

在動態視覺化電腦設計環境中學習廣義三角函

數之成效研究

謝哲仁*、鄭志明**

摘要

本文利用電子幾何板 (Geometer's Sketchpad, GSP) 設計可操作動態視覺化電腦環境來學習廣義的三角函數，目的在探究這樣創新的設計其學習成效如何。經過六個單元的教學實驗後，實驗組的學生比較對照組的學生，在數學學習成就上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的學生其學習成就的表現，不僅在後測的平均成績上優於接受「傳統講述式教學」的學生，而且前後測之間的成績也進步的比較多；在數學學習態度上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的學生其學習態度呈現正成長，然而，接受「傳統講述式教學」的學生其學習態度卻呈現負成長。

關鍵詞: 三角函數、電腦輔助學習

* 美和技術學院財稅系副教授

** 高市中正高中數學教師

壹、動機與目的

一、三角函數

埃及金字塔的高度測量，天文學中的觀測，砲彈的射程，到精確地圖的誕生，全都脫離不了數學的三角函數。其實，三角函數與實際生活是密不可分的。綜觀整個高中數學課程，三角函數佔有相當的份量，然而大部分的學生在這個單元的學習頗感困難，且其成就評量亦低。黃純杏(2001)的研究就特別指出，學生在學習三角函數的整個過程中，在廣義角三角函數單元中所發生的錯誤與障礙最多，導致其後來相關單元學習出現困難。其實早在『古埃及金字塔的建築』、『美索不達米亞，巴比倫時期的天文觀測』、『古希臘利用日晷影長計時』等事情上，人們就已經有了「正弦」、「餘弦」、「正切」、「餘切」、「正割」、「餘割」這六個比值的想法，但是將這六個比值視為角度的函數，則是由阿拉伯人開始的。至於「 $\sin \theta$ 」、「 $\cos \theta$ 」、「 $\tan \theta$ 」、「 $\cot \theta$ 」、「 $\sec \theta$ 」、「 $\csc \theta$ 」這六個函數的粉墨登場，則是十五、六世紀以後的事情了。

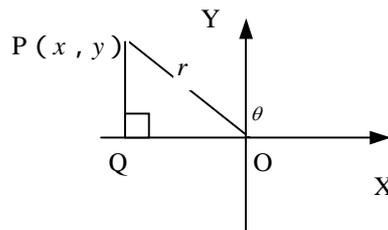
三角函數概念的本質，涉及到比值的意義、角的大小、點的座標、距離公式、相似三角形和函數的概念等先備知識。而操作性模型是廣義角三角函數的一個重要的概念表徵，國內的教科書都是利用操作性模型引進廣義角三角函數的定義，其幾何操作型定義的步驟如下：

設角 θ 為一廣義角，

- (1) 將角 θ 的頂點放在原點上，將其始邊放在 X 軸的正向上(標準位置角)。
- (2) 在其終邊上任取一點 P，假設其座標為 (x, y) 。
- (3) 由點 P 向 X 軸作垂線，令其垂足為 Q (OPQ 為一直角三角形)。

(4) $\overline{OP} = \text{斜邊} = r$ ，恆為正。

(5) $\sin \theta = \frac{y}{r}$ ， $\cos \theta = \frac{x}{r}$ 。



從數學結構的角度來看，狹義的銳角三角函數和廣義角這片段的觀念知識都是附屬在整個廣義角三角函數的觀念體系中。雖然廣義角三角函數的定義完全取決於坐標平面上 x 、 y 、 r 這三個數的比值上，有別於之前銳角三角函數的學習經驗：利用直角三角形的斜邊、對邊、鄰邊三個邊長的比值來定義。但在其操作模型中呈現的視覺影像，正是學生較不陌生的銳角直角三角函數。因此銳角三角函數的觀念，就有可能帶給學生正面或負面的影響。

然而受限於目前教科書所提供之靜態的課程，學生很難去感受到三角函數本身就有的動態感覺，例如： $\sin \theta$ ，其中的 θ 是 10° 、 20° 、 30° ，這種需要不斷地代入不同的角度，才能得到結果，卻受限於計算的方法、測量的工具、所需的時間，因此無法對其計算的行動有所領悟，進而比較、分析前後結果的

差異；也是因為如此，在學生的認知上，三角函數只停留在 θ 是特殊角直角三角形的邊角關係。殊不知，當 $\theta \geq 90^\circ$ 時，三角函數已經必須使用廣義角三角函數的定義將之推廣，另外，角度的細分，例如角分、角秒，甚至是負角（有向角）引入三角函數的情形，學生就更難想像，好像這些情形下的計算結果是憑空而降一樣，一點都無法和舊有習得的觀念做聯結。

根據黃純杏（2001）的研究指出：學生在廣義角三角函數部分的錯誤類型有：

- (一) 三角函數基本定義錯誤
- (二) 三角函數值錯誤
- (三) 各三角函數值範圍錯誤
- (四) 其他錯誤類型

而學生在廣義角的三角函數之運算的錯誤原因為：

- (一) 因概念不清產生的錯誤
- (二) 對圖形的錯覺
- (三) 題目數字的影響
- (四) 受先前學習過的知識或本單元學習經驗影響作錯誤的推論
- (五) 誤譯語文
- (六) 其他錯誤

本文則希望能針對上述學生的錯誤類型與錯誤發生原因，設計出動態且能從銳角過渡到廣義的可操作的三角函數新教材，並且探究這樣創新的設計其學習成效如何。

貳、文獻探討

一、科技與數學

美國數學教師協會（National Council of Teachers of Mathematics，簡稱 NCTM）於 1983 年就提出建議，所有各級的教師為了教導數學技能與概念，而讓學生達到有效的學習，都應該使用科技的工具。NCTM 於 1989 年的「學校數學課程與評量標準」（Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics, 1989）更是宣達這樣的觀點。Schultz（1990）加以闡述，認為要達到 NCTM 所提之學校數學課程標準，教師應該要在適當的時機，使用具體的、視覺化的模型如電腦來進行教學，促進學生概念的學習。而國內的許多學者亦認為電腦輔助教學是突破我國傳統班級教學，順應學生個別差異，提高教學品質的有效途徑之一（陳英娥，1992；陳明仁，1991；吳健雄，1983）。

依據九年一貫新課程之精神，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。教師應懂得利用電腦來協助教學，讓教學結合科技，使資訊科技融入各科教學活動中，改變教學方式，創新知識傳授的新途徑（溫明正，2000）。若能充分利用電腦科技來輔助學習、佈置

問題情境，將有助於使抽象概念具體化，讓教學更生動、讓學生更容易學習(林甘敏，1999)。

二、電子幾何板

市場上，雖然有各式的數學軟體，例如統計的 SAS、SPSS，代數的 Maple、Mathematica，數值運算的 Mathlab，提供試算功能的 Excel，繪製函數圖形的 Equation Grapher 等等。但數學教師要將這些軟體熟練地併入到教學當中並不是一件很容易的事；而這些軟體都是目的取向 (goal oriented) 的工具軟體，亦即當使用者輸入所具備的資料格式時 (input)，軟體回應可能的結果 (outcome)，中間似乎忽略了數學教學原理中所需之過程 (process) 的學習 (謝哲仁，2000)。再者，這些軟體的版權問題、價位問題以及中文化的問題，都讓有興趣於引進電腦來輔助教學的老師感到遲疑，更何況數學的學習涵蓋數值的、代數的、圖形的以及語意的各種表徵 (representation) 之交互作用 (Kaput, 1992)。

The Geometer's Sketchpad 動態幾何繪圖軟體 (以下簡稱 GSP) 是一個允許使用者建構、操作幾何基本圖形的工具環境 (全任重，1996；林保平，1996、1997)。GSP 具有尺規作圖、動態連續變換、保持結構、特殊即一般、提供數字資料及記錄作圖過程等特質，因此，GSP 不只能提供精確的幾何圖形，而且能協助教師提供方便操作、易於探討圖形性質的教學及學習環境，讓學生可以學習從觀察、實驗、猜測、歸納動態連續變換的圖形中不變的性質 (林保平，1996)。

有越來越多的學者致力於從事電腦 GSP 輔助教學的研究。以下將戴錦秀「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」、林星秀「高雄市國二函數課程 GSP 輔助教學成效之研究」、余麗惠「高雄市高職學生運用電腦軟體學習三角函數成效之研究」與本研究之研究設計作一比較，整理成表 2-2 如下：

表 2-2 GSP 電腦輔助教學成效相關研究之研究設計比較表

研究人	戴錦秀的研究	林星秀的研究	余麗惠的研究
研究對象	國小五年級	國中二年級	高職二年級
研究樣本數	實驗組：16 人 控制組：16 人	實驗組：27 人 控制組：29 人	實驗組：30 人 控制組：32 人
研究時間	一週 (共六節課)	三週 (五節用 GSP)	二週 (七節用 GSP)
GSP 教材	自行設計	自行設計	自行設計
研究方法	等組前測 - 後測	不等組前測 - 後測	不等組前測 - 後測
控制組	傳統講述式教學	傳統講述式教學	傳統講述式教學

而其研究結果作一概略的比較，整理成表 2-3 如下：

表 2-3 GSP 電腦輔助教學成效相關研究之研究結果比較表

研究 者 項 目	戴錦秀	林星秀	余麗惠
整體學習成就	有	無	無
高分群學習成就	無	有	無
中分群學習成就	有	有	無
低分群學習成就	無	無	有
整體學習態度	/	無	/

有:表示顯著 無:表示無顯著

戴的研究是三角形的面積，而林的研究側重在函數的表徵和轉譯，余的研究則以高職為對象，與本研究的屬性和對象有所不同。現今雖有不少教師從事 GSP 相關的教學活動設計，但大部分仍集中在視覺的幾何探索，然而就其他領域知識，仍有待努力開發。而融入認知心理 (cognitive psychology) 的電腦設計，就更少被重視，如比值的本質是兩變數的共變性 (covariation)。另外，大部分現有的課程設計或電腦軟體教材設計，雖輔以圖形的展現，但缺乏直接以動態模擬或可利用滑鼠直接操控獨立變數的圖形物件，視覺及記錄變動的情形，然而這樣的共變實作經驗將有助於形成更有力的心像 (image)。如果從這些觀點出發，目前的電腦設計是很有提升的空間，值得再努力的(謝哲仁, 2000; 2002)。

參、研究方法

本研究的主要目的，是針對高一學生使用「GSP 電腦輔助教學」與「傳統講述式教學」在學習廣義角三角函數單元的成效與學習態度之改變，並探討實驗組學生進行「GSP 電腦輔助教學」後的態度及反應。

為了達到上述目的，並考量實際的研究限制，本研究採用「準實驗研究法」，將研究對象分為兩組（分別為實驗組和控制組），藉由相關的文獻探討來進行設計全新的「GSP 電腦輔助教學」之教材，以對實驗組的學生進行教學實驗。

在分析方面，本研究兼採量和質的研究方法。在量的分析方面，同時對兩

組學生進行廣義角三角函數成就前後測驗及延後測驗、數學學習態度量表前後測驗，並運用統計方法研究資料；在質的研究方面，實驗組學生在每一節的學習中需完成學習日誌，並於整體教學實驗結束後，進行「學生對『使用 GSP 電腦輔助教學』態度之回饋問卷」調查，並對實驗組的高、中、低分組學生隨機抽取各一名進行個別訪談，期望能以量化和質性研究並進的方式使研究臻於完善。

