

國立交通大學

應用數學系

碩士論文

激發式動態呈現教學設計之研究
—觸發模式有/無字幕之比較

以尺規作圖為例

A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
Comparison between Trigger-based with/without Narrated Text
in the Constructions with Rulers and Compasses

研究生：曾妙玲

指導教授：陳秋媛 博士

陳明璋 博士

中華民國九十七年七月

激發式動態呈現教學設計之研究

— 觸發模式有/無字幕之比較

以尺規作圖為例

A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
Comparison between Trigger-based with/without Narrated Text
in the Constructions with Rulers and Compasses

研究生：曾妙玲

Student：Miao-Ling Tseng

指導教授：陳秋媛

Advisor：Chiuyuan Chen

陳明璋

Mingjang Chen



A Thesis

Submitted to Department of Applied Mathematics

College of Science

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Applied Mathematics

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

激發式動態呈現教學設計之研究

— 觸發模式有/無字幕之比較

以尺規作圖為例

學生：曾妙玲

指導教授：陳秋媛 博士

陳明璋 博士

國立交通大學

應用數學系



激發式動態呈現(Trigger-based Animation)就是運用一個物件當激發器(trigger)控制一連串的動畫，同時一個訊息可以被一個以上的觸發器控制；因此，訊息可以由展演者以預定的、或隨意的順序及速度呈現，有彈性的呈現展演者的意念並與現場的聽眾互動。

本研究採準實驗研究法，以國中二年級下學期數學教材中「尺規作圖—作等線段、等角度、垂直平分線、角平分線」為例，比較「激發式動態呈現教學設計—觸發模式」有無字幕的教材設計之學生學習成效。

R.E.Mayer (2005) 在多媒體教材設計的「重複原則 (Redundancy Principle)」中提出，學習者從「具有動畫與口述文字」的教材比「具有動畫、口述文字與字幕」的教材能得到更好的學習效果。然而，本研究發現「激發式動態呈現—觸發模式」有字幕的教學設計，在「尺規作圖」這個單元的「作圖」學習成效上，對於高學業成就者的影響較低學業成就者大。而且，在使用文字敘述「作圖步驟」的學習成效上，對高學業成就者的影響也較低學業成就者顯著。另外，在有字幕的教學設計下，學生的「作圖」與「作圖步驟」學習成效呈現高度正相關。

關鍵詞：激發式動態呈現、尺規作圖、學習成效、重複原則

A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
Comparison between Trigger-based with/without Narrated Text
in the Constructions with Rulers and Compasses

Student : Miao-Ling Tseng Advisor : Dr. Chiuyuan Chen
Dr. Mingjang Chen

Department of Applied Mathematics

National Chiao Tung University

Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.



Abstract

The presentation of trigger-based animation is the use of an object as a trigger to control a series of animations while one message can be controlled by more than one trigger. Thus, messages can be represented with arbitrary orders and speeds to flexibly show audiences the concepts from the instructors and at the same time interact with them.

Based on quasi-experimental design, this study takes the mathematical material of “construction with rulers and compasses-equal segments, equal angles, perpendicular bisector, and angle bisector” as the exemplification to examine the learning effects under the instructional designs with or without narrated text in the trigger-based animation environment.

Under the redundancy principle of multimedia design, Mayer(2005) provided that one could achieve better learning outcomes in materials with animation and spoken

words than in materials with animation, spoken words, and narrated text. However, this study presented that under the trigger-based animation environment with narrated text design, high-level achievement students had better learning effects in the unit of “graphing” than low-level achievement students. Moreover, concerning the learning effects of describing “graphing steps” by narrated text, high-level achievement students were affected significantly more than low-level achievement students. In addition, under the constructional design with narrated text, there was a remarkable positive correlation between the learning effects of “graphing” and “graphing steps”.

Keywords: trigger-based animation; construction with rulers and compasses; learning effects; redundancy principle



目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1-1 研究背景.....	1
1-2 研究動機.....	1
1-3 研究目的.....	2
1-4 研究範圍與限制.....	2
第二章 文獻探討.....	4
2-1 多媒體學習理論.....	4
2-1-1 Multimedia Learning的定義.....	4
2-1-2 Multimedia Learning的三個認知假設.....	4
2-2 知覺理論.....	7
2-2-1 注意力.....	7
2-2-2 知覺歷程.....	8
2-3 多媒體學習理論之設計原則.....	12
2-4 數學教材設計原則.....	14
2-4-1 AMA系統.....	14
2-4-2 AMA系統教材設計原則.....	16
第三章 研究方法.....	20
3-1 研究對象.....	20
3-2 研究設計.....	22
3-3 研究工具設計.....	24
3-3-1 實驗教材製作.....	24
3-3-2 問卷製作.....	30
3-4 實施步驟與過程.....	31
3-5 資料分析方法.....	32
第四章 實驗結果與討論.....	34
4-1 樣本的敘述統計資料.....	34
4-1-1 A、B班教學實驗相關敘述統計.....	34
4-1-2 學業成就分組下A、B班相關敘述統計.....	37
4-2 研究假設的檢定.....	42
4-2-1 教學設計與學業成就對學習成就的影響.....	42
4-2-2 教學設計對於作圖與作圖步驟上學習成就的影響.....	48
4-3 研究發現與結果.....	52

4-3-1	教學設計與學業成就對學習成就的影響.....	52
4-3-2	教學設計對於作圖與作圖步驟上學習成就的影響.....	53
4-3-3	作圖與作圖步驟學習成就之相關性.....	53
第五章	結論與建議.....	56
5-1	研究結論.....	56
5-2	研究貢獻.....	56
5-3	未來研究方向.....	57
參考文獻	58
	中文部分.....	58
	英文部分.....	59
附錄一	61
附錄二	67



圖目錄

圖 2-1 視覺/圖像通道示意圖(引自R. E. Mayer, 2001)	5
圖 2-2 聽覺/文字通道示意圖(引自R. E. Mayer, 2001)	5
圖 2-3 口述文字、印刷文字、圖片在雙通道內的運作方式	6
圖 2-4 知覺歷程 (引自游恆山譯,1997)	10
圖 2-5 數學課堂內學生學習之知覺歷程 (蘇柏奇,2006)	11
圖 4-1 教學設計與學業成就對學習成就影響之交互效果圖示一	43
圖 4-2 教學設計與學業成就對學習成就影響之交互效果圖示二	43
圖 4-3 整體之作圖與作圖步驟成績散佈圖	54
圖 4-4 實驗組之作圖與作圖步驟成績散佈圖	54
圖 4-5 控制組之作圖與作圖步驟成績散佈圖	54



表 目 錄

表 2-1 主動處理假設歷程	7
表 2-2 關於注意力的三個不同理論	8
表 2-3 關於知覺歷程的兩種不同理論	9
表 2-4 多媒體十項教材設計原則 (Mayer,2005)	13
表 2-6 教材設計的規則 (陳明璋,2006)	18
表 3-1 A、B班平均數及標準差表	21
表 3-2 A、B班常態性檢定分析表	22
表 3-3 A、B班同質性與平均數差異T檢定分析表 (上學期成績)	22
表 3-4 實驗設計分組細格表	23
表 3-5 實驗教材設計使用原則	29
表 3-6 受測試題 (預試) 難度與鑑別度總表	31
表 3-7 研究實施步驟與所需時間	32
表 4-1 A、B班教學實驗相關敘述統計表	35
表 4-2 A、B班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表	36
表 4-3 高學業成就分組下A、B班相關敘述統計資料摘要總表	38
表 4-4 高學業成就組下A、B班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表	39
表 4-5 低學業成就分組下A、B班相關敘述統計資料摘要總表	40
表 4-6 低學業成就組下A、B班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表	41
表 4-7 2x2 二因子變異數分析資料 (學習成就)	42
表 4-8 二因子變異數分析表 (教學設計與學業成就對學習成就)	42
表 4-9 分組獨立樣本T檢定結果分析表 (教學設計與學業成就)	44
表 4-10 記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本T檢定分析表	45
表 4-11 高學業成就組-記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本T檢定	46
表 4-12 低學業成就組-記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本T檢定	47
表 4-13 作圖與作圖步驟分組獨立樣本T檢定分析表	49
表 4-14 高學業成就組-作圖與作圖步驟分組獨立樣本T檢定分析表	50
表 4-15 低學業成就組-作圖與作圖步驟分組獨立樣本T檢定分析表	51
表 4-16 作圖與作圖步驟相關性分析表	53

第一章 緒論

本章共分為四節：1-1節說明研究背景；1-2節說明研究動機；1-3節說明研究目的；1-4節說明研究範圍與限制。

1-1 研究背景

目前電腦的使用相當普及，將電腦資訊融入教學已成趨勢。Bishop (1989) 認為電腦的圖像能激發學生的視覺化 (visualization) 學習，因此在學生的視覺化 (visualization) 發展上具有相當的成效。Clement和Battista (1990) 亦建議在數學的幾何學習上可採用電腦簡報來輔助，而目前坊間的電腦軟體比比皆是，例：Flash、動態幾何軟體 (Geometer's Sketchpad) ...等，皆有動態、豐富的圖形變化等供教師設計多元的電腦教材。但礙於軟體本身的特質，教師在操作及使用上諸多不易，甚至在使用多媒體教材設計時，過多的動畫常模糊學習重點。

2002年開始，國立交通大學陳明璋教授策劃發展了數學簡報系統軟體 (MathPS，之後更名為Activate Mind Attention系統，簡稱AMA)，改善坊間多數動態軟體教師不易操作以及PowerPoint呈現教材時與學生互動性不高的缺點。此軟體是以降低數位落差為出發點，使用PowerPoint易學易流通的特質為平台，外掛增益集，所發展的一個媒體設計及展演的環境，主要功能有激發式動態呈現 (Trigger-based Animation, TA)，及結構式複製繪圖法 (Structural Cloning Method, SCM)。激發式動態呈現就是以一個物件當按鈕來控制一連串的動態呈現；此一方法可以協助展演者適時的呈現數位內容，吸引聽眾的注意力，引導認知，進而降低認知負荷。結構式複製繪圖法以結構和複製的概念來詮釋造形，運用滑鼠精準的掌握大量的物件，原來的目的是用來解決設計教材時定位不易的問題，由於功能強大，可以繪製仿自然山水畫、複雜的對稱構圖以及光點系列等是一個新的繪圖法。結合AMA及PowerPoint 的功能是一個數位內容設計、繪本寫作及創意的平台，且增強教材設計及操作的彈性，在教學設計的軟體中使用漸為廣泛。

1-2 研究動機

Mayer (2005) 在多媒體教材設計的「重複原則 (Redundancy Principle)」中提出，學習者從「具有動畫與口述文字」的教材比「具有動畫、口述文字與字幕」的教材能得到更多的學習效果。這讓我們思考到一個問題：若在以課堂授課為導向的條件下，學生除了學習還要面臨測驗，同時，在學校的教學環境中，教師的教學時間有限，那麼，對於高、低學業成就的學習者，「重複原則」是否仍適用？

同時，陳明璋教授所帶領的Informath團隊，近年在激發式動態呈現的研究主

題上，強調以課堂授課為導向的教材設計原則，吸引學習者的注意力，強化教材程序性的呈現，進而降低學習者的認知負荷。此外，對於不同高、低學業成就的學習者，激發式動態呈現的訊息可以由展演者以預定的、或隨意的順序及速度呈現，有彈性的呈現展演者的意念並與現場的學習者互動，促使學習者更有效率的學習。

因此，決定以「尺規作圖」作為本研究的教材示例。原因有二：第一，尺規作圖的學習屬於程序性教材；第二，尺規作圖的學習需具有動畫與口述文字。

1-3 研究目的

以教師授課為導向的教學環境和以學習者為導向的學習環境，在教材設計上差異很大。教師授課為導向的教學環境主要以一台電腦、一個單槍，單一教師操作授課為主，不同的教師在主導教材時，不同的呈現順序、詮釋及音調的抑揚頓挫，皆會影響學生的學習，進而呈現不同的教學成效。教師面對全班學生時，要兼顧全班的整體性與個別性，教材軟體在操作時受限於課堂時間，重複操作的次數無法太多，易造成低學習成就的學生學習成效不彰。因此，希望透過「激發式動態呈現」教學設計的按鈕式互動，將複雜的教學內容「步驟化」呈現，不論是教師授課導向的教學環境或是學習者導向的學習環境，皆不會受人為及課堂授課時間的影響，讓高、低學習成就的學生可依個別能力重複操作學習，提高整體的學習成效。

基礎於認知科學與多媒體學習理論，陳明璋教授提出激發式動態呈現（Trigger-based Animation）(Chen & Tan, 2007)，配合視覺化（visualization）的方式希望能降低教材外部認知負荷，將結構化的關聯（schematic relations）在學習者的面前加以突顯出來，協助學習者進行主動學習。

激發式動態呈現的教材設計有許多不同模式：自動播放模式、觸發模式、以文導圖模式、多元模式以及表列模式。因此，本研究的主要目的：針對觸發模式下有無字幕設計之成效比較來進行實驗研究。

1-4 研究範圍與限制

本研究是以國中二年級下學期「尺規作圖」為教材設計的單元，本單元希望學習者學會「基本作圖」外，還會使用「文字敘述」呈現作圖步驟，因此，課堂授課中激發式動態呈現之教學設計其「文字」和「圖像」的呈現是一大關鍵。本研究所得到的結論，希望可作為其他單元或其他學科教學設計相關研究的參考及借鏡，因此特別說明本研究的範圍及限制：

1. 在現今補習風氣盛行的條件下，本研究以市區學校的國中一年級學生為研

究對象，主要是確保學生具有以下條件：

- (1) 接觸電腦多媒體教學頻繁，不會對電腦多媒體有過度易於平常的反應。
- (2) 完全未先修過尺規作圖的單元，先備知識一致。同時，尺規作圖單元對國中一年級的學生而言，不需過多的先備能力。

2. 本研究對象的人數共有65人，分為實驗組33人；控制組32人。實驗組與控制組的班級是入學時依智力測驗常態編班而成的。研究者並於研究進行前，分析兩班學生上學期的數學段考成績，再次確認兩班學生數學程度相當且呈常態分佈。



第二章 文獻探討

激發式動態呈現的教學法精神：1.透過激發吸引注意力，2.訊息呈現隨意性。激發式動態呈現是一連串的動態呈現交由學習者進行主動學習，其訊息可以隨意的或選擇性的或者預定的順序呈現。本研究涉及了下列相關知識的探討：多媒體教學理論、知覺理論、多媒體學習理論之設計原則、數學簡報教材設計原則等，我們將分別於各節中敘述。

2-1 多媒體學習理論

本領域研究日益廣泛，包含互動式課程（interactive lessons）、線上教學呈現（online instructional presentations）、e化課程（e-courses）、模擬遊戲（simulation games）、虛擬實境（virtual reality）、電腦支援之課堂授課教材呈現（computer-supported in-class presentations）（Mayer, 2005）。接下來的探討將以「電腦支援之課堂授課教材呈現」及「激發式動態呈現」關係較密切的研究為主。

2-1-1 Multimedia Learning 的定義

Multimedia指的是教材內容採用「文」與「圖」兩者兼用的呈現方式（Mayer, 2001）。「文」指的是教材以語言文字型態（verbal form）呈現，包含口述文字（spoken text）及印刷文字（printed text）。「圖」指的是教材以圖像型態（pictorial form）呈現，包含動態圖片：如動畫（animation）或錄影（video）；靜態圖片：如插圖（illustrations）、圖片（graphics）、地圖（maps）、照片（photos）（Mayer, 2001）。Multimedia learning指的就是利用「文」與「圖」的學習方式（Mayer, 2001）。

2-1-2 Multimedia Learning 的三個認知假設

多媒體學習理論在其發展過程中基於三個認知假設：

1. 「雙通道假設」（Dual-channel Assumption）
2. 「有限容量假設」（Limited-capacity Assumption）
3. 「主動處理假設」（Active-processing Assumption）

1. 雙通道假設（Dual-channel Assumption）

從感官形式（sensory modality）的角度來看，雙通道假設是指人類對於以視覺呈現的教材（視覺訊息）及以聽覺呈現的教材（聽覺訊息）有不同的訊息處理通道。當視覺訊息（如動畫、影片、插圖、螢幕文字等）被呈現到眼睛時，

人類以視覺通道 (visual channel) 處理這類訊息 (如圖2-1)；當聽覺訊息 (如口述講解或非語文相關的聲音) 被呈現到耳朵時，人類以聽覺通道 (auditory channel) 處理這訊息 (如圖2-2) (Mayer, 2001)。

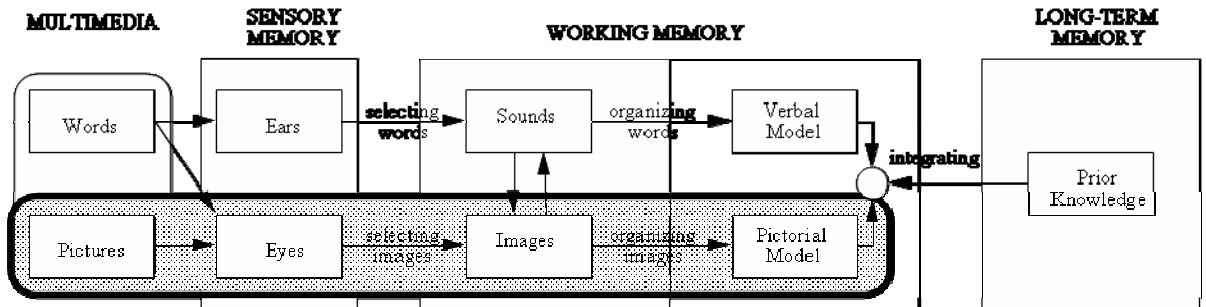


圖 2-1 視覺/圖像通道示意圖(引自 R. E. Mayer, 2001)

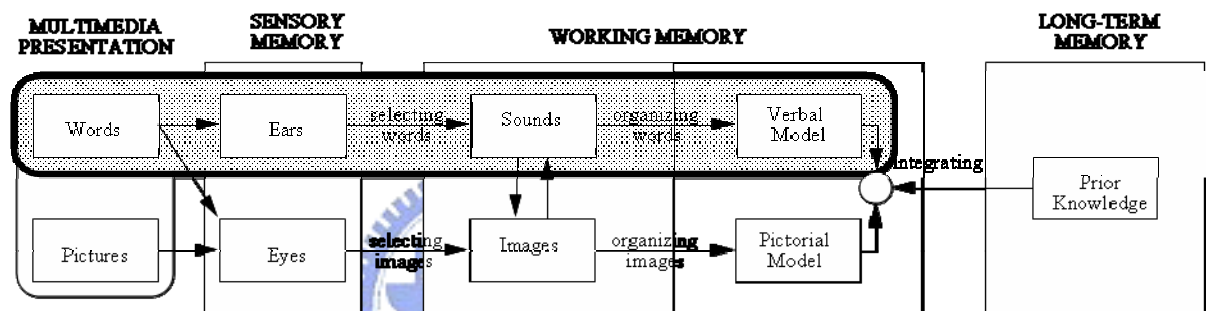
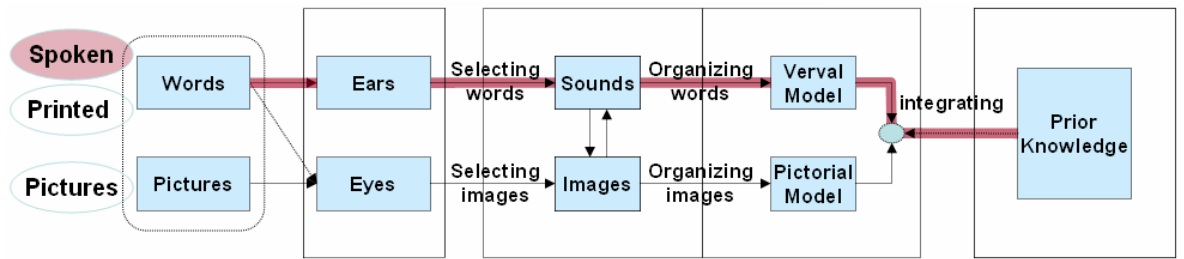


