訊的能力」，而且「各學習領域應使用電腦為輔助學習之工具，以擴展各領域的學習，並提昇學生研究的能力」。但使用電腦呈現 3D 立體不易，再加上部分學生之電腦素養不足，如能搭配實物操作將使其教學效果發揮至最大，因此本研究以實物操弄搭配電腦操作的資訊科技融入方式作為輔助教學與學習的工具，期能增進學生的學習效果。

由於立方體的展開與摺合部分牽涉到二維與三維的轉換關係，其難度較高，於是選定立體展開圖作為四年級電腦輔助教學的研究主題，期望藉資訊科技融入立體展開圖的教學來提升學生的學習興趣，進而提高學生的學習成效。

二、研究目的

基於上述的研究動機，本研究的目的有三：

（一）瞭解不同屬性（數學學習成就、性別）的國小四年級學童與空間能力測驗表現的關係。

（二）探討「資訊科技融入立體展開圖」教學活動對四年級學童空間能力的學習成效（立即成效、保留成效、延宕成效）。

（三）探究「資訊科技融入立體展開圖」教學活動對學童學習態度及空間能力之轉變情況。

（四）探究學生在解決空間能力試題的策略有哪些？

三、名詞釋義

以下就本研究相關之名詞作解釋或界定：

（一）資訊科技融入教學

本研究之教學是先運用智慧片或硬紙板進行實物操弄，再使用電腦軟體 GSP 將課程內容設計成動態視窗學習教材，由教師示範操作步驟，學生再上機操作學習，以加速學童空間概念的學習。

（二）空間能力

本研究指的空間能力是將形體在二度或三度空間中進行觀察、辨識，並在心理上作不同方位摺合、展開、位移、旋轉、翻轉的操弄，以達成轉換或類化心像的一種記憶、邏輯思考、創造能力，包括空間視覺之「摺合」與「展開」二部分。

（三）數學學習成就

根據研究對象在國小三年級上、下學期及四年級上學期數學科成績平均作為劃分，排名前 27% 為高成就者，排名後 27% 為低成就者，介於二者之間的則為中

成就者。

（四）學習成效

包括「立即成效」、「保留成效」和「延宕成效」三部份，「立即成效」是指後測比前測進步且達到顯著差異；「保留成效」是指延後測比前測進步且達到顯著差異；「延宕成效」則指延後測與後測成績無顯著差異，或是進步達到顯著差異。

（五）立方體

在本研究中之立方體包括正方體、長方體 1 和長方體 2 三種，正方體是由六塊一樣大的正方形所組成的；長方體 1 是由四塊一樣大的長方形和二塊一樣大的正方形所組合成的長方體；而長方體 2 則是由三組長方形所組合成的長方體。

貳、文獻探討

以下分別就空間能力的定義與類型、空間能力和不同屬性間的關係、資訊科技融入教學、van Hiele 幾何學習模式、空間問題解題策略及空間問題迷思概念等之相關文獻進行探討，以作為研究之理論依據。

一、空間能力的定義與類型

McGee (1979) 認為空間能力主要有兩種，一種是在面對一個圖像刺激物時，能在心中做操弄、旋轉、扭轉或翻轉的能力，即空間視覺化能力 (Spatial visualization)，另一種則是能理解及操作物體位置之關係，也就是空間輪廓或方位改變時，不至於會暈頭轉向的空間方位能力 (Spatial orientation)。Linn and Petersen (1985) 則認為空間能力是一種關於空間的知覺、概念、表徵及推理的能力，它包含了空間視覺化、空間定位、心理旋轉及空間知覺等能力。至於國內學者部分認為空間能力是一種「轉換」的能力，也就是將二度空間中的平面圖形或者是三度空間中的立體圖像，經由感官、記憶、和邏輯思考等方式，在腦海中做想像性地旋轉、移動及改變方向和位置或實際組合拆解，並能以另一新的心像來呈現的能力 (蔣家唐，1995；李琛玫，1996；林明錚，1999；簡慶郎，2001；陳鎮濤，2003；林佳蓉，2004；吳明郁，2004)。綜合以上，研究者認為之空間能力如名詞釋義所述。

二、空間能力和不同屬性間的關係

有些研究發現空間能力與數學成就間存有正相關的關係(Fennema & Sherman, 1977; Guay & McDaniel, 1977; Seng & Chan, 2000; 張麗芬, 1988; 陳鈺玲、胡立霞、張玉佩、詹明霞, 1995; 吳明郁, 2004; 林佳蓉, 2004), 有些研究則指出空間能力的表現不因性別而有所差異(梁勇能, 2000; 吳明郁, 2004; 林佳蓉, 2004), 亦有些研究發現某些空間能力表現具性別差異, 部分空間能力表現則不具性別差異(Linn & Petersen, 1985; Battista, 1990; 許民陽、鄧國雄、卓娟秀、李崑山、殷炯盛, 1994), 更有些研究指出男孩、女孩在國中前的空間任務表現差異不多, 然而到了青春期的表現似乎會較為優越(Mitchell & Burton, 1984)。

研究者認為許多數學學習在對刺激物的轉化、操弄和推理的過程中需運用到空間能力, 因此數學學習成就與空間能力間可能具有某種程度的相關性; 另外, 不同性別對各類空間能力的感知情況會有所不同, 究竟哪些空間能力是女優於男、或者是男女之間沒有差異、亦或是男優於女? 這些正是值得我們去研究的主題。

三、資訊科技融入教學之相關研究

許多研究指出學生在接受電腦輔助教學、電腦遊戲課程後, 實驗組學生的學習成效優於控制組學生(Fletcher & Atkinson, 1972; De Lisi & Wolford, 2002; 郭文金, 1999; 梁勇能, 2000; 戴錦秀, 2002; 黃哲男, 2002; 張綉真, 2003; 蘇琬淳, 2004); 亦有些研究顯示兩組間的表現並無顯著的差異(林星秀, 2001)。余麗惠(2003)以 GSP 輔助低分群學生學習, 對於基本概念或抽象概念的建立有顯著的成效, 可促進學生對課程的理解並加深對課程的印象, 同時有效提升學生的學習興趣。有些研究更顯示, 學生在使用電腦輔助教學系統後, 比以前更喜歡數學, 而且探索問題解決的好奇心及興趣也大為增加, 對該項教學亦持正面的態度(Gershman & Sakamoto, 1981; 曾錦達, 1984; 郭文金, 1999; 吳鳳萍, 2002)。

綜合以上可知, 絕大部分的資訊科技融入教學課程中, 對學生的學習成效有顯著的影響, 研究者以資訊科技融入課程進行立體展開圖的教學, 希望藉此能提升學生的學習興趣, 並提高學生的學習成效。

四、van Hiele 幾何學習模式之研究

van Hiele 幾何學習模式分成提供資訊 (inquiry/information)、引導探索方向 (bound orientation)、解說 (explication)、自由探索 (free orientation) 和整合 (integration) 五個階段。以下為 van Hiele 的五階段學習模式 (Clements & Battista, 1992)：

第一階段：提供資訊

教師在教學之前，需先瞭解學生已具備哪些知識，並針對教學主題或該層次目標活動提供相關的資訊（例如與幾何有關的圖片或實物等），讓學生經由操弄和觀察來發現與瞭解。

第二階段：引導探索方向

教師細心規劃具備次序性教材的研究主題，透過活動的操作（例如：排列、折疊、旋轉、摺紙等活動），引導學生探索幾何物件的特質，每一次的探索最好讓學生只探索一個幾何物件的「特性」或「特性間的關係」。

第三階段：解說

學生根據之前的經驗，將觀察到的現象彼此交換或發表他們的觀點，透過討論並使用適當的語言或術語名詞將原本模糊的知識明確化。

第四階段：自由探索

教師精心設計一些適當的教材及幾何問題，並鼓勵學生思考與解答，學生經由活動中發現自己的方法，或從完成的任務中獲取經驗。

第五階段：整合

學生經由觀察目標與各類關係的連結情形，摘錄出他們學到的內容，教師則藉著提供相關的概念來幫助學生整合他們所學習到的綜合概念，並把有關的知識予以數學化，讓學生能以數學化的語言和方式來描述幾何物件的特性或特性間的關係。

學生不斷的重複上述五個階段以促進幾何概念的成長，因此，本研究參考此五階段學習模式進行教學活動之教案設計。

五、空間問題解題策略之相關研究

學生的空間問題解題策略分成圖形摺合問題策略、圖形拆解問題策略二大主題來進行探討：

（一）綜合林秀娟（1993）、李琛玫（1996）、林佳蓉（2004）、吳明郁（2004）

的研究，學生的圖形摺合問題解題策略分別為：

1. 在心裡摺合標準項（即把標準圖形在心中摺合），再與刺激項（選項圖形）比較。
2. 在心裡展開刺激項，再與標準項比較。
3. 從刺激項與標準項的特徵來判斷。
4. 畫出圖形展開之後的形狀來比較。
5. 以對稱方式聯想。
6. 先固定某一面，再逐一將其它面做摺合
7. 順著某一方向，逐一做摺合。

（二）綜合林佳蓉（2004）、吳明郁（2004）的研究可知，學生的圖形拆解問題解題策略分別為：

1. 依據選項圖形的外圍輪廓特徵做判斷進行切割、拼組
2. 從組成要素的尺寸、方位做判斷進行切割、拼組
3. 將題目圖形的一面先固定，再把其他面往外拆展，然後與選項圖形做比較
4. 將選項圖形摺合，再與題目圖形做比較
5. 直覺猜測。

總括來看，在解決空間問題時，對於同樣一個題目，不同的受試者可能會有不同的解法，而同一個受試者，面對不同題目時，可能採取不同的策略，而且測驗的題目難度越高，學生所使用的策略就越多，也就是說題目本身特質會影響到解題的行為，所以學童在空間問題方面的解題策略，為本研究探討的問題之一。

