

國小五年級學生運用電腦軟體 G.S.P.學習比例問題 成效之研究

郭文金¹ 謝哲仁²

¹國立高雄師範大學科教所

²美和技術學院

(投稿日期：93年4月6日；修正日期：93年6月9日、7月15日；接受日期：93年 月 日)

摘 要

本研究主要目的在於比較「G.S.P.輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同方式，對國小五年級學生在比例問題的學習成就之差異，同時瞭解學童對透過 G.S.P.電腦軟體學習數學的學習態度和反應。

研究方法為準實驗研究法，採不等組前測—後測設計。研究樣本為小學五年級兩班學生共 68 位，選取一班為實驗組，另一班為控制組，實驗組實施 G.S.P.輔助教學，控制組實施傳統講述式教學。本實驗教學為期四週，每週兩次，每次 40 分鐘。經過實驗教學後，比較兩組學生比例問題學習成就之差異和對於利用 G.S.P.電腦軟體學習比例問題的學習態度和反應，各項資料經由統計軟體之分析，獲得下列六項主要發現：

- 一. 學生在比例問題學習成就上，實驗組顯著優於控制組。
- 二. 對於高分群學生，其在比例問題學習成就上，實驗組顯著優於控制組。
- 三. 針對離散量的比例問題解題成功率方面，實驗組顯著優於控制組。
- 四. 實驗組和控制組在解題策略的使用方面，大都傾向於能使題目成為整數比值問題的策略。
- 五. G.S.P.輔助教學可以引起學生的學習動機、刺激思考。
- 六. G.S.P.輔助教學能提供學生充分學習的機會，有助於適性化教育理想的實現，值得進一步的推廣。

關鍵詞：G.S.P.輔助學習、比值問題

壹、動機與目的

教育部對全國中小學實施九年一貫課程，因應課程改革導致轉變，過去課程設計由國家主導轉換為學校本位的自編教材，為因應小班教學，並且發揮多元化、個別化及適性化的教學課程以滿足學生的個別需求。就數學領域而言：教師應重視心智的啟發而非知識的灌漑，重意義的理解而非機械式的演練，著重於培養學生獨立思考及自由的心智。而電腦具備快速運算的功能及圖形處理能力，在這波強調教學創新及課程改革的洪流中，可以扮演相當份量的角色。因此如何有效的利用電腦軟體設計數學科的教材及其成效究竟為何？是當前數學教師最關切的話題。

美國國家科學教師協會（National Science Teacher Association）於 1987 年調查有關現行電腦和軟體所得訊息顯示：使用電腦教學的老師，可提昇學生學習動機、學生間合作、學生獨立性和提高學生學習能力的機會。顯然的，使用適當的電腦和相關的軟體可影響學生的學習情境，並獲得令人滿意的認知和情意學習成果。

現今教育的趨勢趨向於建構學習。學習者將新訊息和既有知識串連，並與所建的基模相契合（Resnick, 1983），因此學習者需要主動投入活動，並與適合的學習模式互動，用以激發和強化認知的成長（Larkin & Chabay, 1989）。而學習經驗的聯結最有效的方式，莫過於與日常生活經驗相關聯。例如，在日常生活中，常會遇到比例的問題，如錢幣的兌換，學生可能不清楚此問題與比例有關，但他們能根據自己的經驗解決兌換問題；根據 Hoffer 和 Hoffer（1992）等學者們的看法，認為比例推理概念是形成思考中一個重要的成分，也是應用相當廣的概念。在我國國中小的各學科中，都有不少教材與比例概念有關，這種廣佈在生活經驗中的概念，同時又是許多上位概念學習的基礎概念，從教育的觀點上應是非常值得重視的學習內容，且也應是要求學習者必須精熟的概念。

動態幾何（Geometer's Sketchpad，簡稱 G.S.P.）軟體和教學觀念的發展，使得數學的教學可以從較直觀的、動態的圖形著手。動態幾何軟體具有尺規作圖、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，這些功能及特質，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教學環境。讓學生的學習可以從觀察、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）。如果能將數學生活化的問題予以情境化，學生因此可以來回操控情境，從具體的視覺變動抽取其不變的性質正符合比例單元共變的特性；但是這樣的創新設計，真的會有預期的成效嗎？使用者的策略是否因此更多元？其數學學習的態度因此是否會改變？將是探討的重點。

本研究主要之目的在比較「G.S.P.輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同方式，對國小五年級學生學習比例問題之學習成效。因此，本研究根據上述研究目的提出以下待答問題：

- (1) 學生接受「G.S.P.輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同方式，在比例問題的學習成就方面是否有所差異？
- (2) 學生接受「G.S.P.輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同方式，對於比例問題的解題策略是否有所差異？
- (3) 學生對於利用 G.S.P.軟體學習數學的學習態度和反應為何？

貳、文獻探討

一、電腦輔助教學的發展

在過去，以電腦應用在教學的方式稱為 CAI，或電腦輔助教學；CAI 發展之初，受行為主義之影響，當時的 CAI 是屬於直線式的程式。到了 1960 年代，認知心理學及訊息處理理論之研究發展，認為學習者的角色不是被動的資訊接受者，而應是主動積極地參與學習的歷程，並自行統整與建構完整的知識，提供了 CAI 的設計與製作之實證性理論依據與原則。因此，以往的電腦輔助教學 (CAI) 便朝向以學習者為中心的電腦輔助學習 (Computer-Assisted Learning 簡稱 CAL)。

電腦輔助學習是研究學習理念和電腦科技的整合，電腦輔助學習的核心概念是指在某個文化社會環境中，以領域知識為主幹，運用合適的學習理念及合適的電腦科技輔助該領域知識的學習。依據這個概念，學習理念和電腦科技都是依據領域知識而選用的，所以，電腦輔助學習這個領域，是在某個文化社會中，由領域知識、學習理念及電腦科技三者整合而成的研究發展領域 (邱貴發，1994)。

