

## 陸、 結論與建議

### 一、 結論

本研究探討如何設計數位學習輔助系統達到教學目標，並創造使用者愉快的經驗。以使用者經驗的形成元素為出發點，企圖營造有趣的學習經驗，並邀請使用者成為建置過程的要角，完成後的輔助教學系統融入課堂上的學習活動，瞭解其對使用者發揮何種功能，以及在此種使用情境下，應注意哪些介面設計的原則。研究結論如下：

#### (一) 營造有趣學習經驗的設計元素

要營造有趣的學習經驗，在設計數位學習內容時要考量以下因素：

##### 1. 以使用者為中心

本研究在內容上的設計原則，主要為人—電腦互動設計之原則，而互動設計的精神，是讓使用者擁有自主權，以清楚、易學、易記的導引介面及操作方式，迅速支援使用者做到需要或想做的事情，自行決定要看什麼、忽略什麼，創造符合自身需求、有效又有趣的使用經驗，因此設計的原則要以使用者為中心。在本研究中，以老師的教學需求為設計依據，根據老師的評估，本系統對於其教學有所助益，達到本系統設計的目標。

##### 2. 考量使用情境

本研究的數位學習型態屬於混合式學習（blending learning），融合數位學習內容與教室課堂上的教學活動，包括老師的講解先幫助學生理解概念、透過挑戰應用分析解題步驟，以及現場實際操作圓規練習在紙上作圖，因此教學活動的實施方式、環境，也會影響到使用者的情緒以及學習經驗。

##### 3. 互動控制的形式、程度

互動控制的形式、程度包含順序、步調、媒體、執行及物件等，是決定樂趣的重要因素。在本系統中，設計可由使用者（教學者／學習者）操弄的物件，如：可拼湊的角度、可放大縮小的圓規、可移動旋轉並隨之改變長度的弦、弧、可旋轉搬移的作圖區等。除了達到其概念教學的目的，也讓學習者覺得新鮮、有趣，成為學生最喜歡的單元。

#### 4. 依據內容主題設計互動

互動設計另一個考量的面向即是互動程度，本研究發現互動程度高未必就一定是好的互動設計，應該依據內容的型態、使用者的需求設計互動形式。

研究過程中，「數位圓規」雖然互動程度為完全模擬真實（control simulation），但是老師們認為，學生需要實際練習操作真實的圓規，因此不適合作為練習活動的形式。

而「平面幾何圖形」中的「三角形」、「四邊形與多邊形」，其互動程度雖然只有控制步調（control space）、控制順序（control sequence），但是卻能條理地表達名詞與圖形之間的對應關係，達到有效的教學目的。

「圓」中的弦、弓形與弧，原本只是以點選名詞對應動畫的互動回饋表達概念，卻又不足以完全詮釋「圓周上的任兩點所連成的直線」，因此需要做到控制物件（control object），讓弦可以隨著使用者的拖曳而改變長度、位置。

因此，互動的程度、形態需要慎選以符合內容的教學精神。

#### （二）設計過程應納入使用者的思考面向

數位學習的設計，應積極讓使用者參與整個過程，從瞭解需求、設計原型、發展、評估等，能確保設計者不會陷入自身的思維窠臼。

##### 1. 從使用者焦點團體取得多元觀點

從內容的設計建置過程發現，參與初步開發的教師團體與實際教學的老師在認知上有些出入，在焦點團體的討論過程中，身為教師的使用者彼此之間也會有不同的意見，未來在可以組成異質性更大的焦點團體，包含不同地區的老師、學生、教育、認知、心理學等相關領域的學者，在需求分析、原形設計階段從不同的角度思考並相互激盪，從多元的觀點中求得共識。當焦點團體之間的需求及認知為多重時，應以最大數為考量，設計彈性的選項，提供終端使用者（end user）如在第一線教學以及學習的老師、學生等充分的選擇性，自行決定是否開啓該項功能，甚至發展成教學編輯器，供老師自行編輯組合數位互動式輔助教學媒體。

## 2. 請使用者於各階段反覆提供修正意見

開發的每個階段，與領域知識擁有者所組成的焦點團體或是使用者如老師、學生等，以各種方式如焦點訪談、電話、電子郵件等往返確認需求、測試評估及修正設計是相當必要的，某些需求在初步階段的對話中，使用者或許無法明確地描述，但是當設計物呈現在眼前、可操作時，就會激盪出不同的想法。經過這樣重覆流程設計出來的內容，更能貼近使用者的需求，甚至以小樣本的學生安排老師試教活動，更能了解在教學情境中可能會發生的問題，以及學生的想法。