六、空間問題迷思概念之相關研究

有些研究指出，學童在二維平面的圖像拆解及摺合時，因對「對稱」的意義沒有透徹瞭解，而產生錯誤的觀念，部分學生會以「平移」的方式進行操弄（吳明郁，2004），有時學生也會因未曾考量圖形的大小或形狀而產生錯誤的解答（林佳蓉，2004）。除此之外，圖形在二維平面或在三維立體間做多向度或多次的轉換，由於學生心像不能連貫，易迷失方向而不知所措（吳明郁，2004）。

參、研究方法

本研究以量為主以質為輔，以空間能力測驗的結果進行量化分析，並就學生

學習歷程的錄影資料及解題過程的晤談資料進行質性分析。

一、研究設計

本研究採準實驗研究法中的單一組別前測、後測設計，以資訊科技融入立體展開圖的教學作為操縱的實驗變項，以學生測驗所得成績作為觀察的結果，來探討研究對象在經過本研究的「資訊科技融入立體展開圖」教學後，是否對其在空間能力上的表現有所助益。

二、研究對象

先以欣榮鎮五所小學的 291 位四年級學童當做前導測（PILOT）的樣本，再以鄰近美麗國小的 21 位四年級學童做為試測及試教的樣本，最後以欣榮鎮太陽國小四年級全部的學生（26 位）為正式的研究對象。

三、研究工具

（一）統計套裝軟體 SPSS 10.0 版

空間能力測驗前測、後測及延後測之測驗結果使用 SPSS 10.0 版進行統計分析，以確定資訊融入立體展開圖之教學對學生的學習成效是否有顯著的差異。

（二）智慧片

在教學活動中以智慧片進行正方體摺合與展開之實物操作，讓學生實際體會其在二維平面與三維立體間的轉換情形，以促進其心像操作之完成。

（三）電腦動態幾何繪圖軟體 GSP 4.0 版

參考台灣師範大學陳創義教授的教學網站，並使用其正方體展開圖之基本架構，以 GSP 4.0 版繪製立方體的展開圖，於進行立方體的實物摺合與拆解時，教師同時以電腦操作立體展開圖進行驗證，另外於電腦課時，讓學生動手操作感受正方體、長方體的摺合與展開。

（四）空間能力測驗

本測驗屬紙筆測驗，參考吳明郁（2004）之空間方位和空間視覺試題，再加入自製試題以完成空間能力測驗的編擬。測驗分成前測、後測及延後測三部分，因此將試題編製成 A、B 兩卷，前測使用 A 卷，後測及延後測均使用 B 卷。兩卷試題之架構相同，但 B 卷之摺合及展開部分的題型一二作摺合及展開方向的修改，其他未修改之部分則作題目及答案項順序的調整。

本測驗採用 Cronbach 的 α 係數來求試題內部一致性信度，根據預試的結果進

行 SPSS 的統計分析以估計信度（詳見表 1）；至於效度方面則採專家效度及內容效度（詳見表 2）。

表 1 各項測驗前導測之信度明細

	整份試題信度	摺合部分信度	展開部分信度
預試班	.9141	.8983	.8275
欣榮鎮四年級學童	.8934	.8824	.7986
研究班級	.9458	.9301	.9030

表 2 空間能力測驗前測試題雙向細目表

空間能力類別		空間視覺：摺合		空間視覺：展開		題數	分數
立方體組合方式		題 號	分數	題 號	分數	合計	合計
二維平面	一次對摺	第1、2題	2分	第1、2題	2分	4題	4分
	二次對摺	第3、4題	2分	第3、4題	2分	4題	4分
三維立體	正方體	第5、6、7、8、17題	5分	第5、8、11題	5分	8題	10分
	長方體1	第9、10、11、12、18題	5分	第6、9、12題	5分	8題	10分
	長方體2	第13、14、15、16、19題	5分	第7、10、13題	5分	8題	10分
合 計		19題	19分	13題	19分	32題	38分

（五）資訊科技融入立體展開圖教學活動的教案設計

本研究參考 van Hiele 的五階段學習模式設計資訊科技融入立體展開圖的教學活動，分成慧眼識英雄（正方體與長方體的分辨）、拼圖高手（六連方塊與正方體的關係）、遨遊電腦世界一（以電腦軟體操作正方體的摺合與展開）、遨遊電腦世界二（以電腦軟體操作長方體的摺合與展開）四個活動，並於正常的數學課程中進行 6 節（240 分鐘）的教學活動。

（六）晤談大綱

晤談大綱分別就情意部份、學習背景部分及空間能力測驗部分，對所有的學童進行半結構式的晤談，以瞭解學生在教學活動中之思考模式及解題策略，全程採錄影的方式逐一進行一對一的個別訪談，晤談完成後，將錄影資料轉換成 VCD

光碟片及轉譯成晤談逐字稿，以進行質的分析。

四、資料的分析與處理

空間能力測驗結果運用電腦統計軟體 SPSS 進行量的分析，以瞭解研究對象之空間能力與不同屬性間的相關性；同時，把教學活動及晤談過程的錄影和錄音資料轉錄成逐字稿，並予以編碼，進行質的分析，藉以瞭解學童的學習情形及空間能力轉變過程，各類編碼資料如表 3。

表 3 各類原始資料編碼代號表

資料類別	資料編號	編 碼 意 義
原始教案	A4012S19	教學活動四的第 12 筆資料是由 19 號學生所發表的。
個別學童空間能力晤談	I112S10	與 10 號學生進行晤談的第 112 筆資料。

肆、研究結果與討論

本研究依據研究目的，將研究結果分為教學前欣榮鎮四年級學童及正式受試學童之空間能力分析、教學前研究班級不同屬性學童之空間能力分析、教學後研究班級空間能力學習成效分析、資訊科技融入立體展開圖教學活動概況、學童解決空間能力試題的策略及迷思概念、教學後學童學習態度及空間能力轉變情形及教學後的省思七大主題討論，茲分述如下。

一、教學前欣榮鎮四年級學童及正式受試學童之空間能力分析

為了讓前導測試題更能測出學生的空間能力表現，另外，也希望「資訊科技融入立體展開圖」教學活動能更具成效，所以針對新竹縣欣榮鎮五所國小的 291 位四年級 學童進行前測，藉以了解學生的空間概念狀況及困難所在，並據以確認前測試題的信度及研擬「資訊科技融入立體展開圖」的教學活動設計，其結果如表 4。

表 4 欣榮鎮 291 位學童的前導測平均成績

	分測驗	前測平均 成績	標準差	平均數的 標準誤	最高分	最低分	答對率 %
摺合 部份	二維部分（4分）	3.03	1.14	0.07	4	0	76
	三維部分（15分）	8.60	4.60	0.27	15	0	57
	合計（19分）	11.63	5.11	0.30	19	0	61
展開 部份	二維部分（4分）	2.37	1.27	0.07	4	0	59
	三維部分（15分）	4.63	3.38	0.20	14	0	31
	合計（19分）	7.00	3.97	0.23	17	0	37
前測成績總和（38分）		18.63	7.89	0.46	35	2	49

至於正式受試學童空間能力測驗之前測成績結果如表 5。

表 5 正式受試學童的前測平均成績

	分測驗	前測平 均成績	標準差	平均數的 標準誤	最高分	最低分	答對率 %
摺合 部份	二維部分（4分）	2.38	1.39	0.27	4	0	60
	三維部分（15分）	8.50	5.15	1.01	15	0	57
	合計（19分）	10.88	6.11	1.20	19	0	57
展開 部份	二維部分（4分）	8.50	5.15	1.01	15	0	57
	三維部分（15分）	6.69	4.32	0.85	14	1	45
	合計（19分）	9.15	5.39	1.06	18	1	48
前測成績總和（38分）		20.04	10.44	2.05	36	2	53

由表 4、表 5 可知：雖然正式受試學童只有 26 位，但其在於前測中的答題表現趨勢與欣榮鎮 291 位學童一致，皆為「摺合部分」的成績表現優於「展開部分」，而且「二維部分」的成績表現優於「三維部分」，所以本研究之結果有其參考性。

二、教學前研究班級不同屬性學童之空間能力分析

不同屬性學童在「空間能力測驗」前測上的表現情形如表 6、表 7 所示。

表 6 不同數學學習成就學童前測成績之描述性統計量表

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的95% 信賴		最小值	最大值
					區間			
					下界	上界		
高成就組	8	29.00	5.37	1.90	24.51	33.49	18	36
中成就組	10	22.00	6.36	2.01	17.45	26.55	12	33
低成就組	8	8.63	7.91	2.80	2.01	15.24	2	27
總和	26	20.04	10.44	2.05	15.82	24.26	2	36

表 7 男女學童前測成績之描述性統計量表

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的95% 信賴		最小值	最大值
					區間			
					下界	上界		
男童	14	20.57	10.40	2.78	14.57	26.57	2	36
女童	12	19.42	10.93	3.15	12.48	26.36	3	31
總和	26	20.04	10.44	2.05	15.82	24.26	2	36

接著利用單因子變異數分析，以檢定不同屬性學童在前測表現中之同質性，並以變異數分析檢定其統計上之顯著性，結果如表 8 所示。

表 8 不同屬性學童之單因子變異數分析及變異數分析

學生屬性	單因子變異數分析			變異數分析		
	<i>F</i>	<i>p</i>	結果	<i>F</i>	<i>p</i>	結果
數學學習成就	.152	.859	具同質性	19.739	.000	顯著差異
性別	.269	.608	具同質性	.076	.785	無顯著差異