事實上，由於個人電腦的普及、發展與網際網路的便捷，使得個人電腦已在人類生活各領域中發揮了它無遠弗界的影響力，也拉近了彼此間的距離，而且網際網路上的資源對教學確有很大的幫助。利用超文件的語法，可以很輕鬆地將多媒體輔助教學軟體做成可讓學生選擇适合自己程度的課程來進行，達到因材施教的效果。此外，還可以透過各個網站上的文字、圖片、聲音及動畫等，做成適合的教材，這將大大提昇學生們的學習效果 (柳賢，1998)。

二、學習的理論基礎

(一) 皮亞傑的認知發展四階段

皮亞傑認為 11 歲以上的學生即具備形式運思期的抽象思考，但有研究發現，許多學生並不如皮亞傑所指，在 11 歲至 12 歲間即發展出形式思考的能力 (Chiapetta, 1976; Lovell, 1961)。Renner, Grant & Sutherland (1978) 發現在他們的樣本中，僅有 17% 的七年級學生和 23% 的八年級學生具備形式操作的思考能力，甚至連十二年級的學生，也只有 34% 具有此種能力。而這也說明了學生在學習科學邏輯上的困難。

(二) 有意義的學習

Van Engen (1953) 認為有意義的學習是學生、符號、概念之間的交互作用。從 Van Engen 的觀點，認為操作或事件本身並非是知識，必須要和個體的心靈聯結，才能成為知識，因此數學知識意指符號和操作之間經過個體的心中作聯結才能產生知識 (Hsieh, 1993)。

(三) 訊息處理理論

訊息處理理論對學習的主要觀點有：(1)學習者在學習的歷程中扮演主動積極建構的角色(2)在學習歷程中有較高層次的認知歷程(3)學生既有知識的重要性(4)學習不僅是概念的改變更應是認知結構的改變(郭重吉, 1988; 張新仁, 1988; Siegler, 1985)。

(四) 建構主義

建構論的基本理念認為知識是人所建構出來的，感官所察覺到的訊息最主要的是決定於人們已有的知識、信念和理論(郭重吉, 1996)，也就是知識是個人主動「建構」的，個人根據先前經驗形成心智結構(mental structure)，將新進的訊息同化於原先的結構中，或調整結構以適應新訊息(鄭晉昌, 1996)。

(五) 視覺思考

Skemp(1987)指出，視覺符號系統是一種空間性質的抽象，傾向個人思考，但具有統合功能，可以顯示整個概念結構的外貌，且同時傳達很多概念，讓學習的感覺較直觀具體、有探索性。電腦可以動態圖像的方式呈現，提供學習者強有力的學習與知覺經驗，可以讓學習者形成動態的內在表徵，使學習者對抽象的概念，能夠更具知覺的能力(鄭晉昌, 1997)。而動態的視覺效果更可讓學生在認知上省去處理資訊的負擔，並增進認知的想像力，藉由直接操作物件的結果，可以測試一些假設，或尋求行動後所產生的不變性，進而建立高階抽象的代數表徵。此種有意義的學習，跳脫灌輸與模仿等傳統形式的學習，透過多元表徵的相關性理解，其數學資源庫(resource)的建立更形豐富穩固，對於問題解決的策略，有著更多的選擇與聯結(謝哲仁, 2002)。

三、電腦輔助教學與傳統講述式教學之比較

楊家興(1986)與 陳英娥(1992) 在比較電腦補助教學與傳統講述式教學，指出

(一) 優點方面

- (1) 電腦輔助教學：1. 個別化學習。2. 學習者控制。3. 增加探究發現的學習經驗。4. 提高學習興趣。5. 降低學習壓力，增進學習效果。6. 趣味化動態畫面，使教學生動活潑。7. 超越時空限制。8. 適用於特殊情境的學習。
- (2) 傳統講述式教學：1. 教材的使用較富彈性。2. 學生較能獲得完整有系統的知識。3. 節省學習的時間。4. 學生因老師的熱忱、幽默、戲劇性、邏輯性與關心而樂於學習。5. 適於大班教學。6. 教室秩序較能掌控。

(二) 缺點方面

- (1) 電腦輔助教學：1. 電腦設備價格昂貴。2. 不同軟體間的相容性低。3. 教材的編寫不易。4. 自我控制造成漫無目的的學習。
- (2) 傳統講述式教學：1. 學生易養成被動、消極的學習習慣和態度。2. 缺乏探究發現的學習經驗學生易失去興趣和注意力。3. 老師較不易瞭解學生學習的成效。4. 不易培養學生解決問題的能力。5. 教師的教法、人格特質與涵養，會影響學生的學習興趣和意願。6. 教學活動

實 驗 組 (G.S.P.輔助教學)	1.起點行爲 2.授課時數 3.教學進度 4.教材內容	學習成效 解題策略 成功率 學生的學習態度
控 制 組 (傳統講述式教學)	1.起點行爲 2.授課時數 3.教學進度 4.教材內容	學習成效 解題策略 成功率 學生的學習態度

一、研究對象

本研究對象的選取方式如下：

(一) 學習成就測驗預試樣本

選取屏東縣某國民小學五年級甲、乙兩班共 81 位學生，接受學習成就測驗的預試。

(二) 電腦學習環境預試的樣本

為確定電腦學習環境適當性之需要，故於正式施測前先進行電腦學習環境之預試，本研究所選取的預試樣本為屏東縣某國民小學五年級乙班學生共 3 人，由導師推薦該班數學成就為高、中、低之學生各 1 位學生，並徵得三位學生同意後成為電腦輔助教學環境的預試樣本。

(三) 正式樣本

本研究的正式樣本取自屏東市某國民小學丁、戊兩班學生共 68 人，隨機分派一班為實驗組，另一班為控制組，其中實驗組原有 32 位學生參與前測，後有一位學生於實驗期間因生病住院，無法繼續參與本研究，經剔除後實驗組共有 31 位學生，控制組為 37 位學生。

由於國民小學並未實施能力分班，因此在實驗假設上乃以各班皆為常態分配且各班之程度亦相當。同時兩班的前測成績經 t 考驗的 t 值為 1.078 ($p>0.05$)，顯示兩組學生在前測成績並無顯著差異。

