

## 第五章 結論與建議

本研究主要探討如何設計呈現多重表徵的教學教材，並探究在「資訊融入教學」下，學生學習平方根各表徵間連結的影響和學生的學習狀況。

根據此目的，選擇台北市市立國中二年級的兩班學生做為研究對象，其中一班 35 人為實驗組，另一班 37 人為對照組，以進行教學實驗，藉此探討「資訊融入教學」和「板書教學」對學生學習平方根的成效差異。

此研究融合量與質的研究方法，進行探究數位教材的設計模式、實驗教學後學生的學習成效和平方根知識結構及學生對平方根數位教材的觀感。本章將研究所發現的現象與討論結果歸納整理成本研究之結論，並檢討本研究可能疏漏或不足之處，依此分別提供教學及未來研究之建議。

### 第一節 結論

#### 一、建構平方根多重表徵的學習環境

##### 1. 呈現的多重表徵教學環境

教材內容分成(1) 平方根的出現；(2) 平方根的符號和歷史；(3) 平方根的平方；(4) 平方根的乘除；(5) 平方根的近似值；共五個教學單元進行，每個單元以二種表徵(例如：真實腳本、書寫符號、具體操作、圖形表徵、語意表徵等)以上的方式呈現該單元的教學概念，讓學生習慣不同表徵之間的轉換。

## 2. 教學活動的進行方式

進行數位教材輔以學習單的教學活動，下圖為數位教材的教學模式：

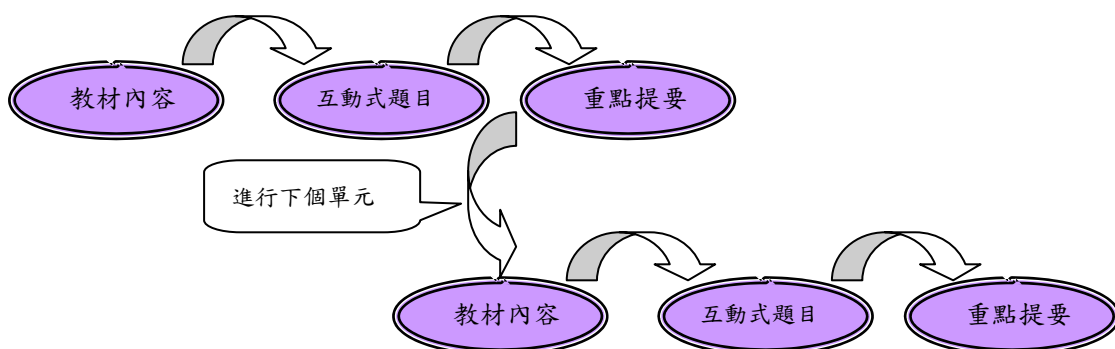


圖 5-1-1 數位教材的教學模式

## 3. 教學現場的現象分析

- (1)提高學習專注力及興趣:學生因可以使用電腦而對期待上數學課，無形中提升了學生學數學的興趣和上課專注力。
- (2)教學內容不易遺漏:數位教材已作好編排，以電腦操作，較不會發生教學順序錯誤和漏教的情況發生，這項特性對資淺教師在教學上的幫助更大。
- (3)教學時教師的教室巡視易限制:教師坐在電腦主機前操作，較少有時間作教室巡視，容易產生教學視覺死角。
- (4)硬體設備的不足:學校電腦教室只有 2 間，易發生僧多粥少的情況。
- (5)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。

## 二、探討教學方法對學生平方根學習成效的差異

### 1. 前後測比較

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、學習後在語意表徵和方程表徵的學習成就差異。

#### (1) 語意表徵：

「資訊融入教學」能同時呈現給學生「聽到及看到」的學習經驗，因而可帶給學生較深刻的學習印象，實驗組的高、中分組在語意表徵有較好的進步成效，即對語意的解讀能力有正面增強的作用。

#### (2) 方程表徵：

高分組的學生中，對照組學生的進步情形較佳，原因在於該組學生的計算思慮較為周密，較高比例的學生回答出完整答案，而實驗組學生中有 36% 遺漏了負數的答案，這情況的發生歸因於「資訊融入教學」有較豐富的畫面呈現平方根概念，但提供較少的紙筆練習時間，造成學生較易發生計算失誤的情形。

低分組的學生中，對照組在較佳的進步情形，原因在於對照組學生較能使用方根符號回答問題，此類型的對照組學生高出實驗組學生約 14%。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」在方根符號的學習部分，提供學生較多「看」的學習經驗，「寫」的學習經驗較對照組少。低分組學生在學習方根符號時，除了「看」之外，非常需要以「寫」的學習經驗來加以輔助。

## 2. 概念性知識

(1) 高分組的學生在表達同一概念時，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。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」，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。

(2) 高分組學生在平方根和數線的聯結情況，實驗組的學生的學習狀況較佳，實驗組答對的人數百分率比對照組高出約 13%，同時實驗組有 35.7% 的學生明確地表示有實際的經驗可以在數線上找到正數的平方根，較對照組高出 26%。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」，提供學生實際操作電腦的學習經驗，在學生腦海中深刻地留下平方根和數線的聯結關係。

