

第四章 結果分析與討論



本章將分成四節來呈現研究結果，並且依據所收集的資料進行討論分析，回答以下四個研究問題：

1. 使用 flash 軟體設計教學活動時，應該如何設計製作數位教材？
2. 進行 flash 軟體設計的教學活動後，對學生學習平方根是否有較好的學習成效？
3. 進行資訊融入教學後，分析學生對此教學方式的回饋。
4. 使用引入數學史的教學後，分析學生對此教學方式的回饋。

將所取得的研究資料，依照「研究對象」進行編碼。研究對象區分成二類，分別為「T」代表老師，即為研究者本身；「S」代表學生，學生分為兩大組，以數字和英文字母編碼，首碼「1」代表屬於對照組、「2」代表屬於實驗組；第二碼「0」代表女生、「1」代表男生；第三碼「c」代表低分組、「b」代表中分組、「a」代表高分組。例如：「S10b」表示此研究對象是對照組之中分組的女學生。

訪談的部分，以研究工作中的題目為主，研究者從分析訪談內容以了解學生答題時展現的思維判斷，並轉錄部分原案作為說明。

第一節 建構平方根多重表徵的學習環境

一、數位教材設計理念說明

根據 Lesh, Post & Behr 的表徵系統的交互作用模式，真實腳本、具體操作、語意、圖形、書寫符號這五種表徵，運用於方根的教學策略中，在教學時幫助學生了解這些表徵的意涵及其連結。在表 4-1-1 中說明各單元表徵的呈現方式及教學目的；在圖 4-1-1 中呈現平方根數位教材的部分畫面。

表 4-1-1 平方根數位教材內容架構表

單元名稱	表徵的呈現	教學目的
平方根的出現	<p>真實腳本:提供一個學生能力可解決的問題，由正方形的面積推出其邊長。</p> <p>圖形、語意表徵:問題的型式以正方形圖形輔以文字描述。</p> <p>語意表徵:以文字描述平方根概念。</p>	<p>了解「平方根」名詞的使用時機，知道一正數的平方根有 2 個。</p>
平方根的符號和歷史	<p>真實腳本:提供一個需思考的問題,猜測面積 18 的正方形邊長是否存在?如何畫出?長度大小為何?</p> <p>具體操作:以動畫呈現畫出面積 18 正方形的方方式,若看一次還是不了解,可用按鈕再多看幾次。</p> <p>真實腳本、書寫符號:引入發現平方根的歷史及方根符號的創造歷程。</p> <p>語意、書寫符號:在本單元結論中,強調這兩個表徵的轉換。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解平方根出現的緣由及其必要性。 2. 熟悉方根符號。 3. 知道負數沒有平方根。
平方根的平方	<p>真實腳本、圖形、書寫符號:將「方根</p>	<p>了解平方根的運</p>

	平方的計算規則」和「正方面積和邊長的平方關係」作聯結。幫助學生平方基模的同化能順利進行。	算規則。
平方根的乘除	真實腳本、書寫符號:透過這兩個表徵歸納出方根的乘除規則。	了解平方根的運算規則。
平方根的近似值	具體操作:學生運用電腦算出平方近似值。 具體操作、圖形:藉由操作和數線的呈現方式,讓學生了解十分逼近法的概念。	能利用十分逼近法的概念求得方根的近似值。



圖 4-1-1 數位教材的部分畫面

二、教學活動進行方式

進行數位教材的教學活動過程中，每節課開始的前 10 分鐘，提供學生學習單填寫，學生可藉此進行回顧上節課所習得的知識，幫助學生順利進入新知識的學習環境。詳細的教學流程見附錄六，研究者依照教學流程歸納出數位教材的教學進行模式，如圖 4-1-2 所示：

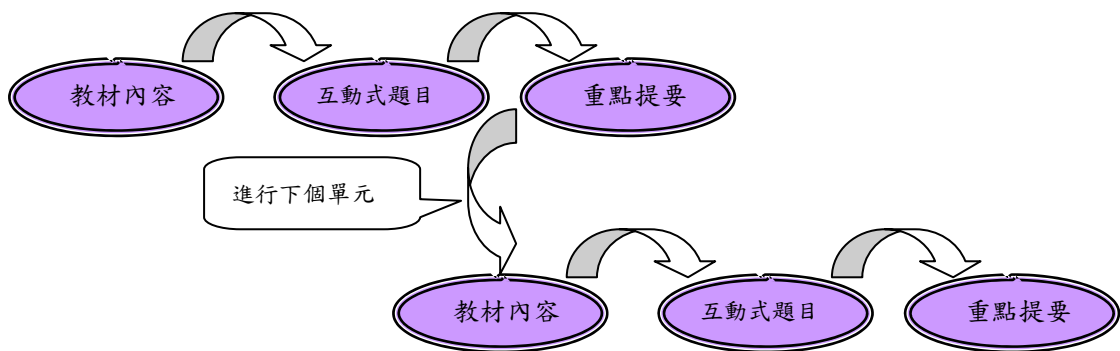


圖 4-1-2 數位教材的教學模式

三、教師觀察教學現場的結果分析

由研究者在教學現場使用此數位教材的教學狀況，可分成以下幾點加以闡述：

1. 提高學習專注力及興趣：進行資訊教學之前，大約有 5、6 位學生主動詢問、提醒教師向學校商借電腦教室；在此次教學活動中，平常無學習意願的學生會拿著學習單詢問教師應如何填寫。
2. 教學內容不易遺漏：教材依順序性編排，要教授的單元內容直接點選即可，並

可提醒教師要教授的教學內容；學生有不了解的部份，可以 flash 中的倒退功能，將畫面返回至學生有所疑惑之處。

3. 教學時教師的教室巡視易受限制：在電腦教室使用廣播系統教學，因而教師得坐在電腦主機前操作，有產生視覺死角，無法顧及全班學生的學習狀況；將來再進行教學時，可以考慮讓數學小老師聽老師的口令操作電腦，如此教師可以觀察掌握全班學生的學習情況，不致有教學死角的產生。

4. 硬體設備的不足：學校的電腦教室共有 2 間，平常上課以電腦課為主，其他的科任教師得利用電腦課的空檔，才可申請使用電腦教室。在此電腦輔助教學的過程中，曾發生和另一位教師同時間要使用電腦教室的狀況，經兩位教師協調後溝通後，才不致發生不愉快的場面。因而若數學科能有專屬的多媒體教室，有助於教師研究資訊教學，教學活動的進行會更為順暢。

5. 對教材內容的省思：

(1) 使用 flash5 軟體來運算平方根近似值時，小數點無法呈現，使用 flash 較新的版本就解決此一問題。

(2) 在互動式題目的設計，學生的回饋按鈕只有「答對了」和「答錯了」兩種類型。在學生答題出現錯誤時，就 Piaget 認知發展學來說，即是學生發生認知衝突，應立即針對其錯誤類型給予適當引導，幫助學生進行同化與調適。因此未來的設計可以朝此方向努力。