二、研究工具

本研究研究工具包括有：

(一) 電腦設備

使用的電腦有二：

(1)15 部的 486DX100 之個人電腦，內含有 Win3.1 的視窗環境。

(2)1 部 586 的 Notebook，內含有 Win95 的視窗環境。

(二) 學習成就測驗

在確定研究方向後，開始蒐集有關中小學生學習比例問題之相關文獻，並和參加本研究的老師進行討論，再根據討論結果，以及參考何意中 (1988)、Noelting (1980) 的橘子水、調油漆問題、英國 CSMS (Concepts in Secondary Mathematics and Sciences) 的比例問題和 M.C.R.C. (Mathematical

Concepts and Reasoning Ability of Chinese Children) (江青南, 1984) 比例試卷中的「蛇與雞蛋」修改而成, 再請專家學者審核後修正, 然後對屏東縣潮州鎮某國民小學兩班學生共 81 位學生進行預試, 最後經由試題分析修正完成。本測驗屬紙筆測驗, 為探討研究對象的解題策略, 故本成就測驗以文字題呈現。

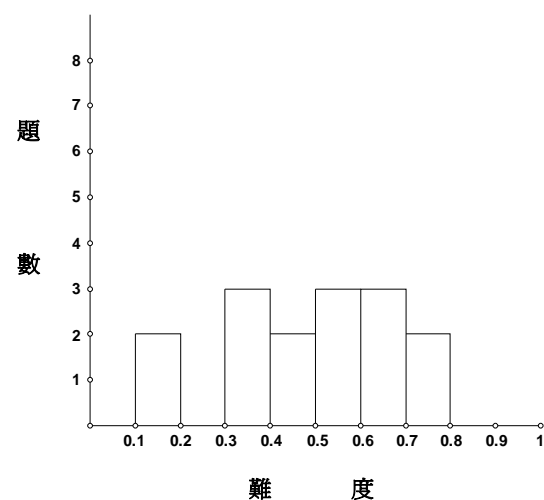
本測驗共編 15 題, 預試施測後, 閱卷評分計算難易度及鑑別度, 一般而言, 鑑別度在 0.3 以上即可被接受 (Ailken, 1985); 在難度方面, 共有 13 題難度在 0.3~0.8 之間, 有兩題的難度小於 0.2, 此兩題的鑑別度分別為 0.35、0.3, 以提高學生的挑戰性。

本測驗的折半信度為 0.89。且與預試樣本五年級下學期第一次月考及第二次月考之數學成績的相關係數為 0.8。

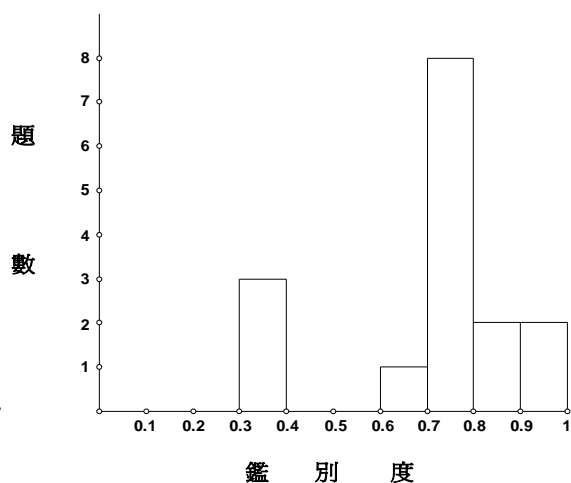
表二 本測驗試題之難度指數、鑑別度分析表

問題	難度	鑑別度	問題	難度	鑑別度
書本	0.80	0.56	蛇與雞蛋	0.74	0.74
直尺	0.63	0.74	桿影長度	0.35	0.96
獲獎	0.69	0.74	路線圖	0.14	0.35
注水	0.31	0.70	糖價	0.47	0.35
油價	0.47	0.78	三角形面積	0.54	0.96
兌幣	0.62	0.78	長方形面積	0.53	0.74
橘子水	0.58	0.70	面積	0.12	0.30
調水彩	0.32	0.61			
平均值	0.49	0.67			

圖一 本測驗之難度指數—題數分配圖

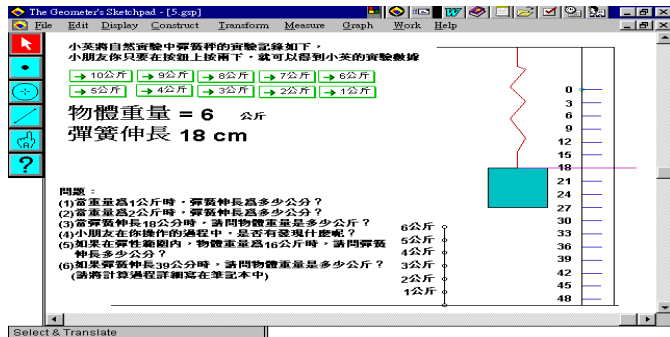


圖二 本測驗之鑑別度指數—題數分配圖



(三) 電腦輔助教學環境

本研究之 G.S.P.輔助教學環境由研究者根據研究目的與成就測驗試題，利用 G.S.P.軟體自行設計教學環境，由於本研究對象為國小五年級學生，故學習環境的螢幕均以中文呈現，在操作方面則以滑鼠在螢幕上直接按鍵的方式操作，經預試之後，研究者與指導教授及學者專家討論審核後修正完成。設計範例如下：



(四) 開放性晤談

本研究開放性晤談，是為瞭解受試者在前後測時所使用之解題策略的想法，在閱卷完後，研究者根據學生的解題步驟來提出問題，以期獲得受試者的想法。

(五) 態度調查表

態度調查表的部份，參考吳鐵雄（1987）國中數學 CAI 教材軟體之實驗評估實驗組學生對 CAI 的意見調查表及陳英娥（1992）實驗組學生對 CAI 意見調查表，修訂而來。

三、研究流程

本研究流程共分為準備階段、預試階段、正式施測階段三個階段：

(一) 準備階段

閱讀相關文獻，以瞭解國小五年級學生在學習比例問題時所遭遇到的困難和問題，在依此與參與本研究的老師共同討論、編製學習成就測驗、G.S.P.輔助教學環境的編製，修正完成後即進行預試樣本、正式樣本的選取。

