

第四章 研究結果與討論

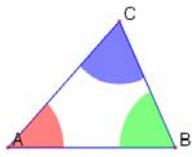
本章旨在說明「國中平面幾何基礎課程」數位教材之開發與「國中平面幾何基礎課程」資訊科技融入教學活動之設計，並分析與討論「國中平面幾何基礎課程教學模組」實施後對於學生學習的影響。全章共分六節，第一節說明Flash開發「國中平面幾何基礎課程」數位教材之設計理念、實務與遭遇之瓶頸或困難；第二節探討「國中平面幾何基礎課程」資訊科技融入教學活動之理念、原則、架構與進行方式；第三節討論教學模組實施之後對數學成就的影響；第四節探討教學模組實施之後對於學生數學態度的影響；第五節分析實驗組學生在課程意見量表填答情形；第六節則就學生於成就測驗問題上的表現情形作分析與整理。

第一節 「國中平面幾何基礎課程」數位教材之開發

一、數位教材的設計理念

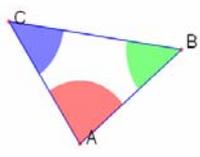
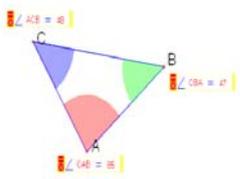
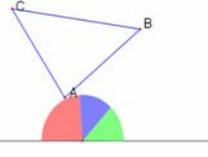
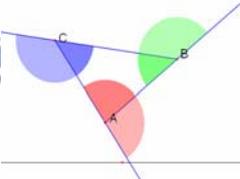
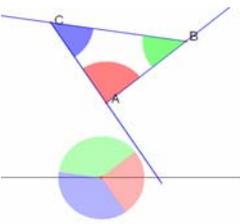
Jonassen (2000)提出電腦與學習的關係主要可分成三個階段分別是「從電腦學知識」、「學電腦知識」與「用電腦學知識」。Jonassen所說的「用電腦學知識」正是資訊融入教學階段，在這個階段中，教師應該將電腦視為心智工具來鼓勵學生從事批判性與高層次思考；此時電腦所應扮演的角色為支援知識建構、支援探索活動、支援做中學、支援對話學習與支援反思學習。基於以上的看法，我們可以將數學電子教材分成展示型、互動型與建構型。但是如何將Jonassen心智工具的概念實現在數位教材的設計上呢？Black和McClintock(1996)在科學教學設計上提出了ICON model八原則分別是「真實情境活動中的觀察」、「解釋建構」、「納入先備知識與教學情境中」、「認知衝突」、「認知學徒制」、「合作學習」、「多重解釋」與「多重應用」；這些原則雖然用於科學教學但研究者認為在數學數位教材的設計上，這些原則也是值得參考的。以「三角形內角和」探索軟體之設計為例，應用上述的ICON model原則與心智工具的概念，詳述如表4-1-1。至於「國中平面幾何基礎課程」的全部數位教材之設計，可參考附錄二之說明。

表4-1-1 三角形內角和探索軟體之設計

電子教材名稱	功能說明	電子教材圖片	心智工具與 ICON model 原則
三角形內角和 教材類型:互動型	1.可實驗任意形狀的三角形(圖 a-1， 圖 a-2)。	 圖 a-1	1.多重解釋 2.解釋建構 3.多重應用 4.真實情境活動 中的觀察(配合學習單)

(續後頁)

表4-1-1 三角形內角和探索軟體之設計(接前頁)

	<p>2. 提供測量角度的工具，直接讓使用者輸入角度名稱顯示該角度數，讓使用者檢驗三角形內角和的關係(圖 a-3)。</p> <p>3. 使用者亦可以直接將三個角拖拉下來拼成一平角(圖 a-4)。</p> <p>4. 可以從外角和的觀念來探索三角形內角和的關係(圖 a-5，圖 a-6)。</p>	 <p>圖 a-2</p>  <p>圖 a-3</p>  <p>圖 a-4</p>  <p>圖 a-5</p>  <p>圖 a-6</p>	<p>5. 認知學徒制(配合學習單)</p> <p>6. 認知衝突(配合教學設計)</p> <p>7. 提供探索</p> <p>8. 提供做中學</p>
--	--	--	--

(續後頁)

表4-1-1 三角形內角和探索軟體之設計(接前頁)

5. 可以從平行線的性質來探索三角形三內角和的關係(圖a-7, 圖a-8)。

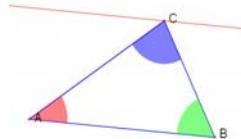
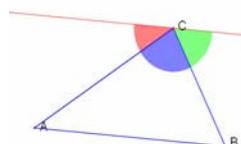


圖 a-7



圖a-8

註：數位教材本身並不能將所有的ICON model原則或心智工具的概念引入，必需配合適當教學活動之設計，才能完全發揮它的功能。

二、以Flash開發幾何數位教材的瓶頸

研究者以Flash開發幾何數位教材的過程中，所碰到的困難主要有下列兩點：

(一)Flash的ActionScript語言功能雖然強大，但它並非專門用來設計互動式幾何軟體的工具，沒有一個指令可以處理幾何上常用到的旋轉、伸縮、鏡射三種變換，它的繪圖指令更只有畫直線及曲線而已，連個畫圓的指令都沒有，試想我們如何利用它有效率地開發幾何軟體，當每次開發一個軟體需要耗費相當大的心力時，那開發豐富的數位教材是有困難的。

(二)Flash的元件分成三類：圖像(Graphic)、按鈕(Button)、影片片段(MovieClip)，其中MovieClip是最重要也最常用的，可是如何利用MovieClip的特性製作出一些幾何常用的互動元件，如「三角形」、「四邊形」、「測量角度」、「測量長度」等，是必需解決的一個重大問題，當這樣的互動元件一旦製作完成，日後只要將它從元件庫拉入場景中便能使用。

為了解決上述兩個幾何數位教材開發上的主要困難，研究者根據幾何軟體程式設計常用的描述語言，將好幾個ActionScript的指令包裝成函式，並將這些常用的數學函式集中在一個as檔案中，簡稱為「數學函式庫」；數學函式庫的完成使得旋轉、平移、縮放等幾何軟體設計常用的功能，只需一個指令就可以解決了。利用數學函式庫配合MovieClip的特性就可以開發出各種常用的「數學互動元件」；數學互動元件的完成，使得開發一套新的幾何軟體，只需將這些互動元件排列組合便能輕易完成。研究者已經針對本研究中的幾何軟體程式開發技術部份編寫出版成書，有興趣者可以參考李俊儀與黃俊榮(2003)所著的「Flash MX ActionScript互動式教材實作聖經」一書。

第二節 「國中平面幾何基礎課程」資訊科技融入教學活動之設計

一、總體目標

本課程的內容是希望藉由 Flash 互動式軟體的設計，呈現動態模擬的圖像，輔助學生完成表 4-2-1 所列的教學目標。

表 4-2-1 國中平面幾何基礎課程教學目標

單元名稱	教學目標
多邊形外角和 (教學時數 4 節)	能指出三角形的外角。
	能說出三角形外角和的意義，並檢驗出三角形三外角和等於 360 度。
	能指出多邊形的外角，並檢驗出多邊形的外角和等於 360 度。
多邊形內角和 (教學時數 4 節)	能指出三角形與多邊形的內角。
	能檢驗出三角形三內角和等於 180 度。
	能從三角形外角和等於 360 度的事實，推證三內角和等於 180 度。
	能從三角形內角和等於 180 度及平角是 180 度的事實，推得三角形的外角定理，即三角形的任一外角等於其兩內對角的和。
	能推論四邊形的內角和等於 360 度。
	能用分割三角形的方法推出多邊形的內角和。
平行線 (教學時數 6 節)	能了解在平面上的兩條直線，若存在一條直線能同時垂直於此兩直線，則此兩直線為平行線。
	能利用各種工具探索平行線的性質。
	能透過探索知道平行線的性質
	能了解兩平行線被一截線所截，則它們的同位角相等，內錯角相等，同側內角互補。
	<p>能利用下面的性質來計算有關平行線角度的問題:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 若兩角互補，則此兩角的度數和為 180 度。 (2) 兩直線相交所形成的對頂角相等。 (3) 兩平行線被一直線所截之同位角相等。 (4) 兩平行線被一直線所截之內錯角相等。 <p>兩平行線被一直線所截之同側內角互補。</p>

(續後頁)

表 4-2-1 國中平面幾何基礎課程教學目標(接前頁)

能知道兩直線被一截線所截，若它們的

(1)同位角相等

或(2)內錯角相等

或(3)同側內角互補，

則這兩直線是平行線。

註:實驗組與控制組每週都上一節課共需 14 週,其中實驗組有 6 週在電腦教室上課。

二、教學理論架構

本研究利用「建構式 van Hiele 五階段學習模式」，以國中數學課程「三角形的外角和探索」為例，設計資訊融入數學教學活動過程如下:

第一階段：學前諮詢

此階段應將先備知識納入教學情境中，以本研究所設計的多邊形外角和單元為例子(如圖 4-2-1)，有一個小偷從 P 點出發沿著三角形公園經過 A 點再逃到 Q 點被警察逮到，若角 A 等於 60 度，問此小偷在逃亡時身體共轉了多少角度?