## 3. 運用使用者的領域知識，提高內容的正確性及實用性

數位學習內容設計者的專業是在於數位媒體的構成，但學習主題的內容素材則有賴由不同領域的專業人士快速提供領域知識、實際的教學經驗、使用情境上可能發生的問題，能有效縮短數位學習內容設計者研究教材的時間，且具有較高的正確性、實用性。如在本研究中，數學老師協助查證箏形、菱形、正方形的從屬關係及定義，能解決設計者在不熟悉的領域中搜尋資料的困難。

### (三) 數位學習系統提供兼具實用功能與感性體驗

在實用性功能方面，本研究所完成的數位輔助教學系統，由評估結果顯示，老師可以依據自身的教學進度、時間，自行調整上課內容、順序。善用數位媒體動態圖像化、可搬動、旋轉的互動性及回饋，與教學概念緊密扣連，將較為抽象的語意知識具體化，節省老師在黑板上作圖的時間，以清楚的動畫，逐步呈現作圖的過程，讓無法馬上瞭解的學生可以一次又一次地重覆觀看，強化「如何作圖」的程序性知識，並以挑戰活動讓老師能導引分析，刺激發展學生的策略性知識，達到教學目標；學生也認為這樣的上課方式較專注、容易學習，不懂時可以重複觀看、甚至希望帶回家練習、複習，達成本系統的使用性目標。

在非實用性的功能方面，本系統即使由老師操作，學生仍覺得有趣、新鮮、好玩、提高學習興趣、引發學習動機，其原因包含上課的方式及環境不同、或是圖像、動畫的呈現方式以及軟體本身的互動設計，學生可以立即應用所學，與老師、同儕進行挑戰應用的答題活動、討論等社會互動行為，改變教室上課的氣氛，讓學生覺得開心、好玩、不會想睡覺，創造充滿樂趣的使用者經驗，達成本系統的經驗性目標。

不過，仍有少數學生認為軟體展演動畫的速度太快、或是老師在黑板上教的比較清楚、或認為與一般上課的方式沒有太大的差異、並不特別有趣、好玩，此部份值得往後探討原因及其改善方式。

## (四) 數位學習內容介面設計原則

### 1. 介面的互動操作設計原則

本系統應用互動設計的原則，使在數位輔助學習上達到有效教學與學習的功能。包括：（1）操作介面的一致性（consistency）與可控制性，下拉式主選單，使用者得以全覽系統架構，且能依照自身需求隨時選擇學習主題；（2）功能的可視性（visibility）及預視性（affordance），手風琴式的作圖步驟動畫操作選單，則能預見作圖有多少步驟，並能隨時切換、重覆觀看某一步驟動畫；（3）以直覺操作系統，任何動作之後都有相對的回饋（feedback），當使用者操作畫面上的物件，都有對應的回饋表達學習概念；（4）挑戰應用的答題，有一定的順序限制（constrains），控制與結果間的對應關係（mapping），使用者不需記憶特定操作步驟。

### 2. 字體的大小及配色

在本研究中的會議室環境較一般教室大，且座位為長型分佈，坐在後面的學生視線上就很有可能被前方的學生擋住，或是看不清楚投影幕上的文字，影響到學生的專注程度與參與度。為考量此種情境，動態投影片的文字顏色應再加深、字體大小應再放大；事先應規劃座位的安排，或是選擇更適當的教室環境，或參考老師所提的建議，由兩位老師共同進行，才能同時兼顧軟體操作、講課並注意學生反應及互動情形。

### 3. 可重覆應用的元件

為了節省開發建置的時間，可重覆應用的元件是相當重要的。在本研究中使用多個功能模組，可快速應用在不同的單元設計中，不但兼顧一致性的原則，也使研究者能在短短兩個月的時間內完成本系統，讓老師能在預定的教學時程上使用。未來若繼續開發類似幾何的數位學習內容，仍能再運用這些功能模組。

## 二、研究貢獻

正如 Horton 所言，數位學習的優點與缺點並非絕對的，內容的呈現方式可以改變使用者的觀點，數位學習之所以存在是因為使用者（教學者／學習者）的需求。本研究以使用者為中心，使其在設計建置的過程佔有重要的一席之地，為教學者量身打造一套數位輔助教學系統，並應用互動設計，融入學習活動，創造讓老師、學生愉悅的使用者經驗。

對於教學者而言，本系統協助其將書本上的概念具體化，將作圖步驟由文字轉為圖像、動畫，比原本在黑板上的作圖更為清楚，且能配合學生的吸收程度，在需要時重覆展演作圖步驟；其次，能在所有學生都看得到的狀況下，直接在大螢幕上搬動、旋轉作圖區塊。傳統的教學媒體，無法做到如數位互動教學媒體上重覆作圖步驟的立即性或是證明作圖結果的便利性。