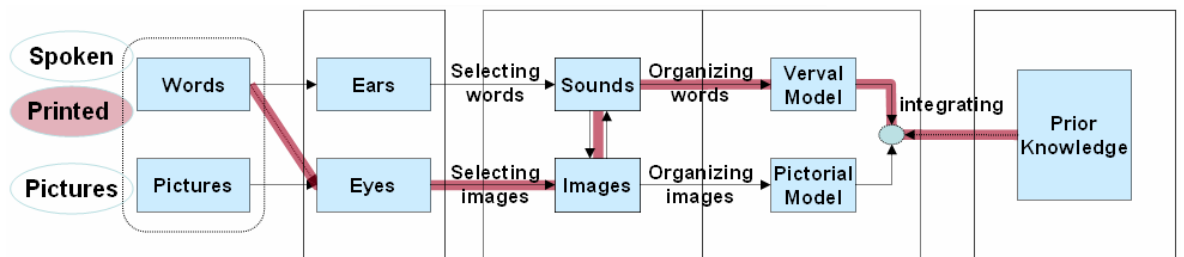
圖 2-2 聽覺/文字通道示意圖(引自 R. E. Mayer, 2001)

「感官形式」著重於區別訊息是從視覺通道或聽覺通道進入認知系統。而「呈現模式」(presentation mode)則是著重於區別進入的訊息是「文字型態」(verbal)，如口述文字或印刷文字；或是「非文字型態」(nonverbal)，如動畫、影片、圖片、背景音樂。此區分方式是基礎於Paivio的雙碼理論(dual-coding theory) (Eysenck & Keane, 2000; Mayer, 2001; Sternberg, 2003)。從「呈現模式」的角度來看，雙通道假設關注的是訊息進入工作記憶時是採用文字型態 (verbally based) 或圖像型態 (pictorially based) (Mayer, 2001)。

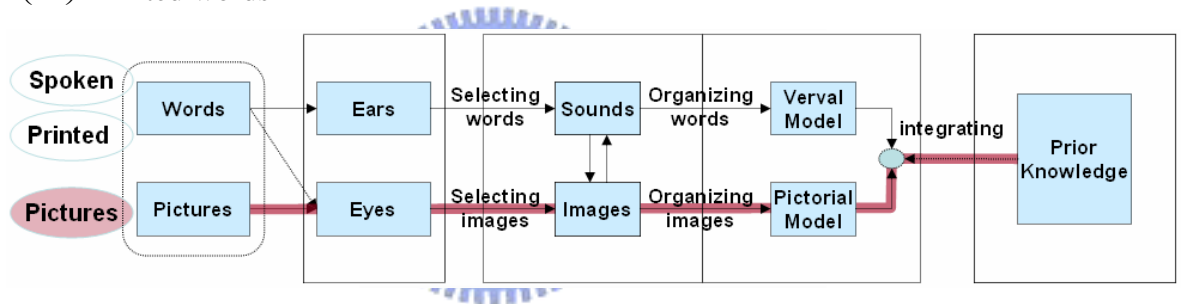
因「感官形式」與「呈現模式」這兩個觀點都很重要，於是Mayer將雙通道假設的兩個通道定為「聽覺/文字通道」(auditory / verbal channel) 與「視覺/圖像通道」(visual / pictorial channel) (Mayer, 2001; Mayer & Anderson, 1991)。特別的是，「文字」不一定從聽覺通道進入；「圖像」也不一定從視覺通道進入。在雙通道內的運作方式 (如圖2-3) 可以發現口述文字 (spoken words)、印刷文字 (printed words) 以及圖片 (pictures) 的訊息可能在運作的過程中保持在原來的通道，也可能穿越到另一個通道，如印刷文字一開始從視覺通道進入，但經過影像選擇 (selecting image) 的程序後，轉換成語言型態的訊息，進而穿越到文字通道。



(A) Spoken words



(B) Printed words



(C) Pictures

圖 2-3 口述文字、印刷文字、圖片在雙通道內的運作方式(引自 R. E. Mayer, 2001)

2. 有限容量假設 (Limited-capacity Assumption)

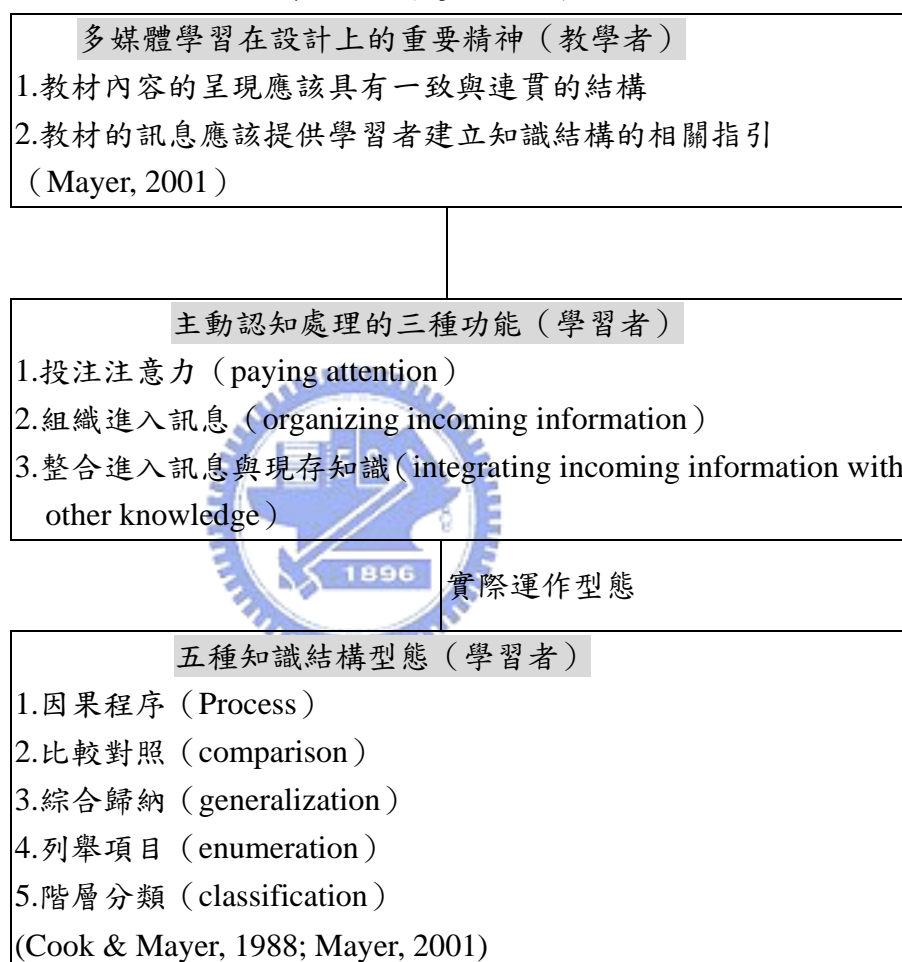
有限容量假設指的是視覺通道或聽覺通道中一次所能處理的訊息量是有限的。如視覺通道，當圖像訊息進入到視覺通道時，只有一部份被注意到的圖像通過視像記憶 (iconic memory)，並經過運作後保留在工作記憶中(Baddeley, 1997)，但心理學家John Anderson指出視像記憶保存的時間只約一秒的時間(Byrnes, 2004)；再以聽覺通道為例，當一段口述文字或聲音進入聽覺通道時，也只有少部分的文字被注意到後通過回聲記憶 (echoic memory)，然後經過運作保留在工作記憶中，而回聲記憶能維持的時間大約只有兩秒(Eysenck & Keane, 2000)。聽覺短期記憶的容量非常有限，約只能維持七個項目，能保留的時間通常也不到30秒(Squire & Kandel, 2001)。

有限容量假設讓我們瞭解教材設計的重要性：如何讓學習者將注意力投注在重要的訊息上，使其能有效率的進行認知程序是我們要探討的重點。

3. 主動處理假設 (Active-processing Assumption)

主動處理假設認為學習者會主動從事認知處理並以過往的學習經驗為基礎建構一連串的學習歷程。主動認知處理包括三種功能，並且學習者在瞭解教材內容的過程涉及了五種知識結構型態，這也突顯了多媒體學習在設計上的兩個重要精神（如表2-1）：

表 2-1 主動處理假設歷程



2-2 知覺理論

2-2-1 注意力

教學者的教學設計是從吸引學習者的注意力到進入學習的知覺歷程，因此如何吸引學生的注意力是很重要的一環。William (1890) 提出注意的本義是其對心的支配，以明確而鮮明的形式呈現，在許多幾乎是同時出現的物件中，或一連串的想法中，去除眾多，只擇其一，它的本質是集中 (focalization)、專心

(concentration)、意識(consciousness) (李素卿譯, 2003)。Zimbardo指出注意力的功能之一是選擇某部分的感覺輸入, 以供進一步處理, 並整理出關於注意力的三個不同理論(如表2-2):

1. 過濾器理論
2. 減弱理論
3. 後期選擇理論

表 2-2 關於注意力的三個不同理論

理論	說明
過濾器理論	同時呈現的刺激或訊息平行進入一個感覺緩衝區裡, 在這短暫的儲存時間裡, 訊息受到物理屬性的分析, 利用這些屬性分析的結果, 過濾器過濾無需進一步處理的訊息, 只有經由受到注意的管道所傳遞的訊息, 才能被偵測器所偵測, 進行深一層的處理。
減弱理論	注意的過濾並不像一個簡單的開關器一樣截然關閉無需注意的訊息。注意的過濾作用應該只是使未受注意的訊息處在不完全或減弱的處理狀態, 以利有限容量之管道傳遞必須注意的訊息。在此理論下, 受注意的頻道遠比不受注意的頻道得到較多的處理, 但被忽略的訊息仍會得到一定水平且有意義的分析。
後期選擇理論	此理論指出早期訊息的處理是沒有選擇性的, 所有的刺激都能自動的受到分析而達到辨識的效果, 亦即達到刺激辨識之前的訊息處理是相當自動化的, 注意力的機制是發生在刺激辨識之後。

學習者從被引起注意到利用視覺搜尋教學訊息然後進入知覺歷程, 而這一連串知覺歷程我們將於下節探討。

2-2-2 知覺歷程

Zimbardo和Gerrig (1996) 認為廣泛層面而言, 知覺(perception) 意味著理解外在環境中的物體和事件的整體歷程(游恆山譯, 1997)。並將這個歷程區分為感覺、知覺組織、對物體的檢定/辨認三個階段:

1. 感覺(sensation):

外在的物理能量（如光線或聲波）依照感覺接受器所受的刺激轉化成大腦的神經活動。此階段已出現刺激選擇和變換，以視覺為例，視網膜細胞重視邊線、稜角和光度差異，然而不會被恆定、不變動的刺激所激發。在此同時，大腦皮質細胞則從它們得自視網膜神經細胞的輸入中抽取有關特徵和空間頻率的訊息。

2. 知覺組織（perceptual organization）：

將簡單的感覺特徵（如顏色、稜端和線條）綜合（統合與組合）成事後可以辨認的物體之知覺表象，亦即來自感覺偵測器的訊息被大腦處理器所組織、修正，將刺激形象和元素轉變成可被認識的形體。此階段可能涉及對物體的可能大小、形狀、移動、距離和方位的估計，此估計合了我們過去的知識、接收自感官的現存證據及知覺背景內的刺激。

3. 檢定/辨認（identification/recognition）：

作用在於指派意義給知覺表象。「物體看起來像什麼？」的知覺問題轉換為檢定的問題—「這物體是什麼？」，也轉換為辨認問題—「該物體有什麼功能？」。為了檢定和辨認某物為何、名稱及如何適當的應對它，便涉及認知歷程—包括有關該物體的記憶、價值觀、信念與態度。

對於知覺的歷程，有學者主張所有外界的知識都是直接來自感官，沒有任何內在表徵涉入，知覺是從下往上的歷程所驅動；另有學者主張知覺仰賴內在歷程，是由上行歷程及下行歷程所驅動（如表2-3）。

表 2-3 關於知覺歷程的兩種不同理論

理論	說明
Helmholtz傳統理論	強調「經驗」在知覺中的重要性，主張感官所提供不足的訊息可以藉由無意識推論而增加，因為這些推論會對感覺訊息加添意義。並指出知覺是所呈現的刺激跟內在假設、期望、知識、動機與情緒方面的因素之間交互影響所得到的最終產物，是一種主動建構的過程。

Gibson生態視覺	<p>抵達眼睛的光型態是一種光的配列，此種有結構的光包含了來自環境並照射到眼睛的視覺訊息，提供關於空間內物件佈局的明確或不變訊息，知覺牽涉到直接透過共振作用揀取由光的配列所提供的豐富訊息，幾乎沒有訊息處理涉入其中(李素卿譯,2003)。因此，沒有必要去考慮原始的感覺，亦不需要去尋找較高水平的知覺推論系統，簡言之，知覺是直接的。</p>
------------	--

此外，Zimbardo和Gerrig (1996)認為「資料引導的歷程」以物理現實為基礎，處理片段的訊息，然後把刺激之具體的、物理的特徵轉換為生理譯碼，最終成為抽象的表徵；同時產生了對立的歷程，當在解釋知覺物體時，「概念引導的歷程」涉及知覺者的過去經驗、知識、預期、記憶、動機、文化背景和語言。當我們知覺自己的環境時，這兩種歷程經常交互作用(游恆山譯,1997)(如圖2-4)。Eysenck和Keane (2000)指出當觀看的情境良好時，視知覺可能大部分取決於上行歷程；當觀看的情境因刺激呈現的時間急速或刺激不夠清楚而惡化時，就需要下行歷程(李素卿譯,2003)。

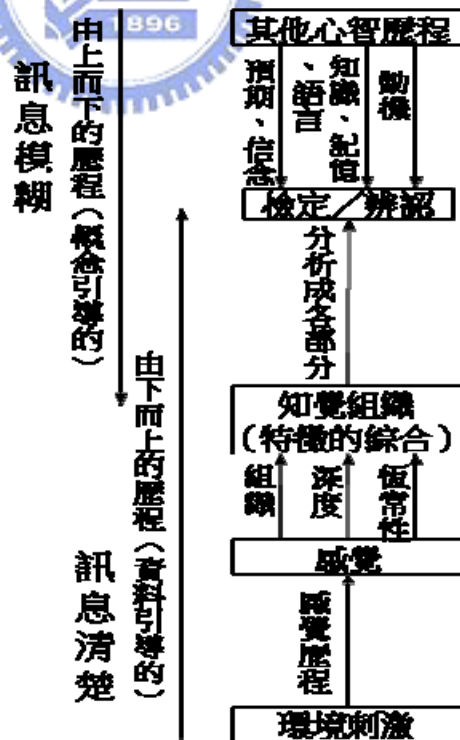


圖 2-4 知覺歷程 (引自游恆山譯,1997)

另外，Winn (1993) 將知覺歷程大致區分為三個階段：前注意知覺、注意知覺與解釋。分別敘述如下 (引自楊美雪, 2002)：

1. 前注意知覺 (preattentive perceptual processing)：

Winn (1993) 認為個體專注於某個訊息前，對訊息的印象很重要，這個印象會影響個體稍後選擇、處理與解釋該訊息。研究發現，個體在時間短時會看整體，但若時間稍長便會留意各部份 (Navon,1977)。

2. 注意知覺 (attentive perceptual processing)：

注意知覺的歷程中，個體會選擇及組織所接觸到的訊息。Winn認為個體比較會注意與眾不同的訊息，所謂不同包括訊息的內容、組織方式、形式等的獨特性。再者，學習者注意訊息的順序會受其呈現的順序或箭頭、標號等的影響。

3. 解釋 (interpretation)：

經過前注意知覺、注意知覺後即為賦予意義的階段。Winn認為訊息的理解需要心力，且因個體知識背景的差異，對同樣的訊息也可能有不同的解釋。

另外，在課堂授課為導向的教學設計下，有關學生在數學課堂中的知覺歷程，蘇柏奇 (2006) 針對這個部分有一個清楚的描述 (如圖2-5)：

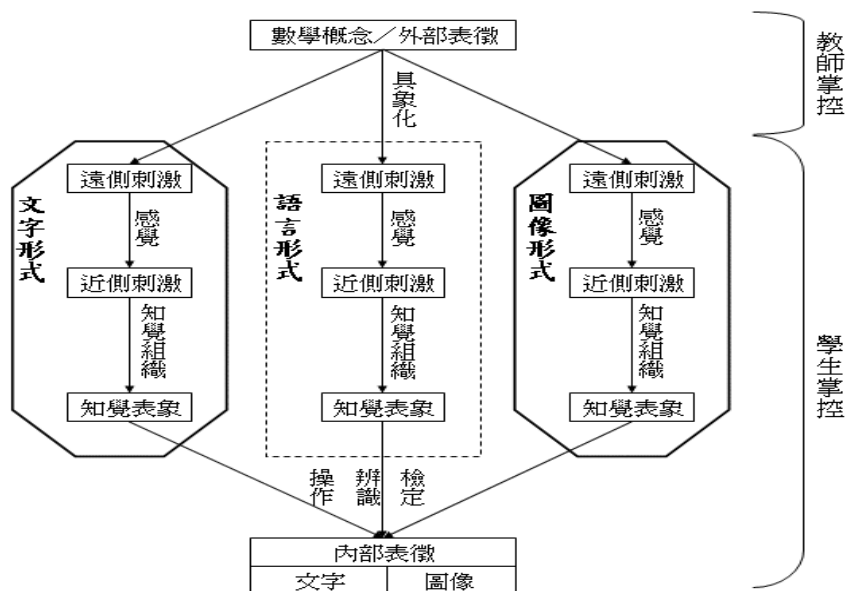


圖 2-5 數學課堂內學生學習之知覺歷程 (蘇柏奇,2006)

針對其歷程分為文字、語言及圖像三種形式，其中文字可以聽覺或視覺型態呈現，以下分四階段說明：

1. 教師將數學概念具象化為不同形式的遠側刺激：

遠側刺激包含文字、語言及圖像三種形式，其中文字可以聽覺或視覺形態呈現，對學生而言是多元的遠側刺激。此三種形式的遠側刺激在教學的過程中可能同時出現，也可能單獨出現。呈現遠側刺激的方式、內容與順序是由老師所掌握，而教材單元特性、教學設計、教學策略及教師個人的數學背景、教育理念、特質及對學生的瞭解等，都是影響遠側刺激之呈現的因素。

2. 學生透過感覺的歷程，將多元的遠側刺激登錄為近側刺激：

自此階段之後的歷程，都是由學生掌握，屬於學生內心的個別歷程，老師具有引導、影響的作用，但關鍵因素仍由學生自覺或不自覺的掌握。遠側刺激的接收與近側刺激的形成幾乎是同步的。除了生理上的障礙或注意力選擇的差別外，大多數學生所登錄的近側刺激都雷同。以視覺而言，近側刺激是指視網膜上之成象；以聽覺而言，則是指所聽到的聲音。