第二節 探討平方根學習成效

本節內容為透過分析實驗組與對照組的學習成效，探討使用平方數位教材的輔助教學，對學生學習平方根是否有較好的學習成效。在研究樣本的起點行為中，以統計考驗認定實驗組與對照組為起點行為無顯著差異的相似團體，本節中所使用的各筆統計資料以 SPSS 統計軟體分析後均為常態分佈，因而本節出現的 p 值是使用 t-test($\alpha=0.05$)來計算求得，若 p 值 <0.05 ，即存在顯著差異。

一、「先備知識」與「學習成就」比較

「先備知識」為學生接受實驗教學之前所作「平方根先備知識測驗」的評量結果；「學習成就」為學生接受實驗教學之後所作「平方根學習成就測驗」的評量結果；兩者的評量結果皆以答對率來表示。

表 4-2-1 「先備知識」與「學習成就」平均答對率

答對率	實驗組	對照組	p 值
先備知識	68.57	70.87	0.35
學習成就	61.31	58.61	0.17

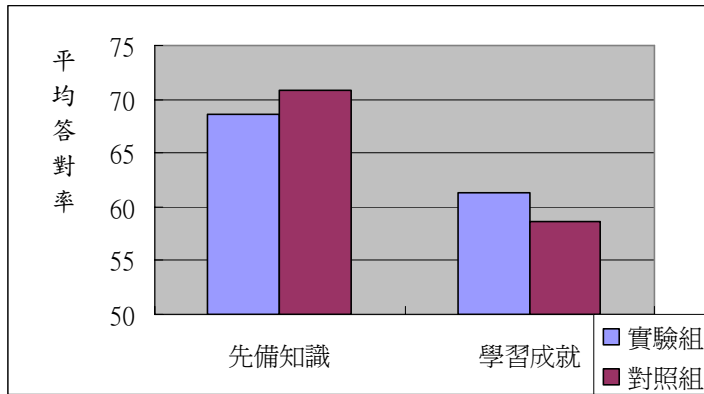


圖 4-2-1 「先備知識」與「學習成就」平均答對率的長條圖

由表 4-2-1 可看出，兩組學生在「學習成就」平均答對率主要效果皆無顯著差異。由圖 4-2-1 發現實驗組在「先備知識」的答對率上落後對照組，但是經過不同的教法的實驗處理後，實驗組在「學習成就」的答對率上領先對照組。

因此由以上的討論可以知道實驗組和對照組經過實驗教學後，其「學習成就」並無顯著差異，此結果的產生，主要可能的原因為：本次實驗中兩組教法有差異的節數僅四節課，學生的學習成效在短時間內無法產生太多的改變。

二、前後測比較

考慮到由圖 4-2-1 發現實驗組的學習成效比對照組良好的情況，研究者從「平方根先備知識測驗」和「平方根學習成就測驗」取出 3 題相同的題目來作前後測比較，以了解實驗組和對照組學生學習前後在語意表徵、方程表徵的程度差異。

首先，將兩組學生在語意表徵、方程表徵的前、後測題目，整理如以下：

表 4-2-2 前、後測題目

表徵	前測 題號	後測 題號	題目	評分標準
語意	7	一 7	有沒有一個數，自己乘自己後，會等於 2？ <input type="checkbox"/> (A) 有 <input type="checkbox"/> (B) 不知道，但我猜有。 <input type="checkbox"/> (C) 沒有 <input type="checkbox"/> (D) 不知道，但我猜沒有。	A: 得 1 分 B: 得 0.5 分
方程 1	8	二 5(1)	$x^2 = 25$ ， $x = \underline{\hspace{2cm}}$ 。	± 5 : 得 1 分 5: 得 0.5 分
方程 2	9	二 5(2)	$x^2 = 17$ ， $x = \underline{\hspace{2cm}}$ 。	$\pm \sqrt{17}$: 得 1 分 $\sqrt{17}$: 得 0.5 分

表 4-2-3 前、後測平均答對率

	實驗組	對照組	p 值
前測	38.10	41.44	0.60
後測	59.05	59.46	0.95
後-前	20.95	18.02	0.67

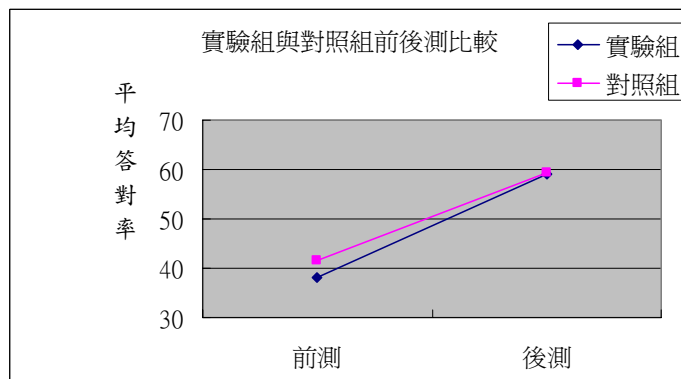


圖 4-2-2 前、後測平均答對率的折線圖

由表 4-2-3 得知實驗組和對照組的後測平均答對率未達到顯著差異(p 值

>0.05)，又但考慮到前測和後測並不是獨立因子，因而將前後測的平均答對率差距作 t-檢定，統計後得其 p 值為 0.674(大於 0.05)，仍未達到顯著差異。

進一步將依題型分為語意、方程表徵來作「後測-前測」的 t-test，這三項 p 值皆大於 0.05，並未達到顯著差異，如表 4-2-4:

表 4-2-4 前後測各題型平均答對率的差異比較

後測-前測	實驗組	對照組	P 值
語意	38.57143	13.51351	0.089
方程 1	2.857143	14.86486	0.534
方程 2	20	25.67568	0.415