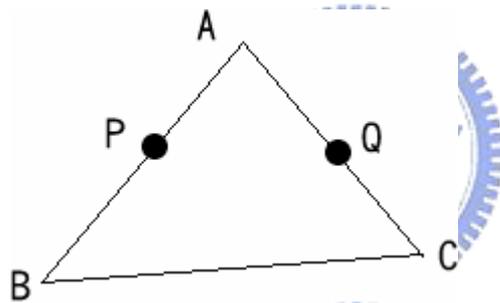


圖 4-2-1 小偷逃亡時路徑圖

藉此例子了解學生所具備的基礎知識、另有概念與觀察學生所使用的獨特字彙與用語，並引入外角的觀念，此時數學心智工具主要是誘發學生學習興趣，讓學生有機會去思索他的另有概念並與老師做雙向討論。

第二階段：引導學習方向

在這個階段，主要是安排學生真實數學情境活動的觀察，由教師進行引導學習的工作，並提供學生認知衝突的機會。本研究的教學內容設計:以 Flash 電腦輔助教學軟體配合學習單為主。首先，教師依序引導學生操作探索互動式軟體提供的幾何環境，使學生了解該主題所包含的概念，並從探索中去發現幾何的獨特結構，此時數學心智工具主要是支援做中學與探索活動。

第三階段：解說

教師幫助學生討論學習的主要內容，藉由軟體提供學生思考及表達想法的鷹架，並且幫助學生使用正確和合適的數學語言，改正學生在討論時所使用的不合宜之習慣措詞，使其幾何概念提升到理解的層次。此時數學心智工具是支援老師

與學生解釋建構的機會。

第四階段：自由探索

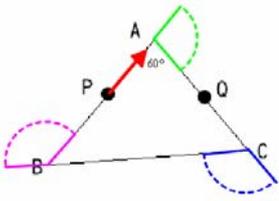
在這個階段，本研究的教學內容設計，主要是由教師選擇適合學生程度的幾何問題，鼓勵學生思考與解答，進行小組討論與合作學習，讓學生體會各種不同的解題方式，訓練學生迅速找到解題的方向，並逐漸了解主題間的許多關連性。此時的數學心智工具是支援深思與對話學習，提供學生較高層次思考的機會，如多重解釋、多重應用與合作學習等。

第五階段：統整

在這個階段，本研究的教學內容設計主要是藉由數學寫作方式，讓學生利用所學的幾何概念與知識來解答並思考所呈現的數學問題，藉由最後的反省與討論，引導學生將整個課程學習重點的整體概念做統整與複習。此時數學心智工具是支援多重解釋、多重應用與合作學習。

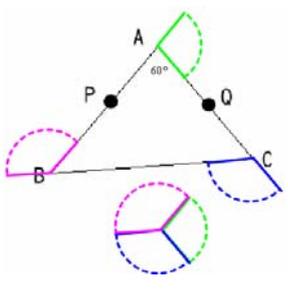
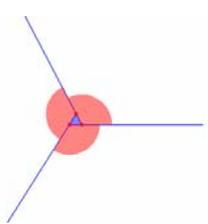
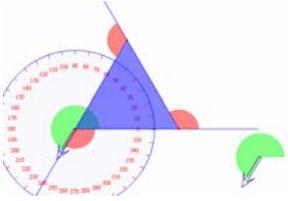
研究者以三角形外角和性質探索為例，將上述教學活動詳細過程整理如表 4-2-2，至於整個「國中平面幾何基礎課程」的教學活動設計則可參考附錄一。在某些階段數學心智工具雖然可以支援對話學習與深思學習，例如以網路討論區進行分組合作學習，不過因為數學網路討論環境尚未成熟(數學符號、幾何圖形的顯示不便、一般國中學生的打字速度太慢、不是人人都有可上網路的電腦環境...等)，研究者決定不採取這樣的方式，也許等那一天整個數學網路討論環境成熟，就可將其加入數學教學的設計中了。

表 4-2-2 三角形外角和性質教學活動之設計

van Hiele 五階段教學模式	ICON model 設計原則	主要教學活動
學前諮詢	納入先備知識於 情境中	有一個小偷從 P 點出發沿著三角形公園經過 A 點再逃到 Q 點被警察逮到，若角 A 等於 60 度，問此小偷在逃亡時身體共轉了多少角度？ 
引導學習方向	真實情境活動中的 觀察、認知衝突 與認知學徒制	介紹三角形內角與外角的概念

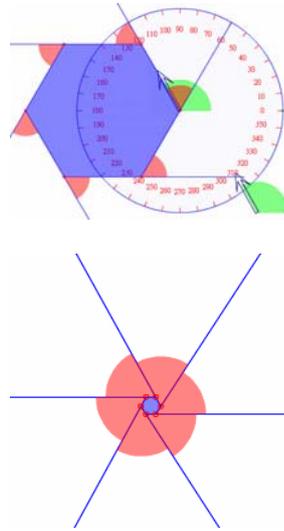
(續後頁)

表 4-2-2 三角形外角和性質教學活動之設計(接前頁)

<p>引導學習方向與 解說</p>	<p>解釋建構與多重 解釋</p>	<p>佈題:要求學生猜猜看三角形的外角和是多少度?並且鼓勵學生提出他們的答案與想法。(學生活動)</p> <p>根據學生討論的結果教師可以提供不同策略來解決這個問題，這將呈現多重解釋來幫助學生建構這個概念。</p> <p>策略一：</p>  <p>策略二：</p>  <p>策略三：</p> 
<p>自由探索</p>	<p>合作學習、多重解 釋與多重應用</p>	<p>佈題：四邊形、五邊形或六邊形的外角和又是多少呢？</p> <p>學生可以一起合作來探索這個問題並且從電腦來驗證他們的答案。</p>

(續後頁)

表 4-2-2 三角形外角和性質教學活動之設計(接前頁)



學生展示他們的發現並且在課堂上討論。教師最後可以和學生做一個整合性的討論與解說。

整合 合作學習、多重解釋與多重應用

三、教學取材

本研究教學取材是根據教育部在民國八十三年十月修正公布之國民中學數學課程標準所編寫之國中數學課本第四冊「三角形的外角和定理」、「三角形的內角和定理」、「三角形的外角定理」、「多邊形的外角和與內角和」與「平行線的性質」等單元所組成。將這些單元以Flash設計成電腦輔助教學課程，共有六個活動：活動一：『多邊形外角和』；活動二：『多邊形內角和』；活動三：『三角形外角定理』；活動四：『截角辨認』；活動五：『平行線性質』；活動六：『平行線判別性質』。讓學生透過動態的畫面，親自操作並探索國中平面幾何的特定性質與結構，以引起學生對國中平面幾何的興趣，進而能提升其幾何思考層次。

四、教學環境

由於需要使用電腦操作實驗，在徵得實驗學校同意後，利用每週三第五堂課至電腦教室進行Flash融入國中平面幾何基礎課程教學。每個學生一人一台電腦。教師可藉由群播系統，控制學生使用電腦的時機。在每次上課前，學生從主控電腦上以資源分享方式取得當日課程之檔案套件到自己的電腦上，以方便在練習中使用。

五、教材資源

(一) Flash電腦輔助教學軟體：由研究者針對課程需要設計，讓學生在上課時可於

瀏覽器動態環境中操作使用。

- (二)軟體學習單：由研究者編製，供學生在每個Flash輔助軟體活動中書寫使用，當天課程活動結束後收回，以瞭解學生練習情形。
- (三)課程講義：由研究者編製，為上課的主要內容，供學生當天上課時使用。
- (四)問題討論：由研究者編製，供學生分組討論報告使用，各組報告結束後收回，以瞭解學生討論情形與記錄狀況。
- (五)回家作業：由研究者編製，問題討論完後，供學生課後填寫，以瞭解學生學習之情形。
- (六)教學網站：由研究者根據課程需要建立(見圖4-2-2)，此網站(<http://163.25.178.88/lii/basicgeometry/index.html>)包含了上課所需的教材與講義，供有興趣的學生課後仍可上網學習。



圖4-2-2 國中平面幾何基礎課程教學網站

六、教學模式

因為是在電腦教室上課，因此教學方式與一般傳統教學方式不同。主要是以下列的方式進行：電腦教室中的主控電腦有群播系統的功能，可將教師電腦的畫面讓每個學生看到，也可以將某一位學生的畫面播放至每個學生的電腦上，讓學生觀看。因此，教師先示範如何操作Flash軟體，或是進行問題的探索，呈現問題，讓學生觀看、思考，再請學生回答，爾後展示結果。另一方面，也可以讓學生展示其結果給其他同學觀摩。當教師示範完，學生開啓檔案做軟體學習單上的練習，以Flash電腦輔助的畫面來幫助學生操作學習。此時，教師巡視行間，觀察學生作答情形，並提供可能的協助。

第三節 教學模組實施之後對數學成就的影響

本研究中實驗組與控制組學生的學習成就後測與延後測得分均是由「學習成就測驗」所測得，唯在測驗施測時間上分別為教學課程結束後與教學課程結束後延遲五週實施。單因子變異數分析(One-Way ANOVA)與共變數分析(ANCOVA)所用的資料均滿足變異數同質性及組內迴歸係數同質性條件，並以智力測驗數學分數為共變量進行共變數分析。以下依據研究問題一至問題十二逐題分析與討論研究結果。

一、研究問題：實驗組與控制組學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異？

本問題的依變數為學習成就測驗後測得分，共變量為智力測驗數學成績，在教學實驗後以共變數(ANCOVA)分析考驗不同組別在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異。

表 4-3-1 實驗組與控制組在「學習成就測驗」後測表現差異分析

組別	實驗組(n=37)			控制組(n=35)			F	p
	後測平均	標準差	調整後平均數	後測平均	標準差	調整後平均數		
基本層次	7.8919	3.5884	8.112	6.2857	4.3695	6.053	4.573	.036*
理解層次	14.7027	7.1836	15.399	13.600	6.4498	12.864	2.635	.109
應用層次	10.7027	7.3063	11.446	11.3143	5.5294	10.528	.400	.529
總分	33.2973	14.1124	34.957	31.2000	13.9512	29.446	3.141	.081

註：* $p < .05$

兩組學生在學習成就測驗後測的表現如表 4-3-1 所示，在排除智力測驗數學分數此共變量的影響後，研究結果顯示實驗組學生在基本、理解與應用層次題目得分與後測總分均高於控制組，但除了實驗組學生在基本層次題目得分顯著高於控制組($F=4.573$ ， $p=.036$)外，其他都未達到統計上的顯著差異。

本研究結果顯示 Flash 融入數學教學對於基本層次題目得分有較佳的教學與學習效果，但在理解與應用層次題目得分實驗組與控制組則沒有顯著差異，這與 Dillshaw 和 Bell(1985)等人所得的結論一致，電腦輔助教學對於學生邏輯思考的技能並沒有顯著的增長。

二、研究問題：實驗組與控制組學生在學習成就延後測得分是否有顯著差異？

本問題的依變數為學習成就測驗延後測得分，共變量為智力測驗數學成績，

在教學實驗後以共變數(ANCOVA)分析考驗不同組別在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異。

表 4-3-2 實驗組與控制組在「學習成就測驗」延後測表現差異分析

組別	實驗組(n=37)			控制組(n=35)			F	p
	延後測平均	標準差	調整後平均數	延後測平均	標準差	調整後平均數		
基本層次	7.7838	4.4167	8.207	8.2286	3.8736	7.781	.217	.643
理解層次	15.5676	6.5172	16.147	16.6857	5.9398	16.073	.003	.958
應用層次	11.7838	7.7715	12.566	13.8286	6.0851	13.002	.084	.773
總分	35.1351	15.5816	36.916	38.7429	12.9350	36.860	.000	.985