3. 學生透過知覺組織的歷程，將近側刺激轉換為知覺表象：

此階段不涉及認知活動，知覺表象受近側刺激的客觀因素及時空脈絡之直接影響，大部分人所得到的知覺表象都雷同，完形心理學派及認知心裡學等曾對知覺組織的歷程提出許多實徵性的實驗結果。此階段所產生的知覺表象是否容易被學生操作或辨認，是影響學習成就的關鍵因素之一，所以教材呈現的重要性可見一斑。

4. 學生透過檢定、辨認和操作歷程，綜合、理解知覺表象形成內部表徵：

此階段涉及到學生的經驗（先備知識）及時空脈絡上的主觀認知因素，因此，不但不同的學生形成內部表徵所需之時間會有個別差異，而且無法確保所有學生所形成的內部表徵和教師所預計的相符合。內部表徵可以透過問答或紙筆測驗的方式檢驗。學生的內部表徵是透過檢定、辨認和操作歷程，理解多元的知覺表象所形成的綜合體，構成內部表徵的圖像訊息及文字訊息之比重是動態的，且對不同學生而言，比重具有個別差異性。（蘇柏奇，2006）

2-3 多媒體學習理論之設計原則

多媒體學習理論關注在降低外部認知負荷的教材設計原則。Mayer在2005年歸納提出十項教材設計原則，並融入相關的研究加以組織之後編輯「The Cambridge Handbook of Multimedia Learning」一書（Mayer, 2005）。下列我們將逐一說明十項設計原則（如表2-4）：

表 2-4 多媒體十項教材設計原則（Mayer,2005）

名稱	原則
1.多媒體原則 （Multimedia Principle）	採用「文字」與「圖像」並用的學習效果會比僅採用文字好。
2.空間接近原則 （Spatial Contiguity Principle）	相關「文字」與「圖像」在畫面中位置接近會比位置遠離的學習效果好。
3.時間接近原則 （Temporal Contiguity Principle）	相關的「文字」與「圖像」同時呈現比接續呈現的效果好。
4.連貫原則 （Coherence Principle）	與主題不相關的文字、圖像或聲音若能加以排除，學習效果較好。此原則可細分成三個子原則： （1）不相關的文字與圖像會降低學習者的學習效果。 （2）不相關的聲音或音樂會降低學習者的學習效果。 （3）不必要的文字若從教材中省略會增進學習者的學習效果。
5.形式原則 （Modality Principle）	文字訊息以口述文字的方式呈現會比印刷文字有更好的效果。
6.重複原則 （Redundancy Principle）	學習者從「具有動畫與口述文字」的教材比「具有動畫、口述文字與字幕」的教材能得到更好的學習效果。
7.個人化原則 （Personalization Principle）	教材的用語採用口語化的方式會比採用形式化的方式得到更好的學習效果。
8.互動原則 （Interactivity Principle）	學習者可以控制教材呈現的步調時，學習效果會比較好。
9.信號原則 （Signaling Principle）	多媒體教材若含有可強調教材內容組織結構與重點提示，學習效果較好。
10.個別差異原則 （Individual Difference Principle）	多媒體學習設計效果對先備知識較少的學習者影響較大，對先備知識較多的學習者影響較小；並且，對心像能力較佳者影響較大，對心像能力較差者影響較小。

此外，2003年Sweller等人匯總過去的研究指出，教學設計中應注意六種效應，以達到減少無關認知負荷的目的：

1. 目標專一效應 (the goal specificity effect)
2. 工作範例效應 (the worked example effect)
3. 完成問題效應 (the problem completion effect)
4. 分散注意力效應 (the split attention effect)
5. 重複 (多餘) 效應 (the redundancy effect)
6. 形式效應 (the modality effect)

根據上述效應，產生了以下多媒體教學的設計原則：

1. 避免同時呈現過量必須思索的資訊，以免造成認知負荷。
2. 移除重複的內容，減少認知負荷。例如：當資訊可由文字或圖片單獨且完整的表達時，文字或圖片擇一即可。
3. 動畫與聲音 (或文字) 同時呈現，較循序呈現為佳。
4. 資訊的呈現結合不同的感官刺激，如視覺、聽覺、觸覺等，可降低認知負荷。

2-4 數學教材設計原則

2-4-1 AMA系統



2002年開始，陳明璋教授策劃開發AMA系統 (原名MathPS)，這套系統是以PowerPoint簡報軟體為平台，擷取PowerPoint簡報軟體的十項優點，如下所列：

1. 資訊門檻較低，教師可以輕鬆上手。
2. 普及性佳，不需額外編列預算購買軟體，利於教師間、學生間之教材流通。
3. 可以有效減少課堂板書時間，使教師有更多時間進行有意義的教學活動。
4. 事先設計好最佳的呈現方式，減少因為板書不佳而影響學習的狀況。
5. 可以整合照片、圖片或聲音等教學資源，提供更真實或有趣的情境，加深學生的學習印象，提高學習效果。
6. 透過連結按鈕的設置，老師可視狀況立即調整教學流程。
7. 相較於黑板上重複操作的不便，簡報軟體具有重複播放的優勢。
8. 教材修改容易、環保，易於修正成不同版本，供不同程度學生適性學習。
9. 教材可供學生在家預習或複習，可讓學生依其能力提前學習或反覆觀看。
10. 搭配其他軟體錄下教師講解時的聲音及螢幕畫面，可以讓學習速度較慢的學生在家反覆觀看。

然而，PowerPoint的初始設計目的為提供商業簡報使用，若以課堂教學而言，具有以下缺點：

1. 以演講者為導向，聽眾較為被動。
2. 容易因動畫效果使其分心，而忽略教材的內容或老師的肢體語言。
3. 內容以條列方式呈現，容易因缺乏上下文之連貫，使傳達的訊息支離破碎。
4. 缺乏課堂上的互動所需之功能與機制。

若進一步與常用於數學教學之GSP、Excel或Flash等軟體比較，PowerPoint在數學內容上，有其關鍵性優點及較為弱勢的部分，如表2-5：

表 2-5 PowerPoint相較於其他數學教材軟體的優點及弱勢（蘇柏奇, 2006）

優點	弱勢
<p>1.具累積性之整合平台： 不論教師從何種管道取得或以何種軟體製作的教材，PowerPoint都可以有效扮演整合平台之角色。</p> <p>2.螢幕播放的特性有利於空間性及時序性概念的呈現： 相較於傳統紙本的一次呈現模式，ChanLin（1998）指出無論由動態的電腦動畫、視訊或靜態的圖像，都能使空間性以及時序性概念的呈現，藉由螢幕的播放特質而作適切的表達。（林麗娟,2000）</p> <p>3.互動程序之動畫，使教學流程更具彈性： 陳明璋教授（2005）指出PowerPoint 2002版之後，動畫呈現方式有主程序及互動程序等兩種程序。主程序處理每一張投影片中動畫循序出現的機制，而互動程序則允許投影片上設置按鈕，操空不同物件的動態呈現。</p> <p>4.定位性： 定位方式有兩種，一為不同頁面之間的全區定位，即是將物件複製至不同頁的相同位置上；另一為同一頁面上的局部區域定位，即是將頁面中的物件準確地放在特定的位置。</p> <p>5.均衡性： 可以使物件水平、垂直均分，使畫面看起來更調和。</p> <p>6.搭配方程式編輯器或MathType之使用，使數學符號製作相當容易。</p> <p>7.提供基本平面、立體幾何圖形。</p> <p>8.提供多樣之顏色可供選用，可協助區分物件之關係，並可以讓畫面更為協調、生動。</p> <p>9.顏色透明度之設定可以解決數學物件重疊的問題。</p>	<p>1.無法提供數值、函數...等之運算。</p> <p>2.無法提供角度、長度、面積...等幾何量之測量。</p> <p>3.缺乏數學構圖能力，繪圖功能無法滿足製作數學物件之需求，且無法處理複雜的構圖。</p> <p>4.雖然有自訂動畫之功能，但相對於其他軟體，圖像動態呈現之功能較弱、彈性較小。</p> <p>5.可以設計在其上的數學探究實驗，但僅為一個特例，對於其他的數學元件，無法在維持數學結構的要求下，任意改變其幾何量之大小。</p>

綜合上述討論，交通大學Informath工作室進一步發展出一些方法，突破PowerPoint在繪圖及互動設計上的瓶頸，解決簡報軟體數學處理能力不足的缺點，建立一套數學簡報系統的模式，其具體成果即為數學簡報系統（Mathematic Presentation System, MathPS）。

此系統在這幾年的發展下趨於穩定，雖然發展初期是以數學概念所研發出來的教材設計及教學軟體，但在Informath工作室不斷的改良及推廣下，此軟體的功能已不再只侷限於數學教學方面，之後便更名為AMA系統，其運用的範圍很廣，涵蓋數學、數學教育、視覺設計、以及計算機圖學方面等。

2-4-2 AMA 系統教材設計原則

在Informath工作室逐年研究改良下，工作室主持人陳明璋教授亦把這套數學簡報教材設計原則推廣到適性化，藉由重組PowerPoint的互動功能，提供一套按鈕式動態呈現（Button-based Animation）的教材呈現環境（陳明璋, 2003）；此外，還以複製觀念研發了結構複製法（Structural Cloning Method）（陳明璋, 2004），突破繪圖上人機介面的限制，完成一套「複雜圖案」的構圖環境。在此突破下開啟了激發式動態呈現的研究主題，這是一個跨領域的研究包含知覺、認知、教育、資訊、視覺設計、以及學科專業，不再只侷限於數學簡報的教材設計。激發式動態呈現就是以一個物件當按鈕來控制一連串的動態呈現；此一方法可以協助展演者適時的呈現數位內容，吸引聽眾的注意力，引導認知，進而降低認知負荷。隨之，進而發展出一套課堂上多媒體教學的數位內容之基本功能，簡述如下：

1. 開關/關閉/突顯：

主要是在訊息上設置一個透明物件當作觸發器，當滑鼠激發觸發器時，訊息即由隱藏變為呈現狀態、或由顯現的狀態變成隱藏狀態；如果激發的訊息是一個定位指標，其作用就是用來凸顯訊息協助搜尋。

2. 多元開關：

多個按鈕控制不同的物件顯示在同一個位置，激發器控制被激發物有排他的作用。

3. 序列式激發：

就是由一個激發器控制一連串的動態呈現，呈現的順序是循序的；它可以透過激發逐一的並列的顯示訊息；也可以排他的方式輪流顯示訊息，顯示的同時隱藏前訊息，如果這些訊息是重疊的，呈現的過程就形成一個簡易的動畫。

4. 串接式激發：
串接式激發也是循序的，其主要的不同是每一個被激發呈現的物件本身也就是下一個即將被激發的物件之激發器。其目的是激發一個訊息需要移動滑鼠的指標，講解時有時也需要移動滑鼠，為了降低移動滑鼠造成分散注意力，因此就滑鼠指標當下的物件當激發器。
5. 全開關(關閉)：
就是一個物件控制一群獨立的物件，同時開關或關閉。
6. 1-1 開關：
以群組的方式設定開關或關閉，第一群當作激發器，另一群當作被激發的物件，激發器與被激發物件之間的關係，以各群組中物件圖層的順序，分別一對一對應。
7. 動態表格：
一個表格可以分成資料區與非資料區，此一功能可以設定全開關、行開關、列開關、以及個別開關；非資料區的物件當作激發器，控制與其有行列關係的資料。
8. 連續動畫：
給兩相同端點多變形，此一指令依據這兩個多邊行間端點的關係，當作首末兩項，中間產生多個連續的物件，並以第一個物件當作激發器。

而且，激發式動態呈現的教材設計有許多不同的模式：

- I. 自動播放模式：
只要按滑鼠左鍵一次，動畫即逐步自行展演。
- II. 觸發模式：
每按滑鼠左鍵一次，動畫即展演一步驟，每一個步驟可以用滑鼠的滾輪迴滾後再重複觸發。
- III. 以文導圖模式：
每一畫面都有文字說明，每一個說明上有一個按鈕，可以逐一在說明上用滑鼠觸發構圖動作，且構圖動作可重複觸發。
- IV. 多元模式：
畫面中間有一個大框，外圍有許多小圖案，大框是顯示區，外圍小圖案是按鈕。可按照圖案的編號順序觸發圖案及說明，也可以隨意觸發圖案及說明。

無論使用哪一個模式呈現教材，在以課堂授課為導向的條件下，引發學習者的注意力，進而引導學習，是我們所關注的。因此，Informath工作室主持人陳明璋更進一步研究歸納出教材設計上應具備的性質，如表2-6：

表 2-6 教材設計的規則（陳明璋, 2006）

規則	說明
指標	靜態與動態指標（標籤），符號，圖示，語言，以避免重複搜尋訊息。
層次	訊息角色與呈現應符合角色的比重，以呈現主題。
群化/關聯	如何將相關訊息建立視覺關聯？
對比/比較/演化	如何協助發現差異性？
步驟	分解概念或講解過程，提供更細部的關聯。
定位	動態呈現時，應穩定呈現訊息。
動態/互動/隨意	依授課情境呈現教學內容，調整教學步調。
結構	結構化訊息，有助於探索訊息，抽象概念的呈現。
銜接/重整	學生非全程關注於講授，且並非每個人很快就瞭解，應隨時可回顧內容。
溝通性	教師、學生、教材三者可以溝通的環境。

同時，2005年邱建偉亦依據視覺原理、設計理論與數學教材的特性，歸納出十項數學簡報設計原則，如下所列：

1. 層次性：當圖形有重疊現象時，必須考慮圖形的層次問題，才能突顯要呈現給學習者的主題。
2. 對比性：強化即時訊息，使其扮演「圖」的角色；淡化非即時訊息，使其扮演「地」的角色，透過兩者間的對比，讓學習者在最短的時間內獲得所需的訊息。
3. 比較性：因為素材需要作觀念的比較，才能讓學習者瞭解到數學觀念是可互相對照的，所以我們將需要比較的素材放置在同一頁面，並控制要比較的物件同時出現，達到讓學習者比較的目的。
4. 定位性：資訊的呈現由最原始的訊息開始擴展出來，畫面上訊息的移位會產生視覺雜訊，造成數學觀念比較的困難度。必須透過定位的複製技巧，使得資訊擴展時，畫面產生的訊息在視覺上不會晃動。

5. 演化性：因為素材需要作演化的比較，才能使學習者觀察出數學形的變化，為了處理數學的演化概念，同時讓資訊有累積的關係，提出演化性作為處理的依據。
6. 結構性：數學素材的處理，如果文字物件與圖形物件屬於相同結構，為了讓學習者更容易注意到結構性的問題，我們建議將相關物件作一致化處理，包括利用顏色、大小，並運用接近性將物件放置在適當位置。
7. 步驟性：數學觀念大多數需要逐步講解，尤其複雜的觀念更需要逐步陳述。利用數學簡報系統設計，將複雜觀念步驟化，節省手寫板書的時間，可以專心於內容的陳述上。
8. 關連性：由於簡報畫面的限制，無法在中央畫面容納下所有的資訊，所以部分資訊只能安排在畫面其他位置，為了確保該訊息與原來要闡述訊息的關係，我們運用顏色、形狀、線段、箭頭，建立兩個訊息的關連性。
9. 互動性：部分數學教材需要具有互動性，給學習者有思考的機會，隨著學生的反應，逐一呈現，依學生的反應再進行下個步驟。透過互動性才能與學習者進行假設、討論、對話，此時就需要適當的按鈕物件協助教材設計，我們常用的互動性按鈕有開關、互動開關、多層次多元按鈕、全開關。
10. 隨機性：數學素材具有更高程度的隨機性，為了教學需要，因此我們設計多元按鈕，來達成隨機性的操作，可以在課堂當中，讓學生的想法呈現出來，由學生來主導，老師來操作的一種模式，由簡單的結構，產生完整的變化，並直接呈現在畫面上。

因此，本研究的實驗設計是在激發式動態呈現的觸發模式下，依據上述原則所設計的教材。

第三章 研究方法

我們從多媒體學習理論、知覺理論、多媒體學習理論的教材設計原則以及數學簡報系統的教材設計原則的角度探討激發式動態呈現教學設計的理论基礎。而本章我們預計採準實驗研究法，透過實驗來加以驗證：在激發式動態呈現教學設計一觸發模式下，「尺規作圖」的教學呈現具有「字幕敘述」是否會有較佳的學習成效？實驗的假設是：「觸發模式下有字幕呈現優於無字幕的教學設計」。

本章共分成五節，分別就研究對象、研究設計、研究工具設計、研究步驟與過程及資料分析方法等五個部分作說明。

3-1 研究對象

本研究探討的情境是「課堂授課」，研究對象是參與此課程的實驗組與控制組學生。由於課堂授課主要涉及兩個情境變數（situational variables）：「授課教師」與「教學環境」；以及一個參與者變數（participant variables）：參與學生。為儘量避免無關變數（irrelevant variables）的干擾，我們將實驗設計的考慮因素說明如下：

1. 授課教師

本實驗的實驗組與控制組的授課教師相同，而且授課時的作圖步驟說明以預先錄製旁白的方式呈現，此設計是為了避免教師在授課時口語的表達內容及方式有時仍會略有不同的因素，進而影響實驗結果。已經有研究指出不同的教師對學生的「科學態度」與「數學態度」會發生影響（洪志成, 1985；潘正安, 1985），因此應儘量避免此situational variables的影響。擔任本實驗研究教學錄音之教師為研究者本人，有六年的數學科教學經驗，熟悉課堂教學事務。

2. 教學環境

為避免教學環境此situational variables影響實驗結果，實驗組與控制組的實驗教學所使用的多媒體設備皆具備單槍投影、投影布幕、大型擴音音響喇叭、筆記型電腦等，且皆為相同型號。

3. 參與學生

本實驗的實驗組與控制組學生選擇兩個不同的「普通班」，其理由如下：一般而言，每一年齡層的智商呈常態分配，如鐘型曲線，可表達由最

高到最低的分佈情形（柯華葳, 2007）。由於實驗學校是以「國民中學智力測驗第三種」（路君約etal., 1991）測驗成績為依據進行常態S型男女混合編班，因此實驗的參與者應選擇普通班，因普通班在此編班方式下智商較為接近常態分配。此外，由於S型編班之男生與女生編班起點為亂數產生，所以普通班本身即是隨機起點的系統性抽樣，並且由於順序由智力測驗結果而定，所以智商分數由高而低在各班分佈的狀況大致相同，因此也符合分層隨機抽樣的精神。

實驗學校是地處市區的學校，校內平時的課堂授課多數以電腦多媒體教學為主，目的是為了讓研究對象參與實驗課程時的心理狀態與平常的課堂授課環境接近，不會因緊張、興奮或陌生感等的情緒起伏影響實驗結果。本研究教材內容雖然是國二下學期的課程，但市區學校的學生多數因補習而先修課程，為避免部分研究對象因先修影響實驗結果，研究者選擇以國中一年級的學生為實驗研究對象。

實驗學校的國中一年級共有五班，其中兩班有數理資優資源班的學生分散其中，不適合作為研究對象；其餘三班考量其上學期數學成績的高低因素，亦可能影響實驗結果，故選擇平均數及標準差較相近的兩班作為實驗組（A班）與控制組（B班），A、B兩班上學期數學成績的平均數與標準差比較如表3-1。