一、研究設計

本實驗設計考量到無法隨機分派受試者到實驗組或控制組，且受限於時間、電腦教室的排課使用、實驗班級的教學進度，又為了避免影響日常的教學活動，因此採用「準實驗研究法」。實驗學校高中一年級採常態編班制，研究者評估任教班級的狀況後，指派一般為實驗組，一班為控制組，並對實驗組學生進行『使用 GSP 電腦輔助教學』的教學實驗。準實驗研究設計是採「不等組前測 - 後測 - 延後測設計」，其設計模式如下：

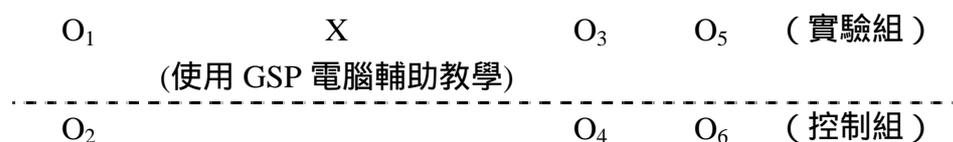


圖 3-1 實驗設計圖

實驗設計主要包括下列六個步驟：

- (一) 以非隨機分派的方式將受試班級分為實驗組及控制組。
- (二) 實驗處理前，兩組均接受「廣義角三角函數成就測驗前測」和「數學學習態度量表前測」。(O₁, O₂)
- (三) 實驗組接受 GSP 電腦輔助教學的實驗處理 (X)，而控制組則否。
- (四) 實驗處理後，兩組均接受「廣義角三角函數成就測驗後測」和「數學學習態度量表後測」。(O₃, O₄)
- (五) 實驗處理後，實驗組接受「學生對『使用 GSP 電腦輔助教學』態度之回饋問卷」，而控制組則否。
- (六) 後測兩週後，兩組均接受「廣義角三角函數成就測驗延後測」。(O₅, O₆)

下表 3-1 為研究實驗變項表，茲針對各變項做詳細說明如下：

表 3-1 研究實驗變項表

控制變項	自變項 (教學方法)	依變項 (學習成效)
(一)起點行為 (二)教學時數 (三)教學進度 (四)教材內容 (五)教學者	實驗組 (使用 GSP 電腦輔助教學)	(一)廣義角三角函數單元的學習成就 (二)數學學習態度
	控制組 (傳統講述式教學)	

(一) 控制變項：

1. 起點行為：由前四次段考數學成績、廣義角三角函數成就測驗前測、數學學習態度量表前測的獨立樣本 t 考驗均未達到顯著，可推論兩組的起點行為相同。
2. 教學時數：兩組皆為六節課。
3. 教學進度：兩組教學進度每節皆相同。
4. 教材內容：兩組皆為高一數學第二冊(龍騰版)第二章第二節廣義角三角函數單元。
5. 教學者：兩組皆為第二研究者進行教學。教學者為臺灣師範大學數學系 86 級畢業生，且為登記合格之中學數學教師，具 4 年數學科實際教學經驗，目前於高雄師範大學數學教學碩士班進修中，對 GSP 電腦輔助教學具有高度興趣。

(二) 自變項：

1. 實驗組：使用 GSP 電腦輔助教學係指在 6 堂數學課中，教師在電腦教室進行 GSP 電腦輔助教學。
2. 控制組：傳統講述式教學係指在 6 堂數學課中，教師採用傳統教師講、學生聽的方式進行教學。

(三) 依變項：

1. 廣義角三角函數單元的學習成就：係指受試者在研究者所自編之「廣義角三角函數成就測驗」的後測及延後測得分。
2. 數學學習態度：係指受試者在研究者所採用林星秀(2001)自編之「數學學習態度量表」的後測得分。

二、研究對象

正式研究樣本取自高雄市某完全中學之高中部一年級學生，為避免影響學校行政並考量研究調查及實驗教學執行之方便，因此採用便利抽樣(convenience sampling)，將第二研究者所任教之一一年級兩班共 79 位學生作為正式研究樣本。

以隨機方式指派其中一班為實驗組，另一班為控制組。

為彌補方便抽樣所造成的樣本偏差，研究者事先蒐集了研究對象的各種相關資料，以下就各項資料加以解釋分析：

(一) 母群體

實驗學校為高雄市某完全中學，其高中部一年級有 11 班（內含一班體育班），二年級有 11 班（內含一班體育班），三年級有 11 班（內含一班體育班），高中部合計 33 班，加上國中部共 46 班，全校合計為 79 班，學生總數約為 3800 人，屬於中型學校。高中部一年級採常態編班，二、三年級則依照學生自由選組意願的原則下，實施分組編班（分為一、二、三類組）。實驗學校在高雄市各高中之排名約略為中上順位。

(二) 研究樣本的背景

一般而言，實驗研究的樣本每一組至少應有 15 名(黃光雄、簡茂發,1998)。本研究之實驗組有 40 人(男生 22 人，女生 18 人)，而控制組則為 39 人(男生 22 人，女生 17 人)。

(三) 研究樣本的起點行為

研究前，先蒐集研究樣本學生從高一上到高一下實驗前，共四次段考數學科成績，統計如表 3-2，並將兩組的平均成績繪製成圖 3-2，得知實驗組與控制組四次段考平均分數的差異平均約為 0.63 分(控制組優於實驗組)：

表 3-2 實驗組與控制組學生前四次段考數學科平均成績

單位：分

段考	一年級上學期			一年級下學期	四次平均
	第一次	第二次	第三次	第一次	
實驗組	40.55	43.48	65.05	59.35	52.11
控制組	40.41	43.89	65.82	60.82	52.73
差異(實 - 控)	0.14	- 0.41	- 0.77	- 1.47	-0.63

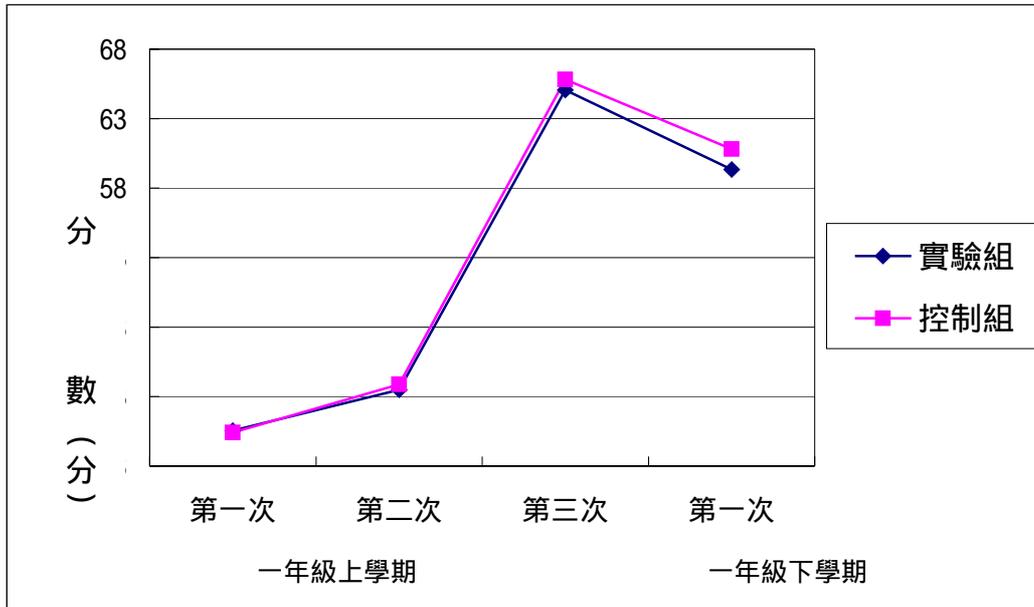


圖 3-2 兩組學生前四次段考數學科平均成績折線圖

再將前四次段考數學科成績及其他資料的平均成績，整理成表 3-3。

表 3-3 實驗組與控制組學生之起點行為比較表

單位：分

起點行為(平均成績)	實驗組	控制組
前四次段考數學成績	52.11	52.74
廣義角三角函數成就測驗前測	2.40	2.36
數學學習態度量表前測	107.83	104.64

透過表 3-3 所列三項資料，檢定研究樣本的起點行為是否相同。各項目的觀察值皆符合常態、獨立、變異數同質性等三項基本假設，且獨立樣本僅分兩組，因此分別採用獨立樣本 t 考驗，檢定實驗組和控制組在前四次段考成績 (t 值 = - 0.213, $p = 0.832 > 0.05$) 廣義角三角函數成就測驗前測 (t 值 = - 0.042, $p = 0.966 > 0.05$) 數學學習態度量表前測 (t 值 = - 1.086, $p = 0.281 > 0.05$) 三個項目的差異，均未達到顯著。因此，雖然因為實際狀況考量而未能隨機選取受試者，理論上需視實驗組與控制組是起點行為不相等的團體，但在統計考驗上，則認為兩組在這三個研究變項中，為起點行為無顯著差異的相似團體。

(四) 研究樣本的分群

為了觀察使用 GSP 電腦輔助教學對不同層次學生的影響，利用前四次段考數學平均成績將實驗組與控制組學生加以分群，得到高、中、低三個群組，實驗組之高、中、低三個群組分別為 14、13、13 人，控制組則均為 13 人，將資料整理成表 3-4。

表 3-4 實驗組與控制組高、中、低分群學生前四次段考數學平均成績 單位：分

前四次段考數學平均分數	高分群	中分群	低分群
實驗組	67.05	53.40	34.71
控制組	65.37	52.10	40.75

評估此一分群方法，因為兩組皆符合常態、獨立、變異數同質性等三項基本假設，故經由單因子變異數分析考驗後，實驗組之 F 值 = 116.074 ($p < 0.05$)，控制組之 F 值 = 61.6029 ($p < 0.05$)，顯示實驗組與控制組的高、中、低分群，都達到統計上的顯著性。再經過 Scheffe 法作事後比較，得知差異的部分在高、中分群；高、低分群；及中、低分群之間皆存在，因此這樣的分群方式可以區分出高、中、低分群學生，以作為實驗組與控制組學生配對比較之參考。

三、研究工具

本研究的研究工具除了有 DV (數位錄影機)、數位錄音筆、數位相機以求能詳實記錄上課情形之外，另有電腦輔助教學環境、自編之 GSP 電腦輔助教學教材、廣義角三角函數成就測驗、數學學習態度量表。茲分述如下：

(一) 電腦輔助教學環境：

本研究以第二作者所任教學校的電腦教室微電腦輔助教學地點。實驗學校電腦教室配備有 P-4 等級的電腦 46 台，其中可正常使用的有 44 台，所以每位學生都可以自己使用一台電腦，每台電腦皆含有 Windows98 的視窗環境，並且已經安裝好 GSP 軟體。

