

參、 研究方法

一、 研究程序

本研究使用教學系統設計（instruction system design）最常使用 ADDIE 模型（analysis→design→development→implementation→evaluation），瞭解如何透過數位學習內容的設計者（研究者）與教學者的對話，實際設計一套適合教學者在教室中上課的教材。

ADDIE 模型提供教學設計者一個架構，以確認教學內容的有效性，同時在創造的過程中儘可能有效率（McGriff，2000；LOT，2001）。

Preece（2001）所提出的設計互動產品過程與 ADDIE 模型也有符合之處：

- 辨別需求並建立必要條件
- 首先需要決定誰會使用它們，它們要在何處被使用。
- 發展數個滿足必要條件的可行設計
- 建立各種版本的互動設計，然後進行溝通測試與評估
- 評估整個過程中的設計結果

Horton（2006）則是將發展（develop）與實施（implement）整併為建立（build）步驟，因為他認為數位學習一旦在網路上施行之後，實施就自然是發展的一部份；其次，他認為發展與實施是不停反覆地、同時發生的事。

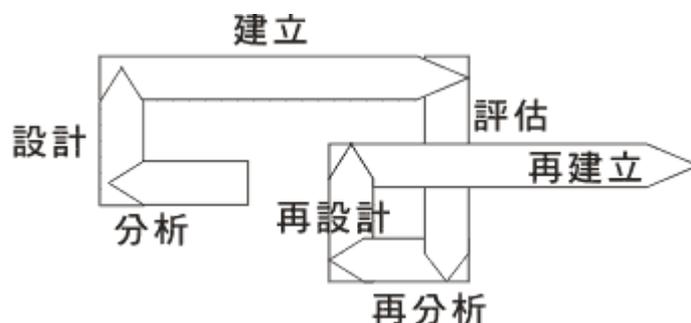


圖 12 設計 E-learning 的過程

資料來源：Horton，2006

Horton 提出以下各步驟中應該確認的事項：

- 確認目標
- 設定學習目標
- 確認必要條件
- 決定目標的教學順序
- 建立內容以達成目標
- 測試
- 選擇學習活動
- 一次又一次地修正設計

由以上看來，無論是教學設計、互動設計、或是數位學習的設計，都強調分析階段必須確認需求、目標，並了解條件、限制；在設計、發展、實施階段必須進行溝通、測試；評估測試之後，以結果作為下一次分析、設計的依據。

本研究程序如下圖：

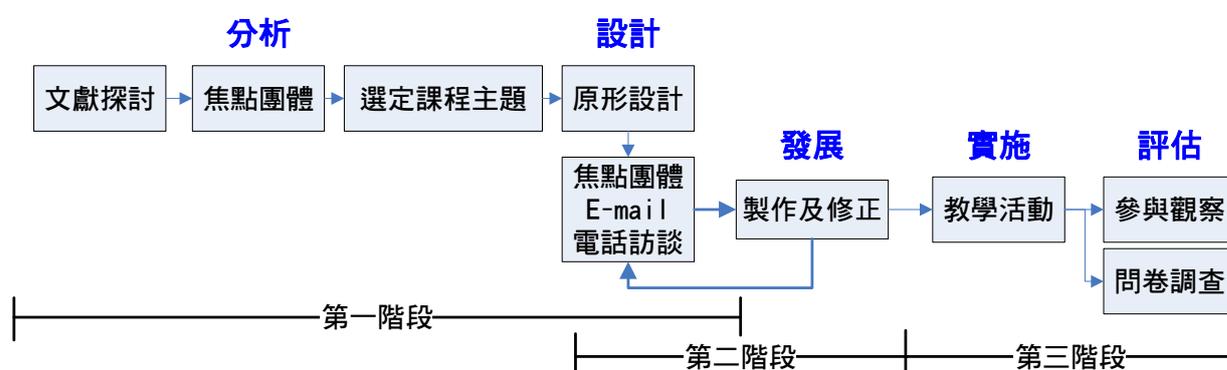


圖 13 研究程序

1. 分析：確認需求以及限制

文獻探討與蒐集－了解數位學習現況、與學習效果之關聯性、內容設計應注意的重點等。

焦點團體訪談－連絡教師團體，了解學科內對於學生在學習上較為困難的課程主題或概念，及其目前的因應之道。

選定學科、主題、對象－針對老師們的問題，分析評估主題的難易度、設計製作所需的時程以及使用時機的配合度、實施教學的可行性等限制，選定課程主題以及對象。

2. 設計：確認教學活動並選擇教學方式、教學媒體；設計測試物件

設計原形－以簡單、容易讓使用者了解的方式，如紙上原形，利用數位媒介特有的優點，提出可能的解決方案，設計讓使用者可以想像或操作，並再次進行焦點訪談，針對原形討論其可行性及修正建議。

