

國立交通大學

理學院網路學習學程

碩士論文

激發式動態呈現教學設計之研究
—逐步呈現與同時呈現之比較



A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
— The Comparison between Gradual and Simultaneous Presentation

研究 生：許晏斌

指 導 教 授：陳 明 璋 博 士

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

激發式動態呈現教學設計之研究—逐步呈現與同時呈現之比較
A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
—The Comparison between Gradual and Simultaneous Presentation

研 究 生：許晏斌

Student : Yan-Bin Hsu

指 導 教 授：陳 明 璋

Advisor : Ming-Jang Chen



Degree Program of E-Learning

July 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

激發式動態呈現教學設計之研究
—逐步呈現與同時呈現之比較

學生：許晏斌

指導教授：陳明璋 博士

國立交通大學理學院網路學習學程

中文摘要

激發式動態呈現是以一個物件當做激發器（trigger）控制其他物件的動畫，所以物件出現的時機可由教學者隨意控制，並藉由物件激發可吸引學習者的注意力，協助搜尋教材的訊息，以注意力引導學習，達到教材、教學者、學習者三者之間的互動。

本研究以一個排列組合問題為例，採準實驗研究法，探討利用激發式動態呈現教材相較於同時呈現教材的教學模式，是否能達到較好的學習成效，並降低認知負荷。

結果發現如下：

- 一. 教材呈現方式對學習成效有顯著的影響，激發式動態呈現在記憶測驗和轉化測驗上有較佳的表現。
- 二. 激發式動態呈現對認知負荷有顯著的影響，可有效降低認知負荷。

關鍵詞：激發式動態呈現、認知負荷、多媒體學習理論

A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
— The Comparison between Gradual and Simultaneous Presentation

Student : Yan-Bin Hsu

Advisor : Dr. Ming-Jang Chen

Degree Program of E-Learning
National Chiao Tung University

Abstract

The presentation of Trigger-based Animation is an object used as a trigger to control other objects. Therefore the occasion to present the object depends on the control of the free will of the teacher and using the advantage of the object can help to attract the attention of the learners, and assist to search the information of the teaching materials. The guidance of learning by attraction of the attention of the learners can reach the goal of the interaction of the three phases, the materials, the teacher and the learners.

This research bases on the experimental researching methods, for example, the mathematical combination problem to investigate how to present the materials by using the Trigger-based animation through gradual procedures in comparison to the teaching methods of simultaneous teaching manifestation. This research is to probe whether the Trigger-based animation method can reach better learning effects and reduce the cognition load.

The results discovered as the followings.

1. The way of showing teaching materials has large influence in learning achievement. Trigger-based animation has better performance in retention test and transfer test.
2. The way of showing teaching materials has large influence in cognition load. Trigger-based animation can reduce cognition load.

Keyword: cognition load theory, multimedia learning, trigger-based animation

誌謝

從來沒想過我能夠考上研究所，更沒想過我能夠順利通過考驗，甚至打上「致謝」二字，歷經兩年的求學，許多的不可置信，都該心存感恩。感謝指導教授陳明璋博士，帶領我走進教材設計的領域，不厭其煩的提醒與教導，令我獲益良多，也讓我感受到在教育這路上，就是該保有一份熱忱。感謝袁媛老師、吳慧敏老師在最後關頭的細心提點，讓我順利完成論文。

也要感謝一路同行的東育、建欽、鈴茹，因為你們的互勵互勉，才能跟隨著你們的腳步走完全程；感謝女友舒攷的體諒，讓我安心的完成學業，沒有後顧之憂。感謝父母的支持，成了我最大的後盾；也要感謝同事秀文，在校務上總是給我最大的幫助。感謝自己，兩年前給自己這個機會進入研究所，證明了自己想做的事沒有做不到。

最後，感謝每一個幫助過我的人！感謝大家！



目錄

中文摘要	i
Abstract	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
一、 緒論	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究動機與目的	2
1-3 研究問題	2
1-4 研究範圍與限制	3
二、 文獻探討	5
2-1 多媒體學習	5
2.1.1 三個多媒體學習假說	5
2.1.2 多媒體教材設計原則	8
2-2 注意力	14
2.2.1 信號偵測	15
2.2.2 選擇性注意	16
2.2.3 分散性注意力	17
2-3 知覺	18
2.3.1 知覺歷程	18
2.3.2 知覺的理論取向	21
2-4 認知架構	22
2.4.1 感覺儲存 (Sensory Memory, SR)	23
2.4.2 短期儲存與工作記憶 (Shot-Term Memory, STM)	23
2.4.3 長期記憶 (Long-Term Memory, LTM)	23
2-5 認知負荷理論	24
2.5.1 基本假設	24
2.5.2 認知負荷的來源	25
2.5.3 認知負荷的種類	26
2.5.4 認知負荷的效應	27
2.5.5 認知負荷的測量	29
2.6.1 AMA 由來	30
2.6.2 AMA 系統教材設計	31
2.6.3 AMA 與適性指標	32
2.6.4 適性指標的視覺特徵	32
2.6.5 適性指標設計原則	37
三、 研究方法	39
3.1 研究流程	39
3.3.1 研究變項與架構	40
3.3.2 研究假設	42

3.3.3 研究工具	42
3.4.1 複雜內容教材設計原則	45
3.4.2 教材內容	48
3.4.3 教材目標	49
3.4.4 教材分析	49
四、 研究結果與討論	61
4.1 受測樣本的敘述性統計	61
4.2 研究假設的檢驗	61
4.2.1 呈現方式與記憶測驗	61
4.2.2 呈現方式與轉化測驗	62
4.2.3 呈現方式與認知負荷	62
4.2.4 記憶測驗與認知負荷	63
4.2.5 轉化測驗與認知負荷	63
4.3 結果摘要	64
五、 研究結論與建議	65
5.1 研究結論	65
5.2 研究建議	66
5.3 未來研究方向	67
參考文獻	68
一、 中文部分	68
二、 英文部分	69
附件一 前測試卷	71
附件二 後測試卷（認知負荷量表）	72
附件三 後測試卷（記憶測驗）	73
附件四 後測試卷（轉化測驗）	75
附件四 實驗組教材	77

表目錄

表 2-1 認知處理過程與認知負荷對應表	9
表 2-2 認知處理過程與多媒體教材設計原則	9
表 2-3 信號使用方式	10
表 2-4 直接知覺輔助理論整合表	21
表 2-5 認知負荷兩個向度分類關係表	30
表 2-6 形狀特徵之分類與說明	33
表 2-7 顏色特徵之分類與說明	34
表 2-8 深度特徵之分類與說明	35
表 2-9 運動特徵之分類與說明	36
表 2-10 適性指標教材設計原則	37
表 3-1 上學期數學科學期分數獨立樣本 t 檢定摘要表	40
表 3-2 記憶測驗概念與答數分配表	43
表 3-3 記憶測驗題目分析表	43
表 3-4 轉化測驗分析表	44
表 3-5 認知負荷量表	45
表 3-6 投影片教學目標	49
表 3-7 教材呈現困難處	50
表 3-8 適性指標教材分析總表	57
表 3-9 適性指標教材分析總表	57
表 3-10 實驗步驟與時間分配表	58
表 3-11 實驗步驟與時間分配表	59
表 4-1 實驗組對照組測驗結果統計表	61
表 4-2 呈現方式對記憶測驗 t 檢定數值摘要表	62
表 4-3 呈現方式對轉化測驗 t 檢定數值摘要表	62
表 4-4 呈現方式對認知負荷 t 檢定數值摘要表	63
表 4-5 記憶測驗與認知負荷相關係數摘要表	63
表 4-6 轉化測驗與認知負荷相關係數摘要表	64