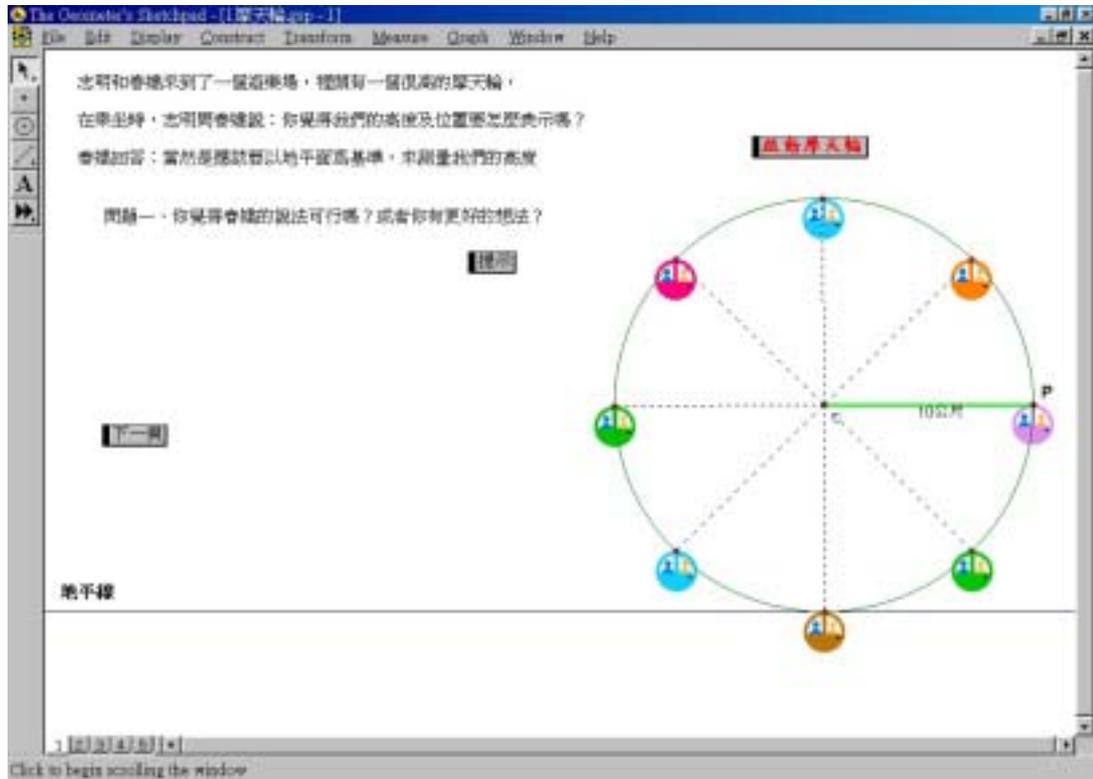
每次上課學生自行到電腦教室就位，在上課過程中，教師可先藉由教師用電腦的群廣系統來示範如何操作檔案，亦可將某位同學的畫面播放至每個學生的電腦上；學生可透過網路芳鄰至教師用電腦裡抓取上課所需的 GSP 教材檔案，在看過教師的示範之後，可自行操弄檔案中的物件，進行學習活動。

(二) 自編之 GSP 電腦輔助教學教材

本文所建構之 GSP 電腦輔助教學教材，係參考高一數學教科書(龍騰版)(2002)及教師手冊(2002)所編製而成一可操作動態視覺化學習環境。考量教學進度，將教材內容分為以下五大主題：摩天輪、廣義角三角函數的定義、求解例題、三角函數的正負、各種角的關係式。並利用 GSP 軟體設計了七個「可操作動態視覺化學習環境」檔案，各主題中呈現廣義角三角函數之不同表徵形式並強調表徵間之連結與轉譯，允許學生反覆操作範例中之各項物件，也可以自由更改範例中之數值資料，並可透過該情境得到立即回饋，情境中動態模擬的圖形變化也伴隨著文字、數值、表格的變化，來強調不同表徵間之連結與轉譯。茲詳述五大主題教材設計特色如下：

1. 主題呈現時，從生活中實際的情境引入：教材中除了以文字敘述方式呈現該情境的描述外，並藉由明顯的視覺刺激，試圖讓學生感受到與生活經驗類似的情境，並儘可能的保留實際情境中能夠自由操作或控制的物件；為

使學生經由主題中的情境來學習，且能夠自行探索、歸納並建構出廣義角三角函數基本的概念知識，研究者也將實際情境中與概念無關的變項排除，避免分散學生學習時的注意力，造成干擾。



2. 自由操弄，自行探索、建構：每一個檔案均含數個分頁，學生可依照自己的學習情況，自由決定學習路徑，直線前進或反覆查看等等。也可以自行決定在每個分頁停留操弄的時間，希望學生能自行探索，歸納建構出廣義角三角函數的基本概念。

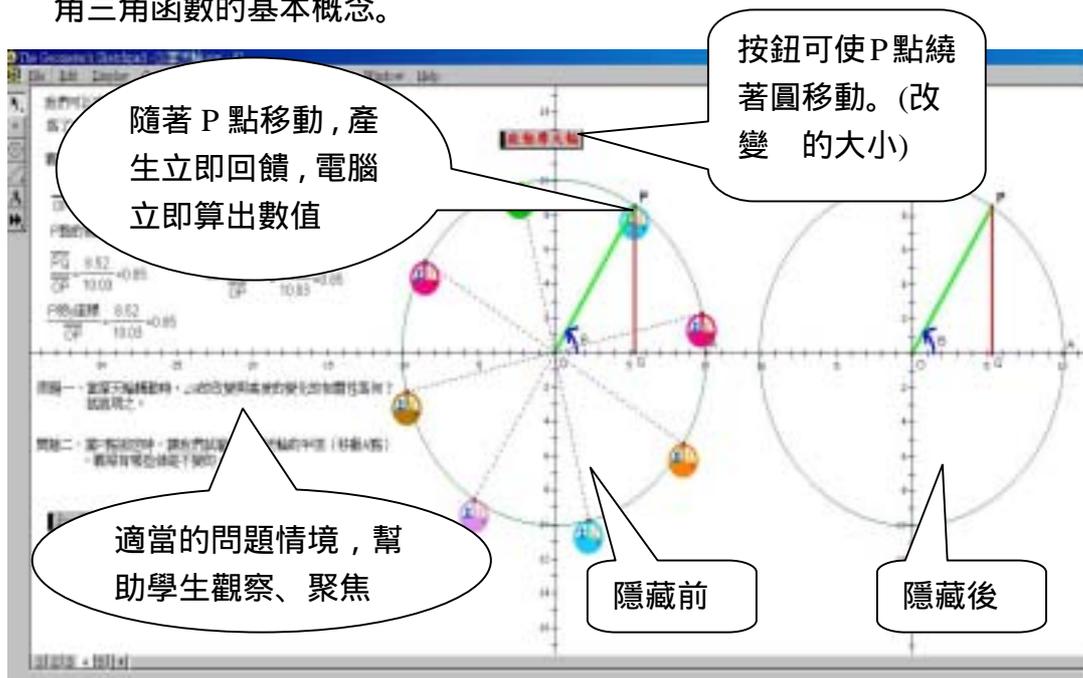


圖 2 GSP 電腦輔助教材 2

3. 立即回饋：在傳統教學中教導三角函數往往受限於靜態的課程，學生很難去感受到三角函數本身就有的動態感覺，例如： $\sin \theta$ 總使用幾個特殊的角度($\theta = 30^\circ$ 、 60° 、 45° 等等)去代入，原因是三角函數本身在計算上有相當的難度，因此學生往往只熟悉這幾個特殊角的情況，甚而產生錯誤迷思，以為只有這幾個角度才能使用，也因此對於三角函數為連續函數的概念更是薄弱。這種需要不斷地代入不同的角度才能得到結果，卻受限於計算的方法、測量的工具、所需的時間，學生無法對其計算的行動有所領悟，進而比較、分析前後結果的差異；電腦擁有強大的計算功能，在數值計算上可以產生立即回饋，一方面可以讓學生多次操弄、並勇於嘗試各種不同的角度，另一方面亦可以幫助學生建立起三角函數動態連續的感覺及概念。

The screenshot shows a software window titled "The Geometer's Sketchpad - 認識新角三角函數定義.gsp". The interface includes a menu bar (File, Edit, Display, Construct, Transform, Measure, Graph) and a toolbar. The main workspace displays a coordinate plane with a point P(3,4) and a right triangle formed by the origin O, P, and a point on the x-axis. The hypotenuse OP is labeled with length 5, the vertical leg with length 4, and the horizontal leg with length 3. The angle at the origin is labeled θ . On the left, there is a text area with the following content:

回顧：銳角三角函數的定義
 點 P(3,4) 為標準位置角 θ 終邊上一點。
 由圖可知 θ 為銳角，過 P 作 x 軸之垂線，
 由銳角 θ 可定義六個三角函數如下：
 $\sin \theta = \frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}} = \frac{4}{5}$
 $\cos \theta = \frac{\text{鄰邊}}{\text{斜邊}} = \frac{3}{5}$
 $\tan \theta = \frac{\text{對邊}}{\text{鄰邊}} = \frac{4}{3}$
 $\cot \theta = \frac{\text{鄰邊}}{\text{對邊}} = \frac{3}{4}$
 $\sec \theta = \frac{\text{斜邊}}{\text{鄰邊}} = \frac{5}{3}$
 $\csc \theta = \frac{\text{斜邊}}{\text{對邊}} = \frac{5}{4}$

問題：因為 $\sin \theta = \frac{4}{5} = \frac{y}{r}$ 的 x 座標
 $\cos \theta = \frac{3}{5} = \frac{x}{r}$ 的 y 座標
 若將定義改為如下是否合理
 斜邊 = r ，鄰邊 = x 的 x 座標，對
 邊 = y 的 y 座標

Three callout boxes provide additional context:

- Top callout: 複習銳角三角函數的定義，避免因過去經驗的不足而導致新單元學習上的障礙。
- Bottom callout: 藉由銳角三角函數過渡到廣義角的三角函數定義。利用問題提問，促使學生思考其差異及合理性。
- Right callout: 圖形輔助思考

圖 3 GSP 電腦輔助教材 3

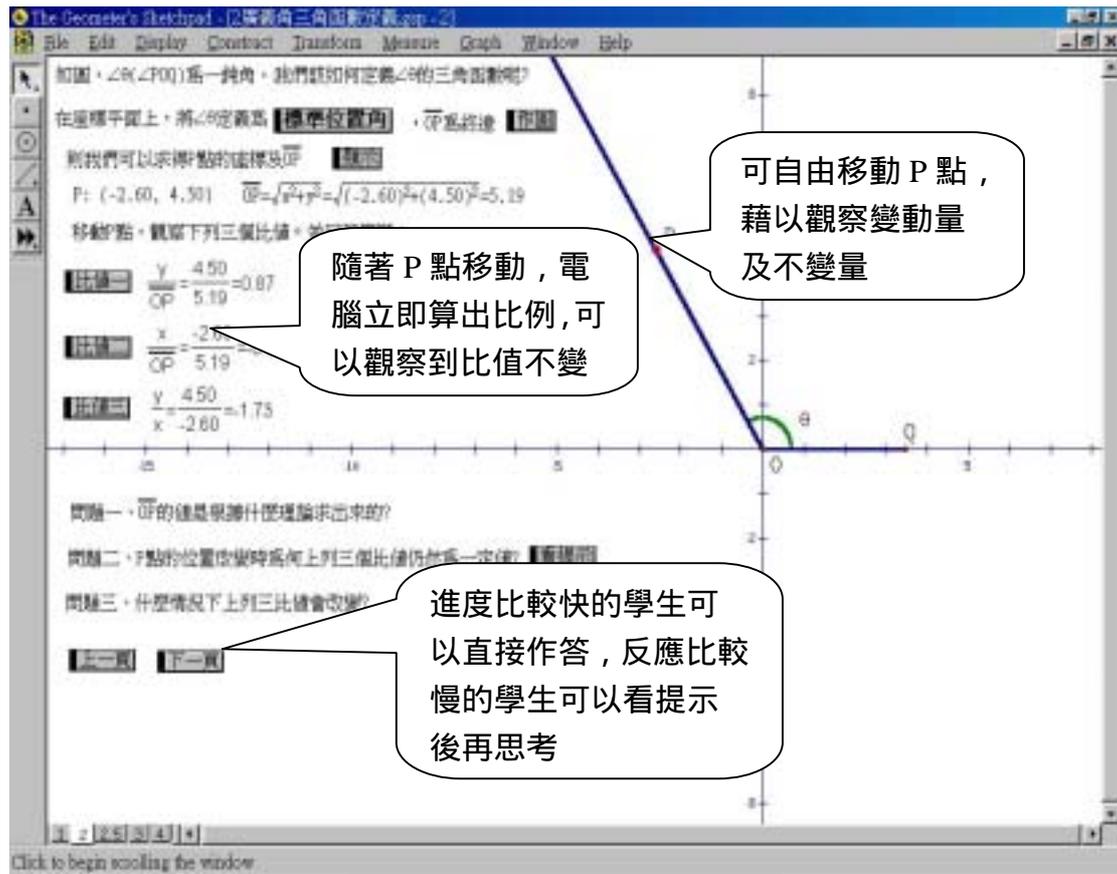


圖 4 GSP 電腦輔助教材 4

4. 配合實際解題的例題：為了避免因為電腦輔助教學而產生與實際考試所遇的問題有所脫節，以致於即使有概念，卻無法應用到題目上。特地安排『求解例題』兩個例子檔案為引導。茲將兩例詳述如下：