表 3-1 A、B 班平均數及標準差表

上學期成績	班別	樣本數	平均數	標準差
全班	A 班(實驗組)	33	80.39	1.73
	B 班(控制組)	32	79.91	2.02
高學業成就組	A 班(實驗組)	17	87.88	1.09
	B 班(控制組)	16	88.88	1.08
低學業成就組	A 班(實驗組)	16	72.44	1.91
	B 班(控制組)	16	70.94	2.21

此外，在常態性檢定中，採用Shapiro-Wilk的檢定方法顯示A、B兩班學生上學期的數學成績符合常態分配，如下表3-2。

表 3-2 A、B 班常態性檢定分析表

上學期成績		Shapiro-Wilk 常態性檢定		
		統計量	自由度	顯著 (P-Value)
全班	A 班(實驗組)	.952	33	0.153
	B 班(控制組)	.943	32	0.091
高學業成就組	A 班(實驗組)	.918	17	0.135
	B 班(控制組)	.971	16	0.861
低學業成就組	A 班(實驗組)	.898	16	0.074
	B 班(控制組)	.905	16	0.097

在變異數的同質性檢定部分，利用 Levene 同質性檢定，檢定兩個變異數可以發現A、B班的學生不論在全班或學業成就分組下的成績變異數皆呈現無顯著差異，顯示學生在上學期的成績離散程度相同。另外，檢定A、B兩班學生數學平均成績的差異，以獨立樣本t-檢定檢定之，也得知A、B班學生在上學期的數學科的平均成績，不論在全班或學業成就分組下也都呈現無顯著差異。顯示A、B班的程度在全班或學業成就分組下可視為相同，資料如下表3-3。

表 3-3 A、B 班同質性與平均數差異 T 檢定分析表 (上學期成績)

上學期 成績	比較樣本	Levene's test		T-統計 量	自由度	P-value (雙尾)
		F-統計 量	P-value			
全班	A 班(實驗組)	0.573	0.452	-0.18	63	0.855
	B 班(控制組)					
高學業 成就組	A 班(實驗組)	0.34	0.855	0.648	31	0.522
	B 班(控制組)					
低學業 成就組	A 班(實驗組)	0.485	0.491	-0.513	30	0.612
	B 班(控制組)					

3-2 研究設計

本文所指的「多媒體教材」遵循Mayer對multimedia的定義，指的是教材內容的呈現方式必須「文 (words)」與「圖 (pictures)」皆用，也就是「言語型態 (verbal form)」與「圖像型態 (pictorial form)」兩者配合使用 (Mayer, 2001)。此外，Mayer (2005) 強調文字訊息以「口述文字」的方式呈現會比「印刷文字」有更好的效果。因此，本實驗設計依據此設計原則，每一頁面皆採用「口述文字」與「圖」並用的設計方式。然而，Mayer (2005) 又提出學習者從「具有動畫與口

述文字」的教材比「具有動畫、口述文字與字幕」的教材能得到更好的學習效果。故本實驗在激發式動態呈現觸發模式下分採「實驗組—有字幕」與「控制組—無字幕」，但教學內容完全相同的設計。希望藉此瞭解在「尺規作圖」這個單元的學習上，有無字幕對學習者學習成效的影響。

「激發式動態呈現—觸發模式」採用的是滑鼠任意點擊或鍵盤空白鍵等的觸發方式，讓教師或學習者依據學習狀況控制教材每一步驟持續進行的時間長短。研究教材的設計採「動畫」與「口述文字」同步呈現的方式，而實驗組在每一動畫之後皆有字幕呈現其口述文字的內容，控制組則無字幕。

本實驗教材內容採「尺規作圖」的四大基本作圖為基準：

1. 作等線段
2. 作等角度
3. 作垂直平分線
4. 作角平分線

此外，由於實驗設計中強調課堂授課的背景下，在不破壞原班級的完整性，及避免其他的干擾因素，本研究使用準實驗設計，利用獨立樣本二因子變異數分析去檢視不同學業成就的學生在不同的教學設計之下，學習成就變化。以下表3-4為實驗設計分組細格表

表 3-4 實驗設計分組細格表

因子	學業成就			合計人數
		高	低	
教學設計	A 班(實驗組)	實—高 (17人)	實—低 (16)	33
	B 班(控制組)	控—高 (16人)	控—低 (16)	32
合計人數		33人	32	65

本研究的實驗變項如下：

1. 自變項

(1) 教學設計

A 班實驗組，採激發式動態呈現觸發模式—有字幕呈現。

B 班控制組，採激發式動態呈現觸發模式—無字幕呈現。

A、B 班的教材皆有動畫、口述文字同步呈現。而口述文字部分，由研究者本人採預先錄製旁白的方式呈現。此外，實驗組則在每一個動畫步驟之後，出現字幕來呈現其口述文字的內容；控制組則無字幕。

(2) 研究對象特質

實驗學校的 A、B 班學生依智力測驗成績採 S 型常態編班，且上學期數學成績 A、B 兩班皆呈常態分佈。A、B 兩班學生平常在學校的課程中接觸電腦多媒體相當頻繁。

2. 控制變項

教學的時間、教材內容主題單元、測量時的工具和時間相同。

3. 依變項

學業成就測驗分為記憶性與轉化性評量作圖。其中記憶性題目測驗兩項：「作圖」與「作圖步驟」；轉化性題目因較為複雜僅測驗「作圖」。

之前的許多學者的研究中，大都支持學習者從「具有動畫與口述文字」的教材比「具有動畫、口述文字與字幕」的教材能得到更好的學習效果，以下列舉支持上述原則的相關文獻：(Abrams & Christ, 2004; Kalyuga et al., 1999; Mayer, 2001, 2005; Mayer et al., 2001)。本研究也希望藉此實驗來探討一在激發式動態呈現觸發模式下，對於「尺規作圖」這個單元的教學設計，有無字幕對學生的學習成效影響如何？綜合以上，我們提出下列的假設，

假設一：教學設計與學業成就在學習成就的表現有顯著交互效果。

假設二：教學設計針對作圖步驟學習成就的表現有顯著的影響。

3-3 研究工具設計











3-3-1 實驗教材製作


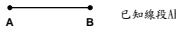
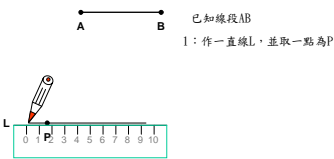
本研究是以國中二年級下學期「尺規作圖」為教材設計的單元，本單元希望學習者學會「四大基本作圖」外，還會使用「文字敘述」呈現作圖步驟。數學簡報教材的製作軟體是使用普及率極高的PowerPoint (PowerPoint 2002之後的版本) 為平台，輔以由交通大學陳明璋領導的 Informath 團隊所發展的PowerPoint外掛系統「AMA」。之後，藉由SPSS統計軟體14.0版加以分析實驗研究結果。

接下來，我們開始說明實驗教材製作內容，其餘詳細內容請見附錄一。本實驗教材內容是「尺規作圖」中的四大基本作圖：

1. 作等線段
2. 作等角度
3. 作垂直平分線
4. 作角平分線

◆ 實驗組一具有動畫、口述文字與字幕

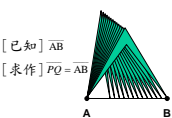
<p>投影片 1</p>	<p style="text-align: center;">使用說明</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用滑鼠點擊畫面左下方的  圖示，即可進入撥放模式 2. 按鍵盤上的 ESC 鍵，即可離開撥放模式 3. 在撥放模式中，操作按鈕說明如下： <p> 按下後開始動態作圖演練</p> <p> 回到上一個作圖步驟</p> <p> 繼續下一個作圖步驟</p> <p> 進入下個練習題</p> <p style="text-align: right;"></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作時間：30 秒 2. 投影片內容： 介紹使用方式，例如：換頁、上一步、下一步、下個練習題等。 								
<p>投影片 2</p>	<p style="text-align: center;">數學符號介紹</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>例一：</td> <td> 記為『\overline{AB}』，唸做『線段AB』</td> </tr> <tr> <td>例二：</td> <td> 唸做『直線L』</td> </tr> <tr> <td>例三：</td> <td> 唸做『點Q』或『Q點』</td> </tr> <tr> <td>例四：</td> <td> 圓規畫出的『軌跡』稱為『弧』</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"> </p>	例一：	 記為『 \overline{AB} 』，唸做『線段AB』	例二：	 唸做『直線L』	例三：	 唸做『點Q』或『Q點』	例四：	 圓規畫出的『軌跡』稱為『弧』	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作時間：60 秒。 2. 投影片內容： 建立學生的先備知識，介紹線段和角度的表示法，以及弧的意義。
例一：	 記為『 \overline{AB} 』，唸做『線段AB』									
例二：	 唸做『直線L』									
例三：	 唸做『點Q』或『Q點』									
例四：	 圓規畫出的『軌跡』稱為『弧』									
<p>投影片 3</p>	<p style="text-align: center;">數學符號介紹</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>例五：</td> <td> 記為『$\angle B$』或『$\angle ABC$』，唸做『角B』或『角ABC』</td> </tr> <tr> <td>例六：</td> <td>『$\overline{AB} = \overline{CD}$』表示『線段AB和線段CD長度相等』</td> </tr> <tr> <td>例七：</td> <td>『$\angle ABC = \angle RPQ$』表示『角ABC和角RPQ角度相等』</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"> </p>	例五：	 記為『 $\angle B$ 』或『 $\angle ABC$ 』，唸做『角B』或『角ABC』	例六：	『 $\overline{AB} = \overline{CD}$ 』表示『線段AB和線段CD 長度相等 』	例七：	『 $\angle ABC = \angle RPQ$ 』表示『角ABC和角RPQ 角度相等 』			
例五：	 記為『 $\angle B$ 』或『 $\angle ABC$ 』，唸做『角B』或『角ABC』									
例六：	『 $\overline{AB} = \overline{CD}$ 』表示『線段AB和線段CD 長度相等 』									
例七：	『 $\angle ABC = \angle RPQ$ 』表示『角ABC和角RPQ 角度相等 』									

<p>投影片 4</p>	<p style="text-align: center;">尺規作圖</p> <p>1. 意義： 使用直尺和圓規來畫圖，而且直尺只用來畫直線，不利用上面刻度，叫做尺規作圖。</p> <p>2. 工具用途： (1) 直尺：只用來畫直線，不利用上面的刻度，即不用它來量長度。 (2) 圓規：只用來畫弧、畫圓和量取兩點的距離。</p> <p style="text-align: right;"> 上一頁 下一頁 </p>	<p>1. 操作時間：30 秒</p> <p>2. 投影片內容： 建立學生的先備知識，說明尺規作圖的意義，以及「直尺」、「圓規」工具的用途。</p>
<p>投影片 5</p>	<p style="text-align: center;">尺規作圖-取等線段作法</p> <p style="text-align: right;"> 上一頁 下一頁 </p>	<p>1. 操作時間：每步驟各約 30 秒。</p> <p>2. 投影片內容： 取等線段作法。</p>
<p>投影片 6</p>	<p>等線段練習一</p> <p>[已知] \overline{AB} [求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$</p>  <p style="text-align: right;"> 開始作圖 </p>	<p>等線段練習一</p>
<p>投影片 7</p>	<p>等線段練習一</p> <p>[已知] \overline{AB} [求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$</p>  <p style="text-align: right;"> 上一步 下 </p>	<p>口述文字：已知線段 AB。</p> <p>延遲三秒後</p> <p>字幕：已知線段 AB</p>
<p>投影片 8</p>	<p>等線段練習一</p> <p>[已知] \overline{AB} [求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$</p>  <p style="text-align: right;"> 上一步 下 </p>	<p>動畫、口述文字同時呈現</p> <p>動畫：筆、直尺出現，並畫一直線 L，之後，點 P 出現。</p> <p>口述文字：作一直線 L，並取一點為 P。</p> <p>延遲三秒後</p> <p>字幕出現：作一直線 L，並取一點為 P。</p>

投影片 9

等線段 練習一

[已知] \overline{AB}
[求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$



已知線段AB
1: 作一直線L, 並取一點為P
2: 先量出線段AB長度



動畫、口述文字同時呈現

動畫：圓規出現並伸展開來，量去線段 AB 長度。

口述文字：先量出線段 AB 長度。

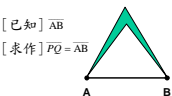
延遲三秒後

字幕出現：先量出線段 AB 長度。

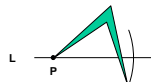
投影片 10

等線段 練習一

[已知] \overline{AB}
[求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$



已知線段AB
1: 作一直線L, 並取一點為P
2: 先量出線段AB長度
3: 以P為圓心, 線段AB長度為半徑畫弧



動畫、口述文字同時呈現

動畫：圓規量取好線段AB長度，並移動至直線L上，畫出半徑為AB長度的弧。

口述文字：以P為圓心，線段AB長度為半徑畫弧。

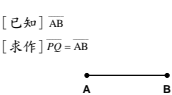
延遲三秒後

字幕出現：以P為圓心，線段AB長度為半徑畫弧。

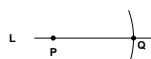
投影片 11

等線段 練習一

[已知] \overline{AB}
[求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$



已知線段AB
1: 作一直線L, 並取一點為P
2: 先量出線段AB長度
3: 以P為圓心, 線段AB長度為半徑畫弧
4: 交直線L於Q點



動畫、口述文字同時呈現

動畫：出現交點 Q。

口述文字：交直線 L 於 Q 點。

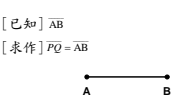
延遲三秒後

字幕出現：交直線 L 於 Q 點。

投影片 12

等線段 練習一

[已知] \overline{AB}
[求作] $\overline{PQ} = \overline{AB}$



已知線段AB
1: 作一直線L, 並取一點為P
2: 先量出線段AB長度
3: 以P為圓心, 線段AB長度為半徑畫弧
4: 交直線L於Q點
5: 則線段PQ即為所求



動畫、口述文字同時呈現

動畫：出現藍色線段 PQ，強化注意。

口述文字：則線段 PQ 即為所求。

延遲三秒後

字幕出現：則線段 PQ 即為所求。

投影片頁面說明：(投影片 13~58，請見附錄一)

- ◎投影片 1：簡報教材使用說明。
- ◎投影片 2、3：先備知識建立，數學符號介紹。
- ◎投影片 4：尺規作圖意義，以及作圖工具—「直尺」、「圓規」的用途說明。
- ◎投影片 5~56：尺規作圖—等線段、等角度、垂直平分線、角平分線的實地教學。
- ◎投影片 57：視學習者學習狀況，可連結至投影片 1，重複教學演練。
- ◎投影片 58：按下後可離開實地教學播放模式。

研究者於課堂授課一開始進行時，以播放簡報方式一一口述說明投影片 1~4。接著，投影片 5~56 為尺規作圖教材的實地教學，實地教學的投影片內容，其動畫、口述文字同時呈現，延遲三秒後，出現口述文字的字幕，此時的口述文字是研究者本人以預錄旁白的方式播放。延遲三秒出現字幕的原因，是基於多媒體理論中的雙通道假設及有限容量假設，心理學家 John Anderson 指出視像記憶保存的時間只有約一秒的時間 (Byrnes, 2004)；而回聲記憶能維持的時間大約只有兩秒 (Eysenck & Keane, 2000)，然後皆經過運作保留到工作記憶中。所以，為了避免動畫與字幕同需視覺感官刺激，進而造成學習者的認知負荷過高，本研究才將字幕延遲三秒出現。

投影片元件使用說明：

1. 筆、直尺、圓規：讓學習者在多媒體的學習上，有傳統黑板教學的實物感。包括筆的動態畫線，以及圓規的動態伸展。少了筆、直尺、圓規，無法感受作圖的實際情境。
2. 開始作圖：此按鈕按下後即進行實地作圖演練。此按鈕設計，具有提示學習者注意學習重點的效果。
3. 上一頁：在實地作圖演練中按下此按鈕，與滑鼠滾輪迴滾具有相同效果，皆可使先前的作圖步驟重新呈現。教師可以隨意的順序及速度呈現，有彈性的與學習者互動。
4. 下一頁：在實地作圖演練中按下此按鈕，可以使作圖步驟一一呈現，使教學內容得以程序性的步驟化呈現。
5. 下個練習題：此按鈕按下後即進入另一個練習題。此按鈕設計，除了提示學習者注意題目的轉換外，也可以讓教師在此進行階段性的複習。

◆ 控制組一具有動畫、口述文字但無字幕

控制組的教材內容與教學過程皆與實驗組相同，差別只在於沒有口述文字其字幕的呈現。

實驗組與控制組兩班所使用的教材投影片在內容重點上是一樣的。下面我們就從多媒體設計原則以及AMA系統教材設計原則下，分別敘述本研究的實驗教材設計所使用的原則（如表3-5）：

表 3-5 實驗教材設計使用原則

	多媒體設計原則	AMA系統教材設計原則
實驗組	1. 連貫原則： (Coherence Principle) 口述文字與圖像都和課程相關。 2. 時間接近原則： (Temporal Contiguity Principle) 相關的口述文字與圖像同時呈現。 3. 多媒體原則： (Multimedia Principle) 口述文字與圖像並用。 4. 形式原則： (Modality Principle) 文字訊息以口述文字呈現。 5. 互動原則： (Interactivity Principle)： 可重複操作，讓學習者可以控制教材呈現的步調。	1. 步驟性： 分解作圖步驟並講解其過程。 2. 定位性： 動態呈現時，畫面產生的訊息在視覺上不會晃動。 3. 互動性： 依學生反應，逐一呈現下個步驟，亦可重複展演。 4. 層次性： 圖像訊息呈現符合角色的比重。 5. 銜接性： 可利用滑鼠的滾輪迴滾，隨時回顧內容，重複觸發展演動畫。
控制組	同上述原則。	同上述原則。
說明： 實驗組與控制組的差別，在於多媒體設計原則中的重複原則。實驗組的教材使用「動畫、口述文字、字幕」；控制組的教材則只使用「動畫及口述文字」。		

此外，兩組教材皆採激發式動態呈現觸發模式：每一步驟可以選擇性、隨意性或預先安排，以按滑鼠左鍵展演動畫或使用滑鼠的滾輪迴滾後再重複觸發。如此可依學習者熟練程度重複練習的教材設計，在課堂授課中，皆可作為

教師授課為導向或學習者學習為導向的教材樣本。

3-3-2 問卷製作

本研究的問卷包括：前測試卷（含作圖步驟）、記憶性作圖測驗（含作圖步驟）、轉化性作圖測驗。前測試卷主要是想了解學生在教學前對教材內容的熟悉程度；記憶性作圖測驗與轉化性作圖測驗皆為瞭解教學後學生的學習效果。分述如下：

三份試題皆依教材內容設計：

1.前測試卷包含：(1)等線段作圖；(2)等角度作圖；(3)垂直平分線作圖；(4)角平分線作圖等四題基本作圖，作圖步驟以填空方式作答，具有提示效果。此試卷用意在於瞭解學生於實驗前對教材內容的熟悉程度。