由表 8 可知：不同數學學習成就的學童，其前測成績達到統計上的非常顯著性，這與 Guay and McDaniel (1977)、Fennema and Sherman (1977)、Seng and Chan (2000) 等人認為空間概念、空間推理能力等空間能力與數學成就間存有某種關聯性的看法是一致的。接著以 Scheffe 法做事後比較分析發現：高成就組和低成就組、中成就組和低成就組間的空間能力表現確實有顯著差異，但是高成就組和中成就組的差異則未達顯著性。另外，男、女學童在前測中的表現無顯著差異，依據 Mitchell and Burton (1984) 之研究文獻來看，性別差異主要出現在青春前期階段，而本研究之國小四年級學童平均年齡約在 10 歲左右，尚未完全進入青春前期階段，因此男、女生在「空間能力測驗」中的表現未達顯著差異。

三、教學後研究班級空間能力學習成效分析

(一) 空間能力學習的立即成效

由表 9 可知，不論是高成就、中成就、低成就學童或是男、女學童，後測與延後測的成績都比前測成績進步。

表 9 不同屬性學童三次測驗之平均數與標準差

學生屬性		統計量	前測	後測	延後測
數學學習成就	高成就 (8人)	平均數	29.00	33.63	35.25
		標準差	5.37	2.67	3.92
	中成就 (10人)	平均數	22.00	29.10	32.10
		標準差	6.36	4.23	2.81
	低成就 (8人)	平均數	8.63	21.75	24.13
		標準差	7.91	6.63	6.88
性別	男生 (14人)	平均數	20.57	28.07	29.50
		標準差	10.40	7.12	7.24
	女生 (12人)	平均數	19.42	28.42	31.92
		標準差	10.93	6.29	5.40
全部學童 (26人)		平均數	20.04	28.23	30.62
		標準差	10.44	6.62	6.45

接著以成對樣本 T 檢定來考驗全部學童的後測與前測成績，由表 10 可知，不論是高成就、中成就、低成就學童或是男、女學童其後測與前測成績均達到顯著的差異，表示學童在實驗教學活動中的學習是具有立即成效的。

表 10 不同屬性學童後測-前測成績 T 檢定

學生屬性		成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準 差	平均數 的 標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
數學	高成就組	4.63	3.85	1.36	1.40	7.85	3.396	7	.012*
學習	中成就組	7.10	6.37	2.01	2.54	11.66	3.526	9	.006**
成就	低成就組	13.13	5.59	1.98	8.45	17.80	6.639	7	.000**
性別	男童	7.50	6.68	1.78	3.65	11.35	4.203	13	.001**
	女童	9.00	6.05	1.75	5.16	12.84	5.157	11	.000**
全部學童		8.19	6.31	1.24	5.64	10.74	6.618	25	.000**

** $p < .01$ * $p < .05$

接著對不同屬性學生的後測成績進行迴歸係數同質性檢定，結果不同數學學習成就學童的 $F=.937$ ， $p=.409>.05$ ，男女學童之 $F=.010$ ， $p=.920>.05$ ，皆符合組內迴歸係數同質的基本假定。

再以後測成績為依變量，前測成績為共變量，藉以排除前測成績的差異性進行共變數分析，其後測成績同質性檢定結果顯示，不同數學學習成就學童的 $F=4.409$ ， $p=.024<.05$ ，不具有同質性，違背了同質性的假定，資料經平方轉換後 $F=.834$ ， $p=.449>.05$ ，符合變異數同質性的假定，其共變數分析之 $F=.615$ ， $p=.550>.05$ 。至於男女學童後測成績同質性檢定之 $F=2.062$ ， $p=.164>.05$ ，則具有同質性，其共變數分析之 $F=.372$ ， $p=.548>.05$ ，由此可知，不同數學學習成就、不同性別學童在實驗課程的學習後，其後測成績進步的幅度彼此間未達顯著差異，亦即本研究對不同屬性學生均有良好的立即教學效果。

(二) 空間能力學習的保留成效

以成對樣本 T 檢定來考驗全部學童的延後測與前測成績，由表 11 可知，不論是成成就、中成就、低成就學童或是男、女學童其延後測與前測成績均達到顯著的差異，表示學童在實驗課程結束後二十四天，其空間能力的學習仍具有保留成效的。

表 11 不同屬性學童延後測-前測成績 T 檢定

學生屬性		成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的 標準誤	差異的 95%				
					信賴區間				
					下界	上界			
數學	高成就組	6.25	2.66	.94	4.03	8.47	6.648	7	.000**
學習	中成就組	10.10	5.43	1.72	6.22	13.98	5.887	9	.000**
成就	低成就組	15.50	7.71	2.73	9.06	21.94	5.678	7	.001**
性別	男童	8.93	5.66	1.51	5.66	12.20	5.899	13	.000**
	女童	12.50	7.24	2.09	7.90	17.10	5.979	11	.000**
全部學童		10.58	6.56	1.29	7.93	13.23	8.219	25	.000**

** $p<.01$ * $p<.05$

接著對不同屬性學生的延後測成績進行迴歸係數同質性檢定，結果不同數學學習成就學童的 $F=.656$ ， $p=.530>.05$ ，男女學童之 $F=1.868$ ， $p=.186>.05$ ，皆符合組內迴歸係數同質的基本假定。

再以延後測成績為依變量，前測成績為共變量，藉以排除前測成績的差異性

進行共變數分析，其延後測成績同質性檢定結果顯示，不同數學學習成就學童的 $F=4.102$ ， $p=.30>.05$ ，男女學童之 $F=.014$ ， $p=.906>.05$ ，符合變異數同質性的假定，其共變數分析之結果則分別為 $F=.569$ ， $p=.574>.05$ 及 $F=.053$ ， $p=.154>.05$ ，由此可知，不同數學學習成就、不同性別學童在實驗課程的學習的二十四天後，其延後測成績進步的幅度彼此未達顯著差異，亦即本課程對不同屬性學生的學習都是適合的。

（三）空間能力學習的延宕成效

以成對樣本 T 檢定來考驗全部學童的延後測與後測成績，由表 12 可知，中成就組學童及男、女學童有顯著差異，高成就組、低成就組學童在實驗課程結束後二十四天，其空間能力的學習仍具有顯著的延宕成效，而中成就組學童及男、女學童更是持續成長中，經與學生晤談發現：他們於實驗課程結束後，常利用課餘時間自己玩智慧片及教學光碟，所以延後測的成績表現反而比後測成績進步，由此可見，實驗課程很受中成就組學生喜愛。

表 12 不同屬性學童延後測-後測成績 T 檢定

學生屬性		成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的 標準誤	差異的 95%				
					信賴區間				
					下界	上界			
數學	高成就組	1.63	2.33	.82	-.32	3.57	1.976	7	.089
學習	中成就組	3.00	2.58	.82	1.15	4.85	3.674	9	.005**
成就	低成就組	2.38	2.88	1.02	-.03	4.78	2.336	7	.052
性別	男童	1.43	2.44	.65	0.02	2.84	2.190	13	.047*
	女童	3.50	2.32	.67	2.03	4.97	5.235	11	.000**
全部學童		2.38	2.56	.50	1.35	3.42	4.745	25	.000**

** $p<.01$ * $p<.05$

綜合上述的研究結果可知，實驗課程的教學活動對不同數學學習成就、不同性別的四年級學童都是適合的且具有良好的立即成效、保留成效與延宕成效，這與梁勇能(2000)、黃哲男(2002)、戴錦秀(2002)、張綉真(2003)、蘇琬淳(2004)等人認為以資訊科技融入教學中能提高學童學習成效的論點是一致的。

四、資訊科技融入立體展開圖教學活動概況

前文的四個教學活動係依 van Hiele 的五階段幾何學習模式設計而成的，有些

教學活動以實物操弄配合電腦操作的教學模式呈現，茲將每一個教學活動概況敘述如下

（一）活動一：慧眼識英雄（正方體與長方體的分辨）

學生透過物品之形狀分類，藉由相互討論分出正方體和長方體，並使用智慧片去組合正方體，用硬紙板去組合長方體，從中發現正方體及長方體的構成要素——點、邊、面，並說出彼此間的關係。在這個活動中學童不但能分辨正方體和長方體，同時也能瞭解其點、線、面的基本性質。

A1189T：哪一位可以說說看，正方體和長方體有什相同的地方？

A1190S16：它們都有 6 個面、12 個邊、8 個頂點。

A1193T：再仔細想想看。（學生一臉茫然）還有它們的對應面……

A1194S17：老師，我知道了，對應面都一樣大，而且形狀也是一樣。

A1195T：那正方體和長方體有什不同的地方？

A1196S8：正方體的六個面一樣大，但是長方體的六個面不一樣大。

A1197T：還有其他的嗎？

A1198S18：正方體的面都是正方形，但是長方體的面有的是正方形，有的是長方形。

（二）活動二：拼圖高手（六連方塊與正方體的關係）

本活動分成二維平面間及二維平面、三維立體間的轉換兩部份，學生透過摺紙遊戲觀察圖形在二維平面經摺合和展開後的轉換過程，學生從操作及討論中發現圖案經由同樣的作法卻會產生不同效果的原因，並瞭解圖形在二維平面摺合和展開後的轉換過程，學生察覺到紙張摺合後再剪圖案，當紙張被展開時，圖案的變化會以摺痕為中心產生相反方向的圖形。

A2013T：請大家拿出一張色紙，我們請 S26 教我們剪聖誕樹，S26 可以嗎？

A2014S26：（點頭）把紙由右向左對摺，然後畫聖誕樹的一半，把它剪下來就可以了。

A2025T：好，現在請 S10 把你的作品貼在黑板上，把剪出來的東西貼在這邊（右邊），剩下的色紙貼在那邊（左邊）。

A2026S10：（S10 離開座位把作品貼在黑板上）



A2027T : 剪出來的東西和 S10 一樣的請舉手。(學生陸續舉手) 那和 S10 不一樣的請舉手。(只有 S23 舉手) 好, 請 S23 把作品拿出來貼在黑板上。

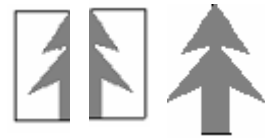
A2028S23 : (S23 離開座位把作品貼在黑板上)

A2029T : 想想看, S23 的圖案和 S10 的圖案為什麼會不一樣?(老師用手指 S23 和 S10 的作品)



A2031S17 : 老師, S10 是用連著的那一邊畫圖案, S23 是利用開口的那一邊畫圖案。

A2032T : 嗯, S17 你好厲害喔, 竟然能找出它們的不同。S4 請把你的作品貼在黑板上, 好嗎?