## 3. 程序性知識

(1) 高分組的學生中，對照組學生的學習成效較佳，在統計分析上與實驗組達到顯著差異( $p$  值=0.03<0.05)。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」，呈現較多圖形、具體情境的表徵，較少紙筆練習的機會，因而在程序性知識的題型上比較會發生計算失誤的情況。因而需要提供學生多些紙筆練習的機會，使實驗組學生在程序性知識的學習成效有更多的進步。

(2) 低分組的學生中，實驗組的學習成效較佳，在統計分析上與實驗組達到顯著差異( $p$  值 $=0.00 < 0.05$ )。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」，利用「板書教學」所缺乏的聲音、動畫和色彩等元素，提高低分組學生上課的興趣和專注力，進而幫助學生學習。

#### 4. 解題能力

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

#### 5. 學習遷移

高分組的學生中，實驗組的學習成效較佳，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  $\sqrt{5} \text{ cm}^3$  的正方體的存在。這情況的發生可歸因於「資訊融入教學」，提供學生較強烈的圖形表徵，讓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。

### 三、實驗組學生對「資訊融入教學」的回饋分析

#### 1. 數位教材界面的設計

- (1)操作界面使學生容易上手:有操作困難的學生僅佔 8%。
- (2)電腦界面上的顏色、按鈕、圖形、動態模擬等設計對學習平方根有幫助:覺得沒有幫助的學生僅佔 2.7%。
- (3)視覺上感覺不協調，色彩的調配須改進。
- (4)動畫速度較快，宜放慢速度到小於 4fps 或加長動畫的影格。

## 2. 資訊教學引入數學史

- (1) 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。
- (2) 近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、歷史和數學無關，就算知道了平方根的歷史數學也不會變好。

## 3. 資訊融入教學

- (1)超過五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。
- (2)不喜歡電腦輔助教學大約有 3%的學生，其理由是電腦輔助教學太快而來不及聽課、比較喜歡用手寫字的感覺。

## 第二節 建議

根據本研究的教材設計與研究結果，研究者有以下幾點的感想和需要改進

自我反思：

### 一、課程檔案的設計製作

學生對於可操作和動畫的內容能保留較深刻的印象，因此在教材設計時若能多些可和互動的畫面，相信對教學的效果會更有助益。又電腦界面的美工設計，對學生的學習專注力而言，有很強大的加分效果。經過設計和使用數位教材的經驗，研究者認為要讓學生和電腦之間有愉快的互動，電腦畫面要設計得讓學生感覺舒服的「電腦螢幕畫面」，以下是一些的重要原則：

1. 設計學生能夠很容易理解圖像和背景、
2. 視覺表現和使用方法前後要有一致性、
3. 設計以簡單形式為原則、同一畫面色調不要過多、
4. 儘量讓使用者自己操作控制、
5. 提供即時的反應動作。

研究者在使用 flash 設計課程的過程中，時常會遇到技術上的障礙，無法以電腦呈現出心中所構思的效果；又因缺乏美感，對色彩、版面的配置，會有使學生視覺不協調的畫面出現；因此若能組成一個課程設計的團隊，除數學教學專

才外，尚有電腦技能、美工才能的人才，可提供意見和互相討論，將數位化教材設計更為精緻，互動上的設計可更為生動。

## 二、電腦教室的使用

因為電腦主要是學生電腦課所使用的特科教室，所以得先調查何時電腦教室沒有電腦課，再去向學校登記借用，若課程時間上沒有安排妥當，會發生當教師要使用電腦教學時，沒有電腦教室可使用，因此事先得花較多的心思在借用電腦教室。日後建議學校可成立一間數學科專用的電腦教室，將其設成適合數學教學的電腦環境，讓老師容易操作，如此老師使用電腦輔助教學的意願會提昇，對於電腦教室的管理，也較為簡單。

## 三、「資訊融入教學」

就本研究結果發現，「資訊融入教學」對於學生在概念性知識中的語意、圖形表徵的學習表現較「板書教學」為佳；而在程序性知識中「板書教學」的成效較佳；因而「資訊融入教學」只是輔助教學的其中一種方式，仍非解決教學問題的萬能藥，「板書教學」亦有其無可取代之處，教學者若能擷取兩者的長處，定能創造最大的教學成效。

## 四、數學史的課程安排



用說故事的方式呈現方根的歷史，是運用數學史較自然的方式。其最大的意義應是引起學生的興趣，讓他們在引發思古之幽情的同時，也能明瞭教材所欲表達之內容。研究者雖主要以口頭講述方根歷史，但在同時將方根的歷史以電腦畫面呈現在學生面前，分散了學生的注意力，應以口頭講述方根歷史即可，電腦的資料在講述完方根歷史之後，再提供學生觀看，如此應該會有更好的成效，而不僅於只有近六成的學生認為『平方根的歷史』可以增加學習興趣了。

## 五、研究

1. 本研究樣本取自台北市立某國中二年級學生，考慮到地區等因素的限制，未來能以不同區域選取樣本來進行實驗教學以觀察學生的學習成效。
2. 本研究雖發現「資訊融入教學」對不同程度的學生在不同題型的有學習成效差異存在，但是否受到其它的因素的影響，應在日後作更深入的研究探討。
3. 本實驗教學時數並不多，短時間內無法產生學習成效的顯著差異，可在未來進行更長時間的教學實驗。
4. 隨堂測驗的電腦界面設計，應朝向能設計出對學生答錯類型的回饋分析，在學生產生認知衝突時，能立即給予適當的引導。