(例一)是以坐標求廣義角三角函數：應用廣義角三角函數的定義，一方面讓學生熟悉定義、另一方面學生可以任意移動 A 點，由於 A 點被設計僅能在 θ 的終邊上移動，可以觀察出三角函數並不會隨著 A 點的移動而變化，確實了解到三角函數是 θ 的函數。例一總共有四個子頁，例中的 θ 分別在四個象限上，學生可以藉此了解四個象限情況的異同，並為下一堂課『三角函數的正負』預作準備。

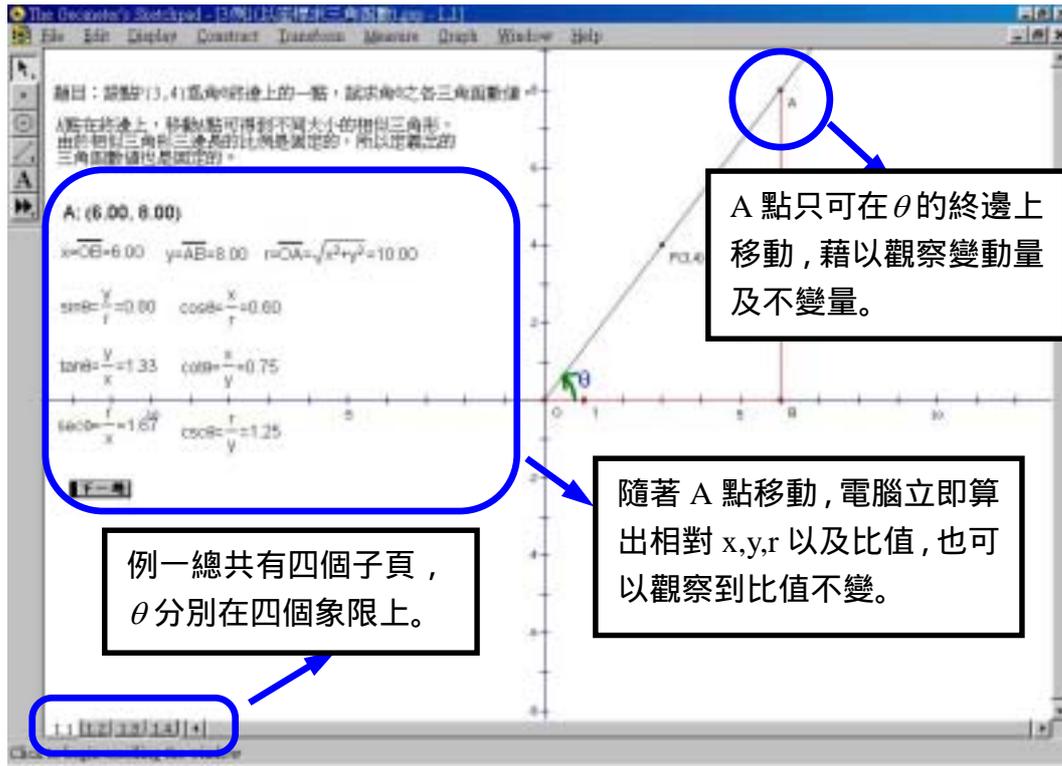


圖 5 GSP 電腦輔助教材 5

(例二)是給定 θ 求廣義角三角函數：本檔案將給定 θ 以求其三角函數值，電腦依照 STEP BY STEP 的原則，將廣義角三角函數值的求法步驟化；學生可以按照設計好的步驟來思考，並且在未按下一個步驟前，後面的步驟都是隱藏的，由學生自己控制思考的時間，決定何時去看下一個步驟。在看完一次電腦的示範後，學生可以進行練習題，因為本單元除了「理解」之外，仍須「記憶」與「練習」能舉一反三的學生可以順利且快速的練習，而反應比較慢的學生，可以利用電腦中的角度變化的對話框來改變角度，再一次按照電腦的解題步驟來走一次，多給自己一些解題經驗。學生也可以藉著電腦來完成練習題。