兩組學生在延遲五週後的成就測驗延後測表現如表 4-3-2 所示，在排除智力測驗數學分數此共變量影響之後，研究結果顯示實驗組在各層次題目得分與延後測總分均高於實驗組，但並未達到統計上的顯著差異。

由於控制組的後測得分平均為 31.2000，延後測得分平均為 38.7429，實驗組後測得分平均為 33.2973，延後測得分平均為 35.1351，我們可以發現控制組有較大進步幅度，而實驗組卻只有些微的提升；其中可能的原因將在本節末提出討論。

三、研究問題：不同性別的實驗組學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異？

四、研究問題：不同性別的實驗組學生在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異？

本問題的依變數為學習成就測驗(延)後測得分，共變量為智力測驗數學成績，在教學實驗後以共變數(ANCOVA)分析考驗實驗組不同性別學生在學習成就測驗(延)後測得分是否有顯著差異。

表 4-3-3 實驗組不同性別學生在「學習成就測驗」後測與「學習成就測驗」延後測表現差異分析

班別	性別	男(n=21)			女(n=16)			F	p
		平均	標準差	調整後平均數	平均	標準差	調整後平均數		
實驗組	後測總分	33.1429	15.8565	33.260	33.5000	11.9443	33.346	.000	.983
	延後測總分	35.6190	17.2002	35.744	34.5000	13.6918	34.336	.102	.751

實驗組不同性別的學生在成就測驗後測與延後測表現如表 4-3-3 所示，在排除了智力測驗數學分數此共變量的影響之後，研究結果顯示，實驗組不同性別的學生在 Flash 融入數學教學之後，不論在成就測驗後測或延後測得分上都沒有顯著差異，也就是說資訊科技融入教學的學習效果對於不同性別的學生沒有達到統計上的顯著差異。這一點與 Claire 和 Gratt(1995)所得的結論：女性可由電腦輔助學習中獲得較傳統教學為佳的學習效果並不一致。

五、研究問題：不同 van Hiele 幾何思考層次的實驗組學生在學習成就測驗後測與前測得分差距是否有顯著差異？

本問題的依變數為學習成就測驗後測得分與學習成就測驗前測得分的差距，在教學實驗後以單因子變異數分析(One-Way ANOVA)考驗實驗組不同 van Hiele 幾何思考層次的學生在學習成就測驗後測與前測得分差距的表現是否有顯著差異。表4-3-4 實驗組各層次學生(3/5)成就測驗後測與前測得分差距的平均分數與標準差

層次水準 (3/5)	個數	平均數	標準差
0	4	7.0000	19.6977
1	21	17.1429	12.9703
2	8	22.0000	8.8156
總和	33	17.0909	13.3144

表4-3-5 實驗組各層次學生(3/5)成就測驗後測與前測得分差距的單因子變異數分析

層次水準 (3/5)	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	600.156	2	300.078	1.775	.187
組內	5072.571	30	169.086		
總和	5672.727	32			

表4-3-6 實驗組各層次學生(4/5)成就測驗後測與前測得分差距的平均分數與標準差

層次水準(4/5)	個數	平均數	標準差
0	9	13.7778	15.1144
1	20	18.4000	13.4493
2	3	20.0000	10.5830
總和	32	17.2500	13.4955

表4-3-7 實驗組各層次學生(4/5)成就測驗後測與前測得分差距單因子變異數分析

層次水準 (4/5)	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	157.644	2	78.822	.416	.663
組內	5488.356	29	189.254		
總和	5646.000	31			

實驗組各幾何思考層次學生(3/5)在成就測驗後測與前測得分差距表現如表4-3-4與表4-3-5所示，研究結果顯示實驗組不同幾何思考層次學生在成就測驗後測與前測得分差距上未達到顯著差異。實驗組各幾何思考層次學生(4/5)在成就測驗後測與前測得分差距表現如表4-3-6與表4-3-7所示，研究結果顯示不論是以3/5或4/5為標準的幾何思考層次來看，各層次水準學生的表現並無顯著差異。

六、研究問題:不同van Hiele幾何思考層次的實驗組學生在學習成就測驗延後測與前測得分差距是否有顯著差異?

本問題的依變數為學習成就測驗延後測與前測得分差距，在教學實驗後以單因子變異數分析(One-Way ANOVA)考驗實驗組不同 van Hiele 幾何思考層次的學生在學習成就測驗延後測與前測得分差距是否有顯著差異。

表4-3-8實驗組各層次學生(3/5)成就測驗延後測與前測得分差距的平均數與標準差

層次水準 (3/5)	個數	平均數	標準差
0	4	3.0000	10.0000
1	21	16.1905	12.6792
2	8	28.7500	9.4378
總和	33	17.6364	13.7246

表4-3-9實驗組各層次學生(3/5)成就測驗延後測與前測得分差距單因子變異數分析

層次水準 (3/5)	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	1888.898	2	944.449	6.846**	.004
組內	4138.738	30	137.958		
總和	6027.636	32			

註:**p<.01

實驗組各層次學生(3/5)在成就測驗延後測與前測得分差距表現如表4-3-8與表4-3-9所示，研究結果顯示實驗組各層次學生(3/5)在成就測驗延後測與前測得分差距達到顯著差異($F=6.846$ ， $p=.004$)。為了解那些層次的學生表現有差異，必需進行事後比較。

表4-3-10實驗組各層次學生(3/5)在成就測驗延後測與前測得分差距事後比較表

(I) 層次水準 3/5	(J) 層次水準 3/5	平均差異(I-J)	顯著性
0	1	-13.1905	.138
	2	-25.7500**	.005
1	0	13.1905	.138
	2	-12.5595*	.050
2	0	25.7500**	.005
	1	12.5595*	.050

註:* $p<.05$ ** $p<.01$

由表4-3-10得知進行 *Scheffe* 法事後比較之後，顯示實驗組各層次學生(3/5)在成就測驗延後測與前測得分差距表現上，層次1與層次2學生有顯著差異($p=.050$)，層次0與層次2學生有顯著差異($p=.005$)。

表 4-3-11 實驗組各層次學生(4/5)成就測驗延後測與前測得分差距上的平均數與標準差

層次水準 (4/5)	個數	平均數	標準差
0	9	6.6667	8.2462
1	20	20.4000	13.5429
2	3	31.3333	1.1547
總和	32	17.5625	13.7135

表 4-3-12 實驗組各層次學生(4/5)成就測驗延後測與前測得分差距上的單因子變異數分析

層次水準 (4/5)	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	1798.408	2	899.204	6.468**	.005
組內	4031.467	29	139.016		
總和	5829.875	31			

註:** $p < .01$

實驗組各層次學生(4/5)在成就測驗延後測與前測得分差距表現如表4-3-11與表4-3-12所示，研究結果顯示實驗組各層次學生(4/5)在成就測驗延後測與前測得分差距達到顯著差異($F=6.468$ ， $p=.005$)。為了解那些層次的學生表現有差異，必需進行事後比較。

表 4-3-13 實驗組各層次學生(4/5)在成就測驗延後測與前測得分差距上進行事後比較分析

(I) 層次水準 4/5	(J) 層次水準 4/5	平均差異(I-J)	顯著性
0	1	-13.7333*	.025
	2	-24.6667*	.014
1	0	13.7333*	.025
	2	-10.9333	.339
2	0	24.6667*	.014
	1	10.9333	.339

* $p < .05$

由表 4-3-13 得知進行 *Sche'ffe* 法事後比較之後，顯示實驗組各層次學生(4/5)在成就測驗延後測與前測得分差距表現上，層次 0 學生與層次 1 學生有顯著差異($p=.025$)，層次 0 學生與層次 2 學生有顯著差異($p=.014$)。

在成就測驗延後測與前測得分差距方面，實驗組學生不論以以 3/5 或 4/5 為標準的幾何思考層次來看，層次 2 的學生表現都顯著優於層次 0 的學生，也就是層次 2 的學生在延後測中有明顯的進步，而層次 0 的學生延後測得分卻是退步。這意謂著資訊科技融入數學教學在經歷較長久的時間之下，對於幾何思考層次較高的學生有較佳的表現。這也許是因為幾何思考層次高的學生通常有較高的數學學習意願與較高的數學成就，再加上電腦動態幾何表徵加強其對數學概念的多重連結與了解，因此造成了學習效果上與其他思考層次學生的差異，此點與 Claire 和 Gratt(1995)所得的結論相當一致，高能力的組別可由電腦輔助學習中獲得較佳的效益。這也顯示了一個重要的問題，雖然資訊科技融入數學教學課程深得實驗組同學們的喜愛，但對於思考層次低(前認知層次)的學生在長久的學習效果上並沒有很大的幫助，這類學生之所以喜歡上此類課程的原因也許是認為用電腦上數學較一般傳統上課方式有趣、好玩，或只是單純喜歡電腦，不願花時間探討電腦所呈現的數學現象與性質。

七、研究問題：實驗組高數學成就水準學生與控制組高數學成就水準學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異？

八、研究問題：實驗組中數學成就水準學生與控制組中數學成就水準學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異？

九、研究問題：實驗組低數學成就水準學生與控制組低數學成就水準學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異？

本研究依據第一次段考數學成績將測驗成績在前 20%的學生歸類為高數學成就水準，後 20%為低數學成就水準，中間 60%為中數學成就水準。依變數為學習成就測驗後測得分，共變量為智力測驗數學成績，在教學實驗後以共變數(ANCOVA)分析考驗實驗組高(中、低)數學成就水準學生與控制組高(中、低)成就水準學生在學習成就測驗後測得分是否有顯著差異。

表 4-3-14 實驗組與控制組不同數學成就水準學生在「學習成就測驗」後測表現差異分析

組別	實驗組			控制組			F	p
	後測平均	標準差	調整後平均數	後測平均	標準差	調整後平均數		
低數學成就水準	23.4286	11.8723	23.567	18.8571	10.2539	18.719	.750	.405
中數學成就水準	31.8182	13.0918	33.055	31.4000	11.6998	30.039	.519	.476
高數學成就水準	46.0000	10.0285	45.632	41.5000	14.4914	41.868	.322	.580

由表 4-3-14 得知在成就測驗後測得分上，實驗組不論是低、中、高數學成就水準學生在學習成就測驗後測得分，經以智力測驗數學分數為共變量調整之後，其差異皆未達到統計上的顯著差異。即在成就測驗後測得分上，實驗組與控制組不同數學成就水準學生的表現上並沒有顯著差異。

十、研究問題：實驗組高數學成就水準學生與控制組高數學成就水準學生在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異？

十一、研究問題：實驗組中數學成就水準學生與控制組中數學成就水準學生在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異？

十二、研究問題：實驗組低數學成就水準學生與控制組低數學成就水準學生在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異？