(二) 預試階段

預試階段的工作有二：「成就測驗的預試」和「G.S.P.輔助教學」環境的預試。

- (1)成就測驗的預試：於 5 月 2 日對成就測驗預試樣本進行成就測驗預試，兩班的測驗均由第一研究者自行施測，施測時間為一節課 40 分鐘。
- (2)G.S.P.輔助教學環境的預試：成就測驗預試結束後，於 5 月 7 日、8 日兩天進行 G.S.P.輔助教學環境的預試；預試樣本的數學成就分為高、中、低三個層次，預試的目的在於瞭解各層次的學生對於本研究之電腦輔助教學環境是否能適應，以及操作是否有困難等，經事後訪談，3 位預試樣本對本研究的 G.S.P.輔助教學環境的螢幕呈現方式都能看得懂，同時在滑鼠操作方面也認為很簡單沒有困難。

(三) 正式施測階段

- (1)施測時間：預試完後，於 5 月 16 日進行前測，兩班均由研究者親自施測，施測時間 40 分鐘；

前測結束後即開始正式實驗教學，實驗期間自 5 月 18 日至 87 年 6 月 14 日止，共 4 週，每週上機 2 次，每次 40 分鐘。實驗教學結束後，於 6 月 15 日進行後測，兩組均由研究者親自施測，施測時間為 40 分鐘。

(2)實驗教學階段：在此階段實驗組進行 G.S.P.輔助教學，由於學校電腦設備的限制，所以上機是兩人一機。每次上機共 40 分鐘，前五分鐘由研究者先說明上機重點，之後再由學生自行操作學習，學生上機時，若有任何問題，可以互相討論或請教研究者。實驗組進行上機的同時，控制組由徐老師進行傳統講述式教學，教學時間、次數均與實驗組相同。為使影響因素減低，由研究者根據 G.S.P.輔助教學環境編製了教學的教材，實驗組、控制組的每位學生都有 1 本相同的教材。

四、資料分析

本研究收集資料的（一）比例問題學習成就前後測；（二）數學學習態度調查表；（三）開放性晤談等資料，經由電腦 SPSS 軟體和 Excel 軟體進行統計分析如下：

- （一）首先利用 t-test 考驗兩組前測的成績，以比較兩組在前測成績之差異性。
- （二）為探究兩組學生經由兩種不同教學方式，在比例問題之學習成就，乃以共變數分析考驗比例問題學習成就。
- （三）為瞭解學生在比例問題的解題策略，所以利用 χ^2 考驗解題策略的使用情形。
- （四）最後再以 χ^2 考驗分析學生使用 G.S.P.軟體對數學比例問題學習態度及反應。

肆、結果之分析與討論

本研究的主要發現如下：

一、比例問題學習成就

表三 實驗組和控制組前後測之平均分數與標準差

		前測	後測	前測-後測
實驗組 (N=31)	平均數	35.9	45.8	9.9
	標準差	26.14	28.25	
控制組 (N=37)	平均數	42.9	44.9	2
	標準差	27.06	30.94	

表五 兩組高分群前後測之平均分數與標準差

		前測	後測	前測-後測
實驗組 (N=16)	平均數	57.1	69.6	12.5
	標準差	16.68	13.66	

表四 實驗組和控制組前後測之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值
組間	955.2	1	955.1	4.35*
組內	14267.4	65	219.5	
全體	15222.6	66		

表六 兩組高分群前後測之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值
組間	934.8	1	934.8	4.33*
組內	6910.6	32	216	

控制組 (N=19)	平均數	65.3	65.5	0.2
	標準差	14.5	22.84	

表七 兩組低分群前後測之平均分數與標準差

		前測	後測	前測-後測
實驗組 (N=16)	平均數	14.6	22.3	7.7
	標準差	11.21	14.79	
控制組 (N=19)	平均數	20.7	25.7	5
	標準差	14.38	24.2	

全體	7845.4	33		
----	--------	----	--	--

表八 兩組低分群前後測之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值
組間	88.7	1	88.8	0.4
組內	7124.3	32	222.6	
全體	7213.1	33		

- (一)在比例問題學習成就本研究結果顯示實驗組和控制組達顯著的差異，究其原因有下列三點：
- (1)動態幾何學習環境的視覺化：學生透過這種視覺化的情境學習，對比例問題的瞭解能夠更具體，亦即利用按鍵的操作，螢幕的動態呈現，使得學生能從「聽而有所忘」到「做而有所悟」的學習效果。
 - (2)個別化教學的彈性：學習的速度完全操縱在學習者的手中，而且可以互相討論，或者請教老師，如此按照自己的進度來學習，可以建立信心及提高學習興趣。
 - (3)傳統教學的僵化：無法長時間的維持學生的注意力，並且教師也無法完全注意的每位學生的反應，即使透過隨堂測驗或發問來瞭解學生的學習狀況，但仍會有所疏漏，使得部份的同學，不論在其學習意願或成就上都有所影響。

(二)楊家興認為(1986)『一般而言，「學習者控制系統」似乎較適合能力高、動機強的學生，而「電腦控制系統」則適合能力較低、動機不強的學生』。從本研究的結果分析發現，實驗組高分群的比例問題學習成就顯著高於控制組，而低分群的比例問題學習成就實驗組和控制組並沒有顯著的差別，這樣的結果與楊家興的研究結果大致符合；究其原因，可能是實驗組高分群的學生透過電腦動態的呈現，不斷的觀察，不斷的猜測、不斷的建構，而有所瞭解，控制組高分群的學生雖然透過傳統教學也有所進步，但對比例問題中比例的改變，可能仍為比較抽象，因此高分群之比例問題學習成效，實驗組顯著優於控制組。但兩組低分群之學習成就沒有顯著的差異。

二、解題成功率

表九 兩組在比例問題測驗的解題成功率

	實驗組(N=31)		控制組(N=37)	
	前測成功率	後測成功率	前測成功率	後測成功率
書本	64.5%	80.6%	78.4%	78.4%
直尺	54.8%	37.8%	62.2%	48.6%
獲獎	38.7%	61.3%	62.2%	51.4%
注水	22.6%	54.8%	32.4%	56.8%

