

## 第五章 結論與建議

本章共分二節，第一節列出本研究的研究發現並根據研究發現提出結論；第二節則根據研究發現與結論提出未來研究以及教學應用之建議。

### 第一節 研究發現與結論

本研究的主要目的有三：一是使用 Flash 開發出可供教師教學示範並可引導學生探索、做中學的「國中平面幾何基礎課程」數位教材，詳細資料可參考本研究附錄光碟與附錄二；二是以「建構式 van Hiele 五階段學習模式」設計學習活動，提供資訊科技融入數學教學模組的教學示例，詳細資料可參考本研究附錄一；最後以準實驗設計法來探討資訊科技融入「國中平面幾何基礎課程」教學模組實施之後，對學生數學學習所產生的影響，茲將研究發現整理說明如下：

#### 一、實驗教學對學生數學成就的影響

(一) 就學習成就測驗後測來看，本研究得到以下結果：

1. 實驗組學生在學習成就測驗後測得分與控制組學生沒有顯著差異。
2. 實驗組學生在學習成就測驗後測基本層次題目分項得分顯著高於控制組學生。
3. 實驗組不同性別的學生在學習成就測驗後測得分沒有顯著差異。
4. 實驗組學生不論是以 3/5 或 4/5 為標準的幾何思考層次來看，各思考層次水準學生在學習成就測驗後測與前測得分差距上沒有顯著差異。
5. 實驗組高、中、低數學成就水準學生分別與控制組高、中、低數學成就水準學生在成就測驗後測得分上沒有顯著差異。

(二) 就學習成就測驗延後測來看，本研究得到以下結果：

1. 實驗組學生在學習成就測驗延後測得分與控制組沒有顯著差異。
2. 實驗組學生在學習成就測驗延後測各層次題目分項得分與控制組沒有顯著差異。
3. 實驗組不同性別學生在學習成就測驗延後測得分沒有顯著差異。
4. 實驗組學生在學習成就測驗延後測與前測得分差距上，以 3/5 為標準的幾何思考層次來看，層次 2 的學生表現與層次 0 的學生表現有顯著差異；若以 4/5 為標準的幾何思考層次來看，層次 2 與層次 0 的學生表現有顯著差異，層次 1 與層次 0 的學生表現有顯著差異。
5. 實驗組高數學成就水準學生學習成就測驗延後測得分顯著高於控制組高數學成就水準學生；控制組中數學成就水準學生學習成就測驗延後測得分則顯著高於實驗組中數學成就水準學生；實驗組低數學成就水準學生在學習成就測驗延後測得分與控制組低數學成就水準學生沒有顯著差異。

#### 二、實驗教學對學生數學態度與上課意願的影響

(一) 實驗組學生在經過長達一個學期的資訊融入數學教學實驗後在數學態度量表前後測得分上沒有顯著的差異。

(二)有 86%的實驗組學生願意再上資訊融入數學教學的課程，但是其中認為利用電腦學習有助於學科內容了解的人約只有全實驗組學生的 70%。

針對上述的研究發現，研究者據以提出國中幾何數位課程設計與幾何教學之結論如下：

#### 一、對資訊科技融入數學課程設計的結論

(一)幾何數位教材的 Flash「數學函式庫」與「數學互動元件」已經完成，將來想以 Flash 開發幾何數位教材的研究者可直接使用，除了可以大幅降低開發軟體的時間外，亦可順利做到與使用者溝通的高互動功能。

(二)van Hiele 五階段教學與 ICON model 原則，除了可以成為數位教材設計考量的因素外，對於資訊科技融入數學教學活動的設計，也提供了研究者許多的想法與啟發。

(三)由研究結果顯示有 86%的人願意再上資訊融入數學教學的課程，但其中認為利用電腦學習有助於學科內容了解的人約只有實驗組學生人數的 70%，這表示有 16%的學生雖然有意願上資訊融入數學的課程，但其實電腦對於他們在數學學科內容的學習並沒有很大的助益，只是讓他有興趣上課而已。因此如何讓這 16%有興趣上課的同學對於數學內容有更深入的學習，是一個值得研究的課題。或許在資訊科技融入數學課程設計上，利用電腦探索數學時，將學生做適當的分組與討論可以幫助他們更有效地學習數學。