圖目錄

圖 2-1 雙通道假說圖	5
圖 2-2 圖像/視覺通道示意圖	6
圖 2-3 口述文字/聽覺通道示意圖	6
圖 2-4 聽覺/視覺通道同步示意圖	7
圖 2-5 視覺文字/視覺通道示意圖	7
圖 2-6 雙通道/視覺搜尋示意圖	11
圖 2-7 口語化範例	13
圖 2-8 接近性 (Sternberg, 2006)	19
圖 2-9 相似性 (Sternberg, 2006)	20
圖 2-10 連續性 (Sternberg, 2006)	20
圖 2-11 封閉性 (邱建偉, 2003)	20
圖 2-12 對稱性 (Sternberg, 2006)	21
圖 2-13 認知架構 (Sternberg, 2006)	22
圖 3-1 研究流程圖	39
圖 3-2 研究架構圖	41
圖 3-3 區塊化呈現	46
圖 3-4 區塊間互動	46
圖 3-5 教學目標步驟化	47
圖 3-6 解題策略的建立	47
圖 3-7 圖形配對步驟化	48
圖 3-8 教材元件間的互動 1	48
圖 3-9 教材元件間的互動 2	48

一、緒論

1-1 研究背景

多媒體教學在國內推行已經行之有年，一個新興的多媒體產物經常迅速的引領風潮，卻也不久就馬上消退，就這樣不斷的冒出新嘗試，然後發現新媒體的缺失與不便之後失去熱潮，如此週而復始的循環，令人不禁懷疑對學習者究竟有沒有幫助，對教學的教師有沒有達到輔助的效果？

多媒體效用的原理在 *Multimedia Learning* (Mayer, 2001) 一書中闡述很清楚，基於感官擷取雙通道、工作記憶的有限容量以及主動學習的原則，多媒體在教學上可以產生效用。但是一旦遇到元件之間關係複雜的教材，設計時雖然與多媒體製作的原則相符，卻無法避免要將相關的元件收錄到工作記憶，造成認知負荷。再者 Mayer 在多媒體學習理論的假設中提及雙通道假說，也就是當訊息以圖示與聲音同時呈現時，可以獲得最佳的效益，但訊息進入工作記憶時間很短，如果沒有相關基模，或者沒採取記憶策略、與其他訊息整合，很快的就會被新進的訊息取代，所以當複雜訊息呈現時，學習者常無法掌握訊息。

因此複雜內容 (complex task) 的教學方式成了認知負荷理論研究中重要的一環，已經有許多學者討論複雜訊息的呈現方式，在認知負荷理論中認為，一份教材內如果包含大量的元件，而且元件之間的互動性大 (interactive element)，教材就會帶給學習者大量的內在認知負荷，為了讓總負荷量可以低於工作記憶的負荷，除了無法避免的內在認知負荷，認知負荷學者認為無法以教材的設計解決複雜訊息帶來的內在認知負荷 (Paas, Renkl and Sweller, 2004)，便提出以策略引導學習，試著產生增生負荷來理解複雜訊息，所以對於複雜訊息的解決方式都著重在教學的策略。

數學專業符號多、元件之間的關聯性強、呈現概念時元件之間關係複雜，因此要在一個畫面呈現數學的概念時，經常無法捨棄任何一個元件，造成符合一致性原則卻又無法達到空間接近原則的情況，此時學習者在學習上就會面臨搜尋上的負荷，造成極大的外在認知負荷。所以在複雜訊息的條件下無法避免內在認知負荷，該如何克服呈現的困難，讓複雜元件經過分割、組織、整合教材，產生增生負荷且將外在認知負荷降到最低，使教材超越有限的工作記憶資源，便是多媒體應用必須推廣的方向，也是本研究致力的目標。

1-2 研究動機與目的

Multimedia Learning (Mayer, 2005) 一書中，列舉多媒體教學設計的原則和原理，並強調 Sweller 在認知負荷理論中所強調多媒體在教學上應用的效用，其中空間接近原則、形式原則、相關原則、多餘原則、個別差異原則、互動原則、信號原則都是教材設計者奉行的大原則，這些原則在提出時都經過各個領域的實驗而形成。

此外數學教材設計面臨最大的挑戰，就是數學知識的建構必須經由大量而且複雜的元件來整合，課程本身已存在高度內在認知負荷，又必須面對教材整合上的外在認知負荷，設計上要克服複雜元件在多媒體教材中呈現方式，與上述的原則多有難並行的部分，所以交通大學由陳明璋博士引導的 Informathe，在2002年以 PowerPoint 為媒介針對軟體的缺點改善後組成增益集，開發出專為數學教學媒體製作的 Activate Mind Attention 系統(簡稱 AMA)，因激發式動態呈現具備視覺引導特性，進而發展出注意力引導教學的適性指標教材設計原則。

本研究利用激發式動態呈現方式製作教材，在適性指標視覺引導的原則之下，依循多媒體製作原則，運用簡單的方式，製作課堂授課為導向的教材，將多媒體教材製作的原則，透過激發式動態呈現擴展到數學的領域。因此，本研究將根據 Sweller (1998) 認知負荷理論，以一個排列組合的題目為例，分析在不同的情況下教材的呈現方式。

本研究有下列幾個目的：

1. 探討複雜內容之下教材呈現方式對學習成效的影響。
2. 探討複雜內容之下教材呈現方式對認知負荷的影響。
3. 探討學習成效與認知負荷的相關性。

1-3 研究問題

綜合研究動機、目的，本研究欲探討的問題如下：

1-1 教材呈現方式對記憶測驗的影響為何？

1-2 教材呈現方式對轉化測驗的影響為何？

2-1 教材呈現方式對認知負荷的影響為何？

3-1 記憶測驗與認知負荷的相關性為何？

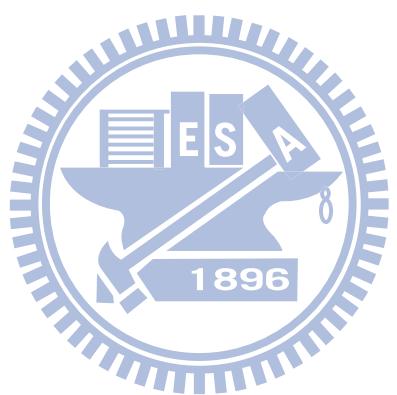
3-2 轉化測驗與認知負荷的相關性為何？

1-4 研究範圍與限制

本研究旨在探討高內在認知負荷的教材呈現的方式，挑選新竹縣某國中一年級為實驗對象，教學內容是以一個高中排列組合題目為教學內容，該教學內容的特性有（1）教材元件複雜，元件之間互動性高，結構性強，然而僅需生活經驗即可解題，避免教學成效受限於先備知識。（2）教學內容困難，但仍由子概念組成，所以可依照子概念進行切割，並採用結構化、組織化呈現訊息。希望以該內容驗證複雜內容教材設計原則，以利推廣至其他複雜內容單元。

在實際操作實驗的過程中可能遭遇到的限制敘述如下：

1. 教學成效的檢驗：本實驗為避免影響正式課程進行，實驗後教學成效只以轉化測驗與記憶測驗為主，由於是緊接著課程施測，較難測驗出基模自動化的效果。
2. 施測對象分組：由於實驗對象數量較少，比較難以學習型態量表的平均數區分學習偏好，因此實驗結果僅限於呈現方式對多數人的影響，無法推論至不同類型的學習者。
3. 實驗主題：為了避免課後補習影響，又必須符合高內在認知負荷的條件，選擇高中課程範圍的內容施測，因此依據此一課程內容歸納出來的複雜內容教材設計原則與結果，要推論到課程內教材設計會有其限制。



二、文獻探討

2-1 多媒體學習

近年來媒體學習、資訊融入教育一直是教育推廣的主軸，但是究竟多媒體學習的功效在哪？有效學習的關鍵不在於媒體或科技本身，而是在於媒體的設計使用了什麼策略，或是在運用科技媒體時使用了什麼策略（Clark, 1983, 1985, 1994）？有效的教學都需經過審慎的規劃、設計與實施（沈中偉，1998；張靜譽，1996；Dick & Carey, 1996；Dick & Reiser, 1989；Lefrancois, 1997），而好的教學媒體不該只是一味的資訊化，而該將教材予以分析、設計、規劃後再呈現，所以科技融入教學過程中最重要的關鍵就是教學設計（沈中偉，2005），而不只是資訊化，本研究更認為資訊化必須在教師引導教學的環境中，達到教材、教學者與學習者三者互動，才能有所成效。