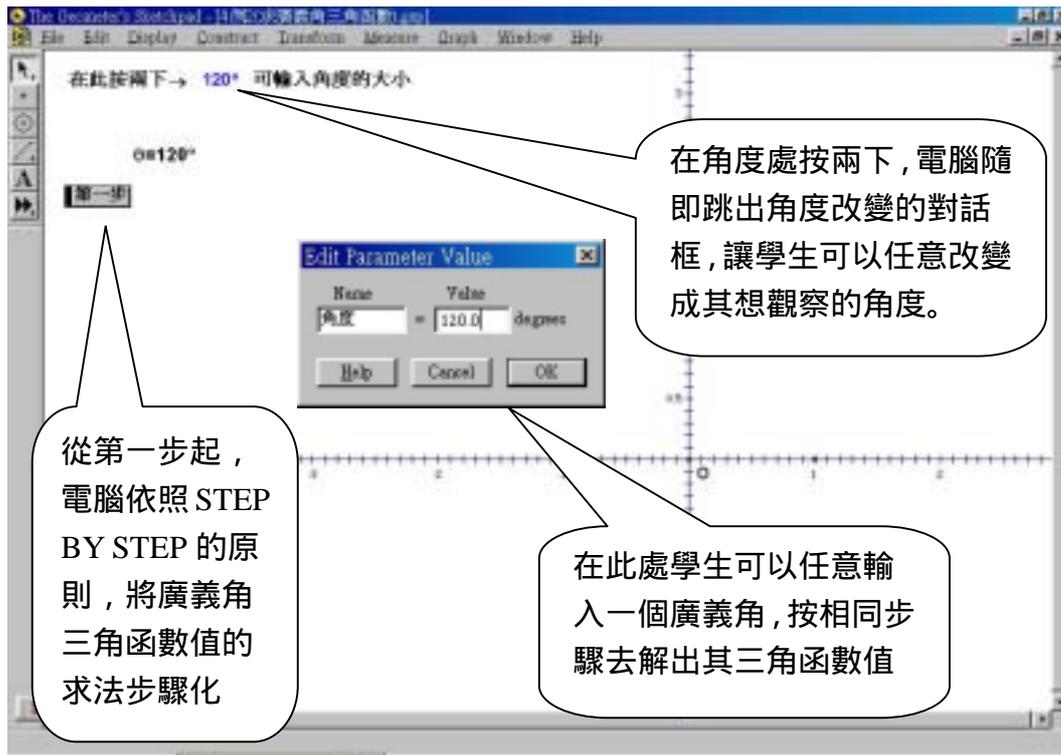


圖 6 GSP 電腦輔助教材 6

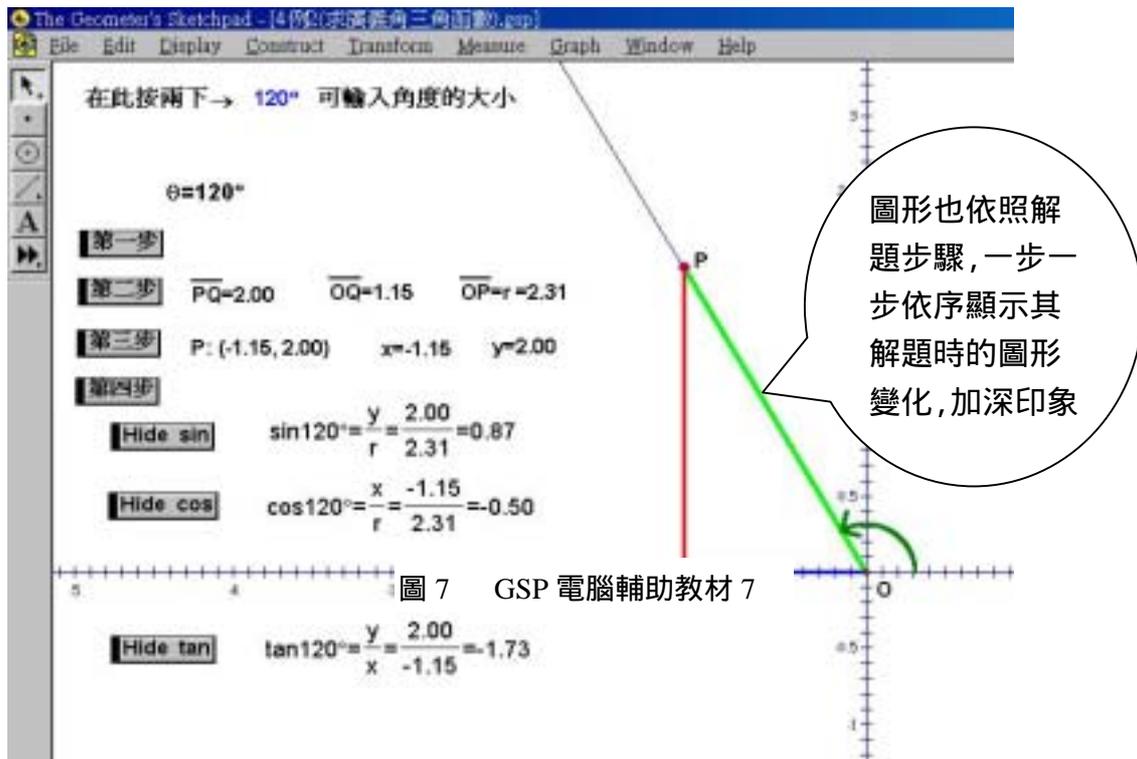


圖 7 GSP 電腦輔助教材 7

利用這個檔案來求幾個特殊角（例如： $\theta = 0^\circ$ 、 90° 、 180° 、 270° 等等之象

限角)也是十分適當的,還可以看它的圖形來加深印象。

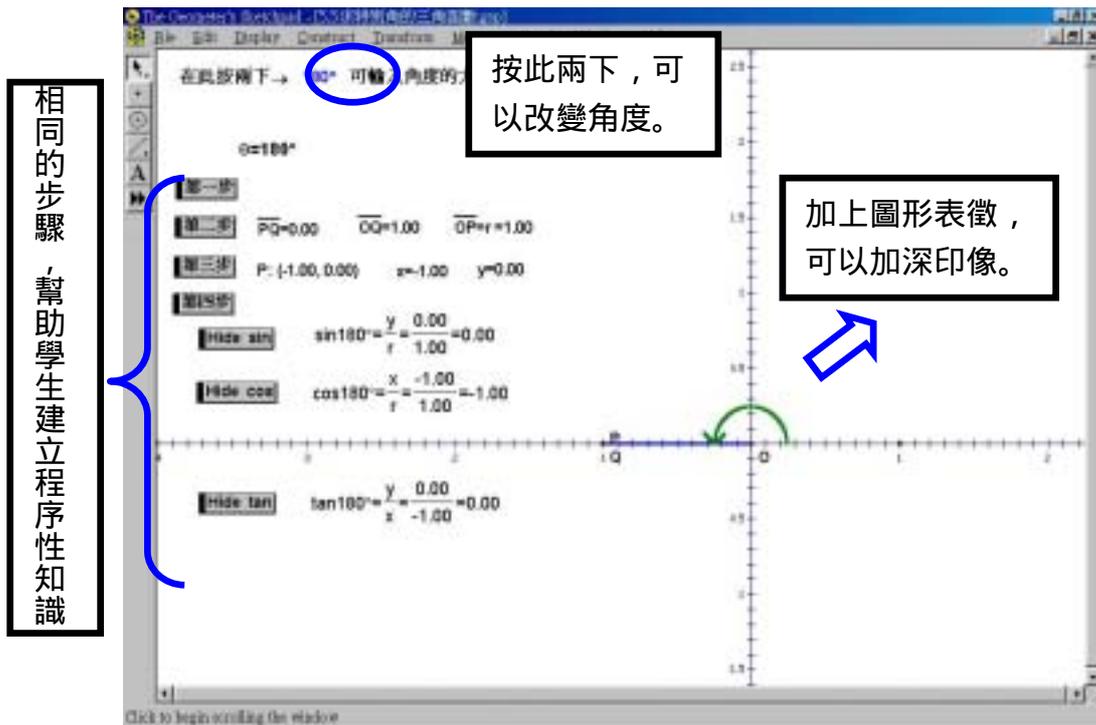


圖 8 GSP 電腦輔助教材 8

肆、研究結果與討論

本文旨在分析實驗教學的實證結果,以瞭解「GSP 電腦輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同教學方式對高中一年級學生學習廣義角三角函數的不同影響,實驗結果分為兩部分說明,一、為比較兩種不同教學方式對學生在廣義角三角函數學習成就上的差異情形;二、為比較兩種教學方式對學生在數學學習態度上的影響(以數學學習態度量表之前後測作為比較)。

一、廣義角三角函數學習成就之比較

實驗結束後,將所收集的廣義角三角函數學習成就前測、後測及延後測成績輸入電腦,經由 Microsoft Excel 2000 及 SPSS 10.0 統計軟體處理,依照研究假設分述如下:

『假設一、針對高中數學科廣義角三角函數單元,實驗組與控制組的學生,在數學學習成就方面並無顯著的差異。』

針對以上假設,以教學法為自變項,廣義角三角函數成就測驗前測成績為共變量,廣義角三角函數成就測驗後測成績為依變項,作獨立樣本單因子單共變量共變數分析,考驗排除成就測驗前測(共變量)的干擾後,不同的教學方法(自變項)對成就測驗後測(依變項)的影響是否存有顯著差異。

首先，將兩組學生的三角函數成就測驗前、後測成績之平均數與標準差整理如表 4-1。

接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性 (Levene's Test 結果：F 值 = 0.918, $p = 0.341 > 0.05$) 等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著 (F 值 = 0.081, $p = 0.776 > 0.05$) 可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-2。

表 4-1 實驗組和控制組學習成就測驗前、後測之平均數與標準差 單位：分

		前測	後測	後測 - 前測
實驗組 (N=40)	平均數	2.4 (A=24,a=0)	77.5 (A=100,a=26)	75.1
	標準差	4.4	16.8	
控制組 (N=39)	平均數	2.36 (B=22,b=0)	74.46 (B=98,b=16)	72.1
	標準差	4.2	19.37	

A,a 分別是實驗組的最高分與最低分；B,b 分別是控制組的最高分與最低分

表 4-2 實驗組和控制組學習成就前後測之共變數分析摘要表

變異來源	型平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	182.340	1	182.340	0.548	0.461
組內 (誤差)	25265.615	76	332.442		
總和	481752.000	79			

結果分析：

從表 4-2 可以發現，排除前測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生與接受「傳統講述式教學」的控制組學生在後測成績上並未達到顯著差異 (F 值 = 0.548, $P = 0.461 > 0.05$)。

但是，從表 4-1 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的學生，在成就測驗後測的平均成績 (77.5 分) 比接受「傳統講述式教學」的學生平均成績 (74.46 分) 高，且實驗組的進步成績 (75.1 分) 亦比控制組的進步成績 (72.1 分) 多。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生，其學習成就表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍優於接受「傳統講述式教學」的控制組學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組的學生，在數學學習成就上。並

無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短（六節課），無法立即呈現 GSP 電腦輔助教學之成效。
2. 本實驗單元的教材內容除了理解之外，尚需要「記憶」與「練習」才能在測驗時拿到分數，而實驗組學生在六節課的教學過程中，一方面需要時間去自行操弄、摸索，另一方面會有「趕緊把學習日誌上的問題做完」的想法，因而練習上不夠確實；而控制組的學生在這方面則有較好的表現，因為在課堂上，氣氛較為嚴肅，老師會要求課堂上的練習，因此控制組學生在題目的練習上較為紮實。所以，兩組學生在學習成就的考驗上並不顯著；雖是如此，但可看出實驗組的學生的確比控制組學生進步。

『假設二、針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的高分群學生，在數學學習成就方面並無顯著的差異。』

首先，將兩組高分群學生的三角函數成就測驗前、後測成績之平均數與標準差整理如表 4-3。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性（Levene's Test 結果：F 值 = 0.288, $p = 0.596 > 0.05$ ）等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著（F 值 = 1.982, $p = 0.173 > 0.05$ ）可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-4。

表 4-3 實驗組和控制組高分群學習成就測驗前、後測之平均數與標準差

		前測	後測	後測 - 前測
實驗組 (N=14)	平均數	2.00 (C=8,c=0)	87.14 (C=100,c=72)	85.14
	標準差	3.04	9.27	
控制組 (N=13)	平均數	2.62 (D=10,d=0)	82.92 (D=98,d=64)	80.3
	標準差	3.40	10.91	

C,c 分別是實驗組高分群的最高分與最低分；D,d 分別是控制組高分群的最高分與最低分

表 4-4 實驗組和控制組高分群學習成就前後測之共變數分析摘要表

變異來源	型平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	98.976	1	98.976	0.968	0.335
組內 (誤差)	2453.444	24	102.227		
總和	198252.000	27			

結果分析：

從表 4-4 可以發現，排除前測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實

驗組高分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組高分群學生在後測成績上並未達到顯著差異 (F 值 = 0.968, P = 0.335 > 0.05)。

但是，從表 4-3 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的高分群學生，在成就測驗後測的平均成績 (87.14 分) 比接受「傳統講述式教學」的高分群學生平均成績 (82.92 分) 高，且實驗組的進步成績 (85.14 分) 亦比控制組的進步成績 (80.3 分) 多。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組高分群學生，其學習成就表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍優於接受「傳統講述式教學」的控制組高分群學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組高分群的學生，在數學學習成就上。並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短 (六節課)，無法立即呈現 GSP 電腦輔助教學之成效。
2. 兩組高分群學生的三角函數學習成就雖未達到統計上的顯著差異，但可看出實驗組的高分群學生的確比控制組高分群學生進步，可能是因為樣本數少 (兩組高分群學生總數為 27 人) 造成統計上不易達到顯著水準。

『假設三、針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的中分群學生，在數學學習成就方面並無顯著的差異。』

首先，將兩組中分群學生的三角函數成就測驗前、後測成績之平均數與標準差整理如表 4-5。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性 (Levene's Test 結果：F 值 = 0.695, p = 0.508 > 0.05) 等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著 (F 值 = 0.860, p = 0.364 > 0.05) 可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-6。

表 4-5 實驗組和控制組中分群學習成就測驗前、後測之平均數與標準差 單位：分

		前測	後測	後測 - 前測
實驗組 (N=13)	平均數	2.62 (E=24,e=0)	81.54 (E=96,e=62)	78.92
	標準差	6.62	10.28	
控制組 (N=13)	平均數	4.15 (F=22,f=0)	75.54 (F=94,f=48)	71.39
	標準差	5.91	13.91	

E,e 分別是實驗組中分群的最高分與最低分；F,f 分別是控制組中分群的最高分與最低分

表 4-6 實驗組和控制組中分群學習成就前後測之共變數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	219.429	1	219.429	0.950	0.340
組內 (誤差)	5314.362	23	231.059		
總和	165932.000	26			

結果分析：

從表 4-6 可以發現，排除前測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組中分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組中分群學生在後測成績上並未達到顯著差異 (F 值 = 0.950, P = 0.340 > 0.05)。

但是，從表 4-5 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的中分群學生，在成就測驗後測的平均成績 (81.54 分) 比接受「傳統講述式教學」的中分群學生平均成績 (75.54 分) 高，且實驗組的進步成績 (78.92 分) 亦比控制組的進步成績 (71.39 分) 多。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組中分群學生，其學習成就表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍優於接受「傳統講述式教學」的控制組中分群學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組中分群的學生，在數學學習成就上。並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短 (六節課)，無法立即呈現 GSP 電腦輔助教學之成效。
2. 兩組中分群學生的三角函數學習成就雖未達到統計上的顯著差異，但可看出實驗組的中分群學生的確比控制組中分群學生進步，可能是因為樣本數少 (兩組中分群學生總數為 26 人) 造成統計上不易達到顯著水準。

『假設四、針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的低分群學生，在數學學習成就方面並無顯著的差異。』

首先，將兩組低分群學生的三角函數成就測驗前、後測成績之平均數與標準差整理如表 4-7。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性 (Levene's Test 結果：F 值 = 0.105, p = 0.748 > 0.05) 等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著 (F 值 = 1.143, p = 0.243 > 0.05) 可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-8。

表 4-7 實驗組和控制組低分群學習成就測驗前、後測之平均數與標準差 單位：分

		前測	後測	後測 - 前測
實驗組 (N=13)	平均數	2.62 (G=8,g=0)	63.08 (G=92,g=26)	60.46
	標準差	2.99	19.66	
控制組 (N=13)	平均數	0.31 (H=4,h=0)	64.92 (H=92,h=16)	64.61
	標準差	1.11	23.12	

G,g 分別是實驗組低分群的最高分與最低分；H,h 分別是控制組低分群的最高分與最低分

表 4-8 實驗組和控制組低分群學習成就前後測之共變數分析摘要表

變異來源	型 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	20.083	1	20.083	0.042	0.840
組內 (誤差)	11049.361	23	480.407		
總 和	117568.000	26			