A2033S4 : (扭扭捏捏的把作品貼在黑板上)

A2034T : 請大家看一下, S4 和 S10 的東西一樣嗎?

A2035SS : 不一樣。

A2036T : 哪邊不一樣?

A2037S18 : 他們剪出來的東西都是聖誕樹, 但是剩下的紙, S10 是連著的, S4 是分開的。

A2038T : 為什麼會這樣呢?

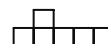
A2039S8 : S4 的聖誕樹畫到最上面的邊邊去, S10 的沒有畫到最上面, 還有留一點。

至於二維、三維間的轉換部份, 以四塊智慧片找出四連方塊之五種組合, 在組合的過程中讓學生了解圖形旋轉、翻轉的意義, 再以六塊智慧片找出六連方塊之組合, 同時檢驗該組合是否能摺成一個正方體盒子? 以瞭解正方體的展開圖有哪些? 並從十一種展開圖中找出可摺成正方體的展開圖特性。最後老師以 GSP 程式操作正方體展開圖, 學生以智慧片再次操作六連方塊, 並確認哪些六連方塊是正方體的展開圖, 同時用顏色區分, 哪一面和哪一面在摺合成盒子時是相對應的面。以實物操作和電腦操作相互做對照以加深空間能力的發展。

A2109T : 摺紙遊戲是平面的變化, 接下來看立體的變化, 首先請各組找出一張不能摺成盒子的六連方塊圖形。

A2118S11 : (把圖案貼在黑板上, 同時手上拿著同樣排法的智慧片) 摺起

來有一個面重複，一個面沒有，所以不行摺成
盒子（邊說邊做）。



A2120S5：（把圖案貼在黑板上，同時手上拿著同樣排法的
智慧片）田字型的一定會有一面重複，所以不能
摺成盒子。



A2121T：第三組得一分，從上面那些圖案，你有沒有發現那一種圖形
一定不能摺成盒子。

A2122S17：老師，一排最多只能有四個，超過四個的就一定不能摺成盒
子。

A2123T：為什麼最多只能一排四個呢？

A2124S17：一排摺摺摺有四個面，再多一個就會有重複的面。

A2127S5：還有田字型的排列也不能摺成盒子。

最後老師以 GSP 程式操作正方體展開圖，學生以智慧片再次操作六連方塊，
並確認哪些六連方塊是正方體的展開圖，同時用顏色區分，哪一面和哪一面在摺
合成盒子時是相對應的面。以實物操作和電腦操作相互做對照以加深空間能力的
發展。

A2184T：好，那老師現在用電腦操作一些東西，請你用心裡想想看，
這些展開圖可以摺成盒子嗎？如果想不出來可以用智慧片排
排看。

A2185T：（操作電腦軟體）這一個是正方體的展開圖嗎？（詳圖 1）

A2186SS：是。

A2187T：（按顯示顏色鈕呈現各面的顏色，詳圖 2）

A2188SS：哇！好帥哦！

A2189T：為什麼一定有二個面的顏色一樣？

A2190S17：它們是對應面。

A2191T：（按摺合鈕圖形摺合起來，按展開鈕圖形就打開來，詳圖 3）

A2192SS：哇！好酷哦！

（陸續呈現各種展開圖，最後呈現他們沒找到的展開圖）

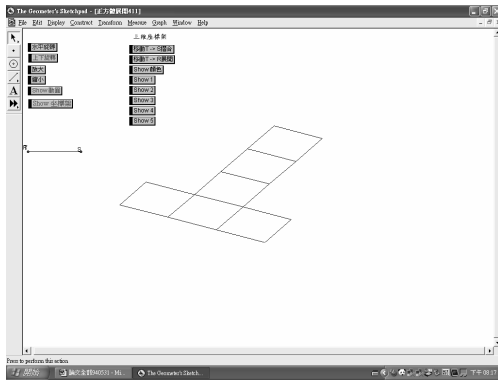
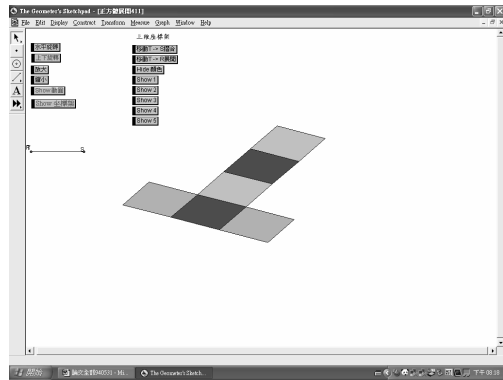
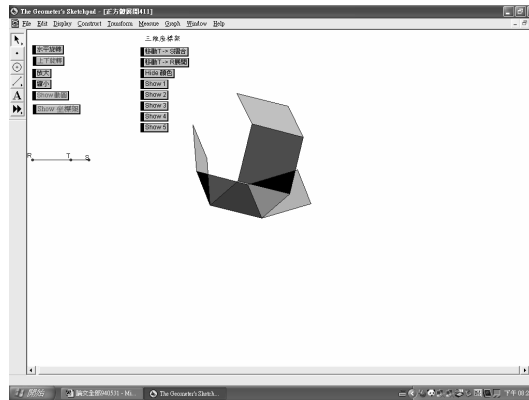


圖 1 正方體展開圖 411 原始操作介面

圖 2 按 **Show 顏色** 後顯現之介面圖 3 按 **移動 T→S 摺合** 後顯現之介面

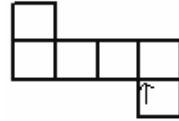
(三) 活動三：遨遊電腦世界之一（以電腦軟體操作正方體的摺合與展開）

在此活動中先用顏色不同並標有前、後、左、右、上、下的六片智慧片組成一個正方體，然後依指示步驟將正方體拆展成二維平面展開圖樣式，讓學童去經驗三維立體轉換成二維平面的過程並觀察其變化；完成上述操作後，再請學童把展開的智慧片摺合成正方體，讓學童去經驗二維平面轉換成三維立體的過程並觀察其變化。在操作過程中發現，正方體的展開難度高於摺合部份，與統計分析之結果一致，所以應加強展開部份之操作，除此之外，每一個人對「前、後」的定義不見得一致，所以在進行教學時最好用正面和背面來取代前面和後面的方位語的，而且在拆解時需不斷的提醒學生正面是什麼顏色，如此才可獲得正確的解題過程完成拆解的任務。

A3024T : S13, 你說你的展開圖不一樣, 請把它畫在黑板上, 讓同學來幫你找找看為什麼會不一樣。

A3025S13 : (把展開圖畫在黑板上)

A3027S18 : (邊想邊操弄) 它的紅色跟綠色接著不對啦!



A3028T : 那他是哪邊弄錯了。

A3029S18 : 是最後一個步驟弄錯了。

A3030T : 好厲害呀! 你們看! 拆法不一樣, 出來的展開圖就不一樣。

A3031T : 接著請你們說說看, 把正方體拆解成展開圖時箭頭有什麼變化?

A3034S10 : 好神奇喔! 本來是站著的, 現在變成睡下去了。

A3036S17 : 本來在右邊的, 現在變成在左邊了。

A3037T : 你們看, 連接的面如果一個在動, 其他的也會跟著動, 所以啦, 箭頭的方向是不是也跟著在動?

本教學活動三是以實物操弄搭配電腦軟體操作, 主要是希望能讓學童體會正方體物件在二、三維之間的轉換。在操作過程中, 雖然有少數學童無法跟上進度, 教師須做適時的輔導以提升其學習興趣, 但絕大多數學生則因即時的操作回饋, 已慢慢地從實物操作進步到心像操作的境界而樂在其中。茲呈現活動三教學片斷:

A3150T : 以滑鼠左鍵點一下 **Show 顏色** 按鈕, 上一次我們說過顏色相同的是對應面, 用智慧片檢驗看看, 對應情形是否真的和電腦所顯現的一樣。(詳見圖 2)

A3151SS : 真的耶!

A3152T : 再按一下 **Hide 顏色** 按鈕, 就沒有顏色了。(回復成圖 1)

A3153SS : 哇! 好酷喔!