對於學習者而言，學習是需要個人主動投入心智的活動，且學習的方式會因為個人的能力、程度而有所不同；有些學生能舉一反三，有些學生則需要逐步導引，有些學生聞言即解，有些學生則需要反覆思量。本系統的設計是以一般程度的學生作為對象，除了希望幫助大多數的學生達到學習目標之外，更強調創造有趣的學習經驗，啟動學生投入學習的行動。

數位學習內容的設計為一門跨領域的學問，近五年來國內以此為主要研究主題的研究計畫數量偏少、多元性與全面性仍不足（財團法人資訊工業策進會，2006），而國內在數位學習方面的研究，大多從認知心理學、學習風格等學習理論面向，探討數位學習者的動機、參與態度、行為、滿意度、學習效果等；另外有部份研究探討以 SCORM（sharable content object reference model）為標準，建置數位學習內容，則較偏重在設計者的立場與軟硬體的使用。此外，國外關於互動設計與使用者經驗的相關研究非常多，反觀國內的數位學習相關研究，著眼於內容的互動設計、使用者經驗的討論甚少。

本研究有別於大多數以學習者或設計者為主的研究，以教學者為出發點，著重於內容的設計過程、互動方式與使用者經驗，為國內相關研究提供另一個思考方向，也可作為業者設計開發數位學習內容的參考依據。

### 三、 研究限制

一般數位學習內容的設計，從需求分析、企劃、製作到除錯完成都有較為充裕的時間，過去研究者自身的經驗以及業者朋友的反應，數位學習的製作成本所費不貲，依據複雜度、所使用的媒體種類而有所不同，屬於時間、勞力、物力密集的產業。

然而本研究從確認學科、需求分析、設計、製作、修正到教學實施，只有三個月不到的時間，製作的預算及人力也僅限研究者本身一人能負擔的範圍，不同的教學內容，就會有不同的互動設計方式，對於設計工具的認知也會限制互動設計的方式，因此研究者能製作的主題、內容無論在深度或是廣度皆有其限制，並非意指其他學科或是主題不適合進行內容的數位學習轉化。

其次，本研究重在數位學習內容之設計，因此實施教學的評估，僅有新竹地區的國中三個班級，評估結果不宜過度推論。

### 四、 未來發展建議

台灣各地的資訊化程度不一，以本研究中的學校為例，此次是該學校第一次以電腦媒體進行數學教學，而台北市的學校資訊程度較高，上課使用資訊融入的機會是否比新竹縣市高？或許評估的結果也會因此有所不同。此外，本研究僅以單一教學輔導團作為焦點團體，未來建置系統之前，進行需求分析之時，若能納入各縣市的老師代表、學生代表、教育、心理及認知領域方面的專家學者，所設計出來的內容應更加有通用性及專業性；同時，在實施教學階段擴大評估樣本，從各地選出學校班級，設計更精確的評估流程及方式，建構更具有公信力的評估結果。

此外，從教學者評估問卷上，老師建議軟體可以配上師長的語音說明，學習者的評估問卷也有近半數的學生希望能將軟體帶回家使用。不過本研究所預設的情境為教學活動，同樣一套軟體有沒有可能適合不同的使用情境，同時作為老師的輔助教學媒體以及學生自習的數位學習軟體？或者要如何設計才能適用於不同的使用情境？這樣的問題也相當具有挑戰性。

此次研究礙於時間、人力等限制，只能做到「等角作圖」，然而在數學幾何的範圍中，仍有許多可以探究發揮的主題，例如老師所建議的對稱、中垂線、立體圖形等，未來希望能有機會建立一套完整學習「幾何」概念的數位學習內容，或是其他老師們認為合適的主題如線性函數等，甚至是其他的學科，都值得研究何謂

適切的设计，創造樂趣的數位學習經驗。

而本研究中的功能模組，雖然能讓設計者快速產製其他幾何範圍的數位學習內容，例如以尺規作中垂線、角平分線或是對稱圖形等，但是在製作的過程中仍然需要用到技術門檻較高的專業軟體。然而，教學內容千變萬化，軟體製作的速度或許趕不上教師的需求，因此未來是否有可能發展一套類似網站內容的管理介面，由編輯器輸入教師自行需要的參數、教學內容文字，就能產生如本研究所設計製作的互動學習內容？或者，究其根本，老師們有這樣的需求嗎？或者老師認為只要有現成的教學輔助軟體可用即可？這有待資訊學門、傳播學門與教育學門的學者們，以及處於第一線的各階層使用者、學習者，共同努力找出答案以及解決之道。