油價	45.2%	16.1%	32.4%	21.6%
兌幣	38.7%	54.8%	64.9%	56.8%
橘子水	51.6%	58.1%	54.1%	56.8%
調水彩	29.0%	35.5%	27.0%	37.8%
蛇與雞蛋	48.4%	51.6%	54.1%	62.2%
桿影長度	22.6%	51.6%	29.7%	37.8%
路線圖	6.5%	12.9%	8.1%	21.6%
糖價	38.7%	51.6%	54.1%	48.6%
三角形面積	35.5%	51.6%	29.7%	40.5%
長方形周長	35.5%	45.2%	40.5%	40.5%
長方形面積	6.5%	19.4%	13.5%	16.2%
面積		48.4%		43.2%
全體	35.9%	45.8%	42.9%	44.9%

(一) 從研究結果顯示，解題成功率最高的是「書本高度」問題，而「長方形面積」問題在兩組的前後測的成功率仍是偏低，究其原因，可能是在沒有給定長、寬之長度的情況下，面對面積問題時，學生會不知所措，而且也不瞭解面積放大縮小的比例是與長、寬放大縮小的比例兩者都有關，因此對實驗組和控制組的學生而言，雖然實驗組可以透過電腦螢幕動態及文字的呈現，控制組透過老師的講解，但學生仍然不清楚面積比例和邊長比例間的關係，所以成功率偏低。

(二)「直尺」和「油價」這兩個問題後測的成功率低於前測的成功率，究其原因，可能是：

(1)「直尺」問題在前、後測時本題會因為解題策略的不同，而影響本題是否為整數比值問題，若使用倍數法，則此題為整數比值問題；若使用單價法，為非整數比值問題，從兩組學生的解題過程中發現，實驗組學生和控制組學生在前後測計算錯誤的同學大都是使用單價法，大部份的學生都先用較大的數除以較小的數，然後再用乘法，結果計算錯誤，可見學生受到隱藏模式的影響，而採用較大的數除以較小的數，然後第二步驟再使用較為熟悉的乘法，所以後測成功率低於前測成功率。

林慧麗（1991）研究指出，數值較小的除法題，得分顯著高於數值較大的除法題，而本題後測成功率較前測成功率低的原因，可能是後測題目中的數值較大，所以在使用除法時，比較困難。

(2)「油價」問題是屬於連續量，在前後測無論使用何種解題策略都是非整數比值問題，而兩組後測成功率都比前測成功率要低，究其原因，可能是後測題目中的數字較大，所以學生的計算過程第一步驟就用較大的數除以較小的數，然後再乘以第三數（正確步驟應為除法）。

(3)「直尺」和「油價問題」實驗組的後測解題成功率低於控制組的解題成功率，究其原因，在日常生活中，學生幾乎沒有到加油站加油的機會，到文具店買的直尺雖然較長的尺價錢較貴，但是這些直尺的長度是固定的，所以這兩題與學生的日常生活經驗較無法聯結，沒有 G.S.P.輔助教學

環境可供回憶，所以實驗組的學生在這兩題的解題成功率低於控制組的解題成功率。

表十 兩組在離散量、連續量解題成功之百分比

		實驗組(N=31)		控制組(N=37)	
		前測(平均 35.9%)	後測(平均 45.8%)	前測(平均 42.9%)	後測(平均 44.9%)
離散量	書本	64.5%**	80.6%**	78.4%**	78.4%**
	獲獎	38.7%**	61.3%**	62.2%**	51.4%**
	兌幣	38.7%**	54.8%**	64.9%**	56.8%**
	橘子汁	51.6%**	58.1%**	54.1%**	56.8%**
	調水彩	29.0%	35.5%	27.0%	37.8%
	平均	44.5%	58.1%	57.3%	56.2%
連續量	直尺	54.8%**	38.7%	62.2%**	48.6%**
	注水	22.6%	54.8%**	32.4%	56.8%**
	油價	45.2%**	16.1%	32.4%	21.6%
	蛇與雞蛋	48.4%**	51.6%**	54.1%**	62.2%**
	桿影長度	22.6%	51.6%**	29.7%	37.8%
	路線圖	6.5%	12.9%	8.1%	21.6%
	糖價	38.7%**	51.6%**	54.1%**	48.6%**
	三角形面積	35.5%	51.6%**	29.7%	40.5%
	長方形周長	35.5%	45.2%	40.5%	40.5%
	長方形面積	6.5%	19.4%	13.5%	16.2%
	面積		48.4%		43.2%
平均	31.6%	40.2%	35.7%	39.8%	

**為成功率在各組各測驗平均成功率以上

Bar (1987) 在比例的概念發展比較研究中也顯示：(1) 學生處理離散量的能力，大於處理連續量的能力；(2) 學生解決整數比值的問題，較易於解決非整數比值的問題；因此，本研究將測驗題目分為：(1) 離散量問題與連續量問題；(2) 整數比值問題與非整數比值問題，兩方面進行分析，所得結果顯示：

(一) 離散量問題：

在離散量問題中，兩組在前、後測的成功率平均數都比各測驗之全體的成功率平均數要高，實驗組 t 值=-4.35 小於-2.776 ($p < 0.025$)，達顯著差異，即實驗組後測的成功率顯著高於前測的成功率。控制組 t 值=0.279 小於 2.776，未達顯著水準。因此，在離散量問題方面實驗組的進步情形要比控制組好。

(二) 連續量問題：

在連續量問題中，兩組在前、後測的解題成功率平均數都比各測驗之全體的成功率平均數要低，實驗組的 t 值 = -1.31 大於 -2.262，未達顯著水準；控制組的 t 值 = -1.023 大於 -2.262，亦未達顯著水準。雖然兩組在前、後測的成功率皆未達顯著差異水準，但實驗組的後測平均成功率比前測高出 8.6%，而控制組的後測平均成功率僅高出前測 4.1%。