3. 發展：開始繪製架構、流程，進行製作、修正

發展製作軟體－實際製作軟體，並請使用者使用測試、徵詢建議、修正，直到使用者認為可以實施教學。

4. 實施：將計劃付諸行動

實施教學活動－教學者使用軟體在班級實施教學活動。由一至二位老師，在一至兩個班級使用本軟體進行「等角作圖」主題之教學。

5. 評估：評估計劃實施以及整體各階段的結果

研究者於教學者上課時，入班觀察上課情形，並以質性問卷調查教學者與學習者的反應。

二、需求分析

為了解老師及國中、小學生數位學習內容的需求，研究者連絡教師團體，了解學科內對於學生在學習上較為困難的課程主題或概念，及其目前的因應之道。

目前國民教育中，有各科目的教學輔導團，是由各科目的老師所組成，定期聚會、研習，討論在教學上相關的問題，因此具有一定的代表性。研究者透過網路、人際網絡隨機尋找國小、國中各科教學輔導團，最後連絡到由五位教師組成的台北市國小英語教學輔導團以及由六位教師組成的新竹市國中數學教學輔導團。研究者分別將訪談大綱（附件一、附件二）以電子郵件的方式先寄給團員連絡人，並約定時間、地點，先後於十一月中及一月初進行焦點團體訪談，訪談的時間約為一小時。

(一) 學科選擇

針對老師們的問題，分析評估主題的難易度、設計製作所需的時程以及使用時機的配合度、實施教學的可行性等，選定課程主題以及對象。

經過與國小英語教學輔導團、國中數學教學輔導團的老師們訪談之後，發現英語教學的老師們認為英語教學非常注重與學生的人際直接互動，最重要的是讓學生直接與老師或同學多「聽」、多「說」，數位學習內容能幫助學生學習英語的程度有限，除非能提供老師數位教材編輯器，由老師自行決定教學內容，作為與學生對談的題材，相較之下國中數學老師較看好數位學習在教學上的助益。

研究者認為，要設計有助於英語教師在英語教學方面的數位學習內容並不容易，例如可能會需要語音辨識、人物擬真等較高階的資訊科技，以研究時間、預算等限制條件來考量，研究者儘能將學科主題的焦點放在國中數學。

(二) 主題選擇

數位學習內容在學校的應用大致為教學時的輔助媒體與學生自我的學習挑戰，前者協助老師在上課時，讓學生更容易了解抽象概念，而後者則是讓學生在上課前先行預習、或課後自行複習與解題。

國中數學老師表示，雖然新竹市政府在提倡資訊融入教學，但是目前學校幾乎不會借電腦教室上數學課，讓學生直接使用數位學習系統。其次，市面上小學的數位學習內容不少，但是無論是用於輔助教學、或是學生自我學習挑戰的國中數學數位學習內容卻很少見；老師們的資訊能力也不足以自行開發數位學習內容，何況平日忙於教學、研究，也無法有多餘的時間心力。

但是老師們仍相當希望有一套數位學習內容，在上課時可以用筆記型電腦配合投影機，作為教學的輔助工具。某位老師表示：「我很想看到會怎麼設計數學單元，如果能在上課時幫助我們讓學生了解概念，那當然是最好不過。」

至於數位學習教材的設計型態，應該著重在視覺、音效，來提高學生的注意力，還是互動性？在初步的討論階段，由於數位媒體的設計並非老師的專業，老師們並無特殊的想法與要求。

在主題方面，老師們認為除了線性函數之外，「幾何」對於學生們在學習上是困難的，如尺規作圖、三角形全等、立體透視圖等。某位老師舉例說明：

例如在一個盒子中，蜜蜂如何從 A 點飛到 B 點最近、螞蟻要怎麼爬最近，對於學生來說都太抽象，前者大概還能感覺，但是看不到，後者則要利用盒子的展開圖來說明演譯。

再以尺規作圖來說，要先了解什麼是中垂線、角平分線、垂直平分線等，才有可能做出兩點之間的中垂線；在實際上的應用，「例如高速公路要在 A 鄉村跟 B 城鎮之間做一個交流道，要如何找出離兩個鄉鎮等距的點？學生在學習此單元時，就是不懂為什麼要這樣畫，所以只能硬背作圖的程序」。