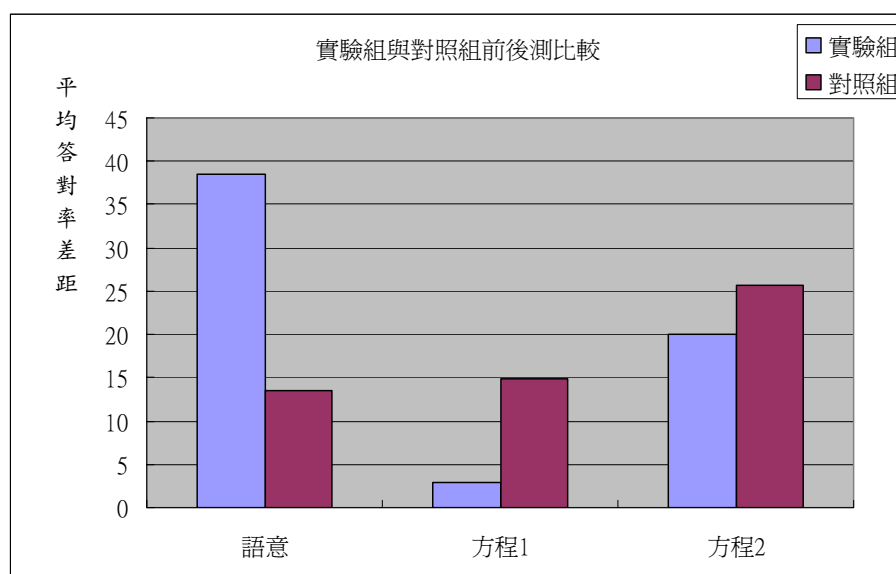


圖 4-2-3 前後測各題型平均答對率差距比較的長條圖

由圖 4-2-3 中，若比較各題型的答對平均數，在語意表徵的進步狀況，實驗組比對照組高出約 25%，實驗組在此部分能有較好的學習成效，其可能的原因，

在教學過程中實驗組除了「聽」的學習經驗外，還比對照組多了「看」的學習經驗，正如 Clark&Starr(1986)的研究發現，學生的記憶量因下列情況而有差異：能記住「聽到」的 20%，能記住「看到」的 20%，能記住「聽到及看到」的 50%…(引自謝哲仁，2001)。這也顯示了「資訊融入教學」能帶給學生較深刻的學習經驗。

表 4-2-5 分組前後測各題型平均答對率的差異比較

	實驗組	對照組	P 值	實驗組	對照組	P 值	實驗組	對照組	P 值
	語意			方程 1			方程 2		
高分組	39.28571	16.55844	0.66	7.142857	27.27273	0.814	17.85714	36.364	0.782
中分組	58.33333	17.85714	0.814	-4.16667	14.28571	0.058	29.16667	10.714	0.921
低分組	14.28571	20.83333	0.205	7.142857	4.166667	0.233	14.28571	33.333	0.228

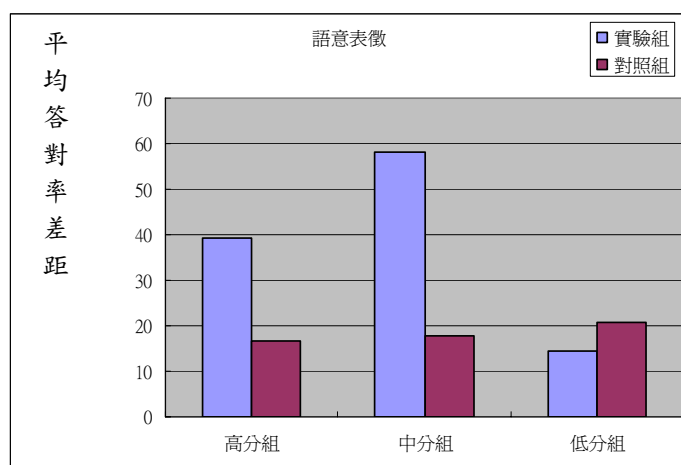


圖 4-2-4 分組語意表徵前後測平均答對率差異長條圖

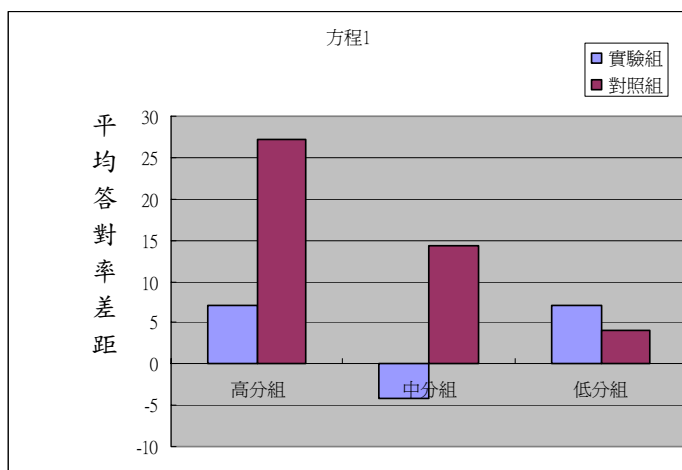


圖 4-2-5 分組方程 1 前後測平均答對率差異長條圖

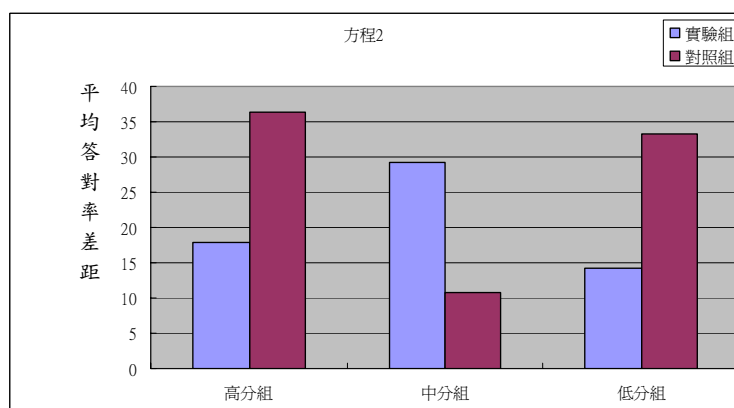


圖 4-2-6 分組方程 2 前後測平均答對率差異長條圖

為能觀察這兩種不同教學法對不同程度學生所造成的影響，將學生依程度分三組，依組別算出每題的前後測平均答對率的差距，並利用 t-test 算出 p 值，觀察高、中、低分組的學習成效是否達到顯著差異。如表 4-2-5，學生分組後在前後測的改變並未達到顯著差異。

接下來將表 4-2-5 的資料製成長條圖，如圖 4-2-4、圖 4-2-5、圖 4-2-6，

由圖 4-2-4 可清楚地看出在語意表徵方面，對高、中分組學生而言，實驗組比對照組進步 23% 以上，因而「資訊融入教學」對高、中分組學生有很大的助益，可能的原因在於實驗組的學生比對照組多了「看」文字敘述的機會，因而實驗組學生較習慣語意表徵的題型。

在「方程 1」(方程表徵)方面，由圖 4-2-5 可看出對高、中分組學生而言，對照組比實驗組進步超過 20%，可能的原因為「板書教學」提供學生較多紙筆練習的機會，而實驗組學生使用較多的時間在操作電腦，課堂上紙筆練習的時間就相對減少。如圖 4-2-5 中，實驗組的中分組學生後測答對率不升反降，分析中分組學生的答題狀況後，發現原因為：在前測完全答對的學生，在後測中只答了「5」這個答案，遺漏了「-5」。造成此答題情況的因素可能是：實驗組的學生較習慣以具體情境、圖形表徵(正方形面積)呈現平方根概念，而幾何量皆以正數表示，因而學生答題時會發生遺漏負數答案的情況。