(四)由研究結果顯示有 14%的人沒有意願再上這樣的課程，而這些學生在智力測驗數學分數的百分等級都是 1(PR=1)，也就是說他們連基本的計算能力都有問題，因此資訊科技融入數學教學對這些人並沒有幫助，如何讓這類學生主動學習並提升其數學程度是資訊融入數學教學課程設計的一大挑戰。

(五)根據研究結果顯示，只有三成的同學認為電腦軟體操作方式簡單，而且只有四成六的同學可以趕上老師操作軟體的進度，這表示除了學生對軟體不熟悉外，教師在利用電腦探索數學內容時也應該要放慢上課的步調，因此在資訊科技融入數學教學課程設計上，除了注意到軟體開發設計操作介面的一致性外，應在軟體操作這個部分多安排些時間，讓學生盡快熟悉軟體的操作方式，並用它來解決數學問題。

(六)根據研究結果分析，在國中平面幾何基礎課程學習成效不佳的學生，往往是對於基本的幾何概念產生混亂，例如：三角形內角和 180 度、四邊形內角和 360 度，三角形外角和 360 度，四邊形外角和 360 度…等，由於學生對這些基本概念不了解，常有混淆的情形，導致日後應用層次幾何問題推理上的困難。因此資訊科技融入數學教學課程設計上應想辦法將這些基本概念讓學生熟練，或許遊戲式的電腦輔助測驗開發可有助於學生不斷地精熟這些基本的幾何概念，以作為進入更高層次幾何推理的準備。

(七)根據研究結果顯示，實驗組學生於資訊融入數學教學之後在教室中的討論明顯較控制組熱烈許多，這可能是實驗組擁有較多數學探索經驗的優勢，不過仍然只有不到四成的學生會真正參與課堂上的討論，因此在資訊融入數學教

學課程的設計上，若能針對所需討論的數學問題開發成電子教材，讓學生將分組討論的地點由一般教室移到電腦教室，也許可以讓更多的學生加入討論的行列。

## 二、對國中教師幾何教學的結論

- (一)由研究結果發現，實驗組學生在學習成就測驗基本層次題目分項得分顯著高於控制組，這表示數學電子教具的使用有利於學生建構基本的幾何概念，也讓學生有較多探索幾何概念的機曾與經驗。因此在幾何概念教學上應多利用互動式教材引導學習，使學生從操作的經驗中建構相關的幾何概念。
- (二)多數學生對此類教學模式抱持著正向肯定的態度，探究其喜歡的原因是Flash動態畫面、可以親自動手作活動等。比較困擾的是學生在軟體的操作上較有困難且跟不上教師的上課進度，因此在教學應用上，如何讓學生順利的使用軟體是值得考慮的因素。除了加強Flash軟體設計使用界面的一致性外，教師放慢上課的步調也許可以改善學生軟體操作不熟悉的現象。
- (三)根據研究者的上課經驗，如果在電腦教室中進行教學，學生經常是面對螢幕，師生之間的互動將會受到阻礙，甚至同學間的互動也是。因此，在讓學生使用電腦進行課程時，需要考慮到這個影響因素，未來或可調整電腦的位置並採用分組方式學習加以改進。當然，如果未來的硬體設備有所改良時，可以減少這個因素的影響。而在教學成效上，如果讓學生有機會使用電腦，則學生對於電腦使用的熟悉度將會有影響，這是在一般課堂中不會遇到的問題。所以在評估學習的成效時，軟體操作的熟悉度應是一個重要的因素。
- (四)由研究結果顯示，實驗組與控制組在學習成就延後測上並無顯著差異，但是實驗組高數學成就水準的學生在學習成就延後測得分上顯著優於控制組高成就水準的學生，由此可見資訊融入數學教學在長遠來說對於高數學成就水準的學生來說是較有利的。因此在數學資優教學上若能適當的加入電腦輔助教學也許可以提升學生的數學學習。
- (五)由研究結果顯示，實驗組學生在學習成就測驗延後測與前測得分差距上，幾何思考層次高的學生表現顯著優於幾何思考層次低的學生，也就是資訊融入數學教學在長遠來說，對於幾何思考層次低的學生較沒有幫助，如何有效地增進這些學生的學習成效，仍然是我們應該努力的方向。
- (六)不論實驗組與控制組都大約有5個學生的van Hiele幾何思考層次為0，也就是連基本的視覺層次(層次1)都無法達到，因此研究者認為有比視覺層次更低的基本層次，稱之為前認知層次(層次0)。這與Clements和Battista(1992)的研究看法一致，如何加強國小部份之相關數學教學，讓前認知層次的學生提升其幾何思考層次，是未來值得進一步討論的問題。