A3154T : 現在讓你們自己試試看。

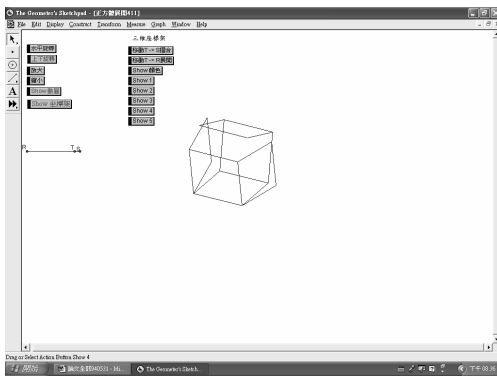
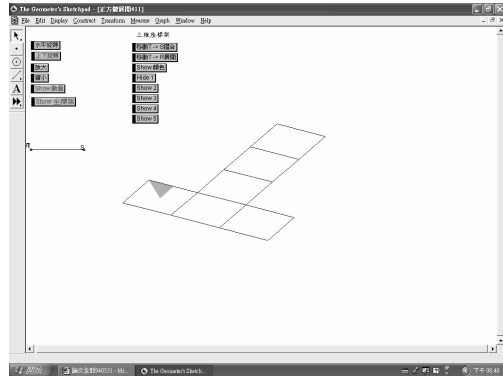
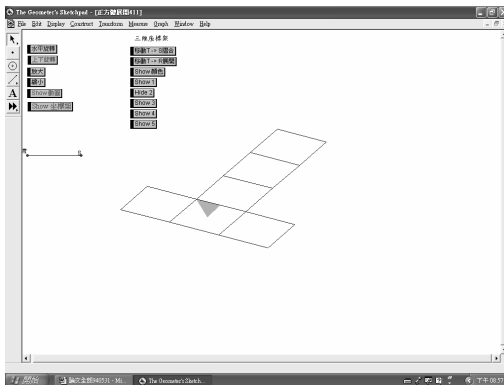
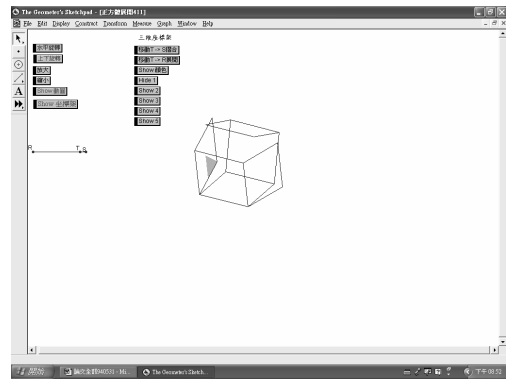
A3155SS : (操作電腦程式、有時和同學討論)

A33177T : 我要把電腦切換回來囉! 接著我們操作另一個功能。以滑鼠左鍵對 **移動 T→S 摺合** 按鈕點一下, 展開圖就摺合起來了。(詳見圖 3)

A3178SS : 哇! 疊到的地方變色了。

A3179T : 以滑鼠左鍵對 **移動 T→R 展開** 按鈕點一下, 正方體就打開來了。(回復成圖 2)

- A3180T：現在我把顏色隱藏起來（按 **Hide 顏色** 按鈕），對 **移動 T→S 摺合** 按鈕點一下（詳見圖 4），然後對 **移動 T→R 展開** 按鈕點一下（詳見圖 1），是不是比有顏色的好看一點，換你們操作看看。
- A3209T：我要把電腦切換回來囉！接著我們操作另一個功能。以滑鼠左鍵點一下 **Show1** 按鈕，就出現三角形圖案。（詳見圖 5）
- A3210T：然後按摺合鍵（按 **移動 T→S 摺合** 按鈕）（詳見圖 6），你們看圖形在變囉！再按展開鍵（按 **移動 T→R 展開** 按鈕），又變回來了（回復成圖 5）。
- A3211T：如果我想換另一面出現圖案，先把這個隱藏起來（點一下 **Hide1** 按鈕），然後按顯現第二個面的按鈕（點一下 **Show2** 按鈕），換你們操作看看。（詳見圖 7）

圖 4 按 **移動 T→S 摺合** 後顯現之介面圖 5 按 **Show1** 後顯現之介面圖 6 按 **移動 T→S 摺合** 後顯現之介面圖 7 按 **Show2** 後顯現之介面

由於本活動三另一個教學重點則是鼓勵兒童先在心中形成心像並作心像操作，因此，在教學活動進行時，教師又將「六連方塊」呈現在螢幕上（其中一方塊帶有圖案），然後要求學童在觀看後判斷這些「六連方塊」是否能摺合成正方體，並推測摺合過程中圖案的種種可能變化。

（四）活動四：遨遊電腦世界之二（以實物和電腦軟體操作長方體的摺合與展開）

活動四和活動三是很類似的，差別在於活動四是討論長方體，實物操作時則是使用硬紙板，學生們用正方體的學習經驗進行長方體的學習，同時也注意到二者之間的異同處，但不同方式的呈現對學生有不同難度的挑戰性，如果用展開圖請他們判斷是否可以摺成長方體，其答對的比例比較高，但是要自己畫出長方體的展開圖時，則常會發生接合邊長度不一樣長的情況。

五、學童解決空間能力試題的策略及迷思概念

教學後根據學童在空間能力測驗中之解題表現，將其解題策略及迷思概念予以歸納彙總，並分成二維摺合、三維摺合、二維展開及三維展開四個部分加以討論，茲分述如下：

（一）二維摺合部分策略

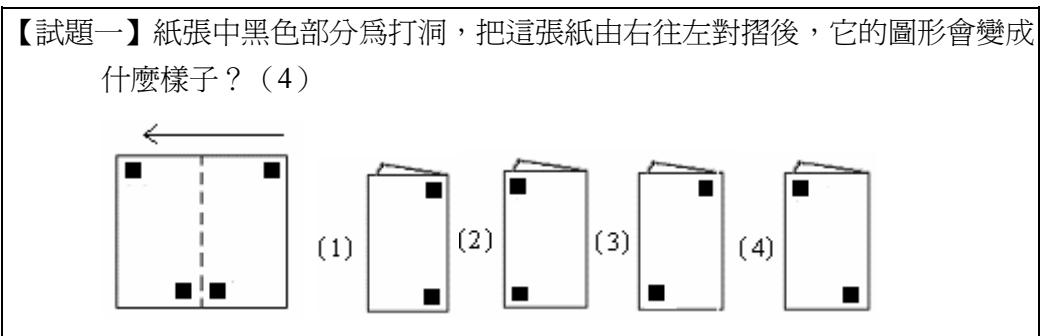


圖 8 二維部分一次摺合題型範例

1. 「摺蓋」方式的想像：以摺線為基準由右往左摺，結果左邊的圖案被蓋掉了，剩下右邊的圖案，所以選 3。

2. 「摺疊」方式的想像：以摺線為基準由右往左摺，結果右邊的圖案完全重疊在左邊的圖案上，剩下左邊的圖案，所以選 4。

3. 「位置」方式的想像：摺合起來後上面的洞會靠近開口邊，下面的洞會靠近接合邊，所以選 4。

4. 「心像摺合」方式的想像：直接用心理摺合的方式看出答案是 4。

二維部分一次摺合之解題策略，學生多傾向於使用方法 2，其次為使用方法 3；但有些學生對「對稱」的意義沒有透徹的瞭解，而產生方法 1 的迷思概念，這正與吳明郁（2004）之研究相類似。

【試題二】紙張中黑色部分為剪掉，把這張紙先由右往左對摺後，再由上往下對摺，這張紙的圖形會變成什麼樣子？（1）

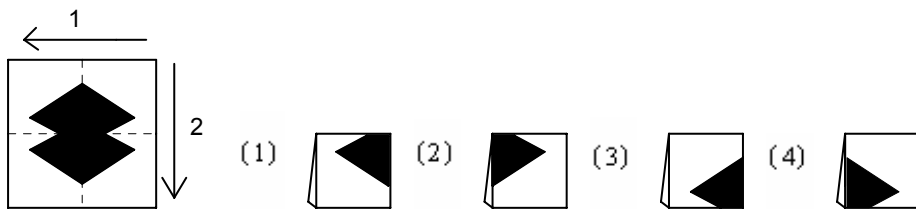


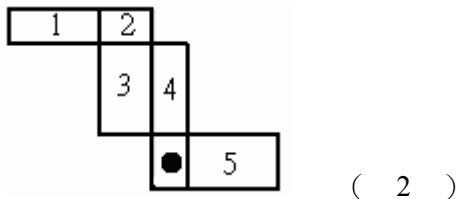
圖 9 二維部分二次摺合題型範例

在二次摺合部分除了上述之解題策略外，也會出現摺合方向錯誤及第一次心像與第二次心像無法連貫的迷思，與吳明郁（2004）之研究結果指出，圖形不論是二維平面或在三維立體間做多次的轉換，學生易迷失方向而不知所措說法一致。

（二）三維摺合部分策略

方法 1 以試題三和試題四為例，方法 2 以試題三為例，其餘之方法以試題四為例進行說明。

【試題三】下面的紙張經過摺合後，都可以摺成一個盒子，小智在紙張的黑色地方打洞，請你想想：他要在哪一面再打洞，才可以使這二個洞在紙張摺合成盒子的時候變成面對面呢？（請寫出相對面的號碼）



【試題四】左邊的紙張是平鋪在桌面上的，黑色部分是把紙張挖掉，以灰色部分為下底，把紙張往上摺可摺成一個盒子，請問會變成哪一個盒子呢？(1)

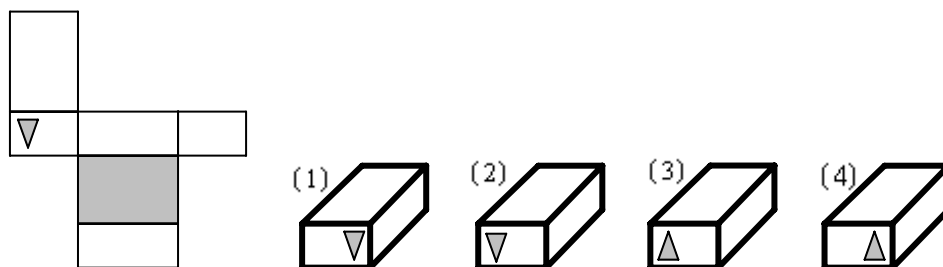


圖 10 三維摺合題型範例

1. 以某一面當基準，再將其他面逐一往上或往下摺合以進行比較：以試題三而言，學童可能以打洞面，或者比較接近中心的面當作基準面，所以選 3；以試題四而言，學童會以灰色面當作基準面，所以選 1。

2. 以面的形狀、大小作判斷，所以選 2。

3. 直接以題目中圖案位置當作答案，所以選 2。

4. 立方體先進行摺合後再把圖案轉到正面來看，以決定圖案的位置，所以選 1。

5. 把圖案面用心像移動至與底面接合後再做摺合比較，所以選 1。(參閱圖 11)