結果分析：

從表 4-8 可以發現，排除前測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組低分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組低分群學生在後測成績上並未達到顯著差異 (F 值 = 0.042, P = 0.840 > 0.05)。

但是，從表 4-7 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的低分群學生，在成就測驗後測的平均成績 (63.08 分) 比接受「傳統講述式教學」的低分群學生平均成績 (64.92 分) 略低，且實驗組的進步成績 (60.46 分) 亦比控制組的進步成績 (64.61 分) 少。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組低分群學生，其學習成就表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍稍劣於接受「傳統講述式教學」的控制組低分群學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組低分群的學生，在數學學習成就上。並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短 (六節課)，無法立即呈現 GSP 電腦輔助教學之成效。
2. 兩組低分群學生的三角函數學習成就雖未達到統計上的顯著差異，但可看出實驗組的低分群學生的確比控制組低分群學生進步，可能是因為樣本數少 (兩組低分群學生總數為 26 人) 造成統計上不易達到顯著水準。

『假設五：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的學生，在數學學習成就上的保留 (遺忘) 情形並無顯著的差異。』

針對以上假設，以教學法為自變項，三角函數成就測驗後測成績為共變量，三角函數成就測驗延後測成績為依變項，作獨立樣本單因子單共變量共變數分析，考驗排除成就測驗後測（共變量）的干擾後，不同的教學方法（自變項）對成就測驗延後測（依變項）的影響是否存有顯著差異。

首先，將兩組學生的三角函數成就測驗後、延後測成績之平均數與標準差整理如表 4-9。

接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性（Levene's Test 結果：F 值 = 3.416, $p = 0.068 > 0.05$ ）等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著（F 值 = 0.606, $p = 0.439 > 0.05$ ）可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-10。

表 4-9 實驗組和控制組學習成就測驗後測、延後測之平均數與標準差 單位：分

		後測	延後測	延後測 - 後測
實驗組 (N=40)	平均數	77.5 (I=100,I=26)	79.95 (I=100,I=50)	2.45
	標準差	16.8	11.38	
控制組 (N=39)	平均數	74.46 (J=98,j=16)	73.90 (J=96,j=26)	- 0.56
	標準差	19.37	17.23	

I,i 分別是實驗組的最高分與最低分；J,j 分別是控制組的最高分與最低分

表 4-10 實驗組和控制組學習成就後測、延後測之共變數分析摘要表

變異來源	型平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	450.319	1	450.319	2.855	0.095
組內 (誤差)	11987.088	76	157.725		
總和	484984.000	79			

結果分析：

從表 4-10 可以發現，排除後測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生與接受「傳統講述式教學」的控制組學生在延後測的成績上並未達到顯著差異（F 值 = 2.855, $P = 0.095 > 0.05$ ）。

但是，從表 4-9 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的學生，在成就測驗延後測的平均成績（79.95 分）比接受「傳統講述式教學」的學生平均成績（73.90 分）高，且實驗組的保留(遺忘)的情況（+ 2.45 分）亦比控制組的保留(遺忘)的情況（- 0.56 分）高。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生，其學習成就保留(遺忘)的情況表現，雖未達到統計上

的顯著差異，但仍優於接受「傳統講述式教學」的控制組學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組的學生，在數學學習成就的保留(遺忘)情況上並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短(六節課)，無法顯著呈現 GSP 電腦輔助教學在數學學習成就上的保留成效。如實驗組的學生 Q109 所說：「使用 GSP 上數學真好玩，不但可以自己操作、玩耍，還可以保留自己思考的空間。如果可以在長一點的時間，那我一定可以想的更多、加深印象！」
2. 接受「傳統講述式教學」的學生上課時較有壓力，也比較確實會按照教師所要求進行隨堂練習，如同一個控制組高分群的學生所說：「這些題目我都做得很熟了，怎麼會忘記呢？」
3. 兩組學生學習成效的保留(遺忘)的情況雖未達到統計上的顯著，但可看出實驗組的學生的確比控制組的學生保留的情況較佳。

『假設六：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的高分群學生，在數學學習成就上的保留(遺忘)情形並無顯著的差異。』

首先，將兩組高分群學生的三角函數成就測驗後、延後測成績之平均數與標準差整理如表 4-11。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性(Levene's Test 結果：F 值 = 3.273, p = 0.082 > 0.05) 等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著(F 值 = 0.661, p = 0.425 > 0.05) 可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-12。

表 4-11 實驗組和控制組高分群學習成就測驗後測、延後測之平均數與標準差 單位：分

		後測	延後測	延後測 - 後測
實驗組 (N=14)	平均數	87.14 (K=100,k=72)	84.29 (K=100,k=70)	- 2.85
	標準差	9.27	10.25	
控制組 (N=13)	平均數	82.92 (L=98,l=64)	81.85 (L=96,l=72)	- 1.07
	標準差	10.91	6.85	

K,k 分別是實驗組的最高分與最低分；L,l 分別是控制組的最高分與最低分

表 4-12 實驗組和控制組高分群學習成就後測、延後測之共變數分析摘要表

變異來源	型平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間(教學法)	23.742	1	23.742	0.301	0.588
組內(誤差)	1892.012	24	78.834		
總和	188472.000	27			

結果分析：

從表 4-12 可以發現，排除後測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組高分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組高分群學生在延後測的成績上並未達到顯著差異（ F 值 = 0.301， $P = 0.588 > 0.05$ ）。

但是，從表 4-11 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的高分群學生，在成就測驗延後測的平均成績（84.29 分）雖然比接受「傳統講述式教學」的高分群學生平均成績（81.85 分）高，不過實驗組的保留(遺忘)的情況（- 2.85 分）卻比控制組的保留(遺忘)的情況（- 1.07 分）低。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組高分群學生，其學習成就保留(遺忘)的情況表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍稍劣於接受「傳統講述式教學」的控制組高分群學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組高分群的學生，在數學學習成就的保留(遺忘)情況上並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短，無法顯著呈現 GSP 電腦輔助教學在數學學習成就上的保留成效。
2. 本實驗單元的教材內容除了理解之外，尚需要「記憶」與「練習」才能在測驗時拿到分數；如實驗組的高分群學生 Q107 所說：「剛開始覺得很新奇、好玩，但在自己操作的時間，總是會分心，想要偷偷上網。」比較無法確實去執行老師要求的練習。反觀控制組的學生由於是在一般教室上課，比較有壓力，也比較會確實去執行老師要求的練習。

『假設七：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的中分群學生，在數學學習成就上的保留（遺忘）情形並無顯著的差異。』

首先，將兩組中分群學生的三角函數成就測驗後、延後測成績之平均數與標準差整理如表 4-13。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性（Levene's Test 結果： F 值 = 0.005， $p = 0.946 > 0.05$ ）等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著（ F 值 = 1.021， $p = 0.323 > 0.05$ ）可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-14。

表 4-13 實驗組和控制組中分群學習成就測驗後測、延後測之平均數與標準差 單位：分

		後測	延後測	延後測 - 後測
實驗組 (N=13)	平均數	81.54 (M=96,m=62)	80.15 (M=92,m=52)	- 1.49
	標準差	10.28	11.00	
控制組 (N=13)	平均數	75.54 (N=94,n=48)	77.23 (N=88,n=64)	1.69
	標準差	13.91	8.58	

M,m 分別是實驗組的最高分與最低分；N,n 分別是控制組的最高分與最低分

表 4-14 實驗組和控制組中分群學習成就後測、延後測之共變數分析摘要表

變異來源	型 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)	32.307	1	32.307	0.327	0.573
組內 (誤差)	224.462	23	98.890		
總 和	163396.000	26			

結果分析：

從表 4-14 可以發現，排除後測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組中分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組中分群學生在延後測的成績上並未達到顯著差異 (F 值 = 0.327, P = 0.573 > 0.05)。

但是，從表 4-13 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的中分群學生，在成就測驗延後測的平均成績 (80.15 分) 雖然比接受「傳統講述式教學」的中分群學生平均成績 (77.23 分) 高，不過實驗組的保留(遺忘)的情況 (- 1.49 分) 卻比控制組的保留(遺忘)的情況 (+ 1.69 分) 低。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組中分群學生，其學習成就保留(遺忘)的情況表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍稍劣於接受「傳統講述式教學」的控制組中分群學生。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組與控制組中分群的學生，在數學學習成就的保留(遺忘)情況上並無顯著的差異。推測可能由下列因素造成：

1. 教學實驗期間過短，無法顯著呈現 GSP 電腦輔助教學在數學學習成就上的保留成效。
2. 本實驗單元的教材內容除了理解之外，尚需要「記憶」與「練習」才能在測驗時拿到分數；如實驗組中分群的學生 Q210 所說：「有電腦很方便，電腦計算的速度很快，在練習的時候，只要輸入數字，答案很快就出來了」故推測在練習時故推測在練習時，可能過分依賴電腦的計算能力來完成學習日誌的題目，而忽略了注意電腦解題的步驟，以及自我練習的重要。

『假設八：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的低分群學生，在數學學習成就上的保留（遺忘）情形並無顯著的差異。』

首先，將兩組低分群學生的三角函數成就測驗後、延後測成績之平均數與標準差整理如表 4-15。接著，檢驗資料符合組內獨立、常態性及變異數同質性 (Levene's Test 結果：F 值 = 2.731, p = 0.111 > 0.05) 等三項基本假設，並由組內迴歸係數同質性考驗結果，其 F 值未達顯著 (F 值 = 0.344, p = 0.564 > 0.05) 可知，組內迴歸的斜率相同，符合迴歸係數同質性的假定，可進行共變數分析。

最後，進行單因子單共變量共變數分析，將統計結果整理如表 4-16。

表 4-15 實驗組和控制組低分群學習成就測驗後測、延後測之平均數與標準差

		後測	延後測	延後測 - 後測
實驗組 (N=13)	平均數	63.08 (P = 92,p=26)	75.08 (P=92,p=50)	12
	標準差	19.66	11.76	
控制組 (N=13)	平均數	64.92 (Q=92,q=16)	62.62 (Q=96,q=26)	- 2.3
	標準差	23.12	24.51	

P,p 分別是實驗組的最高分與最低分；Q,q 分別是控制組的最高分與最低分

表 4-16 實驗組和控制組低分群學習成就後測、延後測之共變數分析摘要表

變異來源	型	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性 (P)
組間 (教學法)		1169.007	1	1169.007	4.582	0.043
組內 (誤差)		5867.856	23	255.124		
總和		133116.000	26			

結果分析：

從表 4-16 可以發現，排除後測成績之後，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組低分群學生與接受「傳統講述式教學」的控制組低分群學生在延後測的成績上達到顯著差異 (F 值 = 4.582, P = 0.043 < 0.05)。

從表 4-15 得知接受「GSP 電腦輔助教學」的低分群學生，在成就測驗延後測的平均成績 (75.08 分) 比接受「傳統講述式教學」的低分群學生平均成績 (62.62 分) 高，且實驗組的保留(遺忘)的情況 (+ 12 分) 比控制組的保留(遺忘)的情況 (- 2.3 分) 低。因此，針對廣義角三角函數單元，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組低分群學生，其學習成就保留(遺忘)的情況表現，顯著優於接受「傳統講述式教學」的控制組低分群學生，且達到統計上的顯著差異。