在了解尺規作圖、線性函數、立體圖形等相關單元之後，研究者認為「線性函數」非研究者本身在極短的時間內能掌握的主題，其次，若選擇立體圖形作為製作主題，要展演老師所提到的蜜蜂或螞蟻在盒子中飛行或爬行距離的相關問題，就很可能要用到 3D 控制物件，讓老師或學生可以直接透過滑鼠，翻轉或展開盒子等互動操作，而研究者本身並未具備此一技術能力，必需與 3D 物件建置及互動控制的技術團隊合作，才能達成。

但是本研究的时间與預算都有一定的限制，經評估之後選定尺規作圖中的「等角作圖」，作為數位學習內容的設計主題，並以平面動畫、搭配互動操作，作為呈現課程內容的方式。

本研究之設計內容，主要用途為輔助老師教學，因此將之定位為「數位輔助教學系統」，於三月下旬完成製作，配合老師在上本單元課程時，能以之實施教學，並進行評估。

(三) 教學目標

本主題依據教師手冊上所明定的教學目標為：能用尺規作一角等於已知角。內容的設計務求讓學生能學會這樣的概念及完成實際的作圖。

(四) 教學對象

本系統以輔助教學為主要目標，除了瞭解國中數學老師的需求之外，也必須瞭解作為教學對象的國中二年級學生。

國中的學生，已進入青少年時期，對於圖像不再是以「可愛」為訴求，開始面臨生理、心理上劇大的改變，同時要面對升學壓力。某位老師表示，這些學生真

的很忙，要學、要唸的東西太多，外在環境的吸引力又多，像是電玩遊戲、網路交友等，同儕之間的關係也會相互影響學習，整體來說學生的程度跟以前比較起來下降許多，城市與鄉下的學生也會有程度上的差距。

其次，在學習尺規作圖之前，必須先具備使用圓規以及「圓」的基本概念。一群國中學生表示，在國小時就有教如何使用圓規畫圓。不過根據老師的觀察，學生可能只是知道一個大概，會使用圓規，但是對於「圓心到圓周上的每點等距」這樣的觀念並不清楚，因此進入等角作圖的教學之前，教學內容也應具備相關的先備知識。

至於電腦操作能力，由於本研究主要是由老師在上課時操作電腦，而非學生直接使用，因此學生的電腦操作能力將不列為主要考量。

瞭解老師的需求以及學生的概況之後，徵詢老師的同意，在完成數位輔助學習教材之後，將以一至兩個班級，實際以這套教材上課，以等角作圖為上課重點，上課時數為一至兩節，每節四十分鐘，評估學生上課的反應與學習的心得。

三、教材選擇

由上節得知，老師們希望能有一套數位輔助教學系統讓他們能在上課時，無需借用電腦教室，就能以筆記型電腦搭配投影機，作為教學輔助媒體，而教師本身就是使用者。這樣的情境依據 Horton 對於數位學習型態的分類為混合式學習（blending learning），其等級為最實用、有價值的策略性混合。分析過教學主題、教學目標、使用及教學對象、條件限制之後，即著手進行內容的設計。

從決定製作主題到教學實施的時間只有兩個月，因此研究者利用 Flash 快速製作動畫的便利性，製作簡單的原形，以便儘快與老師們進行需求溝通，降低雙方對於原形在認知上的差距，並求時效性。

由於使用情境是在教室課堂上，以老師講解為主，而非學生一人一部電腦自行操作，因此研究者在設計本系統時，結合理解（absorb）活動與行動（do）活動兩種學習活動。

在理解活動部份，以投影片（slide show）為主的課程展示（presentation）為設計概念，為了讓學生了解作圖步驟，研究者遵循 Horton（2006）所主張的動態投影片設計原則，先將等角作圖的程序，以動畫方式取代文字的描述，逐步表現展演作圖的過程。

在行動活動部份，則希望能藉由模擬操作（simulation），練習所學到的尺規作圖概念，因此寫了一個簡單的程式，讓使用者可以透過鍵盤操作決定圓規的角度，並隨機產生不同的角度，作為在電腦上練習等角作圖的準備，研究者稱之為「數位圓規」。

其後，再次於 2007 年 1 月 24 日與數學教學輔導團的老師們，以眼見即所得、「快速而非正式」的評估方式（Preece, 2001）進行第二次的焦點訪談，以進一步瞭解教學內容的正確性以及符合需求的程度。

針對數位圓規的設計，就研究者的觀點，數位圓規可以讓學生重複練習、按步就班、列印剪下來實際比較角度的大小。但是老們們認為數位圓規「沒有太大的意義，學生畢竟要回歸到紙上作業，練習真正圓規的操作，因為考試時是要實際操作的，沒有電腦幫忙」。如果真的要發揮電腦的特長，老師建議在作圖展示完之後，「能讓老師搬動、旋轉、鏡射做好的角到原先的題目角上實際比較給學生看，因為在黑板上的作圖無法搬移」。而且，老師以立體圖形舉例說明：「學生就會質疑 3D 動畫模擬立體實物的真實性，總覺得那是假的、電腦一定有動過什麼手腳」，因此搬移的過程要能直接操作、真實呈現，不能跳到已搬移好的狀態。