在「方程 2」(方程表徵)方面，從此題型測試學生對方程式的題型，是否能使用方根符號來呈現答案。由圖 4-2-6 中的符號，高、中、低分組皆有約 20% 的進步差距，分組分析學生的答題狀況以發現造成差異原因：

1. 高分組：兩組的學生皆能使用方根符號來回答問題，造成學習成就差異的原因在於，遺漏了負數的答案的學生人數比例，實驗組學生佔了較高的比例，高分組學生總人數中，實驗組學生約佔 36%，對照組約佔 8%。由此可知實驗組學生在計算思慮的周密性不如對照組，也許是在教學過程中，實驗組學生因接受到較多的

圖形、動畫，因而習慣以具體情境、圖形表徵(正方形面積)來思考平方根概念的問題，而較少訓練計算能力的關係。

2. 中分組:對照組和實驗組遺漏了負數的答案的人數比例皆為 50%左右，但在前測時，該題沒有得分的中分組學生，在實驗組中佔 58%，在對照組中佔約 28%，顯示出實驗組學生進步的空間較大，因而經教學之後，實驗組在使用方根符號的能力進步較多。

3. 低分組:在後測中，該題完全沒有得分的低分組學生，在實驗組中佔 55.6%，在對照組中佔約 41.7%，此結果顯示出經教學之後，實驗組有較高的比例無法使用平方符號解題，其原因有可能對低分組的學生用「看」的學習方式，對符號的使用較無法達到有效的教學成效，還是需要紙筆練習來幫助學生達成學習方根符號的目標。

小結

「資訊融入教學」使高分組學生在語意表徵、圖形表徵的學習成效有較多的進步，但在方程表徵的學習成效進步比對照組少，需輔以紙筆練習加強計算思慮的周密性。

「資訊融入教學」的中分組學生在方程表徵的學習成效進步較多，可能是因為實驗組的在方程表徵的起點行為比對照組來得低，因而實驗組學生的進步空間較大。所以實驗組學生的進步較多，也許不能直接歸因於「資訊融入教學」的教學作用，依目前的資料無法得到確實的結論。

「資訊融入教學」使低分組學生在方程表徵的學習成效進步較對照組少，需要增加紙筆練習來幫助學生學習方根符號。

三、不同題型的學習成效比較

為了解在不同的教學方式下，學生在學習不同題型的成效差異，根據「平方根學習成就測驗」各題的屬性分為概念性知識、程序性知識、解題能力、學習遷移四個面向作統計說明或歸納描述。

表 4-2-6 四種題型的平均答對率及 p 值

	實驗組	對照組	p 值
概念性知識	66.79	60.86	0.38
程序性知識	58.10	62.70	0.41
解題能力	55.81	49.38	0.29
遷移遷移	60.93	55.86	0.51

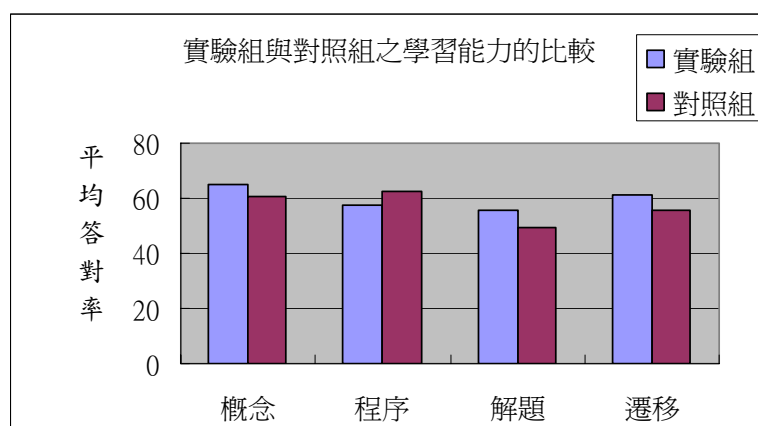


圖 4-2-7 四種題型平均答對率的長條圖

由表 4-2-6 看出在兩組學生的學習在這四個面向並未達到顯著差異，考慮到觀察全班學生的學習成效，無法看出不同教學法所造成的差異，將學生依程度分

三組組，以統計量和訪談資料來闡述實驗組和對照組的學習狀況。研究者分成四個面向加以討論：

1、概念性知識

概念性知識於後測的題目中，共有 30 小題，題型分為生活情境、平方根的存在性、數和符號表徵、語意表徵、幾何聯結、數線聯結，共六部分；因學生初次接觸平方根，故著重於概念性知識的部分，期能了解學生在不同的教學之下，其平方根概念的學習成效是否顯著，及對平方根表徵的呈現方式是否有所差異。

表 4-2-7 概念性知識分組的平均答對率及 p 值

	實驗組	對照組	P 值
高分組	83.10	77.42	0.064
中分組	64.31	62.38	0.83
低分組	50.00	43.89	0.109

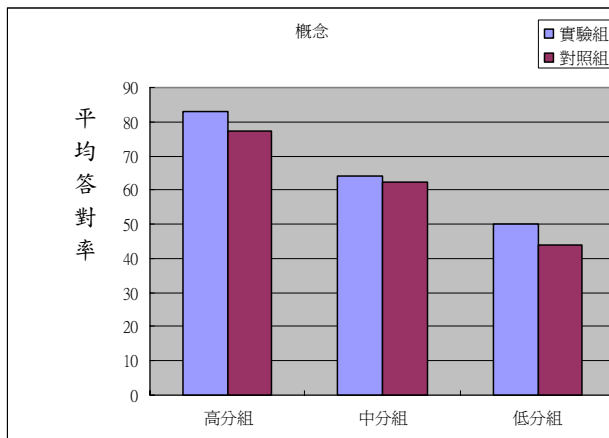


圖 4-2-8 概念性知識分組長條圖

由表 4-2-7 不同程度學生的學習成效未達到顯著差異，觀察到高分組的學生實驗組的平均答對率比對照組高，將高分組學生在「平方根學習成就測驗」中關於概念性知識的文字說明和訪談內容加以分析，造成哪些差異和造成差異的原因為：

(1) 表達同一概念時，實驗組的學生的說明文字的使用較為豐富而多樣化，而對照組學生中有較多的比例以數學算式和符號表徵來呈現，例如表 4-2-8:

表 4-2-8 生活情境之回答類型

1. 時間從上午 8 點 1 分至 8 點 5 分，會經過 8 點 $\sqrt{2}$ 分嗎？ <input type="checkbox"/> (A) 有 <input type="checkbox"/> (B) 沒有 <input type="checkbox"/> (C) 不知道。 請說明你的看法：_____。			
原案描述的回答類型-實驗組	百分比	原案描述的回答類型-對照組	百分比
$1 < \sqrt{2} < 5$	28.6	$\sqrt{2} \doteq 1.414$ $1 < \sqrt{2} < 5$	72.8
1 分到 5 分之間一定會到小數點。 數線上可以找到。 8:1~8:5 會經過 8:1.4，因為 $\sqrt{2} \doteq 1.4$ 。 針會慢慢移動，一定會經過。 時間一直在前進，會經過。	71.4	$\sqrt{2} \doteq 1\dots$ ，從 1 開始，所以會經過。 因為數線上找得到 $\sqrt{2}$ 的存在。	27.2

表 4-2-9 平方根概念之回答類型

12. 請你用自己的話來說明『 $\sqrt{2}$ 』是什麼意思？_____。				
	原案描述的回答類型-實驗組	百分比	原案描述的回答類型-對照組	百分比
$\sqrt{2}$ 就是數的表徵	2 的平方根 它是一個無理數 2 的正平方根	35.7	2 的平方根 根號 2	18.1
圖形表徵	一個正方形面積 2 的邊長	21.4	正方形面積 2 的邊長	9.0

方程表徵	再乘自己一次等於 2 $\sqrt{2}$ 的平方會和 2 相同 $x^2 = 2$, 要求的 x 就是	42.9	$x^2 = 2$ $\sqrt{2} \times \sqrt{2} = 2$, 平方是 2 未知數的平方等於 2	72.7
------	---	------	---	------

如表4-2-9，由學生所表達的敘述中分析平方根概念表徵，實驗組在圖形表徵上的百分比對照組高出約12%，可見對學生的建立平方根心象的圖形表徵而言，「電腦動畫呈現」比「畫在黑板」所達到的效果較佳。有這種情形的產生，可能在進行「資訊融入教學」時，學生一人一機，學生和電腦界面的距離較黑板近，提供學生較為強烈視覺印象文字，而且數位教材中的平方根概念以文字和圖形表達的頻率較「板書教學」高，因此有強化學生語意、圖形表徵的教學作用。

高分組中，對照組選擇運用方程表徵的百分比高出實驗組約30%，因而「板書教學」對學生運用方程表徵有較佳的教學成效。

(2)透過電腦的實際操作，能在腦海中加深平方根和數線的聯結。在表 4-2-10(參考蔡仲彬(民 86)的研究，將「數線之回答類型」分成四種類型)中，學生描述“數線”的持質和數的關係作為解釋理由，實驗組的學生高出對照組約 24.9%。在介紹「十分逼近法」(由數線了解平方根近似值的概念)的課程時，實驗組的學生在電腦上操作並配合學習單進行學習，而對照組的學生是使用紙筆學習，兩組學生都有在數線找到正數平方根的學習經驗。可見「資訊融入教學」能加深平方根和數線的聯結。

表4-2-10 數線之回答類型

9. 就目前學到的所有的正數，是不是都可以在數線上找到它的平方根？ <input type="checkbox"/> (A)是 <input type="checkbox"/> (B)不知道，但我猜是。 <input type="checkbox"/> (C)不是 <input type="checkbox"/> (D)不知道，但我猜不是。 你的理由是：_____。					
答案類型		原案描述的回答類型-實驗組	百分比	原案描述的回答類型-對照組	百分比
答案為否定		有些數沒有平方根， 如： $\sqrt{3}$ 找不到	14.3	有些不行，如 2、3、5... 無限小數不行	27.2
答案為肯定	某些數平方根之“結果”的等殊型態描述	只要數加上根號就可以了 正數有平方根 虛數是不可以的。	35.7	一定可以，如 $\sqrt{4} = 2$ 每個正數都可以開出平方根 因為能實際找到那個數	53.1
	描述“數線”的性質和數的關係	因為電腦有做過 有試過 畫得出來 在數線可以找到	42.9	只要畫得出來 數線可無限延伸	18.0
	其它表達內容	老師有講	7.1	用想的	9.1

小結

「資訊融入教學」有強化高分組學生語意、圖形表徵的教學作用。

「資訊融入教學」讓高分組學生在平方根和數線聯結的學習經驗上，能有較深刻的操作心象。

2、程序性知識

「程序性知識」的題型分為：次序大小關係、語意表徵、方程表徵、符號表

徵四部分，共 10 小題。

表 4-2-11 程序性知識分組的平均答對率及 p 值

	實驗組	對照組	P 值
高分組	69.29	88.18	0.03
中分組	57.14	64.17	0.47
低分組	45.83	24.29	0.00

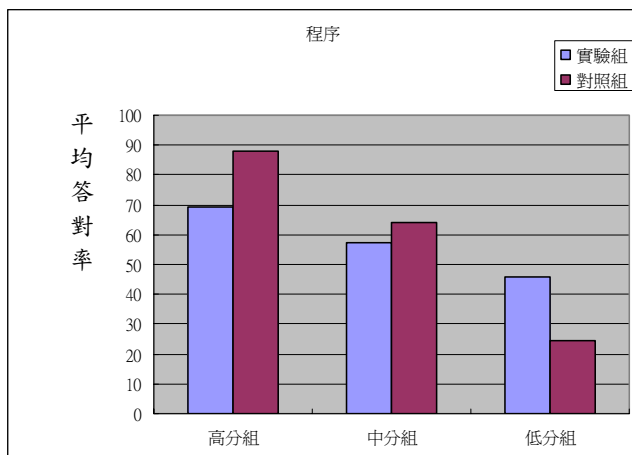


圖 4-2-9 程序性知識分組平均答對率的長條圖

由表 4-2-11 中發現高分組和低分組的在程序性知識的處理效果，皆達顯著差異。將高、低分組學生在「平方根學習成就測驗」中關於程序性知識的文字說明和訪談內容加以分析，造成哪些差異和造成差異的原因為：

(1) 高分組：

實驗組的答對率較對照組低，分析比較兩組的答題類型，發現實驗組的學生遺漏了負數的答案的比例偏高，佔了該組學生人數的 28%，實驗組學生可能習慣以具體情境、圖形表徵(正方形面積)作為平方根解題策略，平方根的圖形表徵干

擾了方根數運算規則，讓學生發生遺漏負數平方根的現象。

(2)低分組：

比較兩組的答題狀況後，發現在語意表徵、符號表徵方面，實驗組學生皆有較好的表現。造成此差異的原因可能是：「資訊融入教學」讓實驗組學生上課比對照組學生專注；在程序性知識的題型中，若將方根符號排除後，測驗題目僅需國小程度的四則運算能力，而且方根的乘除和正數乘除的規則完全一樣，學生只要有上課聽講，應能順利完成該題作答。

訪談轉錄：

T: $\sqrt{2} \times \sqrt{3}$ 等於多少？

S20c: $\sqrt{6}$

T: 怎麼算出來的？

S20c: 2×3 呀！就是這樣。

T: 為什麼可以這樣算？

S20c: 老師說的呀。

訪談轉錄：

T: $\sqrt{2} \times \sqrt{3}$ 等於多少？

S11c: …不會。

T: (寫下 $\sqrt{2} \times \sqrt{3} = \sqrt{2 \times 3} = \sqrt{6}$)，可以這樣算。

S11c: 就這樣呀。我會了。

T: (寫下 $\sqrt{7} \times \sqrt{2}$) 那算這個。

S11c: (寫下 $\sqrt{14}$)。

T:很好!