結果討論：

本教學實驗的研究結果，實驗組低分群的學生，在數學學習成就的保留(遺忘)情況上顯著優於控制組低分群學生。推測可能由下列因素造成：

1. 由於實驗組低分群的學生在上完教學實驗結束後的問卷調查中顯示：上課後對數學的想法、態度改變的比例最高，將近七成；認為 GSP 課程能引起他們學習數學的興趣的比例也最高，高達 8 成 5；認為 GSP 輔助教學對學習有幫助的也高達八成五。如實驗組低分群的學生 Q305 所說：「不同於以往，在教室裡上課，讓我覺得很有興趣去上數學課。」
2. 學習化為主動：如 Q303 所說：「可以自己操作、摸索，很有趣。如果有不懂，還可以跟旁邊的同學討論。」不同於控制組低分群的學生，在課堂上聽不懂並不會主動詢問老師或同學，有時還會表現一副興趣缺缺的樣子。

3. 圖形表徵的幫助：如 Q309 所說：「我在做練習的時候都會想到電腦裡的圖形。」經由圖形的刺激，使得腦海中的圖形影像能保留更久的時間。

一、數學學習態度量表之前後測比較

進行相關的文獻探討時，研究者發現，許多文獻（戴錦秀，2002；林星秀，2001；楊家興，1993；陳英娥，1992）都曾提及使用電腦輔助教學有助於引發學習動機，究竟使用 GSP 電腦輔助教學對學生數學學習態度的影響如何呢？

因此，教學實驗結束後，將數學學習態度量表前後測成績輸入電腦，經由 Microsoft Excel 2000 及 SPSS 10.0 統計軟體處理，依照研究假設分述如下：

『假設九：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的學生，在數學學習態度方面並無顯著的差異。』

針對以上假設，先將實驗組及控制組的態度量表前後測成績分別作成對樣本 t 檢定，整理結果如表 4-17。

表 4-17 實驗組和控制組數學學習態度量表前後測之成對樣本 t 檢定表

組 別		前測	後測	後測 - 前測(平均數)	t 值	P 值
實驗組 (n=40)	平均數	107.83	109.18	1.35	2.116	0.041
	標準差	13.87	11.55			
控制組 (n=39)	平均數	104.64	102.95	- 1.69	- 0.835	0.409
	標準差	12.11	10.28			

接著考慮採用共變數分析的統計控制法來考驗受試者在排除態度前測分數的干擾後，兩種不同的教學法對態度後測分數的影響是否存在顯著差異，但考慮到變異數不具同質性，參考「SPSS 統計應用實務」（吳明隆，2003）得知：資料分析時，當母數統計方法(parametric statistics tests)違背母數統計的基本假設(常態分配 變異數同質性 獨立性等)，則應改用無母數統計法(non-parametric statistics tests)。

由於無母數統計法中的魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗(Wilcoxon-Mann-Whitney test)可用於檢定兩組獨立樣本在一個次序尺度以上變項之表現差異的顯著性；且此時資料不符合變異數同質性的基本假設，又此量表採 Likert 的計分方式使其變項的測量水準不能完全滿足等距尺度之條件，此時以魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗替代母數統計法將是一個適當的選擇（王保進，1999）。

因此以數學學習態度前後測差距分數（後測 - 前測的得分）為檢定變數，教學法為分組變數，經過魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗後將結果列於表 4-18。

表 4-18 實驗組與控制組數學學習態度量表前後測之 Mann-Whitney 檢定表

檢定統計量	後測 - 前測
Mann-Whitney U 統計量	544.000
Wilcoxon W 統計量	1324.000
Z 檢定	- 2.320
漸近顯著性 (雙尾)	0.020

結果分析：

由表 4-17 得知，實驗組和控制組在接受不同的教學法之後，控制組的學習態度呈現負成長，這與施盈蘭 (1995) 的研究結果：「大部分的學生對三角函數的喜好態度並不強烈」、「學生對自己在這方面 (指在三角函數單元) 的學業成就表現並不滿意。」相符。值得注意的是，實驗組的學習態度卻呈現正成長，顯示接受「GSP 電腦輔助教學」對學生在此單元的學習態度有正面的影響；而且兩組分別經過成對樣本 t 檢定之後，實驗組達到顯著差異水準而控制組則沒有 (實驗組的 t 值 = 2.116, P 值 = 0.041 < 0.05; 控制組的 t 值 = - 0.839, P 值 = 0.409 > 0.05)，表示接受「GSP 電腦輔助教學」的學生在數學學習態度的正向改變達到顯著。

由表 4-18 得知，經排序後計算得到的最小 U 值為 544，而等級總和之 W 值為 1324，此經魏氏 - 曼 - 惠特尼的檢定結果，兩組平均等級差異之 Z 值約為 - 2.320 (以實驗組平均等級減去控制組平均等級，故為負值)，在雙側檢定下，P 值為 0.020，達到顯著水準，表示教學法在數學學習態度前後測差距分數的改變上達到顯著差異；意即接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生，其數學學習態度表現，顯著優於接受「傳統講述式教學」的控制組學生。

『假設十：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的高分群學生，在數學學習態度方面並無顯著的差異。』

針對以上假設，先將實驗組及控制組高分群的態度量表前後測成績分別作成對樣本 t 檢定，整理結果如表 4-19。

表 4-19 實驗組和控制組高分群數學學習態度量表前後測之成對樣本 t 檢定表

組別	前測	後測	後測 - 前測(平均數)	t 值	P 值	
實驗組 (n=14)	平均數	101.14	108.57	7.43	3.105	0.008
	標準差	13.24	10.87			
控制組 (n=13)	平均數	104.23	102.92	- 1.31	- 0.858	0.408
	標準差	16.27	14.41			

接著，考慮實驗組(n=14)及控制組(n=13)高分群的人數都不大，基於無母數統計方法特別適用於小樣本的研究：除非真正得知母群體分配的性質，否則對

小樣本的資料，通常已無母數統計分法加以處理較為適當（王保進，1999），因此，以數學學習態度前後測差距分數（後測 - 前測的得分）為檢定變數，教學法為分組變數，經過魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗後將結果列於表 4-20。

表 4-20 實驗組與控制組高分群數學學習態度量表前後測之 Mann-Whitney 檢定表

檢定統計量	後測 - 前測
Mann-Whitney U 統計量	40.500
Wilcoxon W 統計量	131.500
Z 檢定	- 2.457
漸近顯著性（雙尾）	0.014
精確顯著性（2*（單尾顯著性））	0.012 ^a

a：未對等值結作修正

結果分析：

由表 4-19 得知，實驗組和控制組高分群學生在接受不同的教學法之後，實驗組高分群的學習態度呈現很大正成長（後測 - 前測得平均分數進步了 7.43 分），而控制組高分群卻反而呈現負成長（後測 - 前測得平均分數退步了 1.31 分）；而且兩組高分群分別經過成對樣本 t 檢定之後，實驗組達到顯著差異水準而控制組則沒有（實驗組的 t 值 = 3.105，P 值 = 0.008 < 0.05；控制組的 t 值 = - 0.858，P 值 = 0.408 > 0.05），表示接受「GSP 電腦輔助教學」的學生在數學學習態度的正向改變達到顯著。

由表 4-20 得知，經排序後計算得到的最小 U 值為 40.5，而等級總和之 W 值為 131.5，此經魏氏 - 曼 - 惠特尼的檢定結果，兩組高分群平均等級差異之 Z 值約為 - 2.457，在雙側檢定下，P 值為 0.014，達到顯著水準，表示教學法在高分群數學學習態度前後測差距分數的改變上達到顯著差異；意即接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組高分群學生，其數學學習態度表現，顯著優於接受「傳統講述式教學」的控制組高分群學生。

『假設十一：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的中分群學生，在數學學習態度方面並無顯著的差異。』

針對以上假設，先將實驗組及控制組中分群的態度量表前後測成績分別作成對樣本 t 檢定，整理結果如表 4-21。

表 4-21 實驗組和控制組中分群數學學習態度量表前後測之成對樣本 t 檢定表

組別	前測	後測	後測 - 前測(平均數)	t 值	P 值
實驗組 (n=13)	平均數	111.69	108.00	- 3.69	- 1.083
	標準差	16.07	14.11		
控制組 (n=13)	平均數	105.77	101.92	- 3.85	- 3.090
	標準差	9.29	6.61		

接著，考慮實驗組(n=13)及控制組(n=13)中分群的人數都不大，基於無母數統計方法特別適用於小樣本的研究(王保進, 1999)，因此，以兩組中分群態度前後測差距分數(後測 - 前測的得分)為檢定變數，教學法為分組變數，經過魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗後將結果列於表 4-22。

表 4-22 實驗組與控制組中分群數學學習態度量表前後測之 Mann-Whitney 檢定表

檢定統計量	後測 - 前測
Mann-Whitney U 統計量	61.500
Wilcoxon W 統計量	152.500
Z 檢定	- 1.184
漸近顯著性 (雙尾)	0.237
精確顯著性 (2* (單尾顯著性))	0.243 ^a

a：未對等值結作修正

結果分析：

由表 4-21 得知，實驗組和控制組中分群學生在接受不同的教學法之後，兩組中分群的學習態度均呈現負成長(實驗組之後測 - 前測的平均分數退步了 3.69 分；控制組之後測 - 前測的平均分數退步了 3.85 分)；而且兩組中分群分別經過成對樣本 t 檢定之後，控制組達到顯著差異水準而實驗組則沒有(實驗組的 t 值 = - 1.083, P 值=0.300 > 0.05；控制組的 t 值 = - 3.090, P 值=0.009 < 0.05)，表示接受「傳統講述式教學」的中分群學生在數學學習態度的負向改變達到顯著。

由表 4-22 得知，經排序後計算得到的最小 U 值為 61.5，而等級總和之 W 值為 152.5，此經魏氏 - 曼 - 惠特尼的檢定結果，兩組中分群平均等級差異之 Z 值約為 - 1.184，在雙側檢定下，P 值為 0.237，並未達到顯著水準，表示教學法在中分群數學學習態度前後測差距分數的改變上未達到顯著差異；然而，由以上分析可得知，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組中分群學生其數學學習態度表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍優於接受「傳統講述式教學」的控制組中分群學生。

『假設十二：針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組與控制組的低分群學生，在數學學習態度方面並無顯著的差異。』

針對以上假設，先將實驗組及控制組低分群的態度量表前後測成績分別作成對樣本 t 檢定，整理結果如表 4-23。

表 4-23 實驗組和控制組低分群數學學習態度量表前後測之成對樣本 t 檢定表

組 別		前測	後測	後測 - 前測(平均數)	t 值	P 值
實驗組 (n=13)	平均數	111.00	111.15	0.15	0.104	0.919
	標準差	10.06	9.83			
控制組 (n=13)	平均數	103.92	104.00	0.08	0.062	0.952
	標準差	10.55	8.98			

接著，考慮實驗組(n=13)及控制組(n=13)低分群的人數都不大，基於無母數統計方法特別適用於小樣本的研究（王保進，1999），因此，以兩組低分群態度前後測差距分數（後測 - 前測的得分）為檢定變數，教學法為分組變數，經過魏氏 - 曼 - 惠特尼考驗後將結果列於表 4-24。