2.記憶性作圖測驗包含：前測試卷的四題基本作圖，以及三題實驗教材中有教授的延伸題目，作圖步驟亦以填空方式作答，具有提示效果。

3.轉化性作圖測驗包含：七題沒有出現在實驗教材中的延伸題目，因題目本身已有變化，故不測驗作圖步驟。

選定相關題目後，採邏輯分析法，先經過6位任教國中數學的教師（任教年資從5~25年）依教授的內容和受測的試題的吻合程度給予建議，最後結果是21題全數保留（作圖和作圖步驟分開計算題數，方便研究者之後的資料分析），故有基本的專家效度。接著找了實驗學校兩班國中二年級的學生做試題預試，回收的68份試卷中，分析題目的鑑別度及難度，說明如下：

難度分析採高分組及低分組通過率之平均值，數值介於0~1之間，數值愈高表示題目難度愈低，高於0.8則太簡單，低於0.2則太難。

鑑別度為高分組的難度減去低分組的難度所得之值，鑑別度數值介於-1~1之間，數值為負值為不具鑑別度，相關試題應刪去，數值在0.2以上即有參考價值，0.4以上為優良。

題目選擇以選出鑑別度較高（0.2以上）的題目，而本實驗單元旨在教授學習者學會基本作圖，故難度高於0.8的題目仍採用。然而，等線段作圖~1與等線段作圖~2的鑑別度低於0.2本研究仍採用的原因是：等線段作圖步驟~1的鑑別度達0.28，等線段作圖步驟~2的鑑別度達0.46皆符合參考價值，但試題若只測驗作圖步驟，似乎是考驗學習者背誦文字的能力，不符合本研究設計的原意，故等線段作圖~1與等線段作圖~2一併納入採用的題目。

最後由分析後的試題中選出十九題，每題配分如下：

1. 作圖步驟以填空方式作答，故每格一分。
2. 作圖演練依完成程度部分給分：每一題的作圖演練細分多個步驟，每完成一個步驟即給予一分。

前測試卷、記憶性作圖測驗、轉化性作圖測驗三份試題的詳細內容見附錄二。受測試題（預試）的難度與鑑別度分析如下表3-6：

表 3-6 受測試題（預試）難度與鑑別度總表

題號 (性質~題號)	類型	難度	鑑別 度	題號 (性質~題號)	類型	難度	鑑別 度
等線段作圖~0	記憶	0.97	0.05	等線段步驟~2	記憶	0.56	0.46
等線段步驟~0	記憶	0.92	0.14	等角度作圖~2	記憶	0.71	0.57
等角度作圖~1	記憶	0.90	0.20	等角度步驟~2	記憶	0.53	0.59
等角度步驟~1	記憶	0.81	0.29	等線段轉化~1	轉化	0.71	0.57
垂直平分線作圖~1	記憶	0.88	0.24	等角度轉化~1	轉化	0.54	0.91
垂直平分線步驟~1	記憶	0.8	0.29	等線段轉化~2	轉化	0.64	0.71
角平分線作圖~1	記憶	0.78	0.43	等角度轉化~2	轉化	0.54	0.90
角平分線步驟~1	記憶	0.76	0.48	等線段轉化~3	轉化	0.44	0.69
等線段作圖~1	記憶	0.92	0.14	垂直平分線轉化~1	轉化	0.25	0.5
等線段步驟~1	記憶	0.85	0.28	角平分線轉化~1	轉化	0.18	0.38
等線段作圖~2	記憶	0.81	0.12				

3-4 實施步驟與過程

本研究受測的兩個班級不是研究者任教的班級，但為求實驗的準確度提昇，避免學生的新奇性效應。因此，本研究者對受測班級學生皆有如下的說明：

「本次課程主要是幫助老師們瞭解教材設計的優劣性，作為老師日後從事教材設計的參考模式。配合度高表現優良的班級可獲得小禮物獎勵，本課程進行中會有一些測驗，這些測驗不會列入學習成績，僅作為老師研究你們學習狀況是否良好的參考，但作答優良的同學另可獲得精美的小禮物一份。那我們課程開始，現在要發的測驗卷是為了瞭解同學是否已學習過此課程內容，請依你們的學習經驗作答即可。」

此外，本實驗進行前研究者還需確認備妥下列事項：

1. 實驗班級教室單槍投影機、投影布幕、大型擴音音響、聲音傳輸線等，多媒體硬體設備齊全無損壞。
2. 提醒實驗班級學生攜帶直尺、圓規、橡皮擦、鉛筆等文具。

3. 實驗當日，本研究者還需備妥前測試卷、記憶性作圖測驗卷、轉化性作圖測驗卷、鉛筆10隻、橡皮擦10個、圓規10個、碼錶等。主要是預防部分學生忘記攜帶教學實驗工具的問題；而碼錶是作為計時使用。
4. 筆記型電腦配備Microsoft office 2003以及AMA系統。

實驗組與控制組分別進行實驗教學與成效測驗的步驟，如下表3-7所示：

表 3-7 研究實施步驟與所需時間

說明：本研究實驗總需時間60分鐘

實施步驟	所需時間
實驗說明（內容如上所述）	2 分鐘
前測	7 分鐘
實驗教材授課	25 分鐘
後測－記憶性作圖測驗	10 分鐘
後測－轉化性作圖測驗	10 分鐘
緩衝時間	6 分鐘

3-5 資料分析方法

本研究採用 Microsoft Excel 和 SPSS 統計軟體 14.0 版作為資料分析的主要工具。探討教學設計和學業成就對學生的學習成就的交互效果，採獨立樣本二因子變異數分析；學習成就區分前測與後測，前測採獨立樣本 T-檢定。

由於二因子變異數分析牽涉到二個因子的主要效應和交互作用效應的影響，當交互作用效應顯著時，則需要進行單純主要效果的檢驗；反之，若交互作用效應不顯著時，則只需要進行主要效應的檢驗；在這裡的主要效應的檢定，因為自變項中的水準都只有兩個（如 A、B 班，高低組），所以在二因子變異數分析的資料中可直接判讀；至於單純主要效果的考驗，本研究將利用單因子變異數分析來檢定。

在比較不同學業成就在不同的教學設計上，記憶題與轉換題的成績，因為水

準只有兩個，故採獨立樣本T-檢定來檢定兩者平均數的差異。另外，本研究進行資料分析所採用的統計檢定顯著水準分為兩個等級，當顯著水準P-value低於0.05時以*表示；顯著水準P-value低於0.01時以**表示。



第四章 實驗結果與討論

本章將針對受測學生在進行教學實驗後，針對收集的學習成就數據作分析，來檢驗本研究的假設。主要分為三節，4-1 節為整理受測樣本的敘述統計資料；4-2 節為研究假設的檢定；4-3 節為說明研究的發現和結果。

4-1 樣本的敘述統計資料

4-1-1 A、B 班教學實驗相關敘述統計

以下先將本研究的受測樣本(A 班實驗組、B 班控制組)在上學期的成績，以及在教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測學習成就，包含記憶與轉化，並且區分單元，(等線段、等角度、垂直平分線以及角平分線)，所得到成績的平均數與標準差，整理如表 4-1。另外，記憶題目區分每題的作圖與作圖步驟，得到成績的平均數與標準差如表 4-2。



表 4-1 A、B 班教學實驗相關敘述統計表

項目	班別	樣本數	平均數	標準差	
上學期成績	A班(實驗組)	33	80.39	1.73	
	B班(控制組)	32	79.91	2.02	
前測成績	A班(實驗組)	33	5.03	0.51	
	B班(控制組)	32	6.59	0.71	
後測成績	A班(實驗組)	33	91.88	8.35	
	B班(控制組)	32	81.59	6.27	
記憶	總成績	A班(實驗組)	33	59.67	4.54
		B班(控制組)	32	55.00	3.69
	等線段	A班(實驗組)	33	21.12	1.86
		B班(控制組)	32	19.47	1.56
	等角度	A班(實驗組)	33	21.21	2.18
		B班(控制組)	32	18.34	1.93
	垂直平分線	A班(實驗組)	33	8.82	0.43
		B班(控制組)	32	7.75	0.36
	角平分線	A班(實驗組)	33	8.52	0.95
		B班(控制組)	32	9.44	0.71
轉化	總成績	A班(實驗組)	33	32.21	4.72
		B班(控制組)	32	26.59	4.20
	等線段	A班(實驗組)	33	13.30	1.68
		B班(控制組)	32	12.38	1.45
	等角度	A班(實驗組)	33	15.33	2.63
		B班(控制組)	32	11.00	2.43
	垂直平分線	A班(實驗組)	33	2.85	0.78
		B班(控制組)	32	1.94	0.67
	角平分線	A班(實驗組)	33	0.73	0.47
		B班(控制組)	32	1.28	0.71

由表 4-1 得知，在後測學習成就部分，實驗組除了在角平分線的平均值表現低於控制組外，其他的各項學習成就的平均值不論是記憶或轉化的部分，都優於控制組的表現。

而在角平分線單元中，實驗組會低於控制組的因素，研究者認為是兩個原因所造成的：第一，實驗施測結束後，研究者訪談了實驗組與控制組兩班的導師及數學教師，發現兩班學生平時的班級學習風氣，實驗組較控制組容易浮躁、學習較不積極以及專注度較不持久。而本實驗的教材設計，角平分線的部分皆放置在最後一題，有可能實驗組的學生因浮躁，造成答題草率。第二，實

驗組的授課時間是在第七節課進行；控制組的授課時間是在第六節課進行的，雖然事先有告知學生，實驗實施時間大約 60 分鐘，但因第七節課結束後就是放學時間，本研究發現，實驗組的學生在後測作答時的最後幾分鐘時間，因接近下課放學的鐘響，所以就開始浮躁、興奮，甚至整理書包，而角平分線的題目因皆在最後一題，故可能造成部分學生作答草率。

表 4-2 A、B 班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表

項目	班別	樣本數	平均數	標準差
記憶	A 班(實驗組)	33	59.67	4.54
	B 班(控制組)	32	55.00	3.69
作圖總成就	A 班(實驗組)	33	29.64	2.08
	B 班(控制組)	32	32.00	2.10
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	33	30.03	2.68
	B 班(控制組)	32	23.00	2.27
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	33	6.36	0.45
	B 班(控制組)	32	6.31	0.42
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	33	6.36	0.77
	B 班(控制組)	32	4.00	0.75
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	33	2.85	0.11
	B 班(控制組)	32	2.81	0.13
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	33	5.97	0.37
	B 班(控制組)	32	4.94	0.29
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	33	3.09	0.38
	B 班(控制組)	32	4.16	0.32
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	33	5.42	0.60
	B 班(控制組)	32	5.28	0.47
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	33	5.64	0.17
	B 班(控制組)	32	5.56	0.23
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	33	5.33	0.48
	B 班(控制組)	32	4.34	0.49
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	33	4.94	0.66
	B 班(控制組)	32	5.81	0.58
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	33	5.21	0.87
	B 班(控制組)	32	3.75	0.81
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	33	6.76	1.07
	B 班(控制組)	32	7.34	1.07
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	33	1.73	0.32
	B 班(控制組)	32	0.69	0.23

由表 4-2 得知，在記憶題作圖與作圖步驟的學習成就部分，實驗組在作圖部分表現與控制組的表現似乎沒有太大差異。不過，在作圖步驟部分，實驗組表現優於控制組。此現象顯示就整體而言，實驗組的教學設計在作圖步驟部分有提升學生學習成效的趨勢。

4-1-2 學業成就分組下 A、B 班相關敘述統計

在學業成就分組下，高學業成就組及低學業成就組的 A 班實驗組、B 班控制組在上學期的成績，以及在教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測學習成就，包含記憶與轉化，並且區分單元（等線段、等角度、垂直平分線以及角平分線）所得到成績的平均數與標準差，整理表 4-3 和表 4-5。另外，記憶題目區分每題的作圖與作圖步驟，得到成績的平均數與標準差如表 4-4 和表 4-6。



1. 高學業成就組

表 4-3 高學業成就分組下 A、B 班相關敘述統計資料摘要總表

		班別	樣本數	平均數	標準差
上學期成績		A 班(實驗組)	17	87.88	1.09
		B 班(控制組)	16	88.88	1.08
前測成績		A 班(實驗組)	17	5.94	0.75
		B 班(控制組)	16	8.63	1.11
後測成績		A 班(實驗組)	17	124.00	9.27
		B 班(控制組)	16	102.38	8.51
記憶	總成績	A 班(實驗組)	17	77.06	4.92
		B 班(控制組)	16	68.38	3.96
	等線段	A 班(實驗組)	17	28.12	2.08
		B 班(控制組)	16	23.88	1.89
	等角度	A 班(實驗組)	17	28.29	2.87
		B 班(控制組)	16	25.13	2.45
	垂直平分線	A 班(實驗組)	17	9.88	0.08
		B 班(控制組)	16	8.50	0.20
	角平分線	A 班(實驗組)	17	10.76	1.11
		B 班(控制組)	16	10.88	0.68
轉化	總成績	A 班(實驗組)	17	46.94	6.31
		B 班(控制組)	16	34.00	7.34
	等線段	A 班(實驗組)	17	17.18	1.99
		B 班(控制組)	16	13.19	2.29
	等角度	A 班(實驗組)	17	23.59	3.43
		B 班(控制組)	16	16.31	4.12
	垂直平分線	A 班(實驗組)	17	4.82	1.23
		B 班(控制組)	16	2.88	1.13
	角平分線	A 班(實驗組)	17	1.35	0.90
		B 班(控制組)	16	1.63	1.09

由表 4-3 得知，高學業成就組中，實驗組不論是在記憶題或轉化題的表現，除了角平分線之外，其平均表現都優於控制組的表現。顯示在高學業成就組下，實驗組的教學設計在記憶與轉化部分似乎有提升學生學習成效的趨勢。

表 4-4 高學業成就組下 A、B 班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表

項目	班別	樣本數	平均數	標準差
記憶	A 班(實驗組)	17	77.06	4.92
	B 班(控制組)	16	68.38	3.96
作圖總成就	A 班(實驗組)	17	37.71	2.42
	B 班(控制組)	16	37.94	2.67
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	17	39.35	2.66
	B 班(控制組)	16	30.44	2.66
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	17	7.12	0.61
	B 班(控制組)	16	7.06	0.53
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	17	8.06	0.95
	B 班(控制組)	16	5.75	1.08
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	17	3.00	0.00
	B 班(控制組)	16	2.81	0.19
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	17	6.88	0.08
	B 班(控制組)	16	5.69	0.12
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	17	4.00	0.45
	B 班(控制組)	16	4.44	0.39
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	17	6.76	0.73
	B 班(控制組)	16	6.44	0.43
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	17	6.00	0.00
	B 班(控制組)	16	5.75	0.25
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	17	6.59	0.51
	B 班(控制組)	16	5.88	0.47
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	17	7.29	0.81
	B 班(控制組)	16	6.69	0.76
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	17	8.24	1.07
	B 班(控制組)	16	5.56	1.25
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	17	10.29	1.29
	B 班(控制組)	16	11.19	1.18
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	17	2.82	0.47
	B 班(控制組)	16	1.13	0.40

由表 4-4 得知，在高學業成就組中，實驗組作圖總成就部分表現並無明顯高於控制組的表現。不過，在作圖步驟部分，實驗組優於控制組。此現象顯示在高學業成就組中，實驗組的教學設計在作圖步驟部分有提升學生學習成效的趨勢。

2. 低學業成就組

表 4-5 低學業成就分組下 A、B 班相關敘述統計資料摘要總表

		班別	樣本數	平均數	標準差
上學期成績		A 班(實驗組)	16	72.44	1.91
		B 班(控制組)	16	70.94	2.21
前測成績		A 班(實驗組)	16	4.06	0.60
		B 班(控制組)	16	4.56	0.53
後測成績		A 班(實驗組)	16	57.75	7.67
		B 班(控制組)	16	60.81	5.68
記憶	總成績	A 班(實驗組)	16	41.19	4.36
		B 班(控制組)	16	41.63	4.10
	等線段	A 班(實驗組)	16	13.69	1.79
		B 班(控制組)	16	15.06	1.99
	等角度	A 班(實驗組)	16	13.69	2.05
		B 班(控制組)	16	11.56	1.82
	垂直平分線	A 班(實驗組)	16	7.69	0.81
		B 班(控制組)	16	7.00	0.64
	角平分線	A 班(實驗組)	16	6.13	1.36
		B 班(控制組)	16	8.00	1.17
轉化	總成績	A 班(實驗組)	16	16.56	4.63
		B 班(控制組)	16	19.19	3.45
	等線段	A 班(實驗組)	16	9.19	2.38
		B 班(控制組)	16	11.56	1.85
	等角度	A 班(實驗組)	16	6.56	2.67
		B 班(控制組)	16	5.69	1.90
	垂直平分線	A 班(實驗組)	16	0.75	0.63
		B 班(控制組)	16	1.00	0.71
	角平分線	A 班(實驗組)	16	0.06	0.06
		B 班(控制組)	16	0.94	0.94

由表 4-5 得知，在低學業成就組中，實驗組不論是在記憶題或轉化題的表現與控制組的表現並無明顯的差異。此現象顯示在低學業成就組下，實驗組的教學設計對於學生在記憶與轉化部分的學習成效，並無明顯提升效果的趨勢。

表 4-6 低學業成就組下 A、B 班教學實驗作圖與作圖步驟敘述統計表

項目	班別	樣本數	平均數	標準差
記憶	A 班(實驗組)	16	41.19	4.36
	B 班(控制組)	16	41.63	4.10
作圖總成就	A 班(實驗組)	16	21.06	1.71
	B 班(控制組)	16	26.06	2.54
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	16	20.13	3.30
	B 班(控制組)	16	15.56	2.60
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	16	5.56	0.63
	B 班(控制組)	16	5.56	0.61
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	16	4.56	1.07
	B 班(控制組)	16	2.25	0.87
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	16	2.69	0.22
	B 班(控制組)	16	2.81	0.19
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	16	5.00	0.70
	B 班(控制組)	16	4.19	0.52
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	16	2.13	0.53
	B 班(控制組)	16	3.88	0.51
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	16	4.00	0.85
	B 班(控制組)	16	4.13	0.74
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	16	5.25	0.32
	B 班(控制組)	16	5.38	0.40
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	16	4.00	0.71
	B 班(控制組)	16	2.81	0.67
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	16	2.44	0.60
	B 班(控制組)	16	4.94	0.83
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	16	2.00	0.83
	B 班(控制組)	16	1.94	0.83
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	16	3.00	1.14
	B 班(控制組)	16	3.50	1.15
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	16	0.56	0.16
	B 班(控制組)	16	0.25	0.19

由表 4-6 得知，在低學業成就組中，實驗組在作圖部分表現大部分都低於控制組的表現。不過，在作圖步驟部分，實驗組的表現大部分優於控制組。此現象顯示在低學業成就組中，實驗組的教學設計在作圖部分似乎有降低學生學習成效的現象，但是在作圖步驟部分卻有提升學生學習成效的趨勢。

4-2 研究假設的檢定

4-2-1 教學設計與學業成就對學習成就的影響

假設一：教學設計與學業成就在學習成就的表現有顯著交互效果。

建立假設一的虛無假設 H_01 ，敘述如下

H_01 ：教學設計與學業成就在學習成就上沒有顯著的交互作用。

【統計分析資料】

以下將教學設計與學業成就對學習成就的 2×2 二因子變異數分析資料整理如下表4-7，我們可以很清楚地看到每一個交叉分組的人數資料與平均數的資料。

表 4-7 2×2 二因子變異數分析資料（學習成就）註：底線的數字為學習成就平均數

因子		學業成就		合計人數
		高	低	
教學設計	A班（實驗組）	實—高（17人）	實—低（16）	（33）
		<u>124.00</u>	<u>57.75</u>	<u>91.88</u>
	B班（控制組）	控—高（16人）	控—低（16）	（32）
		<u>102.38</u>	<u>60.81</u>	<u>81.59</u>
合計	人數	（33人）	（32）	（65）
	平均數	<u>113.52</u>	<u>59.28</u>	<u>86.82</u>