2.1.1 三個多媒體學習假說

Mayer (2001) 針對多媒體學習的認知取向提出三個假說：

1. 雙通道假說

雙通道假說源自 Paivio 的雙碼理論 (Clark & Paivio, 1991; Paivio, 1986) 與 Baddeley 的工作記憶模型 (Baddeley, 1986, 1999)。雙通道假說將感官接受器接收到的訊息區分成視覺訊息與聽覺訊息，分別從視覺通道、聽覺通道進入工作記憶，如圖 2-1。

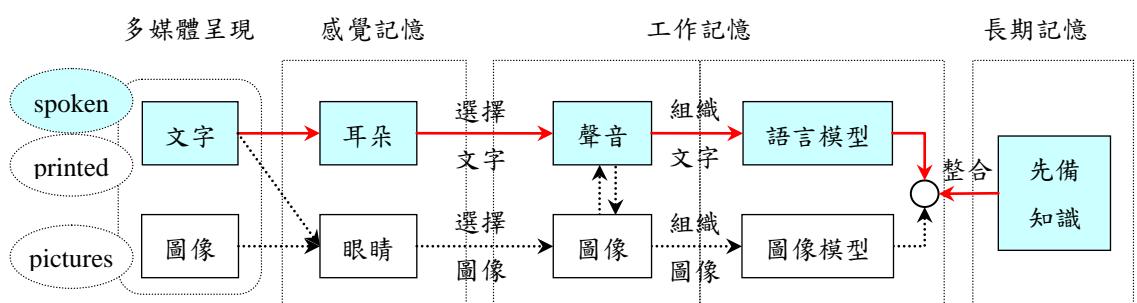


圖 2-1 雙通道假說圖

雙通道假說有兩個不同的概念，一個源自 Paivio (1986) 語言與非語言的區分。從教材呈現的模式來看，可以區分成語言 (verbal) 的通道和非語言 (nonverbal) 的通道兩種模式，其中語言的模式包含口述文字和字幕，透過雙通道其中一個通

道進入工作記憶；另一個通道則處理非語言的呈現模式，包含圖片、影像、動畫或背景聲音。

另外一個概念則是源自 Baddeley (1986, 1999) 視覺空間描繪簿和語音迴路的區分。這概念是學習者接受教材時是以眼睛或耳朵來做區分，一個通道處理視覺呈現（圖片、影像、動畫或字幕）的畫面，另一個通道則是處理聽覺呈現（口述語言或背景音樂）的聲音素材。

在課堂授課為導向的教材設計，大部分是以圖像為主，如圖 2-2，呈現之後透過視覺通道進入工作記憶；課堂中，老師針對呈現的教材圖像以口語化的方式進行解說，這時候的解說則是以聽覺通道為主進入工作記憶，如圖 2-3。

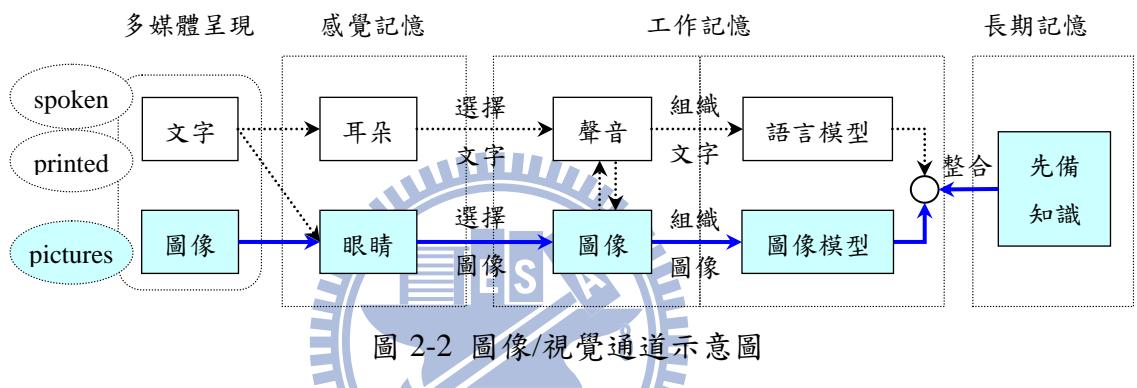


圖 2-2 圖像/視覺通道示意圖

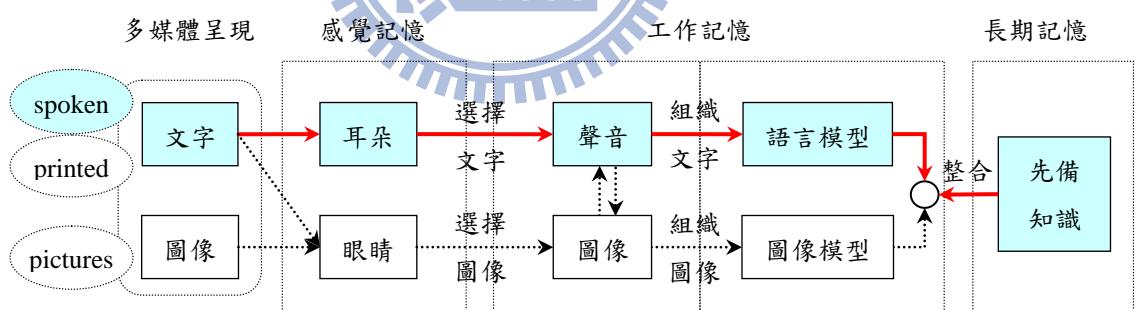


圖 2-3 口述文字/聽覺通道示意圖

所以課堂授課為導向教材的設計，配合教師口語化的解釋，就能達到 Mayer 多媒體學習理論中的多媒體原則（multimedia principle），相關的訊息分別以聽覺與視覺的通道收錄，以實質（physical）上的整合，取代心智上的整合，如圖 2-4，可以避免學習者浪費工作記憶有限的空間整合訊息，達到有效的學習。

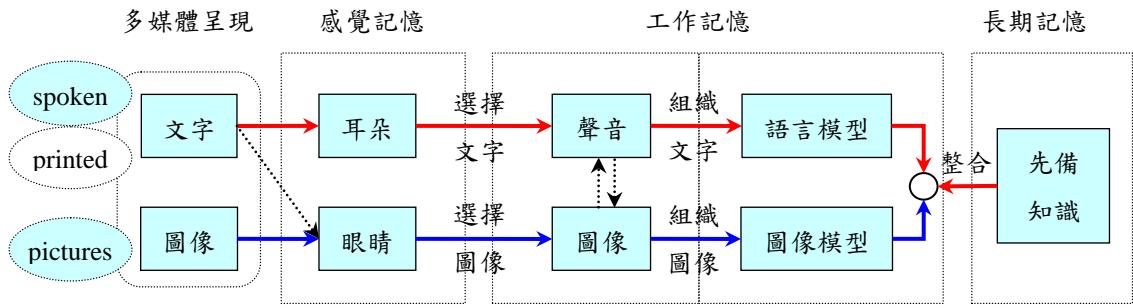


圖 2-4 聽覺/視覺通道同步示意圖

在雙通道假說中，雖然不同方式呈現的訊息會從各自的通道進入工作記憶，學習者卻可以將來自不同通道的訊息相互轉換。例如視覺文字（字幕）是由眼睛接收，因此由視覺通道進入工作記憶，但有經驗的讀者卻可以在心智上將字幕訊息轉化成聲音，透過聽覺通道進入。相同的，學習者也可以將聽覺接收器接收到的訊息轉化成影像收錄，所以不管用哪一種方式收錄訊息，可以在原來的通道內流通，也可以轉換到另一個通道進入。雙通道假說認為，當我們可以同步使用兩個管道收錄訊息，就可以加速訊息接收，形成有意義的學習。