6. 立方體進行摺合後，直接以所在的位置看過去以決定圖案的位置，所以選 2。

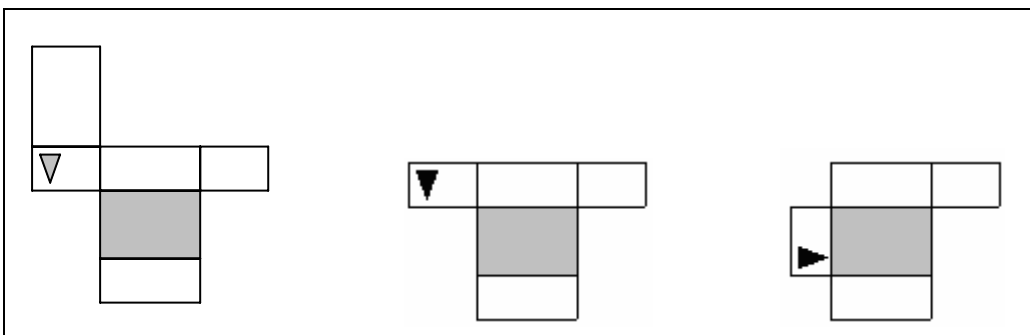


圖 11 圖案面移至與底面接合後再進行摺合

三維摺合部分的解題策略中，學生先以方法 2 作判斷，如不能以此方法完成解題時，其次再使用方法 1。但學生有方法 3 及方法 6 之迷思概念，方法 6 未考慮現在的位置是站在立方體的裡面看還是站在外面看，如果圖案面經摺合後是在受試者的正面或立方體的上面，則學生的選答是正確的；如果圖案面經摺合後是

在受試者的背面、左方或右方，則學生的選答就會是錯誤的。

(三) 二維展開部分策略

【試題五】將一張紙由右往左對摺一次後，把黑色的部分打洞或剪下來，然後把這張紙由左往右翻開，那麼它會變成什麼樣子？(4)

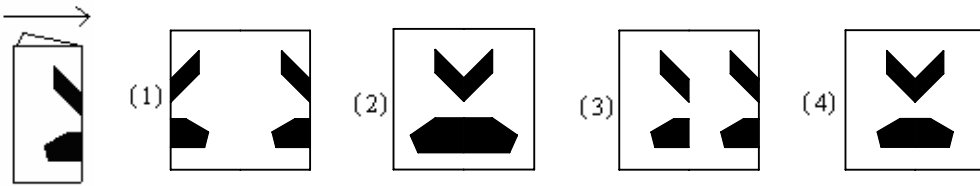


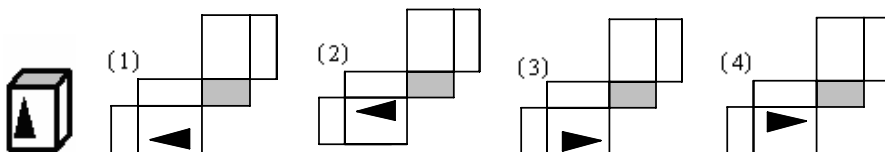
圖 12 二維部分二次展開題型範例

1. 答案選項依題目開口邊的情形摺合回去，再與題目項進行比對對，如有考慮圖案之比例關係者選 4；未考慮圖案之比例關係者選 2。
2. 答案選項依题目的箭頭方向摺合回去，再與題目項進行比對，所以選 1。
3. 直接以「心像展開」的方式進行解題，如有考慮圖案之比例關係者選 4；未考慮圖案之比例關係者選 2，所以答案選 2 或 4。
4. 認為圖形打開後，黑色打洞部分一定會連在一起。

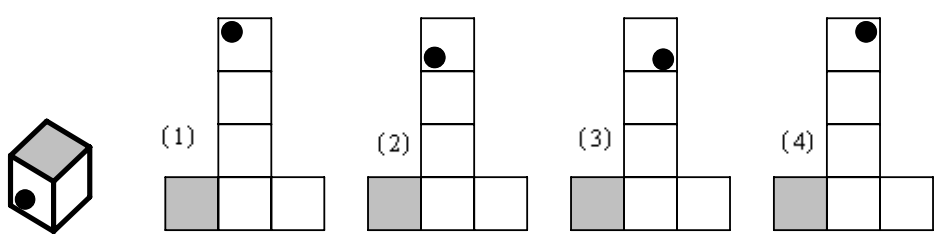
二維部分一次展開的解題策略中，學生多傾向於使用方法 1 及方法 2；但方法 2 中有摺合方向錯誤的迷思概念，除此之外，學生尚有方法 4 之迷思概念；至於二次展開部份除了上述之解題策略外，尚有第一次心像與第二次心像無法連貫的迷思。在此題型中，部分學生只做單向度考慮，則有答案選 2 的迷思，這正與林佳蓉（2004）之研究所提及之未考量圖形的大小或形狀而產生錯誤的解答，及吳明郁（2004）所指之做多向度轉換，學生易迷失方向一致。

(四) 三維展開部分策略

【試題六】黑色部分為打洞或剪下來，上底部分的外層圖上灰色，把盒子打開變成連在一起的一張紙，請問會變成哪一個圖形？(4)



【試題七】(3)



【試題八】小朋友，每個正方體或長方體都是由六個面組成的，請畫出正方體或長方體三種不同的展開圖，也就是你畫出來的圖形摺合起來可以摺成正方體或長方體的盒子。(你所畫出的圖案每一面大小要和題目中的一樣大。)

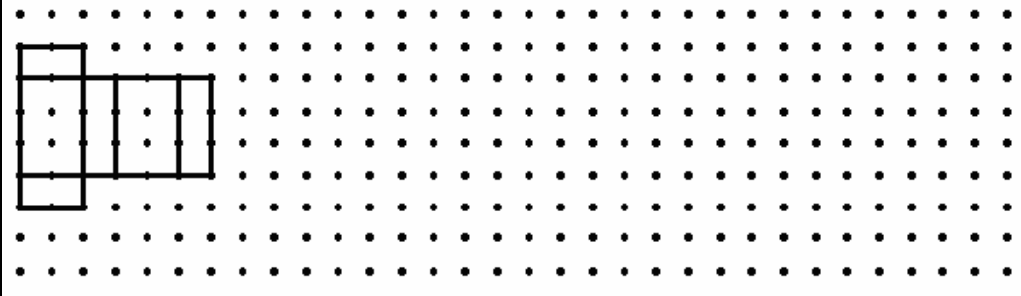


圖 13 三維展開題型範例

在三維展開的解題中，因學生較擅長以「摺合」的技巧從事解題，絕大部分的學童把各選項平面展開圖摺合後，再與最左邊立體圖對照，其策略包括三維摺合部分的方法 1 至方法 6；少數的學童則把立方體依展開圖的樣式一一予以展開，然後再與答案選項做比較。

至於迷思概念部份除了三維摺合部分的迷思概念外，在試題八中，學生尚有展開圖之面的個數少於六個、接合邊不一樣長及對應面大小或形狀不一樣的迷思。

綜合以上可知，學童不論在「展開」或在「摺合」部分的題目，絕大部分以「摺合」的技巧從事解題，其中又以某一面當基準面，然後對其他面一一進行向上摺合或向下摺合的技巧最常使用，除此之外，學童亦能善用立方體的基本性質或自己歸納出來的特性來幫助其解題，這與李琛玫（1996）、吳明郁（2004）、林佳蓉（2004）的圖形拆解及圖形摺合之解題策略相類似。另外，中、低數學學習成就者熟練於「摺合」方式，而高數學學習成就者則對「摺合」和「展開」二者較能運用自如。

六、教學後學童學習態度及空間能力轉變情形之分析

為瞭解學童空間能力轉變之情形，除了對「空間能力測驗」的前測、後測及延後測成績做量化的分析，就教學活動學習期間的想法、學習後的心得等資料亦做質性的分析，以下分別從學童在學習情意方面、教學後學童空間能力的轉變等方面做分析：

（一）教學活動實施中的各方面改變

在資訊科技融入立體展開圖課程的學習活動中，不論是智慧片之實物操作或是以電腦軟體對立方體圖形之操弄，學童都非常熱衷的參與活動，在與學童的晤談中也發現，學生比較喜歡實物操弄搭配電腦操作的學習方式，當他們在學習上遇到一些難題而無法解決時，學童會透過實物操作等方式找出問題的解答，有時為了快速驗證答案則以電腦操作滿足需求，甚至有些學生因為對電腦的喜愛，轉而對這個單元特別喜愛。

I001T：正方體長方體這個單元的課程你喜歡嗎？

I002S9：喜歡。

I003T：為什麼喜歡呢？

I004S9：因為有我喜歡的電腦。

I007T：這次的活動中有些是用智慧片操作，有些是用電腦操作，也有的是智慧片搭配電腦操作，請問哪一種方式你比較喜歡？

I008S17：三個都還蠻喜歡的。

I009T：那哪一種是你最喜歡的？

I010S17：有玩到智慧片，又有玩到電腦，讓我們比較會。

I011T：你覺得智慧片搭配電腦操作會讓你學的比較好，是嗎？

I012S17：對。

另外，在這次的教學活動中，學生的學習變得主動積極，有時下課鐘響而課程無法及時告一段落時，學童會要求等結果出來之後再下課。此外，在課堂中有疑問未解的情況時，學童會利用其他課程時偷偷把玩智慧片以完成解題工作，尤其是以 GSP 進行立方體二維平面和三維立體間的轉換學習時，學生會利用午休時間自主上機學習，而負責管理電腦教室的自治幹部也要求讓他們參與小組競賽，連平常一語不發的小瑀都能積極主動的參與並表達他的想法，下課時也會和其他同學相互討論，連空間能力測驗也非常認真的作答，同學們直誇他變得既聰