針對教學設計與學業成就進行二因子變異數分析，我們可以得到主效應與交互作用的檢定結果，如表 4-8 所示。兩因子間的交互效果剖面圖如圖 4-1 和 4-2 所示。

表 4-8 二因子變異數分析表（教學設計與學業成就對學習成就）

變異來源	SS	DF	MS	F	P-value
教學設計	1398.837	1	1398.837	1.36	0.248
學業成就	47188.083	1	47188.083	45.99	0.000**
教學設計* 學業成就	2474.277	1	2474.277	2.41	0.126
組內（誤差）	62593.188	61	1026.118		
總變異	114307.785	64			

學習成就的估計邊緣平均數

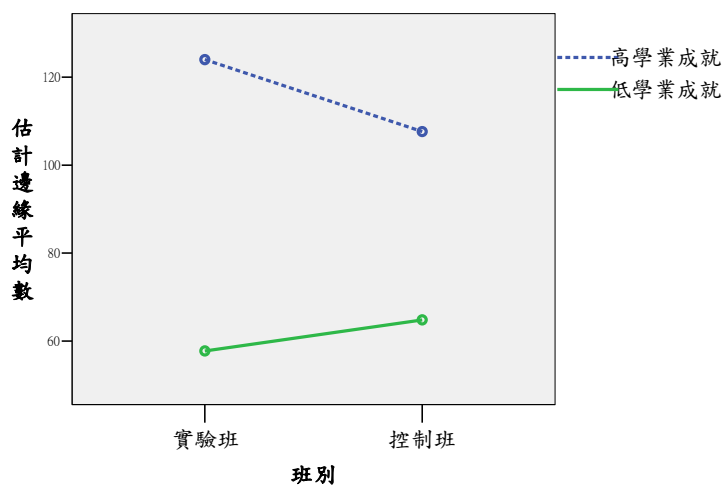


圖 4-1 教學設計與學業成就對學習成就影響之交互效果圖示 (以學業成就為個別線)

學習成就的估計邊緣平均數

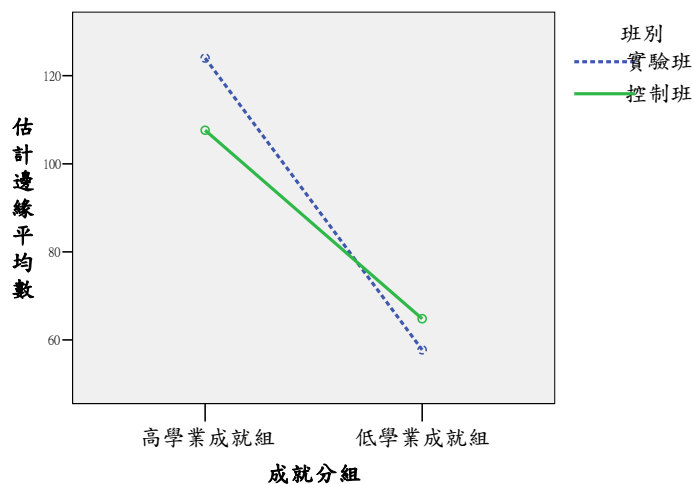


圖 4-2 教學設計與學業成就對學習成就影響之交互效果圖示 (以教學設計為個別線)

由表 4-8 二因子變異數分析表中，我們可以看到教學設計和學業成就對學習成就的交互效果之檢定結果，F 值為 2.41，P 值為 $0.126 > 0.05$ ，顯示教學設計與學業成就在學習成就的表現並沒有顯著的交互作用。因此，在二因子變異數分析中，當交互作用不顯著時，則需要分別進行教學設計與學業成就的主要效果的比較。所需要驗證的假設如下：

1. 不同教學設計的學生(實驗組、控制組)，其學習成就有顯著差異。
 2. 不同學業成就的學生(高學業成就、低學業成就)，其學習成就有顯著差異。
- 驗證以上的假設，我們採用獨立樣本 T 檢定，檢定結果發現不同的教學設計對學生的學習成就並無顯著差異($P\text{-value}=0.331 > 0.05$)；不同的學業成就對學生的學習成

就有顯著的差異(P-value<0.05)，檢定結果如表 4-9 所示。

表 4-9 分組獨立樣本 T 檢定結果分析表 (教學設計與學業成就)

比較樣本	Levene's test		T統計量	自由度	P-value (雙尾)	
	F統計量	P-value				
教學設計	A班實驗組	3.157	0.08	0.981	63	0.331
	B班控制組					
學業成就	高學業成就	5.306	0.025	6.762	59	0.000**
	低學業成就					

【假設驗證】

表 4-8 二因子變異數分析表中，我們可以看到教學設計和學業成就對學習成就的交互效果之檢定結果，F 值為 2.41，P 值為 0.126>0.05。因此無法拒絕虛無假設 H_0 ，顯示教學設計與學業成就在學習成就的表現並無顯著交互作用。假設一不成立。

記憶題與轉化題的表現

進一步探討在學業成就分組下，不同的教學設計在記憶題和轉化題的表現。今將各分組分班記憶題、轉化題的敘述統計資料整理如下表 4-10，以及各分組獨立樣本 T 檢定的結果整理如下表 4-11。

表 4-10 記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's test		T統計量	自由度	P-value (雙尾)
		F統計量	P-value			
前測成績	A班(實驗組)	1.725	0.194	-1.806	63	0.076
	B班(控制組)					
後測成績	A班(實驗組)	3.157	0.080	0.981	63	0.331
	B班(控制組)					
記憶	A班(實驗組)	3.561	0.064	0.795	63	0.430
	B班(控制組)					
轉化	A班(實驗組)	2.028	0.159	0.887	63	0.379
	B班(控制組)					
等線段記憶	A班(實驗組)	4.016	0.049	0.679	61	0.499
	B班(控制組)					
等角度記憶	A班(實驗組)	1.058	0.308	0.983	63	0.330
	B班(控制組)					
垂直平分線記憶	A班(實驗組)	0.776	0.382	1.896	63	0.063
	B班(控制組)					
角平分線記憶	A班(實驗組)	9.752	0.003	-0.776	59	0.441
	B班(控制組)					
等線段轉化	A班(實驗組)	2.967	0.090	0.417	63	0.678
	B班(控制組)					
等角度轉化	A班(實驗組)	2.123	0.150	1.209	63	0.231
	B班(控制組)					
垂直平分線轉化	A班(實驗組)	2.632	0.110	0.882	63	0.381
	B班(控制組)					
角平分線轉化	A班(實驗組)	2.231	0.140	-0.654	63	0.516
	B班(控制組)					

由表 4-10 得知，就整體而言，不同的教學設計不論是在記憶題或轉化題的學習成效上，並無顯著的差異。在單元區分的情況下，教學設計對於學習成效上也沒有顯著的影響。

表 4-11 高學業成就組-記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's test		T統計量	自由度	P-value (雙尾)
		F統計量	P-value			
前測成績	A班(實驗組)	1.363	0.252	-2.021	31	0.052
	B班(控制組)					
後測成績	A班(實驗組)	0.090	0.766	1.713	31	0.097
	B班(控制組)					
記憶	A班(實驗組)	0.840	0.367	1.365	31	0.182
	B班(控制組)					
轉化	A班(實驗組)	0.425	0.519	1.342	31	0.189
	B班(控制組)					
等線段記憶	A班(實驗組)	0.020	0.889	1.503	31	0.143
	B班(控制組)					
等角度記憶	A班(實驗組)	0.300	0.588	0.835	31	0.410
	B班(控制組)					
垂直平分線記憶	A班(實驗組)	9.309	0.005	6.299	20	0.000**
	B班(控制組)					
角平分線記憶	A班(實驗組)	3.554	0.069	-0.083	31	0.934
	B班(控制組)					
等線段轉化	A班(實驗組)	0.228	0.636	1.320	31	0.197
	B班(控制組)					
等角度轉化	A班(實驗組)	3.843	0.059	1.364	31	0.182
	B班(控制組)					
垂直平分線轉化	A班(實驗組)	3.677	0.064	1.167	31	0.252
	B班(控制組)					
角平分線轉化	A班(實驗組)	0.377	0.544	-0.193	31	0.848
	B班(控制組)					

由表 4-11 得知，在高學業成就組中，教學設計對於記憶題或轉化題的學習成效上，並無顯著的差異。在單元區分的情況下，教學設計僅在垂直平分線記憶題中，對於學習成效有顯著的影響，檢定結果 P-value 為 $0.00 < 0.01$ 。

表 4-12 低學業成就組-記憶題與轉化題區分單元之獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's test		T統計量	自由度	P-value (雙尾)
		F統計量	P-value			
前測成績	A班(實驗組)	0.085	0.773	-0.622	30	0.538
	B班(控制組)					
後測成績	A班(實驗組)	5.779	0.023	-0.321	28	0.751
	B班(控制組)					
記憶	A班(實驗組)	0.498	0.486	-0.073	30	0.942
	B班(控制組)					
轉化	A班(實驗組)	2.819	0.104	-0.455	30	0.653
	B班(控制組)					
等線段記憶	A班(實驗組)	0.004	0.949	-0.514	30	0.611
	B班(控制組)					
等角度記憶	A班(實驗組)	0.356	0.555	0.774	30	0.445
	B班(控制組)					
垂直平分線記憶	A班(實驗組)	1.844	0.185	0.666	30	0.510
	B班(控制組)					
角平分線記憶	A班(實驗組)	0.627	0.435	-1.048	30	0.303
	B班(控制組)					
等線段轉化	A班(實驗組)	1.855	0.183	-0.788	30	0.437
	B班(控制組)					
等角度轉化	A班(實驗組)	2.072	0.160	0.267	30	0.791
	B班(控制組)					
垂直平分線轉化	A班(實驗組)	0.332	0.569	-0.264	30	0.793
	B班(控制組)					
角平分線轉化	A班(實驗組)	3.982	0.055	-0.931	30	0.359
	B班(控制組)					

由表 4-12 得知，在低學業成就組中，教學設計對於記憶題或轉化題的學習成效上，並無顯著的差異。在單元區分的情況下，教學設計對於學習成效上也沒有顯著的影響。

4-2-2 教學設計對於作圖與作圖步驟上學習成就的影響

假設二：教學設計針對作圖步驟學習成就的表現有顯著的影響。

建立假設二的虛無假設 H_02 ，敘述如下：

H_02 ：教學設計針對作圖步驟學習成就上沒有顯著的影響。

【統計分析資料】

針對假設二，首先統計作圖與作圖步驟的學習總成就，並且統計每一題的作圖與作圖步驟的學習成就。進行教學設計對作圖以及教學設計對作圖步驟學習成就的獨立樣本 T 檢定，如表 4-13 所示。並且分別進行在高學業成就組以及低學業成就組下，教學設計對作圖以及作圖步驟學習成就的獨立樣本 T 檢定，如表 4-14 與 4-15 所示。



表 4-13 作圖與作圖步驟分組獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's	顯著性	T 統計量	自由度	顯著性 (雙尾)
		Test F 檢定				
記憶	A 班(實驗組)	3.561	0.064	0.795	63	0.430
	B 班(控制組)					
作圖總成就	A 班(實驗組)	0.075	0.784	-0.799	63	0.427
	B 班(控制組)					
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	1.526	0.221	1.998	63	0.050*
	B 班(控制組)					
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	0.060	0.807	0.083	63	0.934
	B 班(控制組)					
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	0.014	0.908	2.202	63	0.031*
	B 班(控制組)					
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	0.204	0.653	0.213	63	0.832
	B 班(控制組)					
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	0.956	0.332	2.164	63	0.034*
	B 班(控制組)					
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	7.763	0.007**	-2.152	62	0.035*
	B 班(控制組)					
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	5.854	0.018*	0.187	60	0.853
	B 班(控制組)					
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	0.433	0.513	0.259	63	0.797
	B 班(控制組)					
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	0.072	0.789	1.438	63	0.155
	B 班(控制組)					
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	2.766	0.101	-0.996	63	0.323
	B 班(控制組)					
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	1.056	0.308	1.230	63	0.223
	B 班(控制組)					
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	0.019	0.890	-0.389	63	0.699
	B 班(控制組)					
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	5.730	0.020*	2.618	58	0.011*
	B 班(控制組)					

由表 4-13 得知，教學設計在作圖總成就上並無顯著差異(P-value=0.427)，但是對作圖步驟總成就有顯著的差異(P-value=0.05)。在各題的表現上，教學設計在作

圖部分有顯著差異的題目為角平分線作圖 1，P-value 為 $0.035 < 0.05$ ；在作圖步驟部分有顯著差異的題目為等角度步驟~1、垂直平分線步驟~1、等角度步驟~2，其 P-value 分別為 0.031、0.034 以及 0.011，皆小於 0.05。

表 4-14 高學業成就組-作圖與作圖步驟分組獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's	顯著性	T 統計量	自由度	顯著性 (雙尾)
		Test F 檢定				
記憶	A 班(實驗組)	0.840	0.367	1.365	31	0.182
	B 班(控制組)					
作圖總成就	A 班(實驗組)	0.060	0.808	-0.065	31	0.949
	B 班(控制組)					
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	0.005	0.946	2.367	31	0.024*
	B 班(控制組)					
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	0.003	0.955	0.068	31	0.946
	B 班(控制組)					
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	1.511	0.228	1.612	31	0.117
	B 班(控制組)					
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	4.889	0.035*	1.032	15	0.333
	B 班(控制組)					
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	8.316	0.007**	8.283	27	0.000**
	B 班(控制組)					
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	1.151	0.292	-0.737	31	0.466
	B 班(控制組)					
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	6.127	0.019*	0.387	26	0.702
	B 班(控制組)					
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	4.889	0.035*	1.000	15	0.333
	B 班(控制組)					
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	1.107	0.301	1.016	31	0.317
	B 班(控制組)					
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	0.003	0.958	0.545	31	0.590
	B 班(控制組)					
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	2.683	0.112	1.628	31	0.114
	B 班(控制組)					
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	0.962	0.334	-0.509	31	0.614
	B 班(控制組)					
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	0.994	0.326	2.740	31	0.01**
	B 班(控制組)					

由表 4-14 得知在高學業成就組下，教學設計在不不論是作圖總成就或各題目上，並無顯著差異。另一方面，教學設計對作圖步驟總成就有顯著的差異， $P\text{-value}=0.024$ 。在各題的表現上，有顯著差異的題目為垂直平分線步驟~1、等角度步驟~2，其 $P\text{-value}$ 皆小於 0.05。

表 4-15 低學業成就組-作圖與作圖步驟分組獨立樣本 T 檢定分析表

項目	比較樣本	Levene's Test		T 統計量	自由度	顯著性 (雙尾)
		F 檢定	顯著性			
記憶	A 班(實驗組)	0.498	0.486	-0.073	30	0.942
	B 班(控制組)					
作圖總成就	A 班(實驗組)	2.706	0.110	-1.630	30	0.114
	B 班(控制組)					
作圖步驟總成就	A 班(實驗組)	2.206	0.148	1.087	30	0.286
	B 班(控制組)					
等角度作圖~1	A 班(實驗組)	0.000	1.000	0.000	30	1.000
	B 班(控制組)					
等角度步驟~1	A 班(實驗組)	3.002	0.093	1.676	30	0.104
	B 班(控制組)					
垂直平分線作圖~1	A 班(實驗組)	0.698	0.410	-0.434	30	0.667
	B 班(控制組)					
垂直平分線步驟~1	A 班(實驗組)	1.581	0.218	0.937	30	0.356
	B 班(控制組)					
角平分線作圖~1	A 班(實驗組)	0.445	0.510	-2.382	30	0.024*
	B 班(控制組)					
角平分線步驟~1	A 班(實驗組)	0.262	0.612	-0.111	30	0.913
	B 班(控制組)					
等線段作圖~1	A 班(實驗組)	0.002	0.965	-0.244	30	0.809
	B 班(控制組)					
等線段步驟~1	A 班(實驗組)	0.018	0.895	1.217	30	0.233
	B 班(控制組)					
等線段作圖~2	A 班(實驗組)	1.797	0.190	-2.445	30	0.021*
	B 班(控制組)					
等線段步驟~2	A 班(實驗組)	0.003	0.958	0.053	30	0.958
	B 班(控制組)					
等角度作圖~2	A 班(實驗組)	0.052	0.821	-0.309	30	0.759
	B 班(控制組)					
等角度步驟~2	A 班(實驗組)	0.550	0.464	1.253	30	0.220
	B 班(控制組)					

由表 4-15 得知在低學業成就組下，教學設計不論在作圖或作圖步驟總成就上皆無顯著差異。在作圖部分各題表現上，有顯著差異的題目僅有角平分線作圖~1、等線段作圖~2，其 P-value 分別為 0.024、0.021，皆小於 0.05。另一方面，教學設計在作圖步驟部分則沒有顯著差異的題目。

【假設驗證】

由表4-13中，我們得知教學設計對於學生在作圖步驟學習成就的檢定結果，T 統計量為1.998，P-value為0.05。因此拒絕虛無假設 H_0 2，顯示教學設計對於學生在作圖步驟學習成效上有顯著的差異，假設二成立。

4-3 研究發現與結果

4-3-1 教學設計與學業成就對學習成就的影響

由表 4-8 得知教學設計和學業成就對學習成就的交互作用並不顯著；教學設計的主效應不顯著，而學業成就的主效應顯著（教學設計：F 值為 1.36，P 值為 0.248>0.05；學業成就：F 值為 45.99，P 值為 0.00<0.01）。在二因子變異數分析中，當交互作用未達顯著時，僅需進行主效應的檢定。又二個因子都只有二個水準，故可直接比較平均數；由前述表 4-7 學習成就平均數，實驗組為 91.88，控制組為 81.59，顯示在學習成就的表現上，實驗組有優於控制組的趨勢，但並不明顯。高學業成就組為 113.52，低學業成就組為 59.28，顯示在學習成就的表現上，高學業成就組明顯優於低學業成就組。

由剖面圖來分析，圖 4-1 可以看出在不論在實驗組或控制組中，高學業成就組的學習成就表現皆高於低學業成就組，原因可歸究於學生本質必然的結果，故不另做討論。但在實驗組的不同學業成就分組的學業成就差異，相較於控制組中的不同學業成就分組的學業成就差異增大了，顯示實驗組的教學設計，使得高學業成就組的學生在學習成就上有較大幅度的提升，拉遠了和低學業成就組的學習成就。由圖 4-2 可以看出在高學業成就組中實驗組的學習成就高於控制組，但在低學業成就組中，沒有相同的現象，這顯示了實驗組的教學設計，對高學業成就組的學生有較好的學習成就；但低高學業成就組則無此現象。

由表 4-9 教學設計與學習成就的 T 檢定表結果，說明在統計的顯著性上，教學設計的不同對於學生的學習成就並無顯著差異(P-value=0.331>0.05)。學生學業成就的不同對於學習成就有顯著的差異(P-value=0.00<0.01)。

另一方面，在記憶題與轉化題的表現上，綜合表 4-10、表 4-11、表 4-12 得知，不論在高學業成就組或低學業成就組下，教學設計對於學生在記憶題以及轉化題上的學習成效，皆無明顯的影響。在單元區分下，教學設計在記