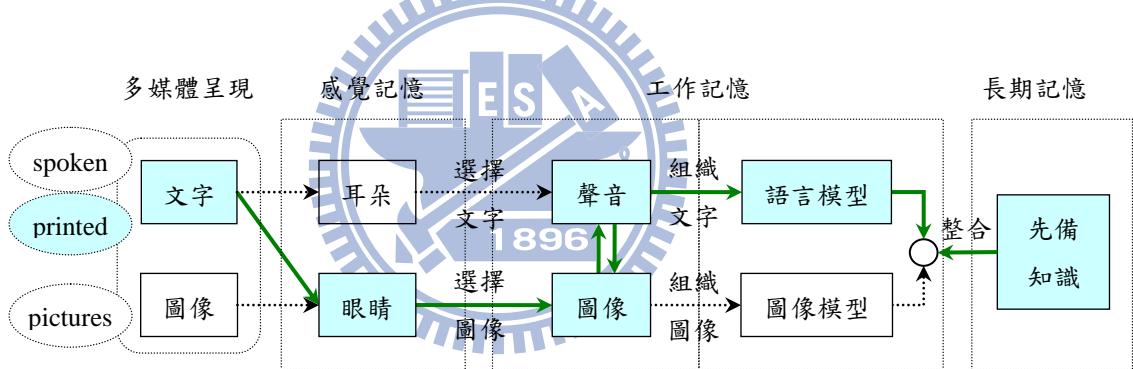


圖 2-5 視覺文字/視覺通道示意圖

2. 有限容量假說

有限容量是指人類在同一時間每一個感覺通道可以處理的訊息量是有限的。如果在同一時間同一個感覺接受器一次接受大量的訊息，學習者只能在工作記憶中保留部分訊息，當訊息量過大而壅塞，進入工作記憶的訊息會是片段而非完整的 (Mayer, 2001)。這有限的容量大約是五到七個單位，而且停留在工作記憶的時間也不超過三十秒 (Sternberg, 2006)，當學習者學習時，五到七個單位的儲存空間除了放置新的訊息，更要從長期記憶提取基模來整合知識，因此學習時真正用上的工作記憶只有三到五個單位，學習新知時這些儲存空間是不夠的，一旦超過記憶的限制，便會讓學習者產生認知負荷而使學習無效 (Yeung, Chandler & Sweller, 1997)。所以學習者必須透過練習與策略的應用，將訊息順利的組織、整合，然後形成基模收錄到長期記憶；對教學者而言，提供整合過的訊息給學習者進行有意義的學習，便是多媒體教材設計的重點。

3. 主動學習假說

第三個假說認為學習者主動從事認知的處理，才能建構屬於自己的知識。一個有效的學習必須能做到：(1) 選擇 (selecting)：學習者必須主動搜尋相關的文字與圖片，形成知識建構的基礎；(2) 組織 (organizing)：學習者在心智上將搜尋之後相關的圖文建立關連；(3) 整合 (integrating)：學習者將組織過後的訊息與先備知識進行連結。透過這三個步驟，從選擇、組織到整合，訊息便能收錄到長期記憶之中。因此在 Mayer (2001) 認為可以透過教材設計協助學習者完成主動學習的步驟，於是提出兩個建議：

- (1) 必須讓教材有一致性與連貫性的結構：如果教材的設計是片段、瑣碎，學習者將付出更多的努力進行整合，而且無法與先備知識進行結合。教材設計之前要先做到分析教學內容，如果教學內容過於複雜，可以按照學習者工作記憶的容量，進行教材內容的適度切割，讓收錄的訊息都是可以處理的數量。
- (2) 為學習者做好如何建構知識的導引：在教學上知識的建構有下列方法：步驟化、比較法、歸納法、列舉法、分類法。當教材適度切割之後，設計教材時，更要注意畫面的安排，藉由激發注意力，先讓學習者取得學習的內容，然後透過逐步的呈現，建構出知識的架構，如此逐步由簡易到複雜的訊息呈現可以提供學習者學習的鷹架 (scaffolding) (Merrienboer, Kester & Paas, 2006)。

2.1.2 多媒體教材設計原則

Mayer (2009) 提出學習的過程有三個認知處理的過程：外在認知處理 (extraneous processing)、本體認知處理 (essential processing) 和衍生認知處理 (generative processing)，與 Sweller (1998) 所提出的三種認知負荷大致相同，整理如表 2-1。Mayer 針對三個認知處理過程，認為多媒體教材的設計必須客服或協助完成這三個處理的過程，於是在這三個處理過程前提下，提出十二項多媒體教材設計原則，其中一致性原則、信號原則、多餘原則、空間接近原則和時間接近原則是針對教材的設計，也就是教材製作必須遵循這幾個原則才可以避免學習者耗費過多的外在認知處理。當教學內容過於複雜時，教學者必須幫助學習者減輕認知的負荷，所以提出分割原則、事先訓練原則、形式原則。教學者除了做事前教學內容的分析、教材的設計，也可以採用教學策略，幫助學習者使用策略了解教學的內容，因此提出多媒體原則、個人化原則、聲音原則和圖像原則(如表 2-2)。

表 2-1 認知處理過程與認知負荷對應表

認知處理過程 (Mayer, 2009)	認知負荷 (Sweller, 1998)	說明
外在認知處理 extraneous processing	外在認知負荷 extraneous cognitive load	學習過程中對教材產生關注的認知過程
本體認知處理 essential processing	內在認知負荷 intrinsic cognitive load	工作記憶中對於教學內容本質的心智理解
衍生認知處理 generative processing	增生認知負荷 germane cognitive load	為了理解教學內容，對訊息進行組織並與先備知識相互整合的認知過程

資料來源：Mayer, 2009; Sweller, 1998

表 2-2 認知處理過程與多媒體教材設計原則

認知處理過程	多媒體教材設計原則	重點說明
外在認知處理	Coherence、Signaling、Redundancy、Spatial contiguity、Temporal contiguity	教材設計
本體認知處理	Segmenting、Pre-training、Modality	心智負荷
衍生認知處理	Multimedia、Personalization、Voice、Image	教學策略

資料來源：Mayer, 2009

十二項的教材設計原則分述如下：

1. 一致性原則 (Coherence Principle) 396

當教材捨去多餘、不相關的訊息，學生可以得到較好的學習。不相關的訊息如果呈現在教材上會造成下列的問題：(1) 競爭工作記憶的認知資源；(2) 造成學習者分散注意力；(3) 中斷教材的整合，促使學習者在不適當的主題下整合學習內容。所以在教材設計之前，必須先分析教學內容，將訊息做適當的選擇、安排，避免不相關的訊息影響學習者知識的整合。Mayer (2009) 提出在多媒體呈現的前提之下一致性原則可以分成三個面向：(1) 不呈現有趣但與課程無關的視覺教材；(2) 不呈現有趣但與課程無關的聽覺教材；(3) 教材中刪去所有不需要的文字與符號。Mayer 認為當多媒體教材可以達到這三個面向就可以改善學習。

2. 信號原則 (Signaling Principle)

如果呈現的教材內容過於複雜，適當的提示 (cue) 可以幫助學習者將注意力集中在重要的訊息上。信號原則著重在注意力導引的概念上，文字訊息的底線、箭頭的方向都是教學過程中的信號。激發式動態呈現就是利用注意力引導教學，所有的呈現原則將在彈性指標設計原則中說明。

Mayer (2009) 進一步依據信號使用的方式，將信號拓增到口語的領域，分

為使用在文字上的語言信號 (verbal signaling) 和使用在圖像部分的視覺信號 (visual signaling) 兩種，因此作為課堂授課的教材設計，不能單指針對畫面的訊號做注意力導引，教師授課過程的口語信號也很重要，如表 2-1。

表 2-3 信號使用方式

分類	特徵	說明
語言信號 Verbal Signaling	大綱 Outline	在課程一開始先提出該堂課講述的大綱
	標題 Heading	在開始課程中的每一個段落前先提出標題
	強調聲音 Vocal emphasis	以較大的音量或較慢的速度闡述課程的關鍵字
	指標字 Pointer words	使用如「第一、第二、第三……」的指標
視覺信號 Visual Signaling	箭頭 Arrows	以箭頭指出重點部分
	特殊顏色 Distinctive colors	用顏色的區別強調重點部分
	閃爍 Flashing	用閃爍的方式強調重點部分
	指示手勢 Pointing gestures	(動畫人物) 指出重點部分
	淡化 Graying out	利用淡化次要部分，強調重點部分

資料來源：Multimedia Learning (Mayer, 2009)

3. 多餘原則 (Redundancy Principle)

在形式原則中學習者面對口述文字和動畫可以有較好的學習成效，但是面對口述文字、視覺文字和動畫同時出現的教材，又會因為視覺文字與動畫都使用視覺通道，造成視覺通道的負荷，影響學習。所以多媒體教材的設計要避免讓視覺文字和口述文字同時出現，以免與視覺文字與其他視覺訊息競爭收錄的通道。