明又認真。

（二）教學後學童空間能力的轉變

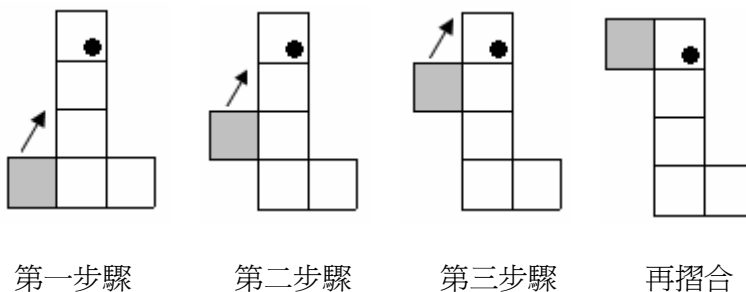
爲了進一步探究學童空間能力的轉變情形是否與空間能力課程的學習有關，研究者與全部的學童進行晤談，以探究其空間能力的轉變與課程學習的相關性。

研究者在晤談中發現，有些學童在未進行教學活動前，對空間能力測驗試題不知該如何下手解題，但經教學活動後能分辨正方體及長方體，同時也瞭解其點、線、面的基本性質及相關性；另外，學童們會以旋轉和翻轉的方式去操弄組合的圖形，並瞭解圖形在二維平面和三維立體間的變化情形，學童對單純的立方體摺合與展開活動已相當有把握的使用心像摺合，但對於具有圖案變化的立方體摺合和展開則比較沒有信心。

I095T：那妳在上正方體的課程以前和上課後做這些測驗，有沒有什麼不同的感覺？

I096S16：有！以前對圖形在合起來和打開時的變化方面我覺得很難，因為我想到上課時有玩智慧片和電腦，就覺得好想多了。

如果圖案面和基準面的距離很近，學童較能運用心像摺合以正確的觀察出二維平面和三維立體間的變化情形，如本文前之試題六的圖案面和基準面距離很近，其前測、後測及延後測的答對率分別爲 31%、46%、65%，；相反的，二者相距甚遠則很難正確回答出二維平面和三維立體間的變化關係，如試題七其前測、後測及延後測的答對率分別爲 8%、12% 及 23%，答對率不是很高，但有些學童在前測中雖答錯，卻在後測時已有概念的改變，其正確想法如下：把每個選項的灰色區塊依箭頭方向順時鐘旋轉 90 度，經過三次的旋轉後再摺合，並與左邊的立體圖案對照。



結果只有第三個選項把灰色區塊依箭頭方向順時鐘旋轉 90 度，經過三步驟

後再摺合，與左邊的立體圖案完全一致，所以答案是 3。

由上可知，學童在教學後空間能力均有進步的趨勢。當後測完不再進行相關課程時，學生會主動去電腦教室操作立方體摺合與展開的軟體，並且自行做小組競賽，由延測進步的幅度來看，學生自發性的電腦操作學習其成效亦非常良好。

綜合以上可知，教學活動實施後，學童對數學學習變得熱絡主動而且有信心，而在後測、延後測的成績亦有顯著的進步，這說明了學童在實驗課程中的空間能力學習具有立即性、保留性及延宕性的學習成效，同時由學生的解題策略可以發現，他們已從智慧片的實物操弄方式進步到電腦操作方式，最後再進化到心像的摺合與展開，空間技能的進步促使其學習更有興趣、更為主動也更有信心。Duval (2000) 認為需透過不同表徵之間的協調作用，才能完成數學概念的發展，所以本研究之實物操弄、電腦操作及心像操作三者交互使用可促進空間概念的形成。另外，De Lisi and Wolford (2002)、梁勇能 (2000)、黃哲男 (2002)、戴錦秀 (2002)、張綉真 (2003)、蘇琬淳 (2004) 等人認為以資訊科技融入教學中能提高學童的學習成效，這與本研究之結果是一致的；此外，郭文金 (1999) 等亦認為以資訊科技融入教學可以引起學生的學習動機，刺激學生的思考，而且學生學習起來會有非常濃厚的興趣。

七、教學後的省思

雖然教學活動對學童空間能力的學習具有立即、保留及延宕成效，但回顧與省思整個教學歷程，仍有些許部分是可以再力求改進的。以下分別從測驗工具的編製與施測、教學活動的設計及教學實施的歷程三方面來做檢討，期能提供給未來從事相關研究者之參考。

(一) 測驗工具的編製與施測

在「空間能力測驗」試題「展開部分」題型一中，有些選項圖案的形狀和大小變化不是很大（如本文試題五），如碰到想法正確但粗心大意的學生就無法測出其真正的實力，因此，試題的選項若只有一個向度的變化，建議變化要大一點。

另外「展開部分」有一題的立體圖形與範例完全一樣，許多學童誤認為二者之立方體既然完全一樣，所以不加思索的直接以例題的答案填入，結果無法測出學童的實際空間能力。

同時「展開部分」亦有一題型是請學生畫出正方體或長方體三種不同的展開圖，在後測中對已學過空間課程的學生來說是輕而易舉的，所以在後測時不妨在題目中多加一個限制，例如：答案中「1+4+1」的正方體展開圖類型最多只能畫

一個或二個，如此才更能看出學生對展開圖的理解程度。

除此之外，在前測、後測及延後測的測驗中，因為試題類型、題數、樣式都很類似，只有在摺紙方式、題目順序、選項題號方面做了調整而已，所以，學童在作答時，雖然不太確定這些是否都是相同的題目，但是他們對題型的說明、樣式卻都已瞭若指掌。因此，在後測及延後測部分有些學童的態度比較馬虎，所以未來出題時可以考慮把圖案樣式稍做修改，編製成題型、難易度極相似的二份試卷，如此學生才能專心謹慎的作答。

（二）教學活動的設計

因研究者任教之學校為全校六班之勇類學校，所以試教工作必需至鄰近學校的美麗國小進行，因時間的關係僅在試教前一星期至該校與學生做短暫的交流，以致於對學生不是很熟悉，再加上舟車勞頓，所以試教教學活動的進行更感吃力，如能在試教未進行之前，先對預試學生做更多的瞭解和接觸，則試教工作進行起來會更為順暢。

試教後再進行後測的結果發現，原本認為二維平面的摺合及展開方面學生應有很多的經驗，但事實上並非如此，所以在從事教學活動設計時需把學童的知識起點從零開始，如此才不會造成概念銜接落差很大的結果。

另外，從研究結果發現，這樣的教學活動設計方式確實能引起學童的學習動機，學習成效亦十分良好，但長方體部分無法以智慧片操弄而改用硬紙板代替，其操作之方便性不及智慧片，所以學習時無法達到預期的效果，如能發明長方形的智慧片或其他更方便的代替品，則長方體摺合或展開方面的教學活動會更為方便順暢。

教學後分析教學活動內容發現，摺合部分所佔之比例較多，因展開部分之教學難度高，所以在設計教學活動時需花更多的心力，如此才能提高學生在該部分的學習成效。另外，活動中立方體的方位用語常會使用前、後、左、右、上、下等方位語，其中前、後的定義方式因人而異，所以改成用正面及背面來說明方位，則能統一學生的方位表達。

除此之外，從本研究所使用的電腦軟體分析得知，其立方體的摺合為以某一面當底，其他面往上摺合的方式；如能把摺合的方式再增加往下摺合的設計，則學童之思維方式會更為靈活，空間能力的建構將更為健全。

（三）教學實施的歷程

在整個教學活動實施的歷程中，雖然差強人意，但有些許部分可再增強，以下即從教學準備、教學流程二方面進行剖析。

1. 教學準備

研究中所使用的智慧片是費了很大的功夫才借到和找到的，而且該項教具屬外國的專利，如欲購置使用其成本太高，若能以生活中較易獲得的材料作為操弄的教具，或許能發揮更大的教學效果。

為了讓學生體會立方體的摺合與展開，同時觀察其圖案面在三維立體和二維平面間的轉變情形，研究者以 GSP 程式設計正方體的 11 種展開圖，因為時間的關係，長方體展開圖也只設計 11 種供學生操弄，如能結合其他老師的力量共同分攤教學軟體設計的工作，把設計出來的教學軟體放置在一個教學平台上共同使用，不但可節省教學軟體設計所付出的時間，同時能產生最大的效用。有些老師或許會認為自己的能力較差，設計出來的教學軟體也不是很成熟，所以不敢把教學軟體放置在平台上，其實任何一個軟體沒有十全十美的，提供出來之後自然會志同道合的人與您共同修改程式，說不定因您的拋磚引玉而成就出一個具有非常水準的教學軟體。

2. 教學流程

整個教學活動以實物操弄搭配電腦軟體操作的方式進行，其中所使用的 GSP 程式學生從未操作過，雖然在課程進行前已做數小時的教學練習，但因時間倉卒，學生對此程式仍不是很熟悉，以致於電腦操作的時間稍嫌不足，所以學生未接觸過的軟體，最好多花一點時間讓其先熟悉再運用。

為了解決電腦操作時間不夠的限制，研究者把電腦教學軟體製作成每生一份的光碟片，供其利用課餘時間進行操弄，因學童生活在郊區，且家長之學經歷不是很高，所以學生家中並不是每人皆有電腦可供操作，由延後測成績與後測成績比較後發現，雖然後測完成後未再進行相關的教學活動，但家中有電腦可供操作的學生，其延後測成績仍有持續進步的情形，所以學生操弄電腦軟體並不一定要在課堂中實施，教師亦可提供教學光碟片供學童在其他課餘時間自行操弄，如此不但可以訓練學生自動自發的學習，同時亦可節省上課的時間。

另外，郊區學生在教學活動中參與發表的意願通常都比較低，為了激發其熱烈參與的意願，研究者採小組合作競賽的方式進行，以抽籤的方式決定哪一組先提出答案，答對者就能獲得一分，所以先回答的人當然愈容易提出正確答案，愈後面被抽到的人其困難度就愈高，為了更增強學生參與的意願，下回可再修訂競賽規則，被抽中又答對的那一組可獲得二分，而未被抽中也能提出正確答案的那一組則得一分，如此一來，學生會更積極的事先準備答案。