憶題以及轉化題上的學習成效也沒有顯著的影響。此現象顯示，不同的教學設計在記憶題與轉化題的學習成效表現上可視為相同。

4-3-2 教學設計對於作圖與作圖步驟上學習成就的影響

由表 4-13 中，我們得知教學設計對於學生在作圖步驟學習成就有顯著的差異，T 統計量為 1.998，P-value 為 0.05。另外，在作圖學習成就上則無顯著差異，T 統計量為-0.799，P-value 為 0.427。顯示實驗組的教學設計對於純作圖的學習上，並無提升學習成效的趨勢。但是在提升以文字描述作圖步驟的學習成效上，有顯著的效果。

另外，在高學業成就組中，教學設計對於學生在作圖步驟的學習成效上有顯著的影響，其檢定結果 P-value 為 $0.024 < 0.05$ 。但是在低學業成就組中，教學設計對於學生在作圖步驟的學習成向上並無明顯的影響，其檢定結果 P-value 為 $0.286 > 0.05$ 。會造成此一現象的原因，我們推論高學業成就的學生相對於低學業成就的學生，在文字理解的能力與學業成就的高低呈現正相關。因此，實驗組的教學設計對於高學業成就的學生在作圖步驟的學習成效上有正面提升的效果，但是對於低學業成就的學生則無明顯提升的效果。

4-3-3 作圖與作圖步驟學習成就之相關性

作圖與作圖步驟學習成就之相關係數如表 4-16 所示。我們得知整體而言，作圖與作圖步驟的成績表現呈現中度正相關，相關係數為 0.593，其散佈圖如圖 4-3 所示。另一方面，分別就實驗組與控制組來看，作圖與作圖步驟學習成就表現上，在實驗組中是呈現高度正相關，相關係數高達 0.815，其散佈圖如圖 4-4 所示；在控制組中僅呈現中低度正相關，相關係數為 0.428，其散佈圖如 4-5 所示。

表 4-16 作圖與作圖步驟相關性分析表

作圖與作圖步驟相關性分析		
	Pearson 相關係數	顯著性 (雙尾)
整體	0.593	0.000**
實驗組	0.815	0.000 **
控制組	0.428	0.015 *

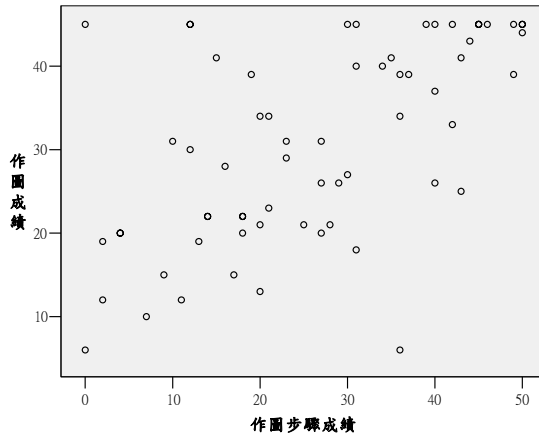


圖 4-3 整體之作圖與作圖步驟成績散佈圖

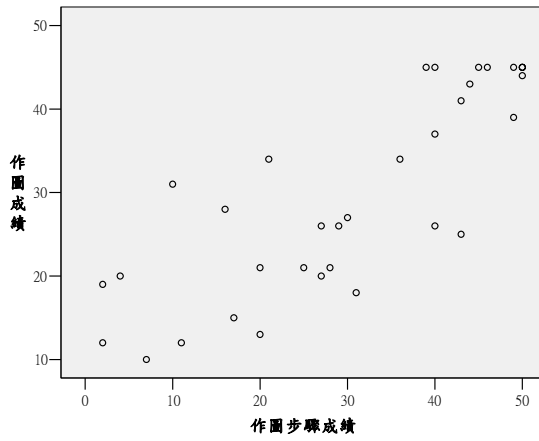


圖 4-4 實驗組之作圖與作圖步驟成績散佈圖

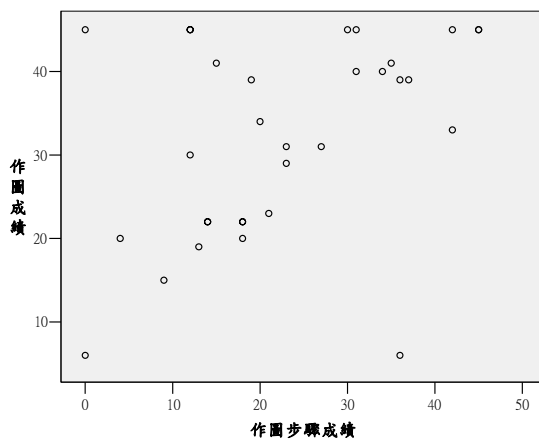


圖 4-5 控制組之作圖與作圖步驟成績散佈圖

由以上結果可得知，學生的作圖步驟成績與作圖成績基本上是呈現正相關的趨勢。尤其在實驗組中，此正相關的趨勢特別顯著。顯示會作圖的學生在敘述作

圖步驟的能力較高。另一方面，在控制組中，此正相關的趨勢僅呈現中低度正相關，顯示會作圖的學生在敘述作圖步驟的能力未必有所提升。綜合以上討論，我們發現，有字幕的教學設計在提升學生敘述作圖步驟的能力上，對於高學業成就者的影響比低學業成就者顯著。



第五章 結論與建議

研究以準實驗法探討激發式動態呈現觸發模式下一尺規作圖單元有無字幕的教學設計，對於不同學業成就的學生在學習成效的影響。本章將針對本研究的結果作出結論與建議。本章共分成三節：5-1 節依據第四章實驗結果與討論作出相關結論；5-2 節說明本研究貢獻；5-3 節為後續研究的建議。

5-1 研究結論

綜合第四章的實驗結果與討論，本研究得到以下的結論：

1. 教學設計與學業成就在學習成就的表現並無顯著交互作用。然而，實驗組的不同學業成就分組的學習成就差異，相較於控制組中的不同學業成就分組的學習成就差異增大了，顯示實驗組的教學設計，使得高學業成就組的學生在學習成就上有較大幅度的提升，這顯示了實驗組的教學設計，對高學業成就組的學生有較好的學習成就；但低學業成就組則無此現象。
2. 在尺規作圖單元中，本實驗教材設計對於記憶性作圖與轉化性作圖的學習成效並無顯著的影響。也就是說，有無字幕的教材對於記憶性作圖或轉化性作圖上，並不影響學習成效。
3. 教學設計針對作圖步驟學習成就的表現有顯著的影響。雖然本實驗僅在等角度步驟~1、等角度步驟~2、垂直平分線步驟~1 這三個作圖步驟描述上有顯著成效，但此結果足以說明，具「動畫、口述文字與字幕」的教材設計不一定劣於只具「動畫與口述文字」的教材，而是要視教材設計的單元內容來決定字幕的增刪與否。
4. 在實驗組中，學生作圖步驟與作圖的能力呈現高度正相關，顯示會作圖的學生在敘述作圖步驟的能力較高。

5-2 研究貢獻

基於本研究所得的結論，我們可提出幾個研究貢獻

1. Mayer 在多媒體設計原則中的重複原則 (Redundancy Principle) 提出：「具

有動畫與口述文字」的教材優於「具有動畫、口述文字與字幕」的教材。然而，本研究發現：在激發式動態呈現觸發模式下，同時具有動畫、口述文字與字幕的教學設計，不一定劣於無字幕的教學設計，而是要視教學單元來取捨字幕。

2. 本研究發現在國中二年級下學期「尺規作圖」單元中，加入字幕的教學設計可提升學習者學習成效。因此，建議教師們，未來在教授本單元時，可增加字幕來提升教學效果。
3. 本研究發現在實驗組中，學生的作圖步驟與作圖能力呈現高度正相關。因此，未來教師們在教授本單元時，可優先考慮提升學生的作圖能力。那麼，在有字幕的教學設計下，學生敘述作圖步驟的能力必然隨之提升。

5-3 未來研究方向

本教材設計對於低學業成就組的學生而言，在學習成效上相較於高學業成就組並無顯著的成效。因此，讓我們聯想到學生的語文能力是否與數學學業成就成正相關，而導致本教材在低學業成就組上沒有提升的效果。因此未來進一步的研究方向主要如下：

1. 針對研究對象的語文能力與數學學業成就的相關性分析。進而探討是否需將學生的語文能力納為影響數學學習成就的因子之一。
2. 以激發式動態呈現的方式去設計其他單元或學科的簡報教材，檢視學生在學習成就的表現，是否也如本研究所觀察到的現象。
3. 本研究的教學實驗中並未給學生有實例作練習的機會，較不同平常上課的模式，為更貼近實際上課的現場，可設計在教學過程給予實例練習，對提升學習成效應該會有更好的表現。
4. 本研究設計以激發式動態之觸發模式的方式呈現，不僅可作為教師授課為導向的教材亦可作為學習者學習為導向的教材。若可將此研究時間延長至一週以上，讓學習者可視學習進度重複觸發演練，對提升學習成效應該有更好的表現。

參考文獻

中文部分

- 李素卿譯 (2003), Eysenck, M. W., & Keane, M. T. 著。認知心理學。台北：五南。
- 李進福 (2006)。數學教材設計之研究—以視覺設計理論為基礎。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 吳明隆 & 涂金堂 (2008)。SPSS與統計應用分析修訂版。台北：五南。
- 邱建偉 (2005)。在數學簡報系統上設計數學教材之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 林麗娟 (2000)。電腦視覺設計：動態性因素與學生特質探討。台北：輔仁大學出版社。
- 林煜庭 (2008)。適性指標：多媒體學習中一種基於視覺認知理論的引導方式。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 柯華歲 (2007)。智力測驗如何測出智商。科學人雜誌網站 Retrieved 12.29, 2007, from <http://sa.ylib.com/circus/circusshow.asp?FDocNo=1014&CL=8>。
- 柯華歲審訂 (2004), Byrnes, J. P. 著。心智、大腦與學習-認識心理及教育相關之神經科學研究。台北：洪葉文化事業有限公司。
- 洪志成 (1985)。台北縣市國中學生數學科自我概念及其有關因素之研究。台北：國立台灣師範大學。
- 洪蘭譯 (2001), Squire, L. R., & Kandel, E. R. 著。透視記憶。遠流出版社。
- 陳明璋主編 (2005)。萬腦奔騰數學網(三) - 數學科學與資訊科技共舞。國立交通大學理學院網路學習碩士專班。
- 陳明璋(2006)。數學簡報系統—一個克服數位落差之教師專業發展環境。第十屆全球華人計算機教育研討會, Jun. 2 ~ 5. 2006, 北京清華大學。
- 張立明 (2008)。利用認知負荷理論分析多媒體電腦輔助教學對學習成效之影響。澳門大學教育學院「認知負荷理論：研究與應用」學術研討會。
- 彭元豐 (2005)。數學簡報系統的構圖環境之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 游恆山譯 (1997), Zimbardo, P. G., & Gerrig, R. J. 著。心理學導論。台北：五南。
- 楊美雪 (2002)。教學媒體訊息設計之研究。台北：漢文。
- 路君約, 程法泌, & 盧欽銘 (1991)。國民中學智力測驗指導手冊。台北市：中國行為科學社。
- 潘正安 (1985)。國中學生科學態度之研究。台北：國立台灣師範大學。
- 蘇柏奇 (2006)。數學教材設計之研究—以知覺理論為基礎。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。

英文部分

- Abrams, R. A., & Christ, S. E. (2004). Automatic capture of attention by the onset of motion. *Journal of Vision*, 4(8), 826-826.
- Baddeley, A. (1997). *Human memory: Theory and practice*: Allyn and Bacon.
- Bishop, A. L. (1989). *Mathematical enculturation*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Chen, M., & Tan, N.-c. (2007, December 16 - 17). A study of interactive mathematical environments for teacher with trigger-based animation. *Paper presented at the Asian Technology Conference in Mathematics*, Taipei, Taiwan.
- Chen, M., Wu, H.-m., & Tan, N.-c. (2008, Feb. 29 ~ Mar. 2). Making PowerPoint More Effective: A Test on Trigger-based Animation, *2nd International Cognitive Load Theory Conference*, Wollongong, Australia.
- Clements, H., & Battista, T. M. (1990). Experience, problem solving, and discourse as central aspects of constructivism. *Arithmetic Teacher*, December, 34-35.
- Cook, L. K., & Mayer, R. E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 448-456.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2000). *Cognitive psychology: A student's handbook (4 ed.)*: Psychology Press.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(4), 351-371.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397.
- Mayer, R. E., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. [article]. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 187-198.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38 (1), 1-4
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. Oxford, England: Oxford University Press.

Sternberg, R. J. (2003) . *Cognitive psychology (3 ed.)*: Thomson Learning.

Winn, W. (1993) . Perception principles. In M. Fleming, & W. H. Levie (Eds.) ,
Instructional message design :Principles from the behavioral and cognitive science
(2ed., pp. 55 - 119) . New Jersey: Englewood Cliffs.

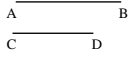


附 錄 一

投影片 13

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$



開始
作圖

投影片 14

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD}



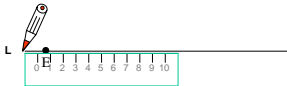
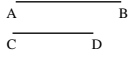
上一步

下

投影片 15

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD}
1: 作一直線 L ，並取一點為 E



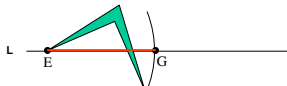
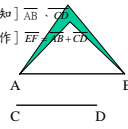
上一步

下

投影片 16

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD}
1: 作一直線 L ，並取一點為 E
2: 以 E 為圓心，作線段 EG 等於線段 \overline{AB}



上一步

下

投影片 17

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD}
1: 作一直線 L ，並取一點為 E
2: 以 E 為圓心，作線段 EG 等於線段 \overline{AB}
3: 以 G 為圓心，作線段 GF 等於線段 \overline{CD}



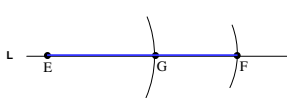
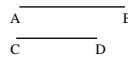
上一步

下

投影片 18

等線段 練習二

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD}
[求作] $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD}
1: 作一直線 L ，並取一點為 E
2: 以 E 為圓心，作線段 EG 等於線段 \overline{AB}
3: 以 G 為圓心，作線段 GF 等於線段 \overline{CD}
4: 則線段 \overline{EF} 即為所求



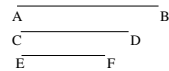
上一步

下
練習

投影片 19

等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
[求作] \overline{APQR} 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

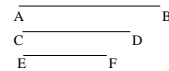


開始
作圖

投影片 20

等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
[求作] \overline{APQR} 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

上一步

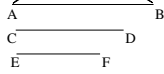
下

投影片 21

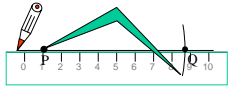
等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

[求作] $\triangle PQR$ 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
1: 作線段 \overline{PQ} 等於線段 \overline{AB}



上一步 下一步

投影片 22

等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

[求作] $\triangle PQR$ 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
1: 作線段 \overline{PQ} 等於線段 \overline{AB}
2: 以 P 為圓心，線段 \overline{CD} 長度為半徑畫弧



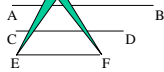
上一步 下一步

投影片 23

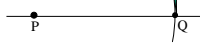
等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

[求作] $\triangle PQR$ 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
1: 作線段 \overline{PQ} 等於線段 \overline{AB}
2: 以 P 為圓心，線段 \overline{CD} 長度為半徑畫弧
3: 以 Q 為圓心，線段 \overline{EF} 長度為半徑畫弧



上一步 下一步

投影片 24

等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

[求作] $\triangle PQR$ 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
1: 作線段 \overline{PQ} 等於線段 \overline{AB}
2: 以 P 為圓心，線段 \overline{CD} 長度為半徑畫弧
3: 以 Q 為圓心，線段 \overline{EF} 長度為半徑畫弧
4: 兩弧交於 R 點，則 $\overline{PR} = \overline{CD}$ ， $\overline{QR} = \overline{EF}$



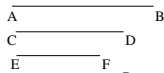
上一步 下一步

投影片 25

等線段 練習三

[已知] \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

[求作] $\triangle PQR$ 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}



已知線段 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}
1: 作線段 \overline{PQ} 等於線段 \overline{AB}
2: 以 P 為圓心，線段 \overline{CD} 長度為半徑畫弧
3: 以 Q 為圓心，線段 \overline{EF} 長度為半徑畫弧
4: 兩弧交於 R 點，則 $\overline{PR} = \overline{CD}$ ， $\overline{QR} = \overline{EF}$
5: 則 $\triangle PQR$ 即為所求



上一步 下一步

投影片 26

尺規作圖-取等角度作法

上一步 下一步

投影片 27

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



開始作圖

投影片 28

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$

已知 $\angle B$



上一步 下一步

投影片 29

等角度 練習一

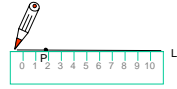
[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



已知 $\angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

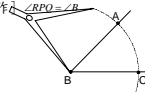


投影片 30

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



已知 $\angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點

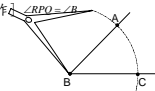


投影片 31

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$

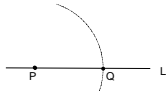


已知 $\angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點

3: 以P為圓心, 線段BC長度為半徑畫弧, 交直線L於Q點



投影片 32

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



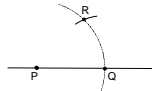
已知 $\angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點

3: 以P為圓心, 線段BC長度為半徑畫弧, 交直線L於Q點

4: 以Q為圓心, 線段AC長度為半徑畫弧, 交前弧於R點



投影片 33

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



已知 $\angle B$

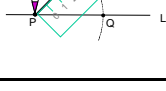
1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點

3: 以P為圓心, 線段BC長度為半徑畫弧, 交直線L於Q點

4: 以Q為圓心, 線段AC長度為半徑畫弧, 交前弧於R點

5: 連接線段PR



投影片 34

等角度 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle B$



已知 $\angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

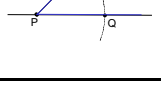
2: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點

3: 以P為圓心, 線段BC長度為半徑畫弧, 交直線L於Q點

4: 以Q為圓心, 線段AC長度為半徑畫弧, 交前弧於R點

5: 連接線段PR

6: 則 $\angle RPQ$ 即為所求

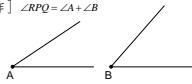


投影片 35

等角度 練習二

[已知] $\angle A$ 、 $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$

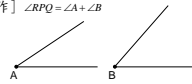


投影片 36

等角度 練習二

[已知] $\angle A$ 、 $\angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$



已知 $\angle A$ 、 $\angle B$



投影片 37

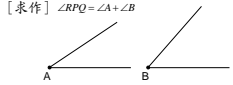
等角度 練習二

[已知] $\angle A, \angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$

已知 $\angle A, \angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P



上一步 下一步

投影片 38

等角度 練習二

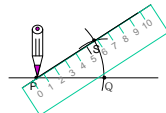
[已知] $\angle A, \angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$

已知 $\angle A, \angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 作 $\angle SPQ = \angle A$



上一步 下一步

投影片 39

等角度 練習二

[已知] $\angle A, \angle B$

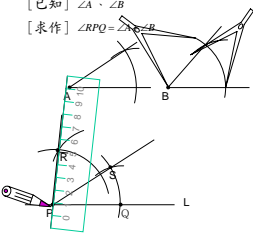
[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$

已知 $\angle A, \angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 作 $\angle SPQ = \angle A$

3: 作 $\angle RPS = \angle B$



上一步 下一步

投影片 40

等角度 練習二

[已知] $\angle A, \angle B$

[求作] $\angle RPQ = \angle A + \angle B$

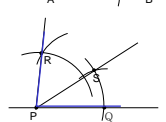
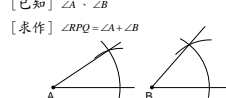
已知 $\angle A, \angle B$

1: 作一直線L, 並取一點為P

2: 作 $\angle SPQ = \angle A$

3: 作 $\angle RPS = \angle B$

4: 則 $\angle RPQ = \angle A + \angle B$ 即為所求



上一步 下一步

投影片 41

尺規作圖-垂直平分線作法

說明: 1. 「垂直平分線」又稱「中垂線」。

2. 何謂「垂直平分線」?