小結

「資訊融入教學」使高分組學生可能習慣以具體情境、圖形表徵(正方形面積)作為平方根解題策略，因而忽略了紙筆練習而造成計算失誤。

「資訊融入教學」提升低分組學生上課的專注力，使得實驗組學生的程序性知識學習表現比對照組學生好。

3、解題能力

解題能力的題目共有5小題，將方根數和「判斷是否為相似三角形的長度」、「以倍數運算解決問題」、「排成方陣隊形」相結合，觀察學生是否能順利地將方根數融入上述的情境之中，比較實驗組和對照組在這方面的學習成就是否有所不同。

表 4-2-12 解題能力分組的平均答對率及 p 值

	實驗組	對照組	P 值
高分組	60.00	59.09	0.92
中分組	58.33	57.14	0.28
低分組	48.33	31.43	0.28

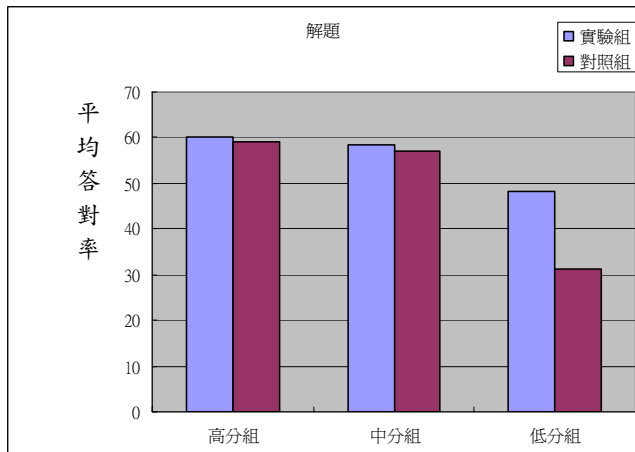


圖 4-2-10 解題能力分組的平均答對率長條圖

由表 4-2-12 發現不同程度學生的學習成效未達到顯著差異，但實驗組的三個分組學生的平均答對率皆比對照組來得高，若長時間的追蹤研究，也許會有更顯著的效果。

小結

4 節課的實驗教學也許時間過短，「資訊融入教學」和「板書教學」在學生解題能力方面的學習成效，並無明顯差異。

4、學習遷移

共 3 小題，其中 2 小題是由給定一體積 ($\sqrt{5}$ 、 2cm^3) 的值，請學生推測是否存在這樣的正方體；另一題是要求學生推測高次方根的存在性。

從研究設計的相關題目將各題的勾選，經判斷有進行遷移的學生答對率製成

表 4-2-13，來比較實驗組和對照組在「學習遷移」的學習成就。

表 4-2-13 「學習遷移」分組平均答對率及 p 值

	實驗組	對照組	P 值
高分組	72.62	66.67	0.66
中分組	58.33	57.14	0.90
低分組	48.54	44.44	0.91

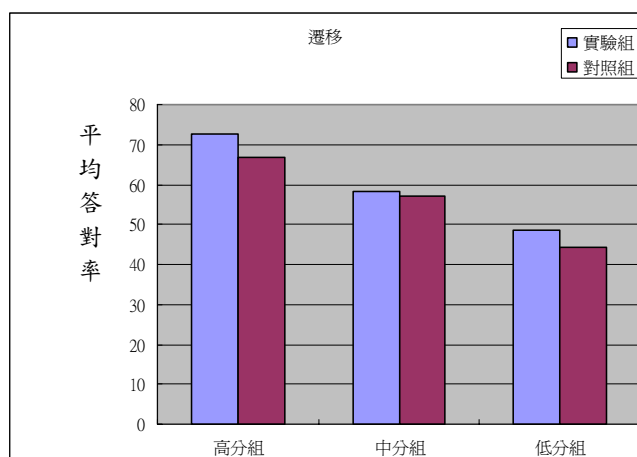


圖 4-2-11 「學習遷移」分組平均答對率長條圖

由表 4-2-13 得知不同程度學生的學習成效未達到顯著差異，但比較高分組的平均答對率，實驗組比對照組高出約 20%，有相當程度的差距，因而將高分組學生在「平方根學習成就測驗」中關於學習遷移的文字說明和訪談內容加以分析，了解造成差異的原因，下文將逐題討論之。

首先將學生在「高次方根」(第 8 題)的回答類型和百分比製成表 4-2-14。

表 4-2-14 高次方根的回答類型

8. 有沒有一個數，自己乘自己連乘五次，會等於 3？ <input type="checkbox"/> (A) 有 <input type="checkbox"/> (B) 不知道，但我猜有。 <input type="checkbox"/> (C) 沒有 <input type="checkbox"/> (D) 不知道，但我猜沒有。 你的理由是：_____。				
答案	原案描述的回答類型-實驗組	百分比	原案描述的回答類型-對照組	百分比
A	有，但很難找 一定有 根號	28.5	$\sqrt[5]{3}$ 不知道 會有 2 次方根也許會有 5 次方 根 有，但那是小數	54.5
B	不知 直覺 總有一個數連乘 5 次會等於 3 這個答案中立	50.0	猜的	18.1
C	這是不可能的，沒有一個數可 以這樣，根號也不行 算不出來	21.4	我找不到 不合理	27.2

由表 4-2-14 中，對照組中有三名學生能以公認的根號符號表達，這三名學生表示一年級的數學加強班時曾經學過此種表示法。在此題型中，對照組和實驗組在方根認知的延展性沒有明顯的差異，因而，接下來分析正方體體積題型的答題狀況，如表 4-2-15。

表 4-2-15 「正方體」答題人數百分比

回答類型	有		沒有	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組
有沒有立方體，它的體積剛好是 $\sqrt{5} \text{ cm}^3$	71.4%	54.5%	28.6%	45.5%
有沒有立方體，它的體積剛好是 2 cm^3	85.7%	90.9%	14.3%	9.1%

由表 4-2-15，可以看出造成差異的原因在於「體積為 $\sqrt{5} \text{ cm}^3$ 的正方體的存在」。

實驗組中佔了 71.4% 的學生，而對照組中佔了 54.5% 的學生，肯定體積為 $\sqrt{5}$ cm^3 的正方體的存在，實驗組明顯高出甚多，這差異的產生，也許是「資訊融入教學」提供學生較強烈的圖形表徵，學生可以由正方形的例子延伸遷移至立方體的題型，進而幫助學生由二次方根數擴展到高次方根數。

訪談轉錄：

T: 為什麼認為有 $\sqrt{5}$ cm^3 的立方體?