表 4-24 實驗組與控制組低分群數學學習態度量表前後測之 Mann-Whitney 檢定表

檢定統計量	後測 - 前測
Mann-Whitney U 統計量	81.500
Wilcoxon W 統計量	172.500
Z 檢定	- 0.155
漸近顯著性（雙尾）	0.877
精確顯著性（2*（單尾顯著性））	0.880 ^a

a：未對等值結作修正

結果分析：

由表 4-23 得知，實驗組和控制組低分群學生在接受不同的教學法之後，兩組低分群的學習態度均呈現正成長（實驗組之後測 - 前測的平均分數進步了 0.15 分；控制組之後測 - 前測的平均分數進步了 0.08 分）；而且兩組低分群分別經過成對樣本 t 檢定之後，均未達到顯著差異水準（實驗組的 t 值 = 0.104，P 值=0.919 > 0.05；控制組的 t 值 = 0.062，P 值=0.952 > 0.05），表示兩組低分群學生在數學學習態度的改變上均未達顯著。

由表 4-24 得知，經排序後計算得到的最小 U 值為 81.5，而等級總和之 W 值為 172.5，此經魏氏 - 曼 - 惠特尼的檢定結果，兩組低分群平均等級差異之 Z 值約為 - 0.155，在雙側檢定下，P 值為 0.877，並未達到顯著水準，表示教學法在低分群數學學習態度前後測差距分數的改變上未達到顯著差異；然而，接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組低分群學生其數學學習態度表現，雖未達到統計上的顯著差異，但仍略優於接受「傳統講述式教學」的控制組低分群學生（平均進步分數：0.15 > 0.08）。

伍、 結論與建議

本研究嘗試使用「GSP 電腦輔助教學」進行教學實驗，主要的目的在於比較使用「GSP 電腦輔助教學」與「傳統講述式教學」對高一學生學習廣義角三角函數單元的影響，分為量的分析和質的研究兩部分作探討。在量的分析上，選擇合適的統計方法考驗比較兩種教學法對學生的學習成效之影響；在質的研究上，透過回饋問卷的調查，分析探討接受「GSP 電腦輔助教學」的實驗組學生對於教學實驗的想法與感受。本章將研究結果統整歸納後做成結論，以提供教育工作者或未來研究者之參考。

一、 結論

依據本研究之研究目的及待答問題，或得以下幾點結論：

針對高中數學科廣義角三角函數單元，學生接受「GSP 電腦輔助教學」與「傳統講述式教學」兩種不同的教學法之後

- (一) 在數學學習成就上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的學生其學習成就的表現，不僅在後測的平均成績上優於接受「傳統講述式教學」的學生，而且前後測之間的成績也進步地比較多。所以，使用「GSP 電腦輔助教學」對學生的學習成就，不會有負面的影響。
- (二) 對高、中、低分群學生而言，其數學學習成就上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的各分群學生，其學習成就的表現，不僅在後測的平均成績上優於接受「傳統講述式教學」的同分群之學生，而且前後測之間的成績也進步地比較多。所以，使用「GSP 電腦輔助教學」對高、中、低分群學生的學習成就，不會有負面的影響。
- (三) 在數學學習成就上的保留（遺忘）情形並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的學生，其學習成就的保留（遺忘）方面，不僅在延後測的平均成績上優於接受「傳統講述式教學」的學生，而且在後測及延後測之間的成績進步情況也比較佳。所以，使用「GSP 電腦輔助教學」對學生的學習成就的保留（遺忘）方面，不會有負面的影響。
- (四) 對高、中分群學生而言，其數學學習成就上的保留（遺忘）情形並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的低分群學生，其學習成就的保留（遺忘）情形顯著優於接受「傳統講述式教學」的低分群學生。因此，使用「GSP 電腦輔助教學」對低分群學生的數學學習成就的保留（遺忘）方面有正面的影響。
- (五) 在數學學習態度上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的學生其學習態度呈現正成長，然而，接受「傳統講述式教學」的學生其學習態度卻呈現負成長，而且接受「GSP 電腦輔助教學」的學生其態度量表的後測得分也優於接受「傳統講述式教學」的學生。所以，使用「GSP 電

腦輔助教學」對學生的數學學習態度，不會有負面的影響。

- (六) 在數學學習態度上達到顯著的差異。接受「GSP 電腦輔助教學」的高分群學生，其數學學習態度的表現，顯著優於接受「傳統講述式教學」的高分群學生。因此，使用「GSP 電腦輔助教學」對高分群學生的數學學習態度有正面的影響。
- (七) 中、低分群學生，在數學學習態度上並無顯著的差異。但是，接受「GSP 電腦輔助教學」的中、低分群學生其態度量表的後測得分均優於接受「傳統講述式教學」的同分群學生。所以，使用「GSP 電腦輔助教學」對中、低分群學生的數學學習態度，不會有負面的影響。
- (八) 實驗組的學生認為使用「GSP 電腦輔助教學」對學習很有幫助或有幫助的佔 93 %，認為沒有幫助的僅佔 7 %，可見得實驗組學生大多肯定使用「GSP 電腦輔助教學」對學習的幫助。
- (九) 針對高中數學科廣義角三角函數單元，實驗組的學生認為使用「GSP 電腦輔助教學」能產生學習興趣的佔 73 %，其中以低分群人數最多（佔低分群的 85 %）；而認為使用「GSP 電腦輔助教學」能產生學習興趣的僅佔 27 %，可見得實驗組學生大多肯定使用「GSP 電腦輔助教學」能產生學習興趣，尤其以低分群學生較肯定使用「GSP 電腦輔助教學」對學習興趣的提升。
- (十) 實驗組的學生非常喜歡或喜歡使用「GSP 電腦輔助教學」來上數學課的佔 60 %，無意見的佔 33 %，不喜歡的僅佔 7 %，可見得實驗組學生大多喜歡或不排斥使用「GSP 電腦輔助教學」來上數學課。

二、建議

依據本研究之研究結果，提出以下幾點建議，做為未來數學教學及相關研究之參考

(一) 在數學教學方面的建議：

- 1. 教師若有充足的時間，配合適當的單元，可以適時引進相關之「GSP 電腦輔助教學」來幫助學生在動態的教學環境中思考，將一般在課堂上不容易呈現的動態表徵，透過強而有力的電腦軟體來呈現，使學生能因此加深印象，獲得更清晰的概念。
- 2. 開發、建置相關之電腦輔助教學教材，對許多老師而言，仍是一項相當沈重的負擔。靜態式的教材呈現對學生的吸引仍有限，但開發動態式的多媒體教材或互動式的教學環境，其技術層面亟需相關的專業人員提供協助；因此，結合教育專家、課程專家、教師及資訊專業人員，組成一個教材建置團隊，建置一個教學資源中心，提供給第一線的教師教學之用，才能確實做到資訊融入各科教學。

(二) 未來相關研究的建議：

- 1. 本研究只選取高雄市的一所完全中學高中一年級的兩班非隨機分派學生作為研究樣本，且由於考量不影響學校的課程進度，因此教學時數僅進行六節

課，實驗時間尚短，因此有小樣本及短時間的研究限制。因此，未來若有意進行相關研究者，可針對這兩個研究限制上加以突破，以便可以得到更一般化、更具代表性的推論。

2. 目前電腦輔助教學的研究期間都很短，實驗教學是否具有學習遷移的效果，可以進行追蹤的研究。例如：在之後的課程裡，「三角函數圖形」單元便與「廣義角三角函數」單元的圖形表徵及動態表徵有著密切的關係；而我們可以探討：在「廣義角三角函數」單元裡有好的表徵、概念的學生是否在「三角函數圖形」單元的學習也有好的成效。
3. 本研究的內容僅對高一課程的「廣義角三角函數」單元進行探討，未來研究可選擇其他教材內容再做研究，以建立電腦輔助教學在高中階段實施之可行性和適當性。

本文電腦設計的部份成果在 The 8th Global Chinese Conference on Computers in Education Hong Kong: 香港中文大學 (May 31-June 3) 發表

參考文獻

- 王保進 (1999)。視窗版 SPSS 與行為科學研究。台北：五南。
- 余文卿 (主編) (2002)。高級中學數學教科書《第二冊》。龍騰文化。
- 余文卿 (主編) (2002)。高級中學數學教師手冊《第二冊》。龍騰文化。
- 余顯惠 (2003)。高雄市高職學生運用電腦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。
- 吳明清 (2001)。教育研究-基本概念與方法分析。台北：五南。
- 吳明隆 (2003)。SPSS 統計應用實務。台北：松崗。
- 吳健雄 (1983)。電腦輔助教學之補救教學效果初探。國立台灣師範大學教育心理學報，16，61-70
- 林甘敏 (1999)。建構式電腦網路輔助教學教材的選擇與設計原則。第八屆國電腦輔助教學研討會論文集。逢甲大學。
- 林保平 (1996)。動態幾何軟體在教學上的應用。八十四學年度輔導區地方教育輔導教師研討活動論文集，128-152。
- 林保平 (1997)。動態幾何教學的電腦輔助教材研究。八十五年度國科會研究計畫報告，計畫編號：85-2511-S-133-004。台北市立師院。
- 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教育研究所碩士論文。
- 施盈蘭 (1995)。五專生的三角函數學習現象。國立台灣師範大學數學研究所碩士論文。

- 陳明仁 (1991) 。 電腦輔助教學對高工學生學習效益之評估研究。 **中華民國第五屆電腦輔助教學研討會** , 206-213。 國立高雄師範大學。
- 陳英娥 (1992) 。 **電腦輔助教學在國中數學科學習成效之研究**。 國立高雄師範大學數學教育研究所碩士論文。
- 黃光雄、簡茂發 (主編) (1998)。 教育研究法。 台北: 師大師苑。
- 黃純杏 (2001) 。 **高中學生廣義角的三角函數運算錯誤類型之研究**。 國立高雄師範大學數學系碩士班碩士論文。
- 溫明正 (2000) 。 資訊科技融入各科教學之應用。 **教學科技與媒體** , 50 , 54-61。
- 謝哲仁 (2000) 。 電子試算表在高中數學教學之可行性研究。 **美和技術學院學報** , 18 , 118-128。
- 謝哲仁(2002)。 動態電腦幾何教學建構之設計與理論探析。 國立嘉義大學數學教育研究所：**革新國民中小學議題**, 225-244 頁。 高雄：復文。
- 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。
- Jackiw, N. (1991). Geometers' Sketchpad. (computer program). Berkeley, CA: Key Curriculum.
- Schultz (1990). *The NCTM Standards from the teacher's perspective*. Columbus: Ohio State University.
- Kaput, J. J. (1992) . Representation and Problem Solving : Methodological issues related to modeling. In E. Silver(Ed.), *Teaching and Learning Mathematical Problem Solving : Multiple Research Perspectives*, pp.381-398. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- National Council of Teachers of Mathematics (1983) . *An Agenda for Action : Recommendations for School Mathematics of the 1980s*. Reston, VA.: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989) . *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA.: NCTM

The Effect of Learning Trigonometric Function In Dynamic Visual Computer Environment

Che-jen Hsieh*, Zen-Ming Zeng**

Abstract

In this study, manipulatable dynamic visual computer activities were designed for students to learn about the trigonometric function in the Geometers Sketchpad. The purpose of the study is to explore the learning effect of high school students in such new dynamic activities. After a six-unit instruction, there were no significant differences in the achievement test; however, the experiment group scored better and improved their performance in the posttest. The experiment students also showed more positive attitude for learning mathematics, whereas the control group who accepted traditional instruction showed negative attitude.

Key words: trigonometric function, computer-assisted learning

* Associate professor, Department of Public Finance ,Meiho Institute of Technology

** Mathematics teacher, Kaohsiung Chung-Zeng Senior High School