本研究依據第一次段考數學成績將測驗成績在前 20%的學生歸類為高數學成就水準，後 20%為低數學成就水準，中間 60%為中數學成就水準。依變數為學習成就測驗後測得分，共變量為智力測驗數學成績，在教學實驗後以共變數(ANCOVA)分析考驗實驗組高(中、低)數學成就水準學生與控制組高(中、低)成就水準學生在學習成就測驗延後測得分是否有顯著差異。

表 4-3-15 實驗組與控制組不同數學成就水準學生在「學習成就測驗」延後測表現差異分析

組別	實驗組			控制組			F	p
	延後測平均	標準差	調整後平均數	延後測平均	標準差	調整後平均數		
低數學成就	16.5714	3.5989	16.952	20.5714	7.0912	20.191	.936	.354

就水準								
中數學成就水準	32.5455	8.9268	32.785	40.0000	6.6174	39.736	6.962*	.012

(續後頁)

表 4-3-15 實驗組與控制組不同數學成就水準學生在「學習成就測驗」延後測表現差異分析(接前頁)

高數學成就水準	58.5000	2.9761	58.331	53.0000	5.1270	53.169	6.742*	.022
---------	---------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	------

註:* $p < .05$

由表 4-3-15 得知實驗組高數學成就水準學生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成就測驗延後測得分($F=6.742$, $p=.022$)，但是控制組中數學成就水準學生成就測驗延後測得分卻顯著高於實驗組中數學成就水準學生成就測驗延後測得分($F=6.962$, $p=.012$)，另外，實驗組低數學成就水準學生與控制組低數學成就水準學生在成就測驗延後測得分沒有顯著差異。

在成就測驗延後測得分上，控制組在中數學成就水準學生顯著高於實驗組中數學成就水準的學生，不過實驗組高數學成就水準的學生卻顯著高於控制組高數學成就水準的學生，這表示資訊科技融入數學教學長遠來看對於高數學成就水準的學生來說有較好的學習成效，至於低數學成就水準的學生則可能由於對於數學學習意願不高，因此雖然在學習成就測驗後測表現尚佳，但經過較長久的時間之後就遺忘了，從學生的問卷資料中可以發現部份學生一直存有不喜歡數學的刻板印象，因而反映了不管老師用任何方法來教數學，其仍然不喜歡數學，甚至放棄學習數學的現象，如何有效改善這些人對於數學的態度，這仍是數學教育工作者應努力的方向。

由於實驗組學生在學習成就測驗延後測表現情形不佳，研究者爲了進一步了解學生筆試表現不佳的原因，另外進行問卷調查，茲將調查所得結果整理如表 4-3-16。

表 4-3-16 實驗組成就測驗延後測筆試表現不佳原因複選題次數分配表

實驗組延後測筆試不佳原因	計數	回應	事件數
	百分比	百分比	
老師上課的內容我聽不懂	8	7.8	25.0
老師指定的作業與問題，我回家沒有思考。	12	11.8	37.5
上課時聽得懂，但過一段時間就遺忘了。	21	20.6	65.6
犯錯的題目沒有自行訂正。	21	20.6	65.6
我就是對數學沒有興趣，不想碰。	4	3.9	12.5
上課檢討題目時，我並沒有專心聽講。	21	20.6	65.6
題目太難了，一時想不到解決方法。	15	14.7	46.9
	-----	-----	-----
總回應數	102	100.0	318.8

由表 4-3-16 可以知道實驗組學生成就測驗延後測筆試不佳的最重要的原因為「上課時聽的懂，但過一段時間就遺忘了。」、「犯錯的題目沒有自行訂正。」、「上課檢討題目時，我並沒有專心聽講。」，其餘依次為「題目太難了，一時想不到解決方法。」、「老師上課的內容我聽不懂。」與「我就是對數學沒有興趣，不想碰。」

本節共作了 12 項統計分析，研究顯示資訊融入教學後對於學生基本層次的數學學習效果有顯著的幫助。實驗組幾何思考層次高的學生在延後測與前測得分差距顯著高於實驗組幾何思考層次低的學生，也就是說長遠來看，資訊科技融入數學教學對於幾何思考層次高的學生較有幫助；在學習成就測驗延後測得分上，排除智力測驗數學分數此共變量影響之後，實驗組高數學成就水準的學生表現顯著高於控制組高數學成就水準的學生，這表示資訊科技融入數學教學對於高數學成就水準的學生有較佳的延拓效果。

在成就測驗延後測的表現上，控制組在總分與各分項上答題表現都較優於實驗組，綜合實驗組學生所述與訪談兩班的導師與數位任課教師，其主要原因可以歸納如下：

- 一、訪問兩班的導師與任課教師，皆認為控制組學生的學習風氣較實驗組佳。
- 二、控制組學生在智力測驗表現較優於實驗組(控制組學生智力測驗數學成績平均得分為 59.03，實驗組學生智力測驗數學成績平均得分為 42.95)，且該班學生在學校數學段考成績排名為全年級前三名，相對的，實驗組學生在學校數學段考成績的表現則不佳，常在該校全年級排名中居於倒數的名次。
- 三、根據研究者教學觀察的結果，在成就測驗後測檢討考卷時，控制組學生對於自己做錯的題目有較強的求知慾且較集中注意力聽講，相對的實驗組學生在檢討考卷時較不在乎自己所犯的錯誤，抱著玩樂的態度。

由於學習結果可能會受到許多外在因素之影響，未來宜將這些可能的因素加以控制以有效了解實驗成效。

第四節 教學模組實施之後對於學生數學態度的影響

本節討論實驗組學生在實驗教學前後數學態度總得分與各分項得分的變化情形。

- 一、研究問題：實驗組學生在數學學習態度量表前後測得分上是否有顯著差異？

本問題以實驗組數學態度量表前測得分與後測得分進行成對樣本 T 檢定考驗，以了解資訊科技融入數學教學之後是否影響學生的數學態度。

表 4-4-1 實驗組學生數學態度成對樣本 T 檢定差異分析表

		平均數	個數	標準差	t	p
數學態度總分	前測	82.5143	35	12.7726		

	後測	80.3714	35	15.5224	1.168	.251
學習數學的樂趣	前測	20.2000	35	3.6445	-1.058	.298
	後測	20.8286	35	4.5276		

(續後頁)

表 4-4-1 實驗組學生數學態度成對樣本 T 檢定差異分析表(接前頁)

數學重要性	前測	22.0286	35	4.1194	2.004	.053
	後測	20.6000	35	4.4139		
學數學的動機	前測	22.1429	35	3.0307	2.458*	.019
	後測	20.9429	35	3.9103		
免於數學的恐懼	前測	18.1429	35	4.3801	.268	.790
	後測	18.0000	35	4.3925		

註:* $p < .05$

由表 4-4-1 得知實驗組學生在數學態度的「數學的動機」這個分項得分在實驗教學前後達到顯著的差異($t=2.458$, $p=.019$)，這表示實驗組學生的數學動機在「國中平面幾何基礎課程」教學實施之後，有顯著的降低。除了「學習的樂趣」這個分項在後測得分上略有提升之外，「數學的重要性」、「數學的動機」與「免於數學的恐懼」等三個分項在後測得分都是下降的，不過實驗組數學態度總分在實驗教學之後並未達到統計上的顯著差異。除了「數學的動機」這個分項外，「學習數學的樂趣」、「數學重要性」與「免於數學的恐懼」等分項在實驗教學前後也都沒有顯著的差異。

綜合本節所述，實驗組在經過長達一個學期的教學實驗之後，在數學態度得分上並沒有達到統計上的顯著差異，這與林星秀(2001)、陳震昌(2001)、蔡坤霖(2001)與梁世傑(2001)所得之結論相當一致，電腦融入數學教學實驗對於數學態度並沒有顯著的改變。另外，學生在「數學的動機」這個分項得分在教學實驗之後有顯著降低的狀況，研究者認為造成這個現象的主因可能是實驗組的「國中平面幾何基礎」課程教學與該班正式的數學課程教學差異性太大，造成學生對傳統數學教法反彈，因而雖然大部份學生在課程意見量表上表示喜歡上這樣的實驗課程，但在數學態度的得分上卻是不升反降，由此可見如何將資訊科技融入數學教學，並改變學生不喜歡數學的刻板印象與對數學的厭惡，這依然是數學教育研究者值得深入探討的課題。學習態度是難改變的，但也許傳統教學方式不足以吸引學生學習數學，故不同於傳統的教學方式受到學生的注意與喜歡，這似乎表現出學生對傳統教學方式改變的一種期待。

第五節 實驗組課程意見量表分析

本節將實驗組學生對課程意見量表的答題情形，分成「分組問題討論態度」、「解題方法與分享」、「電腦軟體與數學學科內容」、「電腦操作方式」、「電腦學習數學特色」及「上課意願」等六個分項來討論，以了解學生對於資訊科技融入數學教學與學習的看法為何。

一、分組問題討論態度

分組問題討論態度此分項所包含的問卷試題有第 1 題、第 6 題、第 11 題與第 16 題。

表 4-5-1 課程意見量表第 1 題的答題情形

題 目		
1 經過分組問題討論的方式，會讓我對數學問題更加了解。		
同意	不同意	無意見
68%	11%	21%

由表 4-5-1 得知有將 68% 的同學認為分組問題討論的方式，會對數學問題更加了解，而不同意的只佔了 11%。

表 4-5-2 課程意見量表第 6 題的答題情形

題 目		
6 我覺得上數學課時，分組討論讓同學上台講解，比由老師一人講授內容效果更好。		
同意	不同意	無意見
43%	19%	38%

由表 4-5-2 得知只有 43% 的同學認為分組討論的上課方式比由老師一人講授內容效果更好，有 19% 的同學認為分組討論教學效果並沒有比傳統教學效果好。

表 4-5-3 課程意見量表第 11 題的答題情形

題 目		
11 在數學課程中，分組討論解題的方式會困擾我對數學的學習。		
同意	不同意	無意見
19%	62%	19%

由表 4-5-3 得知有 62% 的同學認為分組討論解題的方式並不會困擾數學的學習，不過也有 19% 的同學認為會對數學學習有困擾，可能是分組討論時秩序較為混亂的關係。例如：有些學生在問卷回饋中談論到「分組討論時，有部份同學會不專心討論，只顧著講話，影響到班上的秩序與課程的進行。」