三、比例問題之解題策略

比例問題會因為解題策略的不同，而成為整數比值問題或是非整數比值問題。根據筆試與面談結果，將受試者解題成功策略，依其想法，本研究將學生的解題策略歸類為三種解題策略：(1) 單價法：解題二步驟有兩種：一是先除再乘，二是先除再除 (2) 倍數法 (3) 公式法。

結果顯示：

不論實驗組或是控制組學生的解題策略無論是採用單價法或倍數法，解題二步驟均為先除再乘；實驗組和控制組學生所使用的成功解題策略，使用整數比值的解題策略和使用非整數比值的解題策略達顯著的差異水準。

從結果顯示中可發現，學生在解比例問題時，所採用的解題策略，盡量會傾向於第一步驟為除法，而第二步驟為乘法的解題策略，究其原因，可能是學生對於乘法較為熟悉，所以會盡量選擇採用第二步驟為乘法的解題策略。學生在選擇解題策略時除了傾向於使用先除後乘的解題步驟之外，也會傾向於選擇能使問題成為整數比值問題的解題策略，所以解題成功的學生，並不會偏好單價法或倍數法，而偏好於整數比值的解題策略。

許多學者 (Noelting, 1980; Karplus、Pulos & Stage, 1981; Friedland、Fitzgerald & Lappan, 1984; Bar, 1987; 何意中, 1992) 的研究中指出，學生面對比例問題時，處理離散量的能力優於處理連續量的能力，處理整數比值的能力優於處理非整數比值的能力，所以在選擇解題策略時，會盡量避免使用非整數比值的解題方法。在本研究中發現：(1) 在比例問題中，學生處理離散量的能力較優於處理連續量的能力；(2) 無論實驗組或控制組，學生在處理比例問題時，大都會採用能使問題成為整數比值問題的解題策略來解題；(3) 學生在解題時，如果遇到數值較大的比例問題時，解題第一步驟會採用較大的數除以較小的數之解題策略，不過可能並不瞭解其所代表的意義，於第二步驟時則採取較為熟悉的乘法策略，而導致解題失敗。這樣的結果，與上述學者的研究結果大致相同。

四、實驗組學生利用 G.S.P.電腦軟體學習比例問題後的學習態度和反應

表十一 態度調查統計表

項度	題號	贊成			不贊成			X ²
		人數	%	平均	人數	%	平均	
硬體	1	30	97	97	1	3	3	27.13***
軟體	2	22	71	80.7	9	29	19.3	5.45**
	3	29	94		2	6		23.52***

	13	24	77		7	23		9.32***
學習興趣	4	23	74	89.3	8	26	10.7	7.26***
	5	29	94		2	6		23.52***
	7	31	100		0	0		31***
師生互動	11	17	55	60.3	14	45	39.7	0.29
	12	29	94		2	6		23.52***
	14	10	32		21	68		3.9*
同儕互動	6	29	94	94	2	6	6	23.52***
人機互動	10	24	77	77	7	23	23	9.32***
學習態度 及反應	8	24	77	92.8	7	23	7.3	9.32***
	9	31	100		0	0		31***
	15	30	97		1	3		27.13***
	16	30	97		1	3		27.13***

*p<0.05 **p<0.025 ***p<0.01

結果顯示：

(1) 在硬體方面：本研究的環境設計是以按鍵式的方式來操作，所以只要會使用滑鼠，在操作方面應該不會有問題，而從第 1 題顯示有 97% 的學生認為操作很容易。

(2) 在軟體方面：本研究的學習環境以中文呈現題目並配合動態的彩色圖形，從第 2 題和第 3 題顯示平均 82.5% 的學生認為螢幕的呈現方式能加深印象及瞭解，不過表中第 13 題顯示 77% 的學生認為在指示說明方面如果能更清楚，會做的更好。

(3) 在引起學習興趣方面：本研究的學習環境以動態的圖形呈現，配合按鍵式的操作方式，讓學生很容易操作，因此應能刺激學生的思考，並引起學習興趣，從第 5 題和第 7 題顯示有 97% 的學生認為可以刺激思考並引起學習興趣。

(4) 在師生間的互動：從表第 11 題、第 12 題和第 14 題顯示，雖然有 55% 的學生認為可以不必依靠老師來學習，但有 94% 的學生認為如果偶而能得到老師的協助，可以學的更好，同時也有 68% 的學生覺得使用電腦並不會減少和老師溝通的機會。

(5) 與同學之間的互動：從第 6 題顯示，有 94% 的學生認為在活動中增加了許多與同學討論的機會。

(6) 人機間的互動：從表第 10 題顯示，有 77% 的學生認為，學習中可以猜測，並在按鍵後很快知道電腦所給的答案，如果猜錯了，學生也想再猜一次。

(7) 對利用電腦來學習數學的看法：從第 8 題、第 9 題、第 15 題和第 16 題顯示有平均 92.75% 的學生很高興使用電腦來學習數學，覺得能增進自己的學習效果和能量。

從訪談中也可以發現，問題藉由動態的圖形及文字符號的方式呈現，對學生而言，使學生能

透過圖形的改變再加上文字符號，使兩種不同的表徵能夠連結在一起，讓學生因視覺化，而對比例的印象更深刻，同時圖形的動態方式以及容易操作的特性，能引起學生的學習興趣，和刺激學生的思考。

臆測對學生而言是常用的解題方法之一，但在平時對於臆測結果的對錯不容易得知，除非自己親自去算或從別處得到答案，因此猜一猜雖然是學生常用的方法之一，但因答案的得知不容易，而使學生猜錯了並不知道；不過，由於電腦的可重複性以及很快的給予答案，使學生能在知道自己猜錯之後再猜一次，並從多次的猜測及觀察中找出解決問題的方法，因此也刺激了學生的思考。