S21a: 猜的。

T: 為什麼這樣猜?

S21a: 嗯... $\sqrt{5}$ 是一個數，近似值是 2 點多，應該找到，只是不知道如何表示，像正方形也是這樣。

T: 正方形?

S21a: 像本來面積 5 也找不到邊長呀，後來就可以了。

小結

「資訊融入教學」可以圖形表徵為媒介，幫助學生由二次方根數擴展至三次方根數。

第三節 分析資訊融入教學的回饋

學生是教學的主體，因此學生的回饋可以促使老師對教學的反思，除了可以鼓勵老師，對教法上的改進也有很大的功效。本次的研究，在學生的回饋資料部

分，主要透過學生問卷調查(有效問卷共 37 份)，以了解學生對『資訊融入教學』的看法和感受，以下分為三部分來討論說明。

一、數位教材界面的設計

在設計「電腦螢幕界面」時，以下列 3 項為設計原則：1. 設計學生能夠很容易理解圖像和背景；2. 設計以簡單形式為原則、同一畫面色調不要過多；3. 儘量讓使用者自己操作控制。希望設計的數位教材不會造成學生在使用上的困難，因而降低學習興趣及成效，並希望成為學生自我複習的教材。

表 4-3-1 對電腦操作的回饋分析

1. 對於電腦，我在操作上沒有問題。							
同意		沒意見		不同意		其他	
28 人	75.7%	6 人	16.2%	3 人	8.1%	0 人	0%
2. 對於作業單上的內容，我在閱讀上沒有問題。							
同意		沒意見		不同意		其他	
22 人	59.5%	9 人	24.3%	6 人	16.2%	0 人	0%
3. 在使用電腦的學習活動中，螢幕上的表現方式（譬如：顏色、按鈕、圖形、動態模擬等）會加深我對平方根的概念。							
同意		沒意見		不同意		其他	
18 人	48.7%	18 人	48.7%	1 人	2.7%	0 人	0%

正面回饋：

1. 由表 4-3-1，半數以上學生在電腦操作及閱讀方面表示沒有問題。

訪談轉錄：

T: 在電腦操作和閱讀上有沒有困難？

S20a: 用得很順呀，而且老師都有事先說明，所以都沒有問題。

S21b: 喜歡用電腦呀，所以不會有問題。

2. 近五成的學生同意電腦螢幕上的表現方式可以加深對平方根的概念。

訪談轉錄：

T: 為何用電腦上課，可以加深你平方根的學習呢？

S21c: 因為電腦吸引我，按鈕有聲音，還蠻好玩的。

S21b: 因為學習有趣，所以使自己更深入了。

負面回饋：

學生表示平方根電腦教材(平方根 2. swf)色彩的調配須改進，視覺上感覺不協

調；另有學生表示，面積 18 的長方形轉變成正方形的動畫速度過快，眼睛跟不

上動畫的速度，來不及思考長方形轉變為正方形的過程。

訪談轉錄：

T: 覺得不好的地方在哪兒呢？

S20b: 習慣老師以前的上課，看電腦好像學不到東西，很少用到筆，都沒有怎麼練習。

S21a: 老師用的顏色怪怪的，說不上為什麼，就是怪。

S20c:電腦跑太快，我來不及想，像那個正方形呀，變得太快了啦。

關於有學生反應動畫速度太快，思考的速度跟不上，這個動畫速度為4fps(每秒跑4個影格)，歷時6.3秒。在教學進行過程中便有學生反應這種情形，教師在教學現場的處理方式為：將動畫重新播放。這動畫主要呈現畫出面積18的正方形的方法，對學生而言，是新的思考模式，由學生的回饋中所得的經驗是：影片傳達新的概念時，速度應比在4fps慢或加長動畫的影格，若再加上「暫停」功能的按鈕，相信會有更佳教學效果。

二、資訊教學引入數學史

數學史提供情境脈絡幫助學生可以充分的了解他人對方根的看法，並可藉此更了解平方根的內涵，減少對平方根排斥感，幫助學生能更充分地掌握平方根概念。

表 4-3-2 「融入數學史」的感受

8. 你認為引入『平方根的歷史』來上數學課能使你對數學的學習產生學習興趣。			
能		不能	
22 人	59.5%	15 人	40.5%
回答類型	原案描述	百分比	
正面回饋	有趣，比較好玩，聽故事	59.5%	

	<p>古人很強</p> <p>更了解數學，了解它的意義，知道如何產生</p> <p>喜歡歷史，不像數學，了解課外</p>	
負面回饋感受	<p>數學都煩，很複雜，不想知道，沒有必要記，沒興趣</p>	40.5%

正面回饋：近六成的學生認為了解『平方根的歷史』可以增加學習興趣，原因是可以知道平方根的緣由、喜歡和歷史相關的事物；

訪談轉錄：

T: 為什麼覺得有幫助呢?

S21a: 它讓數學活過來了，能夠了解很多課外的東西，而且上課又有趣。

S20a: 比較了解平方根是什麼了。

S21c: 故事很有趣。

負面回饋：約四成的學生認為了解『平方根的歷史』不會增加學習興趣，原因有：不喜歡歷史、和數學無關、知道了數學也不會變好。

訪談轉錄：

T: 你對平方根的歷史有什麼看法?

S20a: 就算歷史再怎有趣，平方根還是很難。

S20b: 我不想知道平方根的歷史，對我的學習又沒有幫助。我覺得沒有必要去記那些。

三、資訊融入教學

表 4-3-3 學生對「資訊融入教學」想法

5. 我希望數學課程能多多使用電腦輔助教學。									
同意		沒意見		不同意		其他			
24 人	64.9%	11 人	29.7%	2 人	5.4%	0 人	0%		
7. 在學習『平方根』上，你認為使用『電腦輔助教學』對你的學習有幫助嗎？									
很有幫助		有一點幫助		沒有幫助		不只沒幫助，反而形成阻礙			
9 人	24.3%	22 人	59.5%	4 人	10.8%	2 人	5.4%		
9. 你喜歡使用『電腦輔助教學』來上數學課嗎？									
非常喜歡		喜歡		無意見		不喜歡		非常不喜歡	
14 人	37.8%	12 人	32.4%	10 人	27.0%	1 人	2.7%	0 人	0%