在介面操作的部份，為符合漸進式呈現的原則，老師希望未來能「加上步驟按鍵，讓老師可以配合解說的進度，自行控制展示的階段」；在以語音敘述的部份，老師們認為不需另外配音，直接在上課時以自己的方式擔任口語說明即可。

在作圖法的正確性方面，老師認為原則上作圖的程序沒問題，不過某位老師希望能呈現另一個書本上沒教的作圖方式，即：在兩邊上畫一條直線交於兩點，再用圓規量各邊長度於新的角上。因為「數學的解題方式不會只有一種，重點是要訓練學生的邏輯、推理能力，如果有另一種作圖方式，較能激發學生的思考與創意」。

另外，學生在學習上比較困難的是不知如何變化應用，老師指出，「如果新角的直線換個方向、或是餘角、補角、兩角相加、相減，學生就不知道該怎麼作圖了」，所以希望研究者能思考如何讓學生發展出應用的能力。

經由原形設計、並與老師們討論之後，更能精準描繪需求。研究者將行動活動由模擬修正為練習（practice），並納入「基本幾何圖形」、「平面幾何圖形」等先備知識，同時為符合老師們希望能發展學生的應用能力，Mayer（1987）主張學生能從老師或自身的解題步驟習得策略性知識，因此研究者增加「挑戰應用」，以兩角相減為例，讓老師在課堂上立即瞭解學生吸收的程度，是否足以應用在作

圖題型的變化上，發展學生的邏輯思考能力以及解題技巧；而挑戰性在樂趣的產生過程，也扮演很重要的角色，可以讓使用者試煉既有的知識能力、超越自我；其次，雖然操作者非學生本人，但可以由老師操作，透過與學生問答的方式，提高學生的參與度，進行課堂上的社會互動，也是另一種樂趣的形式。

其後又經過幾次修正製作↔試用地往返、調整之後，茲整理完整內容架構如下：

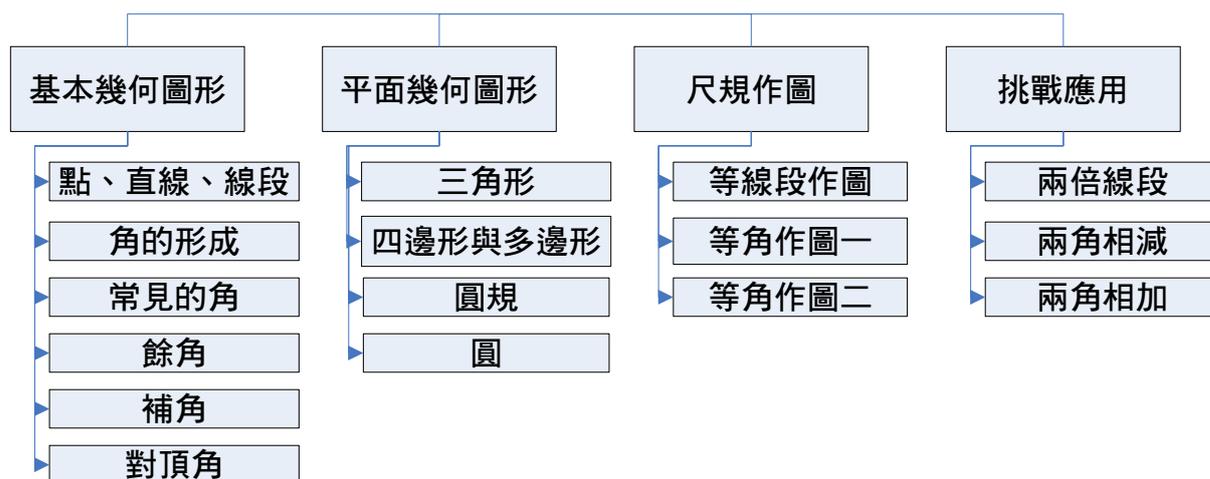


圖 14 數位學習「等角作圖」之內容架構

由以上的架構，修正學習目標如下：

- 能認識點、直線、線段與角
- 能了解餘角、補角與對頂角的意義
- 能辨別三角形的種類
- 能認識各種常見的四邊形
- 能了解圓規的使用
- 能了解圓的相關名詞
- 能利用尺規完成等線段、等角作圖
- 能發展兩倍線段、兩角相加、兩角相減的解題技巧