Reyes (1984) 認為：有了較佳的數學信心可能會學得更多、對自己感受更好，並有較多興趣去追求較多的數學問題或概念，而且會堅持把數學學好。

伍、結論與建議

一、發現與結論

研究結果中，各項資料經統計處理獲得下列 11 項發現：

1. 學生在比例問題學習成就上，實驗組顯著優於控制組。
2. 對於高分群學生，其在比例問題學習成就上，實驗組顯著優於控制組。
3. 對於低分群學生，其在比例問題學習成就上，實驗組和控制組並無顯著的差異。
4. 針對比例問題，實驗組與控制組在解題成功率上，平均提高 9.9%，控制組平均提高 2%。
5. 針對比例問題，實驗組與控制組前測在離散量問題的解題成功率上，並無顯著的差異；但在後測時，則實驗組在離散量問題的解題成功率顯著優於控制組。
6. 針對比例問題，實驗組和控制組前後測在連續量問題並無顯著的差異。
7. 針對比例問題，實驗組和控制組前後測在整數比值問題與非整數比值問題的成功率沒有很大的差別。
8. 針對比例問題，實驗組和控制組前後測所使用的解題策略中最常用的是單價法和倍數法中先除再乘的解題策略，最少使用的是公式法，儘管傳統講述式教學的方式是教導學生使用公式法，但在後測使用公式法的學生仍然不多，這種情形與何意中 (1992) 研究發現大致相同。
9. 實驗組和控制組在解題策略的使用上並沒有特別喜好單價法或倍數法，而選擇解題策略的依據大都傾向於能使題目成為整數比值問題的策略，不過選好解題策略後，在解題的過程中許多學生第一步驟使用除法，但第二步驟時幾乎都直接使用乘法，顯示學生在解題時對第一步驟除法得到之結果所代表的意義可能不甚了解，所以，在第二步驟時便使用較熟悉且容易計算的乘法，而導致計算錯誤。
10. 學生在解比例問題時，經過電腦動態的呈現後，比較有感覺，所以學生在透過視覺化後，解題成功率增加。這也表示國小學生對較抽象的事物經過視覺化後，更能了解題目的意思。正如 Helprich (1963) 的研究結果指出，具體刺激物的學習效果比語言刺激要好。
11. 針對比例問題，實驗組採取 G.S.P. 輔助教學，結果顯示，實驗組進行數學的學習時，持正向態

度。

經由實驗教學，將所收集到的資料透過統計分析與討論後，本研究得到以下的 7 項結論：

1. 「G.S.P.輔助教學」和「傳統教講述式教學」兩種不同方式，對國小五年級學生學習比例問題而言，在學習成就方面，實驗組顯著優於控制組。
2. 「G.S.P.輔助教學」和「傳統講述式教學」兩種不同方式，對國小五年級學生學習比例問題而言，實驗組高分群的學習成就顯著優於控制組的高分群。
3. 不論實驗組或控制組，學生處理離散量問題的能力優於處理連續量問題的能力，處理整數比值問題能力優於處理非整數比值問題能力。
4. 不論實驗組或控制組，國小五年級學生面對比例問題所選擇的解題策略，會依是否能使題目成為整數比值問題而做決定，若已是整數比值問題，則會選擇第一步驟為除法，然後第二步驟為乘法的解題策略，此外日常生活中的經驗，也是學生選擇解題策略時的一個參考。
5. G.S.P.輔助教學可以引起學生的學習動機、刺激思考。
6. 透過 G.S.P.輔助教學，並不會降低同學間及師生間的互動情形。
7. G.S.P.輔助教學能提供學生充分學習的機會，有助於適性化教育理想的實現，值得進一步的推廣。

二、建議

研究限制

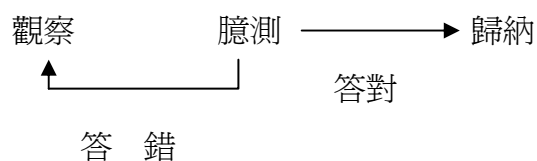
本研究因時間、設備、師資及行政各方面的考量，在處理時有一些研究限制：

1. 受限於電腦設備的要求，所以參與研究的學校、教師、班級沒有隨機抽樣，故本研究的結果不宜作過度的推論。
2. 本研究的 G.S.P.軟體無法對正確答案給予回饋，亦即缺乏立即回饋作用。
3. 研究樣本僅 68 人，人數略嫌不足，若有較大的樣本，將可以減少誤差，同時也可以增加推論性。

在教學上的建議

根據本研究的發現與結論，提出三點在教學上的建議：

1. 在設計比例問題時，宜從學生所熟悉的情境、最簡單且是離散量整數比值的問題開始，題目多變化且生動有趣，再透過電腦動態的呈現，以刺激學生的思考。
2. 讓兒童在學習比例問題時，能有具體操作的機會，或是透過電腦的模擬動態，使學生能因視覺化而產生較具體的觀念。
3. 當學生在解比例問題時，能讓他們透過



的過程中獲得比例的概念，而非背誦計算步驟或公式。

4. 對數學能力較低的學生，可以傳統講述式教學為主，以 G.S.P.電腦輔助教學為輔，將在課堂上

不容易呈現的動態圖形，透過動態的呈現，使能力較低的學生在老師講解之後，再藉由電腦的動態呈現，以加深印象而獲得較具體的觀念。

未來研究的建議

1. 本研究的內容僅對比例問題的探討，未來研究可選擇適當的內容再做研究，以建立 G.S.P.輔助教學在小學階段實施之可行性和適當性。
2. 可對三、四年級兒童做比例問題的研究，雖然他們還未告知何為比例問題，但可以透過 G.S.P.輔助教學的方式，研究其效果如何？
3. 實施 G.S.P.輔助教學的環境宜先進行測試，修訂後再進行實驗教學
4. 實驗教學是否具有學習保留及學習遷移效果，可繼續進行追蹤考核的研究，其效果如何？尚待進一步驗證。