## 第二節 建議

針對上述的研究發現與結論，研究者據以提出未來研究之建議如下。

### 一、研究推論的限制性

本研究是由研究者所任教學校的一年級班級中，隨機選取一班學生為實驗組，另外一班為控制組。雖然學校採取常態分班，但各班學生的素質仍有差異，因此本研究結果的推論仍有其局限性。未來可選擇不同地區的學校學生做為研究樣本，以廣泛了解「國中平面幾何基礎課程」教學模組的實施對學生數學學習的影響。

### 二、研究範圍的限制

本研究以國立編譯館編寫的國中數學第四冊課本第三章 3-1、3-2 與第四章 4-1 之單元為主，包含三角形的內外角性質、多邊形外角和定理、多邊形內角和定理、三角形外角定理、平行線的性質與平行線的判別性質等內容，未來研究可以針對不同的主題單元做深入的探討。

### 三、研究正規教學效果

本研究之教學方式並未納入正規學校數學課程中，而是每個星期使用一節自習課上課，因此上課效果與學習成效無法推論到納入正規學校數學課程的狀況。未來研究可以將「國中平面幾何基礎課程」教學模組實際與學校正規數學課程結合，以了解此模組在實際教學上對於學生的學習影響。

### 四、迷思概念的質性研究取向

本研究針對特定的研究對象進行實驗設計，將一些變因加以控制、操弄，使研究結果更具推論性，但在學生的迷思概念僅稍做整理，未來研究可針對學生的迷思概念進行質化的研究以了解資訊融入數學教學對於學生概念了解的影響。

### 五、資訊素養的提升

電腦融入數學教學必需考慮到學生資訊素養的差異，學生具備的電腦先備技能差異過大，可能會影響資訊科技融入教學的成效。由於家庭背景的不同，有些學生可能已經具備相當的電腦素養，但有些學生對電腦仍感生疏，研究指出家中有電腦與家人會使用電腦的學生，具有較正向的電腦態度、較低的電腦焦慮與較高的電腦信心(林曉妮，1996)。因此在推展資訊科技融入數學教學時，某些學生可能會因為電腦技能的不足而影響其學習表現。由於國二學生比國一學生具備更好的電腦操作技能，且「國中平面幾何基礎課程教學模組」原本就屬於國中二年級的課程，本研究以國一學生為實驗對象可能對研究結果有所影響。未來研究可以考慮以國二學生為實驗對象，並探討此教學模組的實施對學生學習的影響。

### 六、以高數學成就水準學生為研究對象

本研究發現資訊融入數學教學模組的實施長遠來說對於高數學成就水準的學生或 van Hiele 幾何思考層次高的人較為有利，可能是這些學生藉由電腦

的動態多重表徵建構了更多且更具意義的幾何概念連結，再加上學習態度較為主動，因此造成了學習效果上的差異。未來研究可以數學資優學生或高數學成就水準學生為對象，針對資訊科技融入數學教學的成效做更進一步的探討。