表 4-5-4 課程意見量表第 16 題的答題情形

題 目		
16 分組討論的解題方式可增加我與同學討論數學的機會。		
同意	不同意	無意見
70%	14%	16%

由表 4-5-4 得知有七成的同學認為分組討論解題方式可增加與同學討論數學的機會。

就「分組問題討論態度」這個分項來說約有六成至七成的同學認為分組解題有助於數學學習與問題討論，但對於上課方式則只有四成三的同學認為分組討論解題的上課方式比傳統上課方式效果好，看來還是有不少人贊成傳統的教學，主要原因可能是不想被抽中上台發表解題方法；例如有些學生在問卷中反應「因為對於分組討論的問題並不是很了解，所以很怕上台發表自己的想法」。根據研究者上課的觀察和兩班學生進行問題討論的次數記錄來看，實驗組有效的總討論次數為 48 次，控制組有效的總討論次數為 30 次。由此可見，資訊融入數學的教學模式或許可以讓學生更有意願進行分組問題討論活動與分享自己的想法。

二、解題方法與分享

解題方法與分享此分項所包含的問卷試題有第 2 題、第 7 題、第 12 題與第 17 題。

表 4-5-5 課程意見量表第 2 題的答題情形

題 目		
2 遇到數學難題，我開始會設法去嘗試各種不同的解決方法。		
同意	不同意	無意見
70%	14%	16%

由表 4-5-5 得知有 70% 的同學認為遇到數學難題會設法去嘗試各種不同的解決方法，有 14% 的同學仍然不會這樣做。

表 4-5-6 課程意見量表第 7 題的答題情形

題 目		
7 當一個數學問題有好幾種解法的時候，我也會想知道別人的解題方法為何。		
同意	不同意	無意見
65%	8%	27%

由表 4-5-6 得知有六成五的同學想知道別人不同的解題方式，只有 8% 的同學沒有求知的慾望。

表 4-5-7 課程意見量表第 12 題的答題情形

題 目		
12 上數學課時，如果能發表自己的解題方法，我會更喜歡上數學課。		
同意	不同意	無意見
35%	14%	51%

由表 4-5-7 得知只有三成五的人認為如果能發表自己的解題方式，將會更喜歡上數學課，超過五成的人沒有意見，不同意的則佔了 14%，可見大家對於發表自己的解題方式的態度仍然較為保守。

表 4-5-8 課程意見量表第 17 題的答題情形

題 目		
17 遇到數學問題，我會盡量提出自己的解題方法與同學共享。		
同意	不同意	無意見
41%	24%	35%

由表 4-5-8 得知有 41% 的同學會提出自己的解題方式與同學共享，而有 24% 的同學則不會。

就「解題方法與分享」這個分項來說，約有六成五到七成的同學會開始嘗試使用不同的數學方法解題與想知道別人不同的解題方式，不過只有不到四成的同學會在課堂上或小組討論中與別人分享自己的解題方法，這是不是意謂著學生仍習慣於傳統的數學教學，沒有勇氣發表自己的想法與看法？或是只想知道別人的解法卻不願提供自己的意見。

三、電腦軟體與數學學科內容

電腦軟體與數學學科內容此分項所包含的問卷試題有第 3 題、第 8 題、第 13 題與第 18 題。

表 4-5-9 課程意見量表第 3 題的答題情形

題 目		
3 透過電腦軟體的操作，使我更了解三角形的外角和定理。		
同意	不同意	無意見
76%	5%	19%

由表 4-5-9 得知有 76% 的同學認為 Flash 融入教學有助於了解三角形的外角和定理，只有 5% 的同學不同意這項說法。

表 4-5-10 課程意見量表第 8 題的答題情形

題 目		
8 透過電腦軟體的操作，使我更了解三角形的內角和定理。		
同意	不同意	無意見
76%	8%	16%

由表 4-5-10 得知有 76% 的同學認為 Flash 融入教學有助於了解三角形的內角和定理，只有 8% 的同學不同意這項說法。

表 4-5-11 課程意見量表第 13 題的答題情形

題 目		
13 透過電腦軟體的操作，使我更了解三角形的外角定理。		
同意	不同意	無意見
70%	8%	22%

由 4-5-11 得知有 70% 的同學認為 Flash 融入教學有助於了解三角形的外角定理，只有 8% 的同學不同意這項說法。

表 4-5-12 課程意見量表第 18 題的答題情形

題 目		
18 透過電腦軟體的操作，使我更了解平行線的性質。		
同意	不同意	無意見
73%	5%	22%

由表 4-5-12 得知有 73% 的同學認為 Flash 融入教學有助於了解平行線的性質，只有 5% 的同學不同意這項說法。

就「電腦軟體與數學學科內容」這個分項來說有七成以上的同學認為 Flash 融入教學有助於學科內容的了解，認為沒有幫助的則不到一成。

四、電腦操作方式

電腦操作方式此分項所包含的問卷試題有第 4 題、第 9 題、第 14 題與第 19 題。

表 4-5-13 課程意見量表第 4 題的答題情形

題 目	
4 在數學課中，電腦軟體操作方式不熟悉時，我會請教同學或老師。	
同意	不同意
68%	3%
	無意見
	29%

由表 4-5-13 得知有 68% 的同學電腦軟體操作有問題時會請教老師或同學，根據研究者上課的實際經驗發現兩人一機或三人一機的電腦使用方式可能會比單人單機的電腦使用方式更有助於學生們互相討論軟體的操作與使用。

表 4-5-14 課程意見量表第 9 題的答題情形

題 目	
9 我不懂電腦軟體的操作，所以透過電腦學習時，讓我感覺壓力很大。	
同意	不同意
16%	59%
	無意見
	25%

由表 4-5-14 得知有 16% 的同學不懂電腦軟體的操作，所以透過電腦學習時壓力較大，有 59% 的同學則不這麼認為。

表 4-5-15 課程意見量表第 14 題的答題情形

題 目	
14 我覺得電腦軟體的操作方式很簡單，通常老師講解完，我就會了。	
同意	不同意
32%	30%
	無意見
	38%

由表 4-5-15 得知有 32% 的同學認為電腦操作方式很簡單，不過卻有 30% 的同學認為電腦軟體的操作不易，未來也許應放慢軟體的教學進度來改善這個問題。

表 4-5-16 課程意見量表第 19 題的答題情形

題 目	
19 在電腦軟體的操作上，我可以達到老師所要求的進度，不會落後。	
同意	不同意
46%	8%
	無意見
	46%

由表 4-5-16 得知只有 46% 的同學在電腦軟體的操作上，可以達到老師的要求的進度不會落後，只有 8% 的同學不同意。

就「電腦操作方式」這個分項來說，約有三成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的操作進度，有可能是同學對於操作軟

體的不熟悉，再加上教師的上課步調太快所導致。

五、電腦學習數學特色

電腦學習數學特色此分項所包含的問卷試題有第 5 題、第 10 題、第 15 題與第 20 題。

表 4-5-17 課程意見量表第 5 題的答題情形

題		目
5 我覺得透過電腦，可以將課本中無法呈現的教材，具體的播放出來，讓我更深入了解課本的內容。		
同意	不同意	無意見
67%	9%	24%

由表 4-5-17 得知有 67% 的同學認為透過電腦可以具體呈現課本中無法呈現的數學教材並深入了解課本的內容，而有 9% 的同學不這麼認為。

表 4-5-18 課程意見量表第 10 題的答題情形

題		目
10 我覺得老師將電腦融入數學課程中，可以幫助我更容易學習數學。		
同意	不同意	無意見
62%	5%	33%

由表 4-5-18 得知有 62% 的同學認為 Flash 融入教學有助於更容易學習數學，只有 5% 的同學不同意這項說法。

表 4-5-19 課程意見量表第 15 題的答題情形

題		目
15 透過電腦學習數學，使得我因此獲得鼓勵，讓我更有信心繼續學習下去。		
同意	不同意	無意見
57%	3%	40%

由表 4-5-19 得知有 57% 的同學認為透過電腦學習數學可因此獲得鼓勵更有信心繼續學習下去，不同意這項說法的只有 3%。

表 4-5-20 課程意見量表第 20 題的答題情形

題		目
20 我覺得上數學課時，有電腦輔助學習，學習的效果會更好。		
同意	不同意	無意見
70%	5%	25%

由表 4-5-20 得知有 70% 的同學認為上數學課時，有電腦輔助學習，學習的效果會更好，只有 5% 的人不同意這項說法。

就「電腦學習數學特色」這個分項來看，有五成七到七成的同學認為電腦輔助學習可以激勵他們並有助於數學學習，只有不到一成的同學不同意這個觀點。

六、實驗組學生上課意願調查

在課程意見量表最後，針對將來若有類似的資訊科技融入數學教學課程，進行實驗組學生參加意願之調查，茲將結果整理如表 4-5-21。

表 4-5-21 上課意願分析表

題 目	
將來若有類似的資訊科技融入數學教學課程，你會願意參加嗎?爲什麼?	
願意	不願意
86%	14%
1.使我更了解一些數學性質。 2.有電腦實際操作會比較懂。 3.上課很好玩，老師很親切。 4.會讓我更有興趣學習數學。 5.可以增加數學能力使功課變好。 6.以前不喜歡數學，但我慢慢覺得數學很好玩喔，現在對數學也較有信心。 7.對數學頭痛想加強。 8.有趣且能學到好幾種解題方法，還能和同學互相切磋，比較讓我的數學觀念正確。 9.電腦可以具體看到，並非只用文字表達，讓我們想像不出來。 10.可以增加自己的數學知識。 11.可以增加數學能力。 12.很實用的一門課程。 13.比較不會枯燥乏味。	1.因爲我沒有興趣。 2.很麻煩，上課的教室常常改變。 3.上課聽不懂，不會。 4.數學很難。 5.因爲數學很難算。

由表 4-5-21 得知有 86% 的學生願意再上類似的 Flash 融入數學教學的課程，只有 14% 的人不願意。不願意的原因大概都是覺得數學很難或對數學沒有興趣，而這些不願意的學生在智力測驗數學成績的百分等級爲 1 (PR=1)，對他們來說可能連基本的計算能力都有問題，別說要對數學有興趣了。也就是說，除了學生的數學能力特別低之外，大部份的學生都很樂意再參加這樣的課程。

綜合本節所述，有 86% 的學生願意再上資訊融入數學教學的課程，而其中認爲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七成左右，這表示有 16% 的學生，對於資訊科技所呈現的數學性質背後的原理比較沒有興趣，可能他們只是因爲喜歡電腦或是認爲此類課程較不枯燥乏味，所以才願意繼續上此類課程。由於只有三成同學認爲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的操作進度，因此除了檢討軟體本身界面設計的親和性外，老師