意指「與一線段垂直且把此線段平分的直線」

上一頁 下一頁

投影片 42

垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線



開始作圖

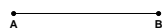
投影片 43

垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段AB



上一步 下一步

投影片 44

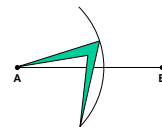
垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段AB

1: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}\overline{AB}$ 長度為半徑畫弧



上一步 下一步

投影片 45

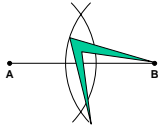
垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段 \overline{AB}

- 1: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}\overline{AB}$ 長度為半徑畫弧
- 2: 以B為圓心, 相同長度為半徑畫弧



上一步 下一步

投影片 46

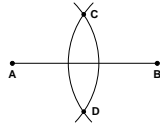
垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段 \overline{AB}

- 1: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}\overline{AB}$ 長度為半徑畫弧
- 2: 以B為圓心, 相同長度為半徑畫弧
- 3: 兩弧相交於C、D兩點



上一步 下一步

投影片 47

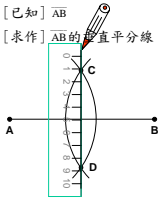
垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段 \overline{AB}

- 1: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}\overline{AB}$ 長度為半徑畫弧
- 2: 以B為圓心, 相同長度為半徑畫弧
- 3: 兩弧相交於C、D兩點
- 4: 連接直線CD



上一步 下一步

投影片 48

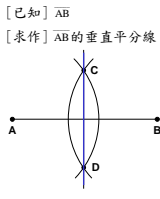
垂直平分線 練習一

[已知] \overline{AB}

[求作] \overline{AB} 的垂直平分線

已知線段 \overline{AB}

- 1: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}\overline{AB}$ 長度為半徑畫弧
- 2: 以B為圓心, 相同長度為半徑畫弧
- 3: 兩弧相交於C、D兩點
- 4: 連接直線CD
- 5: 則直線CD即為所求



上一步 下一步

投影片 49

尺規作圖-角平分線作法

上一頁 下一頁

投影片 50

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線



開始作圖

投影片 51

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線

已知 $\angle B$



上一步 下一步

投影片 52

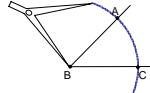
角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線

已知 $\angle B$

- 1: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點



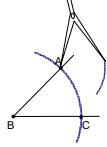
上一步 下一步

投影片 53

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線



已知 $\angle B$

- 1: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點
- 2: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}AC$ 長度為半徑畫弧

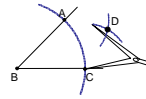
上一步 下一步

投影片 54

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線



已知 $\angle B$

- 1: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點
- 2: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}AC$ 長度為半徑畫弧
- 3: 以C為圓心, 相同長度為半徑畫弧, 交前弧於D點

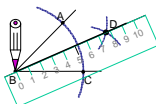
上一步 下一步

投影片 55

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線



已知 $\angle B$

- 1: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點
- 2: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}AC$ 長度為半徑畫弧
- 3: 以C為圓心, 相同長度為半徑畫弧, 交前弧於D點
- 4: 連接線段BD

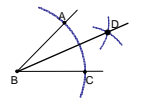
上一步 下一步

投影片 56

角平分線 練習一

[已知] $\angle B$

[求作] $\angle B$ 的角平分線



已知 $\angle B$

- 1: 以B為圓心, 適當長度為半徑畫弧, 交 $\angle B$ 於A、C兩點
- 2: 以A為圓心, 大於 $\frac{1}{2}AC$ 長度為半徑畫弧
- 3: 以C為圓心, 相同長度為半徑畫弧, 交前弧於D點
- 4: 連接線段BD
- 5: 則線段BD即為所求

上一步 下一步

投影片 57

練習結束!

沒問題!
可以測驗了!

還不熟!
再練習一次!

投影片 58



好棒嘍!

請按笑臉休息一下, 等候測驗!

紅色框 (左框):

按下後可連結至投影片 58, 完成練習。

綠色框 (右框):

按下後可連結至投影片 1, 重新演練。

紅色笑臉:

按下後可離開實地教學播放模式。

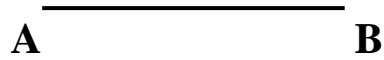
附 錄 二

前測試卷

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

問題一：

已知 \overline{AB} ，求作 $\overline{PQ} = \overline{AB}$ 。



【作圖】：

【作圖步驟】：

已知線段 AB

- 1：畫一直線 L，並取一點為_____
- 2：先量出_____長度
- 3：以_____為圓心，_____長度為半徑畫弧
- 4：交直線 L 於_____點
- 5：則線段_____即為所求

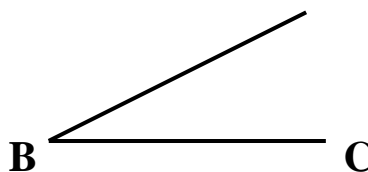
研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段作圖~0」；作圖步驟題號為「等線段步驟~0」。類型屬記憶性。

等線段作圖~0：難度 0.97，鑑別度 0.05。

等線段步驟~0：難度 0.92，鑑別度 0.14。

問題二：

已知 $\angle ABC$ ，求作 $\angle RPQ = \angle ABC$ 。



【作圖】：

【作圖步驟】：

已知 $\angle B$

- 1：作一直線 L，並取一點為_____
- 2：以_____為圓心，適當長度為半徑畫弧，交 $\angle B$ 於_____、_____兩點
- 3：以_____為圓心，線段_____長度為半徑畫弧，交直線 L 於_____點
- 4：以_____為圓心，線段_____長度為半徑畫弧，交前弧於_____點
- 5：連接線段_____
- 6：則 $\angle RPQ$ ，即為所求

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等角度作圖~1」；作圖步驟題號為「等角度步驟~1」。類型屬記憶性。

等角度作圖~1：難度 0.90；鑑別度 0.20。

等角度步驟~1：難度 0.81；鑑別度 0.29。

問題三：

已知 \overline{AB} ，求作 \overline{AB} 的垂直平分線。

【作圖】：

【作圖步驟】：

已知線段 AB

- 1：以_____為圓心，大於_____長度為半徑畫弧
- 2：以_____為圓心，相同長度為半徑畫弧
- 3：兩弧相交於_____、_____兩點
- 4：連接直線_____
- 5：則直線_____即為所求

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「垂直平分線作圖~1」；作圖步驟題號為「垂直平分線步驟~1」。類型屬記憶性。

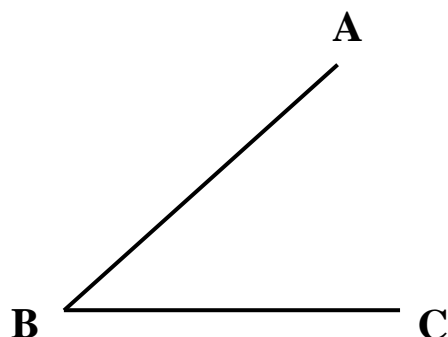
垂直平分線作圖~1：難度 0.88；鑑別度 0.24。

垂直平分線步驟~1：難度 0.8；鑑別度 0.29。

問題四：

已知 $\angle ABC$ ，求作 $\angle ABC$ 的角平分線。

【作圖】：



【作圖步驟】：

已知 $\angle B$

- 1：以___為圓心，適當長度為半徑畫弧，交 $\angle B$ 於___、___兩點
- 2：以___為圓心，___長度為半徑畫弧
- 3：以___為圓心，相同長度為半徑畫弧，交前弧於___點
- 4：連接線段___
- 5：則線段___即為所求

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「角平分線作圖~1」；作圖步驟題號為「角平分線步驟~1」。類型屬記憶性。

角平分線作圖~1：難度 0.78；鑑別度 0.43。

角平分線步驟~1：難度 0.76；鑑別度 0.48。

記憶性作圖測驗 班級：___座號：___姓名：___

問題一：

已知 \overline{AB} ，求作 $\overline{PQ} = \overline{AB}$ 。

【作圖】：



【作圖步驟】：

已知線段 AB

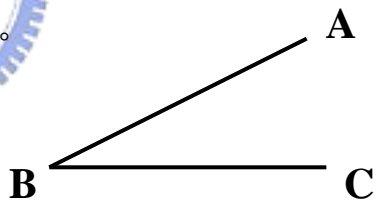
- 1：畫一直線 L ，並取一點為_____
- 2：先量出_____長度
- 3：以_____為圓心，_____長度為半徑畫弧
- 4：交直線 L 於_____點
- 5：則線段_____即為所求

研究說明：本題在預試時檢測發現，鑑別度低於 0.2，故後測試卷中不採用。

問題二：

已知 $\angle ABC$ ，求作 $\angle RPQ = \angle ABC$ 。

【作圖】：



【作圖步驟】：

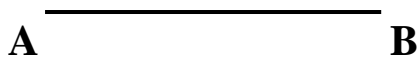
已知 $\angle B$

- 1：作一直線 L ，並取一點為_____
- 2：以_____為圓心，適當長度為半徑畫弧，交 $\angle B$ 於_____、_____兩點
- 3：以_____為圓心，線段_____長度為半徑畫弧，交直線 L 於_____點
- 4：以_____為圓心，線段_____長度為半徑畫弧，交前弧於_____點
- 5：連接線段_____
- 6：則 $\angle RPQ$ ，即為所求

問題三：

已知 \overline{AB} ，求作 \overline{AB} 的垂直平分線。

【作圖】：



【作圖步驟】：

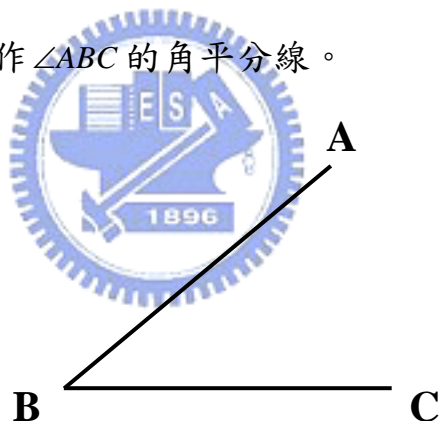
已知線段 AB

- 1：以_____為圓心，大於_____長度為半徑畫弧
- 2：以_____為圓心，相同長度為半徑畫弧
- 3：兩弧相交於_____、_____兩點
- 4：連接直線_____
- 5：則直線_____即為所求

問題四：

已知 $\angle ABC$ ，求作 $\angle ABC$ 的角平分線。

【作圖】：



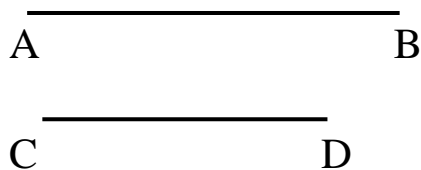
【作圖步驟】：

已知 $\angle B$

- 1：以_____為圓心，適當長度為半徑畫弧，交 $\angle B$ 於_____、_____兩點
- 2：以_____為圓心，_____長度為半徑畫弧
- 3：以_____為圓心，相同長度為半徑畫弧，交前弧於_____點
- 4：連接線段_____
- 5：則線段_____即為所求

問題五：

已知 \overline{AB} 、 \overline{CD} ，求作 $\overline{EF} = \overline{AB} + \overline{CD}$ 。



【作圖】：

【作圖步驟】：

已知線段 AB 、 CD

- 1：作一直線 L ，並取一點為_____
- 2：以_____為圓心，作_____等於_____
- 3：以_____為圓心，作_____等於_____
- 4：則線段_____即為所求

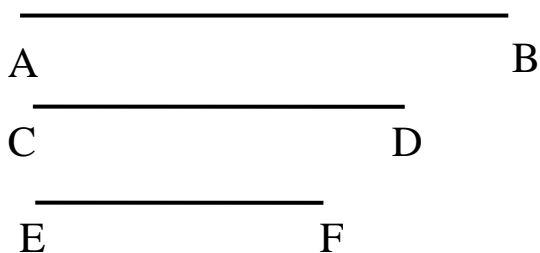
研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段作圖~1」；作圖步驟題號為「等線段步驟~1」。類型屬記憶性。

等線段作圖~1：難度 0.92；鑑別度 0.14。

等線段步驟~1：難度 0.85；鑑別度 0.28。

問題六：

已知 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF} ，求作 ΔPQR 三邊長為 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF} 。



【作圖】：

【作圖步驟】：

已知 \overline{AB} 、 \overline{CD} 、 \overline{EF}

- 1：作_____等於_____
- 2：以_____為圓心，_____長度為半徑畫弧
- 3：以_____為圓心，_____長度為半徑畫弧
- 4：兩弧交於_____，則線段_____ = 線段_____，
線段_____ = 線段_____
- 5：則_____即為所求

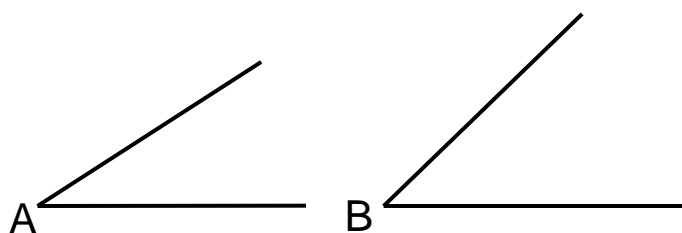
研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段作圖~2」；作圖步驟題號為「等線段步驟~2」。類型屬記憶性。

等線段作圖~2：難度 0.81；鑑別度 0.12。

等線段步驟~2：難度 0.56；鑑別度 0.46。

問題七：

已知 $\angle A$ 、 $\angle B$ ，求作 $\angle RPQ = \angle A + \angle B$ 。



【作圖】：

【作圖步驟】：

已知 $\angle A$ 、 $\angle B$

- 1：作一直線 L ，並取一點為 _____
- 2：作 _____ = _____
- 3：作 _____ = _____
- 4：則 _____ = $\angle A + \angle B$ 即為所求



研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等角度作圖~2」；作圖步驟題號為「等角度步驟~2」。類型屬記憶性。

等角度作圖~2：難度 0.71；鑑別度 0.57。

等角度步驟~2：難度 0.53；鑑別度 0.59。

轉化性作圖測驗 班級：___座號：___姓名：___

問題一：

已知 \overline{AB} 、 \overline{CD} ，求作 $\overline{PQ} = \overline{AB} - \overline{CD}$ 。

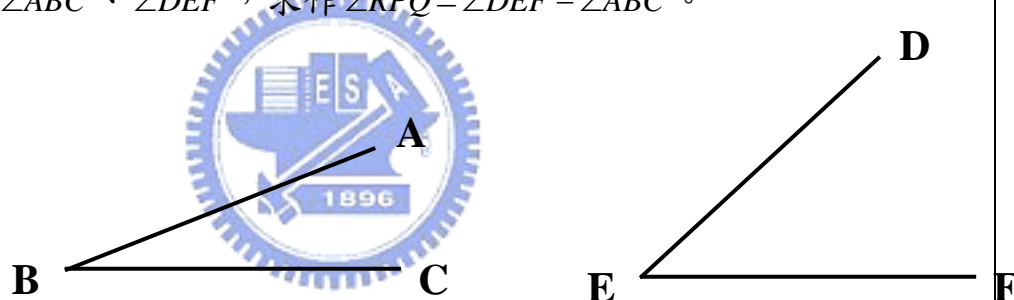


【作圖】：

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段轉化~1」。類型屬轉化性。難度 0.71；鑑別度 0.57。

問題二：

已知 $\angle ABC$ 、 $\angle DEF$ ，求作 $\angle RPQ = \angle DEF - \angle ABC$ 。

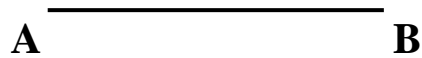


【作圖】：

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等角度轉化~1」。類型屬轉化性。難度 0.54；鑑別度 0.91。

問題三：

已知 \overline{AB} ，求作 $\overline{PQ}=3\overline{AB}$ 。

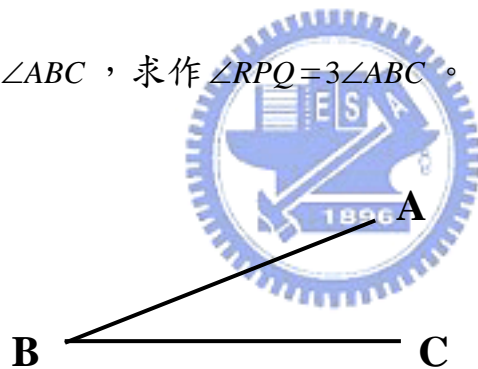


【作圖】：

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段轉化~2」。類型屬轉化性。
難度 0.64；鑑別度 0.71。

問題四：

已知 $\angle ABC$ ，求作 $\angle RPQ=3\angle ABC$ 。

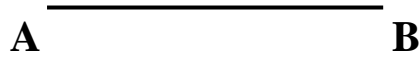


【作圖】：

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等角度轉化~2」。類型屬轉化性。
難度 0.54；鑑別度 0.90。

問題五：

已知 \overline{AB} ，求作一正三角形且其邊長等於 \overline{AB} 。



【作圖】：

研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「等線段轉化~3」。類型屬轉化性。難度 0.44；鑑別度 0.69。

問題六：

已知 \overline{AB} ，在 \overline{AB} 上找一個 C 點，使得 $\overline{AC} : \overline{CB} = 1 : 3$ 。



【作圖】：

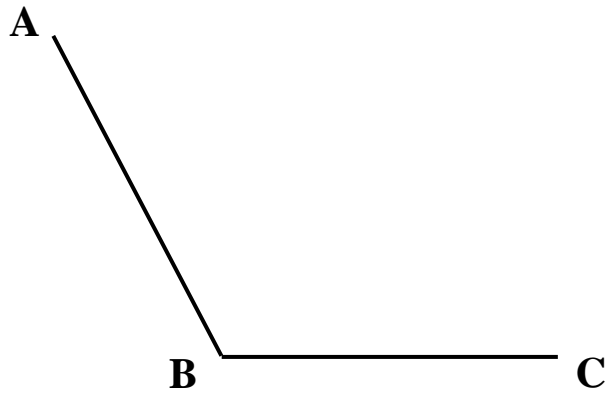


研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「垂直平分線轉化~1」。類型屬轉化性。難度 0.25；鑑別度 0.5。

問題七：

已知 $\angle ABC$ ，求作 \overline{BD} ，使得 $\angle ABD : \angle DBC = 1 : 3$ 。

【作圖】：



研究說明：在資料分析上此題作圖的題號為「角平分線轉化~1」。類型屬轉化性。難度 0.18；鑑別度 0.38。