表 4-3-4 「資訊融入教學」之問卷回答分析

回答類型	原案描述	百分比
因喜歡電腦而喜歡 電腦輔助教學	電腦好玩 可以玩電腦	16.2%
對電腦輔助教學方 式的正面感受	有些在教室不能的，在電腦教可以 多方面教學 更快速	54.1%

	不會單調，新鮮，有趣，吸引人，讓學生想上， 不無聊，有趣 比較容易懂，加深印象，容易吸收，比較不會忘	
消極的感受	沒意見 無所謂 感覺不像上課	27.0%
對電腦輔助教學方式的負面感受	需更多時間自習	2.7%

正面回饋：超過七成的學生對於電腦輔助教學的態度是正向的反應，希望並喜歡課程以此種型式來上課，而且肯定電腦輔助教學對自己的學習有所幫助。

訪談轉錄：

T:你覺得用電腦上課比較好，為什麼？

S21a:因為會比較願意去使用電腦，如果是考卷的話，會比較沉悶，反而不想學。

S20b:比較有趣，又不會無聊，而且又可以從中學習到東西。

S21b:喜歡用電腦呀，所以不會有問題，而且我上課比較專心。

負面回饋：約3%的學生不喜歡使用電腦來輔助教學，其理由是電腦輔助教學太快，會來不及聽課，喜歡用手寫字的感覺。

訪談轉錄：

T:為什麼不喜歡用電腦上課？

S20a:因為呀…，因為沒有時間作練習，都在看電腦。

T:喔，原來如此，可是不是有讓你們做練習的時間嗎？

S20a:但是，不一樣呀！有課本可以在上面直接算呀！而且上完課之後需要花更多的時間複習。

T:為什麼感覺不像是在上課？

S21a:沒有寫字！

T:沒有寫字？

S21a:嗯！沒有課本怪怪的

第四節 分析引入數學史教學的回饋

在教學中引入數學史的目的在於，期許能幫助學生融入平方根的學習情境中，使學生藉由了解平方根的學習脈絡，減少學習迷思，在翁培菁(民 91 年)研究顯示在平方根教學中引入數學史雖然在學習成就上並未達到統計上的顯著差異，但對學生的數學學習態度有顯著的正面影響。因而研究者在實驗教學過程中，對兩組學生皆有進行平方根數學史教學；不同之處為，實驗組是使用電腦界面引入數學史，對照組是老師口頭講述。為了解這兩組學生在接受不同的教法後，對平方根學習方面的想法是否有所差異，因而在實驗教學結束後，對兩組學生做一簡單的問卷調查。

此問卷共兩題，皆為單選題，每題有五個選項，分成非常同意、同意、沒意見、不同意、非常不同意。分析結果如表 4-4-1。

表 4-4-1 人數的百分比

題目	1. 學習方根的內容，使我覺得欣賞到前人的智慧。				
	非常同意:5	有些同意:4	沒意見:3	有些不同意:2	非常不同意:1
對照組	22.2	41.7	30.6	0	5.5
實驗組	13.9	30.6	38.9	5.6	11.0
題目	2. 對於有 $\sqrt{2}$ 這種根號數的產生，我能夠認同。				
	非常同意:5	有些同意:4	沒意見:3	有些不同意:2	非常不同意:1
對照組	19.5	36.1	33.3	2.8	8.3
實驗組	19.5	25.0	30.6	13.9	11.0

圖 4-4-1 「對古人智慧的欣賞」之人數百分比長條圖

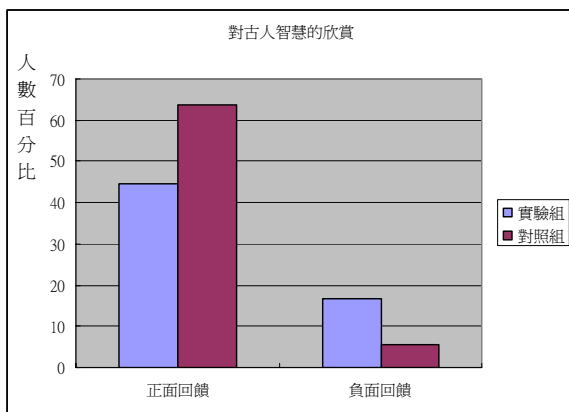
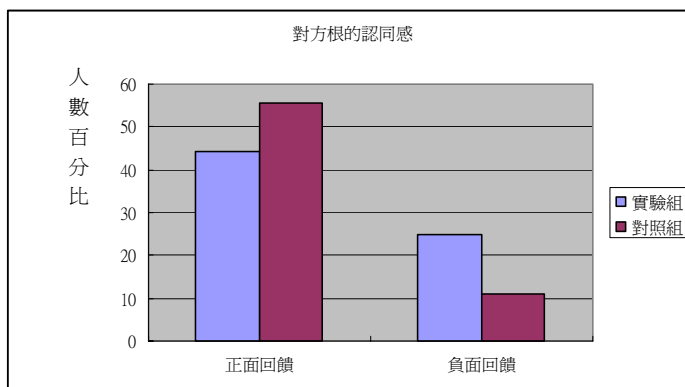


圖 4-4-2 「對方根的認同感」之人數百分比長條圖



對於欣賞前人的智慧方面(參考圖 4-4-1)，對照組採正面態度分別佔

63.9%，高出實驗組為 19.4%，而採反面態度佔 5.5%，低於實驗組為 8.2%；由統

計數字看來，對照組的學生較能欣賞前人的智慧，在情意上較能欣賞古人不朽智慧結晶的光芒。

在對根號的認同感方面(參考圖 4-4-2)，對照組採正面態度分別佔 55.6%，高出實驗組為 11.1%，而採反面態度佔 11.1%，低於實驗組為 13.8%；由統計數字看來，對照組的學生對根號的認同感較高。

造成差異的原因可能是因為，「板書教學」用「說」故事的方式呈現方根的歷史，與學生的互動情形較實驗組熱絡。研究者雖在實驗組主要以口頭講述方根歷史，但在同時間也將方根的歷史以電腦畫面呈現在學生面前，反而分散了學生的注意力，學生的眼睛看著電腦，耳朵要聽老師說，造成師生互動較少，尚有學生會認為好像是在上課，一點也不有趣，感覺增加學習負擔。

訪談轉錄：

T: 學習完方根，你有覺得欣賞到古時候的人很聰明嗎？

S20b: 哪會! 為什麼要講平方根的歷史? 這樣又多學了一樣.

T: 可是考試並不會考呀! 不會覺得比較了解方根的由來嗎?

S20b: 是啦! 但不上也可以呀。

T: 知道平方根的歷史後，對平方根有比較容易接受嗎?

S11b: 嗯! 會呀. 而且還挺好玩的.

T: 那覺得古人很強嗎?

S11ba: 是呀，超強! 怎會想出呢!