上課的步調與學生對於軟體的不熟悉度也都應該加以考慮。另外，研究者發現，若是兩個人一組操作軟體的話，由於可以互相討論，因此在軟體操作上較不會有問題，若是一人一機，操作上碰到了困難，再加上學生又沒有提問，很容易就跟不上教師上課的進度，這些教學上的建議也許可提供未來教師採用此類教學模式的參考。

第六節 成就測驗後測與延後測筆試表現情形分析與討論

本節根據學生作答情形來討論成就測驗後測與延後測筆試表現情形，並依「基本」、「理解」、「應用」等幾個層次來討論。由於成就測驗試卷每一道試題皆要求學生針對所選的答案寫出自己的想法與理由，根據這些資料，除針對學生正確的答題策略加以說明外，亦對於學童錯誤的答題類型與想法分析其原因。茲將結果臚列如下：

一、「基本」層次題目

基本層次分項題目包含第 2 題、第 3 題與第 6 題，共有 3 題。

表 4-6-1 成就測驗第 2 題的答題情形表

題目	
2.如右圖，兩平行線被一直線所截， $\angle 3$ 與其同側內角互補，問 $\angle 3$ 的同側內角是 ① $\angle 6$ ② $\angle 4$ ③ $\angle 7$ ④ $\angle 5$ 。	
組別	第 2 題各選項選答人數(百分比)
	① ② ③ ④*
實驗組後測	1(3%) 4(11%) 10(27%) 22(59%)
控制組後測	2(6%) 4(11%) 4(11%) 25(71%)
實驗組延後測	2(5%) 3(8%) 12(32%) 20(54%)
控制組延後測	0(0%) 0(0%) 5(16%) 30(84%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

- 1.了解同側內角的定義。
- 2.旋轉該圖如圖 4-6-1，從較熟悉的圖形來判斷。

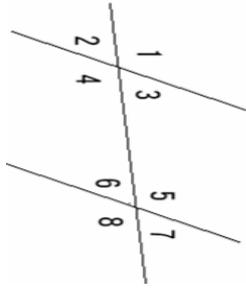


圖 4-6-1 第 2 題附圖旋轉後較熟悉的圖形

(二)錯誤的類型與想法

- 1.誤認同位角為同側內角。
- 2.根本不知道什麼叫做同側內角。

由表 4-6-1 得知在成就測驗後測與延後測中，實驗組此題答對率較控制組不佳，不論是實驗組或控制組犯錯的學生多選擇第三個選項，這可能是學生將同位角與同側內角搞混了。

表 4-6-2 成就測驗第 3 題的答題情形表

題 目				
3.下列那一種三角形的內角和最大? ①直角三角形②銳角三角形③鈍角三角形④一樣大。				
組別	第 3 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②	③	④*
實驗組後測	2(5%)	0(0%)	9(24%)	26(70%)
控制組後測	9(26%)	4(11%)	3(9%)	19(54%)
實驗組延後測	2(5%)	3(8%)	7(19%)	25(68%)
控制組延後測	3(9%)	3(9%)	4(11%)	25(71%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

- 1.任意三角形的內角和都是 180 度。

(二)錯誤的類型與想法

- 1.鈍角三角形有一角大於 90 度，所以鈍角三角形的內角和最大。
- 2.認為直角是最大的角，所以選直角三角形。
- 3.認為銳角是最大的角，所以選銳角三角形。

由表 4-6-2 得知在成就測驗後測中，實驗組學生此題答對率較優於控制組;但在成就測驗延後測中，實驗組與控制組答對率非常接近。在成就測驗後測中，實驗組犯錯的學生多傾向於選擇第三個選項，可能是實驗組學生認為鈍角比較大的原因，控制組的學生則多傾向於選擇第一個選項，可能誤認為直角是最大的角;但在成就測驗延後測中，實驗組與控制組犯錯的學生多傾向選擇第三個選項，表示犯

錯的學生中仍然有許多人認為純角三角形的內角和是最大的。

表 4-6-3 成就測驗第 6 題的答題情形表

題 目				
6.下列那一種多邊形的外角和最大? ① 三角形 ② 四邊形 ③ 五邊形 ④ 一樣大。				
組別	第 6 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②	③	④ *
實驗組後測	1(3%)	0(0%)	9(24%)	27(73%)
控制組後測	5(14%)	2(6%)	17(49%)	11(31%)
實驗組延後測	2(5%)	0(0%)	8(22%)	27(73%)
控制組延後測	0(0%)	0(0%)	5(16%)	30(84%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1.任意多邊形的外角和都是 360 度。

(二)錯誤的類型與想法

1.五邊形比較多角，所以外角和比較大。

2.三角形外角和是 360 度，而五邊形可以分割成 3 個三角形，所以五邊形外角和最大。

3.五邊形的邊比較多所以外角和較大。

4.三角形的內角都是銳角較多，所以外角會較大。

5.三角形外角和 360 度，四邊形外角和 540 度、五邊形外角和 720 度。

由表 4-6-3 得知在成就測驗後測中，實驗組此題答題率較優於控制組;但在成就測驗延後測中，控制組的答對率則優於實驗組。不論是後測或延後測，實驗組與控制組學生犯錯的學生多傾向於選擇第三個選項，也就是大部份犯錯的學生仍然認為五邊形的外角和比三邊形或四邊形的外角和大。

在成就測驗後測中，就基本層次分項題目的答題情形來看，實驗組學生除了第 2 題答題狀況較控制組不佳外，第 3 題與第 6 題的表現都較控制組學生良好，綜合來說，對於基本層次的題目，實驗組學生有較佳的通過率。而在成就測驗延後測中，就基本層次的答題情形來看，控制組學生的表現優於實驗組。

二、「理解」層次題目

理解層次分項題目包含第 1 題、第 4 題、第 5 題、第 8 題、第 10 題與第 15 題，共有 6 題。

表 4-6-4 成就測驗第 1 題的答題情形表

題		目			
1.下列圖中所標示的四個角，何者是四邊形 ABCD 的一組外角?					
①		②			
③		④			
組別	第 1 題各選項選答人數(百分比)				
	①	②	③	④*	
實驗組後測	14(38%)	1(3%)	2(5%)	20(54%)	
控制組後測	16(46%)	0(0%)	5(14%)	14(40%)	
實驗組延後測	6(16%)	3(8%)	3(8%)	25(68%)	
控制組延後測	2(6%)	3(9%)	0(0%)	30(86%)	

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1.繞著四邊形順時針身體旋轉一圈所形成的一組角。

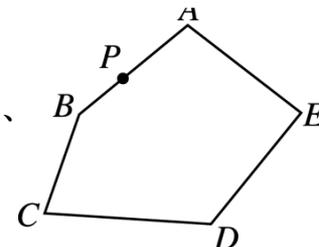
(二)錯誤的類型與想法

1.將四邊形外角誤解為 $\angle A$ 、 $\angle B$ 、 $\angle C$ 、 $\angle D$ 的對頂角。

2.直覺上第一個圖看起來較順眼。

由表 4-6-4 得知在成就測驗後測中，實驗組此題答對率較控制組佳；在成就測驗延後測中，控制組此題的答對率則優於實驗組。在後測中實驗組與控制組犯錯的學生多傾向於選擇第一個選項，這可能是因為第一個選項的圖看起來較為順眼，造成了誘答的效果；在延後測中實驗組的學生犯錯的學生仍然傾向選擇第一個選項，但是控制組犯錯的學生平均分佈於第一個選項與第二個選項。

表 4-6-5 成就測驗第 4 題的答題情形表

題 目	
<p>4.如右圖，五邊形ABCDE的五個邊代表五條路，現在<u>皮卡丘</u>由\overline{AB}上一點P出發，走到B，再沿\overline{BC}、\overline{CD}、\overline{DE}、\overline{EA}走回到P點，請問<u>皮卡丘</u>的身體共旋轉了多少度？ ①540° ②360° ③270° ④180°。</p> 	
組別	第 4 題各選項選答人數(百分比)
	① ②* ③ ④
實驗組後測	15(41%) 22(59%) 0(0%) 0(0%)
控制組後測	12(34%) 22(63%) 1(3%) 0(0%)
實驗組延後測	13(35%) 22(59%) 1(3%) 1(3%)
控制組延後測	9(26%) 24(69%) 0(0%) 2(6%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1.身體所轉的角為這個五邊形的一組外角。

(二)錯誤的類型與想法

1.認為所旋轉的角度是五邊形內角和所以是 540 度。

2.五邊形有 5 個外角所以一定會超過 360 度。

3.認為五邊形外角和是 540 度。

由表 4-6-5 得知不論是成就測驗後測或延後測，此題控制組答對率皆優於實驗組。實驗組與控制組不論在後測或延後測中，犯錯的學生多傾向於選擇第一個選項，可能是認為身體所旋轉的角度是五邊形五個內角的和所以是 540 度。

表 4-6-6 成就測驗第 5 題的答題情形表

題 目	
<p>5.同一平面上的兩直線 M、N，已知 $M \parallel N$，L 為兩直線的截線且 $L \perp N$，則 ①$L \perp M$ ②$L \parallel M$ ③$L \parallel N$ ④L、M、N 相交於一點。</p>	
組別	第 5 題各選項選答人數(百分比)
	①* ② ③ ④
實驗組後測	26(70%) 4(11%) 6(16%) 1(3%)

(續後頁)

表 4-6-6 成就測驗第 5 題的答題情形表(接前頁)

控制組後測	26(74%)	2(6%)	3(9%)	4(11%)
實驗組延後測	21(57%)	7(19%)	5(14%)	4(11%)
控制組延後測	24(69%)	3(9%)	3(9%)	5(14%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

- 1.由題目所給條件畫出其關係圖如圖 4-6-2 來判斷此三條線的關係。

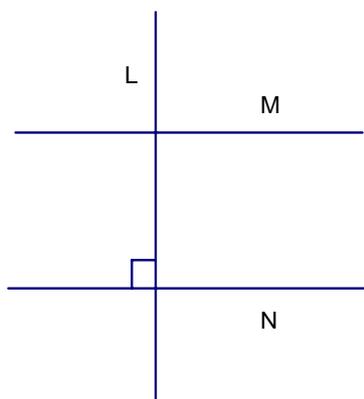


圖 4-6-2 L、M、N 三條線的關係圖

- 2.一條線垂直於平行線中的其中一條直線必定垂直於另外一條直線。

(二)錯誤的類型與想法

- 1.只說 $L \perp N$ 但沒說 $L \perp M$ ，所以 L/M。
- 2.看不懂題目在說什麼，隨便猜一猜。

由表 4-6-6 得知不論是成就測驗後測或延後測，此題控制組答對率皆高於實驗組。在後測中，實驗組犯錯學生多傾向選擇第二與第三個選項，控制組學生犯錯的學生則平均分布在錯誤的三個選項之中；在延後測中則實驗組與控制組犯錯的學生平均分佈在錯誤的三個選項之中。