然而這並不意味要刪除畫面上所有的視覺文字，當視覺文字有助於對教材的理解時，仍然要將視覺的文字安排在畫面上，這時就可以透過激發式動態呈現的開關功能，適時開啟或關閉多餘的訊息。尤其在數學教育中，文字符號代表的含意並非口語可以輕易表達，如果直接省略畫面上文字符號的部份，往後知識的轉化會有障礙，因此設計數學教材時，若文字訊息必要存在，可先適當安排訊息並預先關閉，講解時可先口述講解再予以激發，或先激發再予以講解，避免視覺文字與動畫、圖示爭道。

4. 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)

當教材需要同時呈現相關的文字或圖片，兩者必須在空間上接近才有較好的學習效果。尤其當畫面訊息過於複雜，相關物件在畫面上的距離又太大，學習者在學習的過程必須不斷在畫面上搜尋相關訊息，與聽覺通道的訊息無法同步，如圖 2-6，進入到工作記憶的整合就會產生困難，造成認知負荷。所以在設計教材時，必須將相關的訊息安排在接近的空間。

相關訊息接近是多媒體設計的原則，然而當學習的概念需要複雜訊息演示，大量的物件必須呈現在畫面，便無法妥善的安排畫面上的訊息，此時視覺得搜尋是必然的。因此要設計複雜元件的教材，又要兼顧空間接近原則，可利用格式塔原理的群化原則（林煜庭，2008），將相關訊息整合在同一區塊，並運用認知心理學的相似性、連續性、封閉性、對稱性等符合視覺特徵來引導學習；除了畫面設計的原則之外，也可運用訊息激發的效果，抓取學習者瞬間的注意力，降低搜尋的程度。

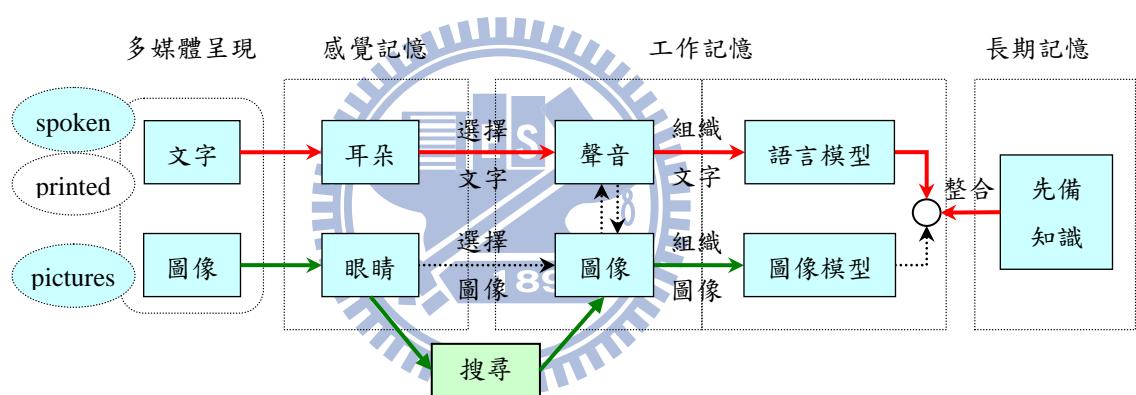


圖 2-6 雙通道/視覺搜尋示意圖

5. 時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)

除了空間的原則，相關的文字與圖片同時呈現會比接續出現的效果好。由多媒體學習的雙通道假說可知，文字與圖片分別從聽覺通道與視覺通道進入工作記憶，如果兩者訊息可以同步進入整合，就可以有效學習。如果圖像先於文字，或文字先於圖像，該訊息必須停留在工作記憶中，無意義的佔據工作記憶，且因訊息停留的時間有限，當相關訊息收錄時，先前的訊息已經丟失，無法重新整合。

因此動態激發教學的研究針對空間接近原則與時間接近原則，提出彈性指標中的群化原則、引導原則與觸發原則（林煜庭，2008）。將教材內容分析後切割成小段落，按照教學的程序與步驟將新訊息激發，或者將不需要的訊息關閉，藉此抓取學習者的注意力。

6. 分割原則 (Segmentation Principle)

將動畫分割成數個段落，由使用者自行控制，學習的效果會比不分割且連續播放的效果好。Mayer 提出這個原則是以學習者自學的教學動畫為實驗課程，因此對於學習者來說，將教材分割微小片段，可以有足夠的時間對畫面的文字與聽到的聲音組織與整合後，再進入下一個段落。反觀若未分割，採取連續播放，學習者不能自己控制 (self-paced)，對於訊息可能還在選擇的階段，又要忙著組織、整合，一旦來不及，就無法產生學習。

以課堂授課為導向的教材，速度配置的控制權在教學者手中，但分割原則仍然存在。面對複雜訊息的教學內容，教學者必須事前做好教材的分析，並將教學內容予以切割，不同的是動畫的教學是由學習者一個畫面接著一個畫面按照自己的學習速度操作，然而課堂授課導向的教材，如果切割過後的教材元件互動仍然密切，就必須同時呈現在一個畫面上去做比對，如此畫面仍舊雜亂，因此切割過後的教學內容，必須經過結構化的方式統整，再將相關的訊息區塊化，在畫面上分區擺置，配合激發式動態呈現，以引導學習者的注意力完成複雜訊息的學習。

7. 事先訓練原則 (Pre-training Principle)

學習者若能夠在學習之前，即先知道主要概念的名字和特徵，則學習效果會較好。類似預習的效果，讓學生再一次看到主題時能有複頌的效果，自然會提高注意力，加深其印象。

8. 形式原則 (Modality Principle)

基於雙通道假設，學習者面對有口述文字和動畫的教材，比起有視覺文字和動畫的教材擁有較好的學習效果。因為學習者面對視覺文字和動畫的教材時，只使用了視覺通道收錄訊息，未使用到聽覺通道；當我們使用了口述文字和動畫的教材，口述文字就可以經由聽覺通道收錄，而視覺通道留給動畫，因此可以適當的收錄而達到平衡。

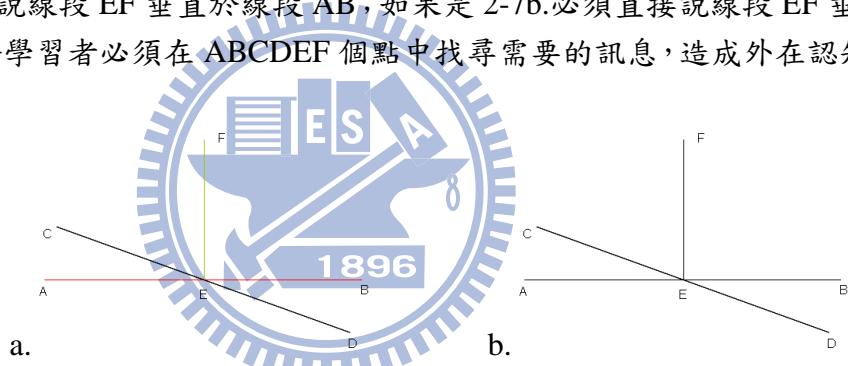
9. 多媒體原則 (Multimedia Principle)

由雙通道假說可知教材呈現時，以圖片與口語的效果比由單一呈現方式的效果更好。文字、口語是由聽覺通道，圖片則由視覺通道收錄進入工作記憶，因此透過兩個不同的通道收錄訊息，可以使單一容量的限制得以增加，且不增加工作記憶的負荷，工作記憶不需浪費空間保留某一個訊息，以便整合另一個相關的訊息；而是透過教材實體整合的方式，取代心智整合，降低認知負荷。

10. 個人化、聲音與圖像原則 (Personalization, Voice and Image Principle)

Mayer (2009) 認為在多媒體動畫的呈現上，必須要考慮學習者的動機，所以在聲音上以真人錄製的聲音比起機械發出的聲音來得好；對話的方式可以讓學習者有參與的感覺，效果優於一般的聲音模式，因此對話中盡量使用「第二人稱」避免使用「第三人稱」。教材的設計不需刻意擺放圖像，除非使用圖像當做引發注意力的信號，否則將造成學習者分心。