參考文獻

一、中文部份

何意中（1992）：國小三四五年級學生比例推理之研究。花蓮師院學報，2期。387-433頁。

吳鐵雄（1987）：國中數學 CAI 教材軟體之實驗評估。國立台灣師範大學教育心理學報，20期。55-68頁。

邱貴發（1994）：電腦輔助學習的理念與發展方向。教學科技與媒體。15-21頁。

柳賢（1998）：八十七學年南區中小學數學網路數理科教學資源研習。國立高雄師範大學科學教育中心。

何意中（1992）：國小三四五年級學生比例推理之研究。國立花蓮師範學院學報，2期，p387-433

林慧麗（1991）：幼兒解答乘除問題的策略。國立台灣大學心理學研究所碩士論文。

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頁

郭重吉（1996）：建構論：科學哲學的省思。教育研究雙月刊，49期。16-24頁。

郭重吉（1988）：從認知觀點探討自然科學的學習。教育學院學報，13期，351-378頁。

郭素珍（1983）：比例概念暨學童認知發展關聯之研究。教育學院學報，8期。547-592頁。

陳英娥（1992）：電腦輔助教學在國中數學科學習成效之研究。國立高雄師範大學教育研究所碩士論文。

黃敏晃（1987）：如何解數學題？—數學解題策略簡介。科學月刊，18卷7期，515-522頁。

張新仁（1988）：現代教學方法的新趨勢。高雄教育研究，2期，69-88頁。

楊家興（1986）：電腦輔助教學中適應策略（Adaptive Strategy）的回顧。視聽教育雙月刊，28卷1期。1-14頁。

鄭晉昌（1996）：建構主義與合作學習—CYBERSPACE 中的合作學習。教育研究雙月刊，49期。13-15頁。

- 鄭晉昌 (1997)：視覺思考及科學概念的獲取—設計與發展電腦輔助視覺學習環境。《教學科技與媒體》，33，20-27 頁。
- 魏金財 (1994)：比與比值概念形成的學習情境電腦化設計。《國教學報》，69-95 頁。
- 謝哲仁(2002)：動態電腦幾何教學建構之設計實例與理論探析。《革新國民中小學數學教育》，225 - 258 頁。高雄：復文出版社。

二、英文部份

- Bar , V. (1987) . Comparison of the development of ratio concepts in two domains . *Science education* , 71 (4) . p.p.599-613 .
- Chiapetta, E.(1976). Overview of Piagetian studies relevant to science instruction at the secondary and college level. *Science Education*,60, p.p.253-261 .
- Friedlander, A., Fitzgerald , W. & Lappan, G (1984) .The growth of similarity concepts at the sixth grade level .In J. Moser (Ed) , Proceedings of the Sixth Annual Meeting of PMENA (p.p.127-132) . Madison : University of Wisconsin.
- Hsieh, C. J. (1993) . Learning About Linear Functions in Dynamic, Visual Computer Environment . Unpublished dissertation Athens: University of Georgia.
- Inhelder, B. and Piaget, J.(1973). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York : Basic Books .
- Hoffer, A. R.& Hoffer, Shirley A. K. (1992) . Ratios and proportional thinking .In Post T.R. (2nd ed.) ,*Teaching mathematics in grades k-8*, p.p.303-330. Boston : Allen and Bacon.
- Karplus, R., Pulos, S.& Stage, E.K.(1981) . *Proportional reasoning of early adolescents*. Berkeley : University of California, Lawrence Hall of Science.
- Lovell, K. (1961) . A follow-up study of Inhelder and Piaget's the growth of logical thinking. *British Journal of Psychology*,52,p.p.143-153 .
- Larkin, J. H.& Chabay, R.W. (1989) . Research on teaching scientific thinking : implications for computer—based instruction. In Resnick, L. B. & Klopfer, L.E. (Eds.) ,*Toward the thinking curriculum : current cognitive research*.1989 Yearbook of the Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria.
- Noelting, G. (1980) . The development of proportional reasoning and the ratio concept : Part 2. *Educational Studies in Mathematics*,11 . p.p.331-363 .
- NCTM(1989) . *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston , VA ; National Council of Teachers of Mathematics .

- Resnick, L.B. (1983) . Mathematics and science learning : A new conception. *Science*, 220, p.p.477-478 ◦
- Renner, J. ,Grant, R. & Sutherland, J. (1978) . Content and concrete thought. *Science Education*, 62, p.p.215-221 ◦
- Reyes, L.H. (1984) . Affective variables and mathematics education. *The Elementary School Journal*, 84(5) ◦ p.p.558-581 ◦
- Siegler, R.S.(1985). Encoding and development of problem solving ◦ In Chipman, S.F., Segal, J.W. and Glaser, R. (Ed) , *Thinking and Learning Skills*. Volume2 : Research and open question. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, p.p.161-185 ◦
- Skemp, R. R. (1987). *Psychology of learning mathematics*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Streefland, L. (1985) . The long term learning process for ratio and proportion. Utrecht : Research Group OW & OC, State University of Utrecht ◦
- Van Engen, H. (1953) . The formation of concepts. In Fehr, (Ed.) , *The learning of mathematics : Its theory and practice* (Twenty-five Yearbook (p.p.69-98)) . Washington, DC : National Council of Teachers of Mathematics.

A Study of the Effect of Fifth Graders Learning Ratios with G.S.P. Software

Wen-Chin Kuo¹ Che-Jen Hsieh²

¹National Kaohsiung Normal University, Graduate Institute of Science Education

²Mei Ho Institute of Technology

Abstract

The purposes of this study are first to compare the difference in scholastic achievement of the Fifth Graders in learning ratios between “G.S.P. assisted instruction” and “traditional lecturing instruction” and second to explore student attitude and response to mathematics learning with G.S.P. software.

This study adopts quasi-experimental design, with different pretest and posttest groups. Sixty-eight sample subjects were taken from two five-grade classes: one class was an experiment group and the other control group. G.S.P. instruction was given to the experiment group, whereas the traditional instructional method was employed to the control group. This experimental instruction lasted for four weeks, two sessions each week, each session lasted 40 minutes.

Major findings are as follows:

1. Students in the Experiment group outperformed those of the Control group in learning achievement of ratios.
2. High-scoring students in the Experiment group significantly outperformed their counterparts in the Control group.
3. Students in the Experiment group outperformed those of the Control group in success rate of solving discrete ratio problems.
4. Students in both groups tended to demonstrate solving strategies of converting problems into integer ratios.
5. G.S.P. instruction seemed to motivate student learning and provoke thinking.
6. G.S.P. instruction seemed to provide student with sufficient learning opportunities and help create an ideal learning environment. Therefore, it is worth further application.

Keywords: G.S.P. assisted learning, ratio problem