表 4-6-7 成就測驗第 8 題的答題情形表

題 目	
8.一個五邊形的內角和為 ①180 度 ②360 度 ③540 度 ④720 度。	
組別	第 8 題各選項選答人數(百分比)
	① ② ③* ④
實驗組後測	2(5%) 2(5%) 29(78%) 4(11%)
控制組後測	2(6%) 6(17%) 26(74%) 1(3%)

(續後頁)

表 4-6-7 成就測驗第 8 題的答題情形表(接前頁)

實驗組延後測	0(0%)	5(14%)	29(78%)	3(8%)
控制組延後測	1(3%)	4(11%)	30(86%)	0(0%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

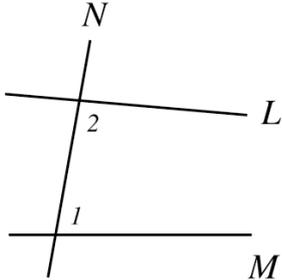
- 1.切割成三個三角形。
- 2.從五邊形外角和推得。
- 3.切割成一個四邊形與一個三角形。

(二)錯誤的類型與想法

- 1.四邊形內角和 360 度，所以五邊形內角和也是 360 度。

由表 4-6-7 得知成就測驗後測中，實驗組答對率優於控制組，但在成就測驗延後測中，控制組答對率則高於實驗組。在後測中實驗組犯錯學生多傾向選擇第四個選項，控制組犯錯學生則較傾向選擇第二個選項，但在延後測中實驗組與控制組犯錯的學生則大多傾向於第二個選項，大部分犯錯學生的想法為四邊形內角和 360 度，所以五邊形內角和也是 360 度。

表 4-6-8 成就測驗第 10 題的答題情形表

題 目				
10.如下圖所示，若 $\angle 1 = 80^\circ$ ，則 $\angle 2 =$ ① 100° ② 80° ③ 85° ④ 無法判別。				
				
組別	第 10 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②	③	④*
實驗組後測	7(19%)	6(16%)	2(5%)	22(59%)
控制組後測	19(54%)	6(17%)	1(3%)	9(26%)
實驗組延後測	7(19%)	6(16%)	3(8%)	21(57%)
控制組延後測	17(49%)	4(11%)	0(0%)	14(40%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1. L 與 M 不見得平行，所以 $\angle 2$ 的度數無法判別。

(二)錯誤的類型與想法

- 1.認為同側內角一定互補。
2. $\angle 1$ 與 $\angle 2$ 看起來相等，所以 $\angle 2 = 80^\circ$ 。

由表 4-6-8 得知在成就測驗後測與延後測中實驗組此題答對率皆明顯優於控制

組。不論是後測或延後測實驗組與控制組犯錯的學生多傾向選擇第一個選項與第二個選項。控制組在延後測其他題目的表現皆優於實驗組，但此題表現卻相當不好，在延後測中仍然只有 40% 的人答對，研究者認為可能的原因是實驗組對於本題附圖的想法是動態的，而控制組由於沒有電腦幾何動態表徵的連結，所以即使老師在成就測驗後測檢討時，已經強調此題的正確答案是「無法判別」，但仍有相當多的學生在延後測時選擇了第一個選項，這是一個相當有趣的現象，有機會應該再做進一步的研究。

表 4-6-9 成就測驗第 15 題的答題情形表

題 目				
15. 三角形 ABC 中 $\angle A = 30^\circ$ ， $\overline{AB} = \overline{AC}$ ，則 $\angle B = ?$ ① 60° ② 75° ③ 30° ④ 45° 。				
組別	第 15 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②*	③	④
實驗組後測	3(8%)	18(49%)	13(35%)	3(8%)
控制組後測	5(14%)	22(63%)	6(17%)	2(6%)
實驗組延後測	4(11%)	26(70%)	3(8%)	4(11%)
控制組延後測	2(6%)	24(69%)	3(9%)	6(17%)

註：*表示本題正確的答案選項。

(一) 正確的答題策略

1. 畫出正確的圖形如圖 4-4-3 得知 $\angle B = \angle C$ ，所以 $\angle B = (180 - 30) \div 2$ 度。

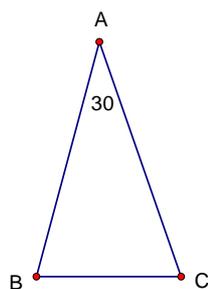


圖 4-6-3 正確等腰三角形圖形

(二) 錯誤的類型與想法

1. 誤認為圖 4-6-4 的狀況。

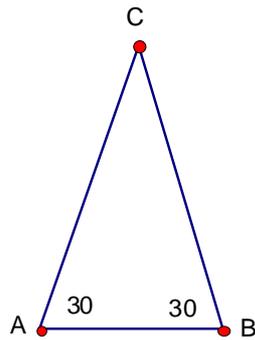


圖 4-6-4 錯誤的等腰三角形圖形

由表 4-6-9 得知在成就測驗後測中控制組此題答對率較優於實驗組，但在成就測驗延後測中實驗組學生的答對率稍高於控制組。在後測中，實驗組犯錯的學生多傾向於選擇第三個選項，控制組犯錯的學生則多傾向於選擇第一個選項與第三個選項，但在延後測中，實驗組犯錯學生大致上平均分配於錯誤的三個選項之中，控制組則多傾向於選擇第四個選項。實驗組此題在後測的答對率為 49%，但在延後測中卻增加而 70%，這是否表示資訊科技融入數學教學對這樣的題目特別有幫助呢？值得進一步探討。

在成就測驗後測中，就理解層次分項題目的答題情形來看，實驗組學生與控制組學生答對率表現較為接近，雖然各題答對率表現兩班各有優先，但綜合來說實驗組學生答對率表現稍優於控制組學生；在成就測驗延後測中，就理解層次分項題目來說，控制組學生答對率表現大都高於實驗組學生。

三、「應用」層次題目

應用層次分項題目包含第 7 題、第 9 題、第 11 題、第 12 題、第 13 題與第 14 題，共有 6 題。

表 4-6-10 成就測驗第 7 題的答題情形表

題 目				
7.如右圖，在 $\triangle ABC$ 中，D、E 分別在 \overline{AC} 、 \overline{BC} 上，且 $\angle C = 45^\circ$ ，則 $\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 + \angle 4 = ?$ <input type="radio"/> 1 135° <input type="radio"/> 2 180° <input type="radio"/> 3 225° <input type="radio"/> 4 270°				
組別	第 7 題各選項選答人數(百分比)			
	1	2	3	4*
實驗組後測	5(14%)	8(22%)	5(14%)	19(51%)
控制組後測	7(20%)	6(17%)	4(11%)	18(51%)

(續後頁)

表 4-6-10 成就測驗第 7 題的答題情形表(接前頁)

實驗組延後測	5(14%)	8(22%)	6(16%)	18(49%)
控制組延後測	5(14%)	2(6%)	9(26%)	19(54%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1.因爲 $\angle 1 + \angle 2 + \angle C = 180$ ，且 $\angle C = 45$ 度，所以 $\angle 1 + \angle 2 = 135$ 度，同理 $\angle 3 + \angle 4 = 135$ 度。

(二)錯誤的類型與想法

1.大都無法回答或是用猜的。

由表 4-6-10 得知不論在成就測驗後測或成就測驗延後測中，實驗組與控制組此題的答對率很接近。在成就測驗後測中，而不論是那一組學生，犯錯的學生平均分佈在錯誤的三個選項之中;在成就測驗延後測中，實驗組犯錯學生平均分佈在錯誤的三個選項之中，控制組犯錯的學生則傾向於選擇第三個選項。

表 4-6-11 成就測驗第 9 題的答題情形表

題 目				
9.如右圖， $L_1 // L_2$ ，求 $\angle 1 =$ ① 130° ② 120° ③ 140° ④ 110° 。				
組別	第 9 題各選項選答人數(百分比)			
	①*	②	③	④
實驗組後測	25(68%)	8(22%)	2(5%)	2(5%)
控制組後測	23(66%)	7(20%)	1(3%)	4(11%)
實驗組延後測	22(59%)	8(22%)	3(8%)	4(11%)
控制組延後測	27(77%)	3(9%)	4(11%)	1(3%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

本題答對的學生所做的輔助線約可分爲下列五種:

1. 過 B 點作 L_1 與 L_2 的平行線，如圖 4-6-5。

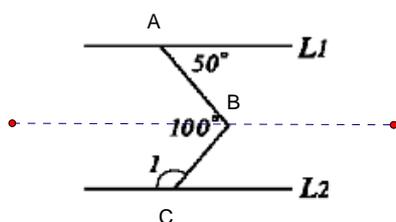


圖 4-6-5 第 9 題輔助線圖形一

2.作 DE 線段垂直 L1 且垂直 L2，如圖 4-6-6。

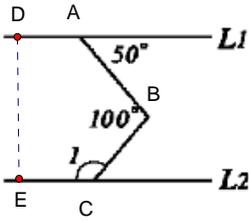


圖 4-6-6 第 9 題輔助線圖形二

3.延長 CB 線段交於 L1，如圖 4-6-7。

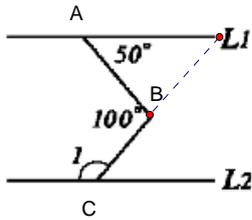


圖 4-6-7 第 9 題輔助線圖形三

4.延長 AB 線段交於 L2，如圖 4-6-8。

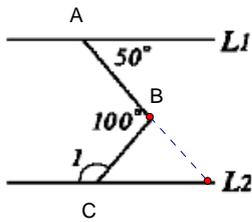


圖 4-6-8 第 9 題輔助線圖形四

5.過 B 點作 \overline{DE} 垂直 L1 且垂直 L2，如圖 4-6-9。

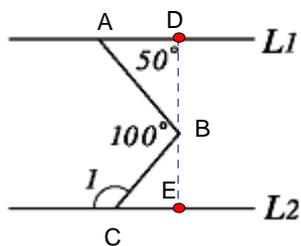


圖 4-6-9 第 9 題輔助線圖形五

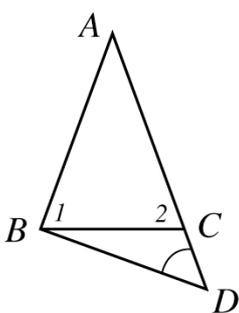
(二)錯誤的類型與想法

1.沒有作答或亂猜的。

由表 4-6-11 得知在成就測驗後測中，實驗組與控制組此題的答對率很接近，在成就測驗延後測中，控制組此題答對率較優於實驗組。在成就測驗後測中，不

論是那一組學生，犯錯的學生傾向於選擇第二個選項，在成就測驗延後測中，實驗組犯錯的學生仍多傾向於選擇第二個選項，控制組犯錯的學生傾向於選擇第二個選項與第三個選項。

表 4-6-12 成就測驗第 11 題的答題情形表

題 目				
11.如右圖，已知 $\angle 1 = \angle 2 = 70^\circ$ ， $\overline{BD} \perp \overline{AB}$ ，則 $\angle D$ = ① 35° ② 40° ③ 45° ④ 50° 。				
				