在課堂授課為導向的教學中，聲音代表不同的含意，聲音可以是信號 (signaling)，也可以是和圖像相關連的訊息，當聲音成為訊息，學習者就必須組織、整合後才有意義，就如前面所提，聽覺的訊息對學習者來說如果是有意義的，收錄的通道就能有選擇性：可能會轉化成圖片由視覺通道收錄，或維持聽覺通道收錄，減少不必要的通道阻塞；但是如果沒有意義，學習者就只能夠使用聽覺通道收錄，且還要編碼與解碼，造成訊息通道與工作記憶的負荷，使得訊息阻塞。所以數學教學聲音的口語化十分重要，先採用口語化的方式再回到數學本身符號的名稱，學生的外在認知負荷會因為減少搜尋而比較低。如圖 2-7 要表示兩條線相互垂直，若教材設計如 2-7a.，教學者直接說綠色線段與紅色線段相互垂直，所以我們可以說線段 EF 垂直於線段 AB；如果是 2-7b. 必須直接說線段 EF 垂直於線段 AB，這時學習者必須在 ABCDEF 六個點中找尋需要的訊息，造成外在認知負荷。



11. 個別差異原則 (Individual Differences Principle)

Mayer (2009) 在第二版 Multimedia Learning 中，刪除個別差異原則，但是對課堂授課為導向的教學，原則仍然存在。學習者的類型會影響教材設計的原則。高學習成就的學習者在長期記憶中具備有完整的先備知識基模，當接收到訊息的同時，可以迅速的激發連結，不需完整收錄，就能達到學習的目的；反觀低學習成就的學生，缺乏先備知識，學習的過程必須將所有的訊息收錄、整合後才能達到學習，認知負荷較大。因此設計教材之前必須考量不同學習型態的學習者，教學時才能適度的導引，達到降低外在認知負荷的期待。

動態激發教學的彈性指標利用觸發的原則，將不必要的訊息隱藏，畫面只留下需要的訊息，對於高學習成就的學習者而言，可以避免多餘效應 (redundancy effect)，一旦低學習成就的學習者與舊經驗無法連結時，便可將訊息激發呈現，輔助建構、整合訊息。

2-2 注意力

學習就必須從注意力開始談起，學習的過程必須先透過感官接受器接受訊息，但面對環境中多重的訊息，該如何抓取主要的訊息關鍵就在於注意力，是教材設計的重點，如果教材無法吸引注意力，學習是無效的，所以資訊化教學的教材設計，必須著重在是否可以輕易的取得注意力。

注意力最基本的處理即是將感官接收的訊息收錄到認知系統的過程 (Ashcraft, 2004)，人類面對環境突發刺激，神經系統必須保持警覺和警醒(Posner, 1995; Posner & Raichle, 1994) 以便即時做出互動，這樣的注意力經常是反射性或自動化的行為，因為外在環境改變，刺激感官後產生的注意，即稱為輸入注意。面對突如其來的刺激會吸引注意力，就像在安靜無聲的圖書室內，突然發出的聲音會吸引室內所有人注意力，產生「定向反應」(orienting response)。但是 Ashcraft 指出相同的刺激如果持續一段時間，對這一項刺激的注意力便會下降、消失，成了「習慣化」(habituation)。

課堂中使用多媒體的因素之一就是要增加不同的刺激，吸引學習者的注意力，如果相同的媒體持續使用一段時間，對學習者的刺激便會明顯下降，使注意力轉移到不重要的刺激上，學習效果就不易增進。當學習者對教學媒體或刺激產生習慣化，突如其來的移除刺激物或產生其他刺激，可以拉回注意力，這樣的效 果稱為「去習慣化」(dishabituation)。¹⁸ 課堂上若善用定向反應、習慣化、去習慣化，學習者的注意力就可以長時間聚焦在學習內容上，而這也是多媒體應用在課堂上最重要的意義。

Ashcraft (2004) 進一步說明注意力是一種有限的心智能源，無法在同一時間將注意力分散在許多刺激上，如果處理訊息時佔去了所有資源，就無法再處理其他訊息，但是透過對處理作業的練習，相同處理程序就會成為自動化而不需要佔用注意力的心智能源，此時就可以有多餘的注意力放在其他訊息。例如課堂上老師邊計算邊講課，因為計算已成為自動化過程，不需要佔用過多資源，就能夠將注意力放在講課的內容上而不衝突。學習上自動化處理的過程也相對重要，在數學領域中基本計算過程（加、減、乘、除）在練習中產生自動化，才不需要耗費過多的能源思考計算流程，足以思考授課的內容。面對複雜訊息的教材設計，Mayer (2009) 就提出分割原則 (segmentation) 事先訓練原則 (pre-training)，教材經過適度分割，針對每一個分割後的教材進行教學與練習後，學習者就能產生自動化，當已經自動化的段落組合起來，便可以因為自動化的產生，而降低學習的認知負荷。

關於注意力 Ashcraft 認為可以在四個想法交互影響下產生：(一) 感官接受到的訊息遠比注意到的訊息更多。(二) 在同一時間可以注意到的訊息有限。(三) 對於訊息，我們可以不需要付出注意就能反應或執行作業。(四) 具有先備知識或透過練習，對於訊息可以付出較少的注意力。學習的環境中有過多的刺激，但注意力在同一時間能處理的項目有限，因此上述四個項目的組合，構成學習成效的關鍵。配合 Mayer 提出有效學習的三個步驟：選擇、組織和整合，發現因為注意力資源有限，環境中的刺激又這麼多，因此，教材的設計必須要幫助學習者集中注意力「選擇」重要的目標，加上教學策略的配合、分割教材的實施，學習者經過練習之後產生的自動化自然就可以減輕注意力的負擔，將工作記憶空出來進行整合的工作，才能將新訊息收錄到長期記憶。

注意力在 Sternberg (2006) 的界定下則有三個主要的功能；對於學習的過程影響頗大，這三個功能分別為：(一) 信號偵測；(二) 選擇性注意力；(三) 分散性注意力。

2.2.1 信號偵測

信號偵測是人類的本能，人類為了生存必須不斷的偵測周遭環境的信號，警戒和搜尋則是信號偵測中的兩個功能。警戒 (vigilance) 指的是人類在長時間接受同一個範圍之內刺激的能力；而搜尋則是指應用策略找出目標物 (Sternberg, 2006)。

其中搜尋對於教材的設計有重大的影響，教材呈現在畫面上若元件之間關係複雜，除了重要訊息視為目標項，尚有不重要的訊息成了干擾項，目標項與干擾項如果沒有做好區分，會增加搜尋的難度，因此如何讓目標訊息不被干擾項影響，或者如何加強目標項訊息強度，好讓目標訊息可以順利透過感覺接受器進入工作記憶，就成了教材設計的重點。

為了突顯目標項，可以透過下列的方式提高搜尋的成功率：

1. 特徵整合理論

Treisman (1986) 認為我們對於每一個感官刺激，都會產生一個心理地圖來表徵這一個刺激，這個地圖可能是刺激物本身的顏色、大小、形狀或是方位。在從事搜尋時，目標物的特徵越是明顯，搜尋的成功率就會越高。對於所有的刺激，可以迅速且不需要耗費注意力資源的對應所有的特徵。當設計教材時就可利用特徵整合理論，將需要凸顯的訊息以具有高度差異的特徵引起注意力。

2. 相似性理論

Sternberg 提到 John Duncan 和 Glyn Hnmphreys 與 Treisman 不同的想法，即使目標刺激具有高度特徵，如果干擾刺激與目標刺激的特徵相似性提高，目標刺激的偵測困難度就會跟著提高。也就是目標與干擾的特徵太接近，會造成訊息偵測的不易。所以搜尋成功的條件不再只要具有特徵即可，還要看干擾刺激與目標刺激的相似性才能決定。當干擾刺激與目標刺激的相似性高時，搜尋目標刺激就需要耗費注意力資源，對於學習的成效相對降低。

3. 引導搜尋理論

當一群相似性高的干擾刺激與目標刺激同時出現，搜尋目標刺激就需要耗費注意力資源，而且不易產生成功的搜尋結果。Kyle Cave 和 Jeremy Wolfe (1990) 在這樣的基礎上提出兩個搜尋時的層次：(一) 當平行搜尋時，個體會針對刺激產生心理上的特徵表徵；(二) 進行序列搜尋時，個體會針對刺激表徵進行評估，預測並找出真正的目標。也就是說面對大量刺激物，會先針對所有的刺激物進行特徵的分析，接著依照分析的結果所形成的表徵進行比對搜索。