伍、結論與建議

一、結論

分析研究結果可以得知：

（一）教學前學童的空間能力分析

1. 學童在前測中「摺合部分」的成績表現優於「展開部分」的表現，而且「二維部分」的成績比「三維部分」的成績高。
2. 學童在前測中的平均成績表現是隨著數學學習成就的提昇而增加，而且高成就組和低成就組、中成就組和低成就組間的表現達到統計學上的顯著性。
3. 男、女學童在前測中的平均成績表現並未達到統計上的顯著性差異。

（二）教學後學童的空間能力及轉變情形

1. 研究課程的教學活動對全體學童、不同數學學習成就及不同性別的學童同樣具有良好的立即成效、保留成效及延宕成效。
2. 教學活動後，學童能分辨正方體及長方體，並瞭解其點、線、面的基本性質，同時他們也發現展開圖最多只能四個面連成一排，超過四個連成一排的或是田字型的組合，一定不是立方體的展開圖，至於展開圖的難易度來說，「1+4+1」的組合，即中間四片，二邊各一片的組合，是最容易拆解或是摺合的；其次是中間為三片的組合方式；而「3+3」、「2+2+2」階梯形狀的展開圖是讓他們最感困難的。
3. 學生會自己主動學習，對於數學的挑戰不再那麼害怕，同時也發現到數學的可愛之處。
4. 學童的解題操作方式從實物操弄、電腦軟體操作進化至心像操作；至於遇上需使用較複雜思考的問題時，有些學童會以某些特性來簡化其思考或做地毯式的搜索，以完成其解題任務。

（三）學童的解題策略

在解題策略中學童最常使用之空間能力技巧為「摺合」，所以不論在「展開部分」或是在「摺合部分」的題目，絕大多數的學生都會以「摺合」的技巧從事解題。而二維摺合部分的解題策略中，學生多傾向於使用「摺疊」方式的想像，其次為使用「位置」方式的想像。三維摺合部分的解題策略中，學生先以立方體的基本性質或自己歸納出來的特性作判斷，其次以某一面當基準，再將其他的面逐

一往上或往下摺合以進行比較。

二、建議

（一）對課程設計的建議

1. 空間能力課程設計時需從實物操弄開始，繼而電腦操作，最後達到心像操作的最高境界。

2. 課程設計應從小學一年級開始，往後的各年級也要平均分配課程份量。另外，內容不應只聚焦在幾何形體的辨識及性質、關係的理解而已，同時要強調展開圖存在於二維平面與三維立體之間的變化歷程，以增加學童的空間經驗。

（二）對空間能力測驗工具的建議

1. 空間能力試題的選項變化最好只有一個向度，而且各選項之間的差異不要太小，如此才能找出我們所要察覺的空間能力影響因素。

2. 例題與正式試題之立方體圖形變化要差遠一點，如此才能避免學生認為「圖形相似，所以答案也一樣」的迷思概念。

3. 編製試卷時盡量用圖形表示而少用文字敘述，至於空間能力測驗時需注意到哪些學童的語文能力無法看懂題目，爲了這些學童需採取特別的措施使其方便作答，如此才能測出其真正的空間能力狀況。

（三）對教學活動的建議

試教或實驗班級的學生在未開始進行測驗及教學之前需多利用時間與其接觸，以培養彼此之間的感情和默契，使試教活動能順暢進行。

（四）對未來研究的建議

1. 有圖案 3D 物件之展開與其 2D 平面圖摺合之間轉換可針對高年級學童進一步探討。

2. 未來研究可擴大母群體，期盼能更深入的探究不同地區或是不同學習階段學童的空間能力學習成效。

3. 運用不等組前、後測設計方式進行學童空間能力學習成效之比較。

4. 探討影響學童空間能力之多元因子。

5. 進一步探討學童空間能力學習歷程。

參考文獻

- 余鄺惠（2003）。高雄市高職學生運用 GSP 軟體學習三角函數成效之研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文，未出版，高雄。
- 吳明郁（2004）。國小四年級學童空間能力學習的研究：以立體幾何展開圖為例。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 吳鳳萍（2002）。探討動態幾何軟體活動設計對國小五年級學童在面積學習成效方面的影響。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 李琛玫（1996）。資優生空間能力之相關研究。資優教育季刊，59，21-24。
- 林秀娟（1993）。動態評量結合試題反應理論在空間視覺學習潛能評量之研究。國立台灣師範大學教育與心理研究所碩士論文，未出版，台北。
- 林佳蓉（2004）。國小二年級學童空間能力學習之研究。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 林明錚（1999）。知型態對國小學生在資訊擷取能力、空間能力影響之探索研究。國立台灣師範大學工業教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 林星秀（2001）。高雄市國二函數課程 GSP 輔助教學成效之研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文，未出版，高雄。
- 張麗芬（1988）。兒童空間認知能力發展之研究。國立政治大學教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 張綉真（2003）。引導數學低成就兒童解題之電腦輔助學習系統。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 教育部（1994）。國民小學課程標準。台北：台傑國際文化。
- 教育部（2001）。國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北：教育部。
- 梁勇能（2000）。在動態幾何環境下國二學生空間能力學習之研究。國立台灣師範大學數學研究所數學教育組碩士論文，未出版，台北。
- 許民陽、鄧國雄、卓娟秀、李崑山、殷炯盛（1994）。國小學童對方向及位置兩空間概念認知發展的研究。台北市立師範學院學報，25（6），91-120。
- 郭文金（1999）。國小五年級學生運用電腦軟體 GSP 學習比例問題成效之研究。國立高雄師範大學數學研究所碩士論文，未出版，高雄。
- 陳鈺玲、胡立霞、張玉佩、詹明霞（1995）。台北地區資優班與普通班兒童空間認知能力差異之研究。傳習，13（4），1-13。
- 陳鎮潦（2003）。高工製圖科學生學習立體圖與提昇空間能力相關之相關研究。國立彰化師範大學工業教育研究所碩士論文，未出版，彰化。
- 曾錦達（1984）。電腦輔助教學在高中數學物理實施課後輔導之研究。國立台灣師範大學教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 黃哲男（2002）。於動態幾何環境下國中生動態心像建構與幾何推理之研究。國立台灣師

- 範大學數學研究所碩士論文，未出版，台北。
- 蔣家唐（1995）。**視覺空間認知能力向度分析暨數學—語文資優生視覺空間認知能力差異研究**。國立彰化師範大學特殊教育學系學術論文，未出版，彰化。
- 戴錦秀（2002）。**國小五年級學生使用電腦軟體 GSP 學習三角形面積成效之研究**。國立高雄師範大學數學系碩士論文，未出版，高雄。
- 簡慶郎（2001）。**學習正投影對提高工學生空間能力之研究**。國立台灣師範大學工業教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 蘇琬淳（2004）。**資訊科技融入國小五年級數學教學成效之研究—以面積與周長為例**。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in highschool geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21 (1), 47-60.
- Bishop, A. J. (1989). Review of research on visualization in mathematics education. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11 (1), 7-16.
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.420-464). New York: MacMillan.
- De Lisi, R., & Wolford, J. L. (2002). Improving children's mental rotation accuracy with computer game playing. *Journal of Genetic Psychology*, 163 (3), 272-282.
- Duval, R. (2000). Basic issues for research in mathematics education. *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the PME* (Vol. 1, pp.55-69). Hiroshima: Hiroshima University.
- Fennema, E., & Sherman, J. (1977). Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factor. *American Educational Research Journal*, 14 (1), 51-71.
- Fletcher, J. D., & Atkinson, R. C. (1972). Evaluation of the standard CAI program in initial reading. *Journal of Educational Psychology*, 63 (6), 597-602.
- Gershman, J., & Sakamoto, E. (1981). Computer-assisted remediation and evaluation: A CAI project for Ontario secondary schools. *Educational Technology*, 21 (3), 40-43.
- Guay, R. B., & McDaniel, E. D. (1977). The relationship between mathematics achievement and spatial abilities among elementary school children. *Journal for Research in Mathematics Education*, 8, 211-215.
- Linn, M.C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial ability: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influence. *Psychological Bulletin*, 86 (5), 889-918.
- Mitchell C. E., & Burton G. R. (1984). Developing spatial ability in young children. *School Science and Mathematics*, 84 (5), 395-405.

- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Seng, S., & Chan, B. (2000). *Spatial ability and mathematical performance: Gender differences in an Elementary school*. ERIC/SMEAC. (ERIC No. ED438937)
- Wheatley, G. H. (1990). Spatial sense and mathematics learning. *Arithmetic Teacher*, 37 (6), 10-11.

A Study of Integrating Information Technology into Solid Net Course for Fourth Graders

Chun-Lien Wei & Kaung-Hsung Chen*

ABSTRACT

The purpose of this paper by integrating IT into solid net course is to explore the learning effect on the spatial abilities of fourth graders. The research adopts the approach of pre-test and post-test of singular group of quasi-experimental design. The subjects of this study consist 26 students of fourth graders. The performance of those students in pre-test, post-test and follow-up test, the transcript of lesson plans, the in-depth interviews and teaching introspection are used as the sources for data collection. The data are analyzed both by means of quality and quantity.

The results of this study are listed in the following.

1. The performance of spatial ability of students who have middle or higher mathematical achievement is significantly better than that of the students who have lower mathematical achievement.
2. The performance of spatial ability in relation to gender shows no significant difference.
3. The performance of spatial ability in folding part is better than that of the developing part for students. Besides, the score of the two-dimensional part is better than that of the three- dimensional part.
4. The experimental course shows positive, instant, reserved and retained effects on improving spatial ability learning of students.
5. The teaching method of experimental course can facilitate the understanding for those students, deepen the impression of curriculum and make students to be more interested in related study.

Finally, some suggestions are offered to improve teaching material and pedagogy in mathematics as well as some recommendations for future researches.

* Chun-Lien Wei: Teacher, Jaw-Dong Elementary School, Xinzhu County
Kaung-Hsung Chen: Associate Professor, Department of Mathematics and Information Education, National Taipei University of Education

Key words: spatial ability, solid net, learning effect