組別	第 11 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②	③	④*
實驗組後測	2(5%)	7(19%)	12(32%)	16(43%)
控制組後測	3(9%)	8(23%)	7(20%)	17(49%)
實驗組延後測	1(3%)	6(16%)	12(32%)	18(49%)
控制組延後測	1(3%)	7(20%)	4(11%)	23(66%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

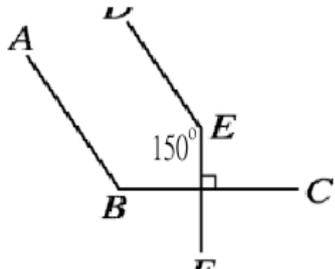
1. $\angle 1 = \angle 2 = 70^\circ$ ，所以 $\angle A = 40^\circ$ 又 $\angle ABD = 90^\circ$ ，所以 $\angle D = 50^\circ$ 。
2. $\angle 1 = 70^\circ$ ，所以 $\angle CBD = 20^\circ$ ，又 $\angle 2 = 70^\circ$ ，由外角定理得知 $\angle D = 50^\circ$ 。

(二)錯誤的類型與想法

- 1.沒有作答或是亂猜的。

由表 4-6-12 得知在成就測驗後測與延後測中，控制組此題答對率皆較優於實驗組。在成就測驗後測與延後測中，實驗組與控制組大多數犯錯的學生皆傾向於選擇第二個選項與第三個選項。

表 4-6-13 成就測驗第 12 題的答題情形表

題 目	
12.如右圖，若 $\overline{AB} \parallel \overline{DE}$ ， $\overline{BC} \perp \overline{EF}$ ，且 $\angle E = 150^\circ$ ，請問 $\angle B$ 是多少度？ ① 150° ② 160° ③ 120° ④ 30° 。	
	

(續後頁)

表 4-6-13 成就測驗第 12 題的答題情形表(接前頁)

組別	第 12 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②	③*	④
實驗組後測	16(43%)	3(8%)	13(35%)	5(14%)
控制組後測	10(29%)	2(6%)	16(46%)	7(20%)
實驗組延後測	11(30%)	1(3%)	19(51%)	6(16%)
控制組延後測	10(29%)	1(3%)	22(63%)	2(6%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

此題答對者所作的輔助線有下列幾種

1. 延長 \overline{DE} 與 \overline{BC} 相交。

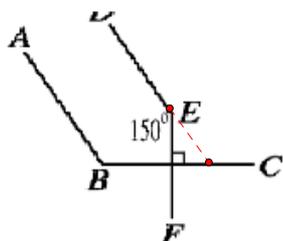


圖 4-6-10 第 12 題輔助線圖形一

2. 延長 \overline{AB} 與 \overline{EF} 相交。

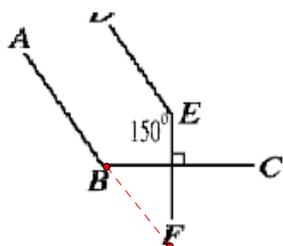


圖 4-6-11 第 12 題輔助線圖形二

3. 作一線段垂直 \overline{AB} 也垂直 \overline{DE} 。

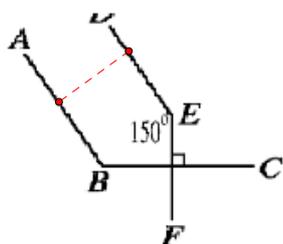


圖 4-6-12 第 12 題輔助線圖形三

4.過 E 點作 \overline{BC} 的平行線。

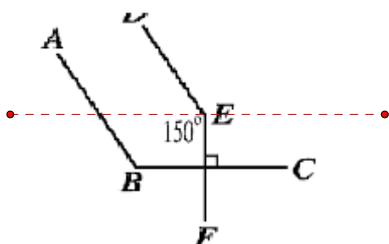


圖 4-6-13 第 12 題輔助線圖形四

(二)錯誤的類型與想法

- 1.認為 $\angle B$ 與 $\angle E$ 為同側內角，所以互補，所以 $\angle E=30^\circ$ 。
- 2.直覺上認為 $\angle B$ 與 $\angle E$ 相等，所以 $\angle B=\angle E=150$ 度。

由表 4-6-13 得知在成就測驗後測與延後測中，控制組此題答對率皆較優於實驗組。在成就測驗後測與延後測中，不論那一組犯錯的學生皆多傾向於選擇第一個選項，這顯示犯錯的學生可能是直覺上認為 $\angle B$ 與 $\angle E$ 相等，所以 $\angle B=\angle E=150$ 度。

表 4-6-14 成就測驗第 13 題的答題情形表

題		目			
13.如右圖，若 $\angle A = 60^\circ$ ，小明從 P 點出發，經過 B 點、C 點到達 Q 點，則小明共轉了幾度？ ① 60° ② 160° ③ 120° ④ 240° 。					
班別	第 13 題各選項選答人數(百分比)				
	①	②	③	④*	
實驗組後測	3(8%)	4(11%)	22(59%)	8(22%)	
控制組後測	2(6%)	4(11%)	21(60%)	8(23%)	
實驗組延後測	2(5%)	3(8%)	16(43%)	16(43%)	
控制組延後測	5(14%)	4(11%)	13(37%)	13(37%)	

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1. $\angle A=60^\circ$ ，所以 $\angle A$ 的外角為 120° ，因此 $\angle B$ 的外角+ $\angle C$ 的外角為 $(360-120)^\circ$
2. $\angle A=60^\circ$ ，所以 $\angle B+\angle C=120^\circ$ ，因此 $\angle B$ 的外角+ $\angle C$ 的外角為 $(180 \times 2-120)^\circ$

(二)錯誤的類型與想法

1.認為所轉的角是 $\angle B + \angle C$ ，所以是 120° 。

由表 4-6-14 得知在成就測驗後測中，實驗組與控制組此題答對率很接近，在成就測驗延後測中，實驗組此題答對率則較高於控制組。在成就測驗後測與延後測中，此題答對率兩班都特別偏低，不論那一班犯錯的學生多傾向於選擇第三個選項，這表示有許多犯錯的學生認為所轉的角是 $\angle B + \angle C$ ，所以是 120° 。

表 4-6-15 成就測驗第 14 題的答題情形表

題 目				
14.四邊形的四個外角度數比為 1:2:3:4，則此四邊形最小的外角為 ① 18° ② 36° ③ 54° ④ 72° 。				
班別	第 14 題各選項選答人數(百分比)			
	①	②*	③	④
實驗組後測	10(27%)	19(51%)	5(14%)	3(8%)
控制組後測	7(20%)	20(57%)	5(14%)	3(9%)
實驗組延後測	13(35%)	16(43%)	4(11%)	4(11%)
控制組延後測	9(26%)	17(49%)	2(6%)	7(20%)

註:*表示本題正確的答案選項。

(一)正確的答題策略

1.最小的外角佔所有外角和的 $\frac{1}{10}$ ，所以最小外角= $(360 \times \frac{1}{10})^\circ$

(二)錯誤的類型與想法

1.因為最小，所以選 18 度是最小的。

2.認為四邊形外角和是 720 度，所以最小外角= $(720 \times \frac{1}{10})^\circ$

由表 4-6-15 得知在成就測驗後測與延後測中，控制組此題答對率皆稍優於實驗組。在成就測驗後測與延後測中，不論那一班犯錯的學生多傾向於選擇第一個選項。

在成就測驗後測中，就應用層次分項題目的答題情形來看，實驗組學生表現似乎不如控制組學生理想，但由表 4-1-1 得知排除智力測驗數學分數此共變量的影響之後，調整後的平均成績，實驗組學生答題表現仍然稍高於控制組的學生。在成就測驗延後測中，就應用層次分項題目的答題情形來看，控制組學生答對率表現上是高於實驗組學生的，但在排除智力測驗數學分數此共變量的影響之後，並未達到顯著差異。

綜合本節所述，學生在基本層次題目所犯的錯誤，大致上是對於數學基本幾何概念不太了解，比如說「不知道什麼叫做同位角」、「不知道什麼叫做鈍角三角形」、「不知道任意多邊形外角和為 360 度」…等，實驗組學生在成就測驗後測

基本層次答題表現上顯著優於控制組，這表示資訊科技融入教學對於數學基本幾何概念的了解有一定程度的助益。學生在理解層次題目所犯的錯誤，常常是對於基本幾何概念不了解而進行的錯誤推論，比如說「認為兩直線被一直線所截其同側內角一定互補」、「四邊形內角和 360 度所以五邊形內角和也是 360 度」、「繞五邊形公園一圈身體所轉的角認為是這個五邊形的內角」…等，實驗組學生在成就測驗後測理解層次答題表現上稍優於控制組，這表示資訊科技融入數學教學對於數學基本幾何概念進行正確的推理有些助益。學生在應用層次題目所犯的錯誤，常常是「亂猜」或者是「不會寫」，這是因為應用層次題目必需進行較高層次的數學思考推理，或許學生連「基本」與「理解」層次的題目都有問題了，因此學生心中錯誤推理所獲得的答案，在答題的選項中並沒有出現，導致學生在答題上為空白、亂猜或不知如何填寫，實驗組在成就測驗後測應用層次答題表現與控制組沒有顯著差異，這表示資訊科技融入數學教學對於較高層次的數學思考推理仍然有待加強與改進的空間。另外值得一提的是研究者在與學生進行問題討論時，發現不論是實驗組學生或控制組學生常常會犯了利用特殊角度來做推論的錯誤，比如說「三角形一個角是 60 度，所以三個角加起來是 180 度，因此三角形的三內角和是 180 度。」這樣的現象常會阻礙學生做更高層次的數學推理，如何改進這樣的情形，也是一個數學教學者或研究者值得努力的方向。