4. 運動過濾器理論

動態的刺激物與明顯的特徵結合，可以增進視覺的搜尋，但是與較為細微的特徵結合運動時，視覺的搜尋會變慢 (McLeod, Driver, & Crisp, 1988; McLeod et al., 1991)。目標刺激與干擾刺激同步運動，容易產生錯覺，例如，搜尋的目標是紅色三角形，在搜尋的過程中很快的出現紅色四方形和黃色三角形，容易形成錯覺誤認搜尋到紅色三角形。因此當干擾項和目標項以同方向進行運動，干擾項容易產生錯覺成為目標項，產生特徵的錯覺結合 (Baylis, Driver, & McLeod, 1992)。特徵的錯覺結合也會與先備經驗產生影響，在教材的設計上，尤其要注意顏色、形狀在生活中代表的含意，以免產生特徵的錯覺結合。

在視覺的搜尋上如果可以給予適當的暗示目標刺激物出現的位置，就可以輕易的搜尋到目標，以多媒體為教材，滑鼠指標的位置具有強烈暗示的作用，適性指標中暗示起始位置就是在說明滑鼠指標的重要。除了給予視覺上的暗示，先備知識也是影響搜尋重要的關鍵，善用先備知識具有的刺激特徵進行設計教材，例如形狀或顏色或是給予生活的情境，可以使學習者在視覺的搜尋上更加便捷。

2.2.2 選擇性注意

除了外在環境變動產生的刺激能引起注意，人類也可以自發性的產生注意力，這樣自發的過程稱為選擇性注意 (Sternberg, 2006)。選擇性注意源自 E. Colin

Cherry 在 1953 年提出的雞尾酒會現象，探討的內容是當人們被大量訊息包圍時，如何選擇注意某一個訊息來源。後續的研究依據選擇器位置的不同，產生三種選擇性注意的理論：

1. Broadbend 過濾器理論：根據 Broadbend 的理論，不管有多少的訊息包圍感覺接受器，一次最多只能有一種訊息進入，因此當大量、不同的訊息流入感覺接受器，接受器會依據訊息的特徵進行篩選，在這個理論中感覺接受器就像過濾器一樣篩選訊息。
2. Treisman 的減弱理論：生活中當專心的注意某一個刺激，若有人提到自己的名字，仍然會轉移注意力，所以 Treisman 認為並不是在感覺接受器就過濾掉其他的訊息，而是對訊息進行初步的分析並減弱訊息的強度，進入感覺接受器後，會被感覺到的訊息是與正在處理中事件相關的訊息。
3. Norman 的相關模式：不管是 Broadbend 或是 Treisman 對訊息的選擇，都是由訊息進入感覺接受器後才進行，是由下而上被動式的選擇。Norman 提出由上而下主動選擇，他認為對訊息產生注意有兩個因素，感覺激發 (sensory activation) 和相關 (pertinence)。

當某一個訊息的強度突然增加，這個訊息對於注意力的激發程度就是高的，將這樣的想法應用在課堂授課的教材，呈現教材的過程針對特別重要的部份或正在強調的部份特地標示出，其他部分則淡化處理，想要強調的部分就可以達到激發注意力的效果。

包圍的訊息中若有某一訊息與正在進行的事情相關，或與接受者本身有相當程度的關係 (例如名字或想法)，意識就會選擇接受相關的訊息，並且忽略不相關的。這與學習時的先備經驗有極大相關，當學生的先備經驗充足，在干擾較多的環境中學習，仍因先備經驗與訊息的結合，可以保持相當的注意力。相反的，在學習者先備經驗不足的條件下，學習的環境干擾如果過多，就容易影響注意力的集中。

2.2.3 分散性注意力

人在同一時間要處理兩個以上的作業時，表現就會下滑。但是如果透過練習產生其中一項作業的自動化，便能提昇處理作業的速度和正確性。課堂授課為導向的教學，經常要面對教學環境產生刺激的挑戰，如何要求學習者由下而上的將注意力集中在學習事物上，可透過班級經營的方式建立。但是若是課程本身產生的分散性注意力，教材呈現的干擾物過多，使學習者容易分散注意力，則可以採

用激發式動態呈現，由上而下的引發注意力並引導學習。不論是 Mayer 或 Sweller 提出的教材設計原則，都很重視教材設計與注意力的導引，學習是由一個個元件相互關連而成，教材的設計便是導引學習者的注意力，按照步驟的接收所有元件，堆疊成教學的內容。

2-3 知覺

2.3.1 知覺歷程

Levine 和 Shefner (1981) 曾說明「知覺是用來解釋感官獲得或處理訊息的方式；換言之，我們用感官感受刺激，然後知覺這樣的刺激是什麼？」所以當我們接受到外在環境的刺激，就要倚賴知覺來解釋感受到的是何種刺激。知覺包含很多心理現象，知覺的過程是一套歷程，在這樣的歷程中我們可以認出、組織和理解環境接受到的感覺經驗。

此外，Zimbardo 和 Gerrig 認為知覺的定義，代表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，以下針對這三個階段進行探討：

1. 感覺：即外在環境改變，對感覺器官產生的刺激，所引發的注意力，有由上而下心智控制的自主性注意力，以及由下而上外在環境刺激形成的注意力。
2. 知覺組織：感覺器官接受到刺激後，將感受到的感覺特徵整合成可以辨認的物體知覺表象，也就是接收到的訊息透過大腦組織、修正成可辨認的形體。
3. 檢定/辨認：接受到外在的刺激，並轉換成知覺之後，給予知覺表象意義。

然而有時我們所感覺到的（從感覺器官的感受）不一定是我們所知覺到的（心理的），這便成了錯覺（Sternberg, 2006）。在教材的呈現過程，經常要使用符號來代表某項事物，為求訊息傳達的迅速與正確，選擇符號時就要注意知覺的問題，以免產生錯覺而接收到錯誤的訊息。

感覺接受細胞對於不斷出現的相同刺激會產生適應，直到刺激有了改變，就會重新產生激發，而人為了在環境中順利生存，即使在平靜的環境中也要保持警覺，所以眼睛會不斷做微小且快速的跳視，利用這樣的改變提昇警戒。Sterberg

認為知覺有下列基本的現象：

1. 知覺恆常性

發生在物體不論是遠側或近側的刺激改變時，對於該物體的知覺不變 (Gillam, 2000)。知覺恆常經常是指大小和形狀的恆常性，這兩種恆常性與物體的距離相關，大小恆常性通常發生在知覺物體與觀察者之間的距離差異，形狀恆常性則是知覺物體不同部分與觀察者之間的距離。

造成大小恆常性起因於物體的大小決定物體與眼睛的距離，越大的距離眼睛越近，但這樣的結果常造成大小恆常的錯覺，一旦教材設計時忽略大小恆常的問題，就容易造成學習者的困擾。

物體不同部分與眼睛接觸的距離不同，就會產生不同的大小，例如開門的時候，拉開的門隨著拉開的角度不同，越接近觀察者的部份線條越大，雖然看起來形狀不相同，但對於知覺來說是相同的。

2. 深度知覺

觀察物體時，眼睛的肌肉會隨著物體的遠近而有不同的使用，大腦便會將這些肌肉的運動解釋成物體與觀察者的距離，產生立體的深度知覺。

3. 形狀知覺與完形取向

探討知覺中，較為整體、全部的歷程，主張個別的總和不會等於整體，並且證明我們如何從個別的物體知覺到整體，提出視知覺的完形原則如下：

(1) 圖形-背景：在視知覺中，部分物體比較突出，其他則退後成為背景。

所以教材的設計上，目標物與干擾物不但要相互區別，目標物更必須是高明度以至於可以輕易吸引注意力，否則即使目標物與干擾物以相互區別，視覺卻是著重在干擾物上。

(2) 接近性：在知覺中，相互靠近的會視為同一群組。如圖 2-8，視知覺會將圓圈視為 2、2、1 的群組。教材的設計上，相關的物件就要擺置在一起，也就是適性指標中的群化原理。

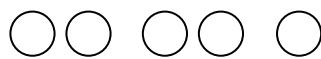


圖 2-8 接近性 (Sternberg, 2006)

(3) 相似性：在一群物體中，相似圖形會視為同一群組。如圖 2-9 視知覺

會將圓圈視為一個群組，方框視為一個群組。

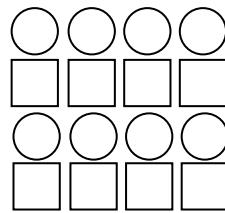


圖 2-9 相似性 (Sternberg, 2006)

- (4) 連續性：對於物體會知覺連續、流動的形狀。在圖 2-10 中，如圖 a. 一個交叉的圖形，因為視知覺的連續性，會將圖形視為圖 b. 兩個圖形的結合，而不會看成圖 c. 的兩個圖形。

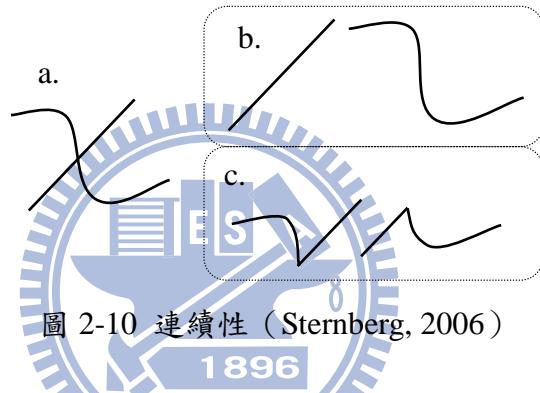


圖 2-10 連續性 (Sternberg, 2006)

- (5) 封閉性：從圖 2-11 觀察可以發現，實際上未完成的物體，在知覺上會視為已完成。圖 a. 的弧被長方形遮住，但在視知覺上不會認為如圖 b. 是不完整的圓，而會視為完整的圓。圖 c. 在視知覺中會看成 1、2、2、1 群組的線段，一旦將線段改成弧線，視覺認知便不再視為群組，會成為三組的括弧。所以在教材設計時，整體性與個別性必須要特別小心。

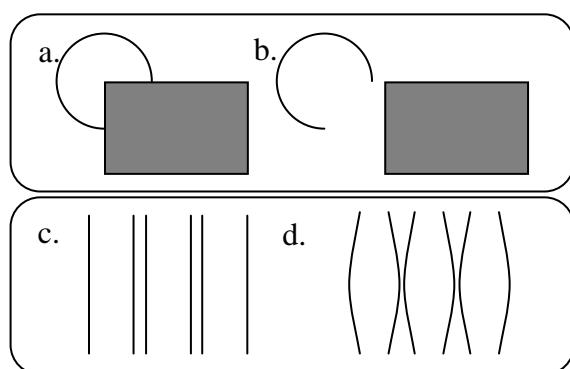


圖 2-11 封閉性 (邱建偉, 2003)

- (6) 對稱性：知覺上會從中央分隔成為鏡像。在視覺認知上，圖 2-12 會看成三組的括號，而不會看成六個獨立的物件。

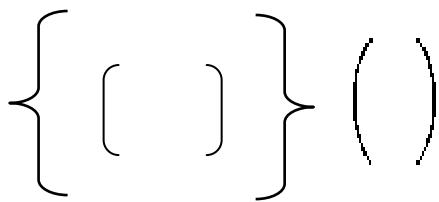


圖 2-12 對稱性 (Sternberg, 2006)

教材的設計則是視覺的導引，如果設計不當除增加外在認知負荷，更會因為訊息傳達不正確產生錯覺，尤其數學的教學涉及大量的符號，每一個符號又各有其定義，一旦用錯就容易產生學習建構上的困擾，讓數學概念的延伸產生障礙，所以在數學科教材設計必須留意符號的使用。

2.3.2 知覺的理論取向

知覺的歷程，可以分成下列兩個取向：

1. 由下而上的取向：直接知覺

知覺形成的完形取向取決於刺激中影響知覺的層面，如果先考慮物理性給予的刺激，由觀察到的形狀、外表或型態來解釋高層次的認知，則稱為由下往上的理論，也稱作資料驅動理論。這個理論認為知覺是序列發生，和智力是分開毫無關係，而是隨著時間的累積，使得知覺的判斷具有足夠的脈絡可循 (J. J. Gibson, 1979)。由下而上的理論衍生出如表 2-3 的輔助理論：

表 2-4 直接知覺輔助理論整合表

名稱	理論
模版理論	在我們的心智中儲存大量模版，當感覺接受器接受到訊息，便與模版一一核對，只允許完全的切合。然而要完全知覺環境，必須儲存大量模版，對認知結構負荷過大。
原型理論	主張不需要完全精準、切合所有相關型態，只要整合出具有高度代表性的模組即可。
特徵理論	1. 將所有知覺到的物體做特徵分析，並且比對記憶中儲存的特徵，賦予知覺整體的形態。 2. 特徵比對的過程，若整體與部分的特徵一致，辨識的速度較快，若整體與部分的特徵不一致，則整體的辨認會優先於部分的特徵。

2. 由上而下的取向：建構的知覺

相反的，如果著重在高層次的認知歷程，以既有的先備的知識來預期接收的訊息，接著才考慮感覺到的訊息資料，這樣的過程稱為由上而下的理論。當接收到一個訊息時，不僅針對這一個刺激做認知的理解，也利用其他的訊息來源來輔助建立知覺，也就是在知覺的過程中，根據我們感覺到的、知道的和推論出來的，快速的形成知覺假設，與由下而上的取向不同之處，這樣的認知歷程牽涉到高層次思考。

對於學習者而言，教學的內容如果已經有相關先備知識可以當基礎，知覺的學習就可以是由上而下由心智驅動的學習，此時學習者可以按照自己的想法與學習步驟收錄必須的訊息，這樣的過程可以快速的形成基模，完成學習。相反的，一旦教學內容與先備知識無法產生連結，學習者就難以由上而下驅動認知行為，而必須透過外在的刺激給予引導收錄，這時教材就必須扮演注意力引導的角色，讓學習者跟隨教學者的步驟，激發訊息並且找出訊息之間的關聯。不管由上而下或由下而上的知覺過程，教材的設計都必須引發學習者的注意力，再透過教學的策略，將訊息整合成有意義的知識。

2-4 認知架構

如圖 2-13，當訊息進入感覺接受器之後，便會收錄至工作記憶區，在工作記憶區內停留 15 到 20 秒的時間 (Ashcraft, 2004)，若學習者經過複誦或與先備知識結合，便可將訊息編碼、收錄至長期記憶中。有效的學習除了一開始教材呈現時要能吸引注意力之外，更必須運用策略讓訊息可以進入長期記憶中，才稱得上是有效的學習。

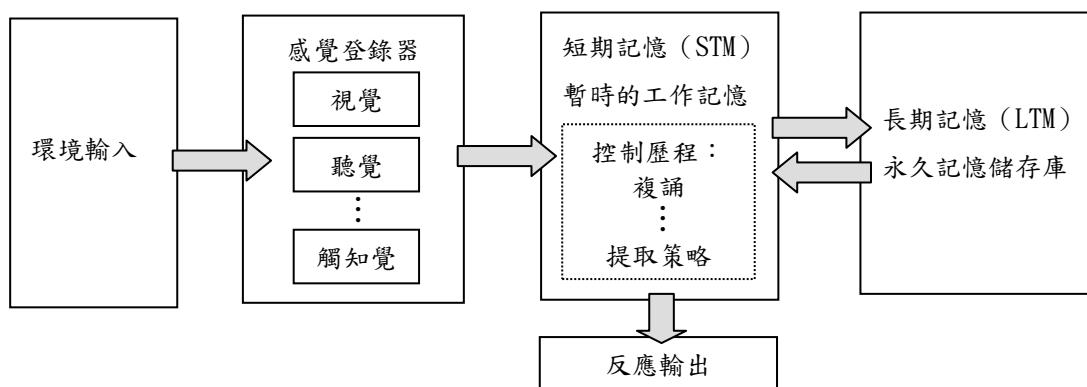


圖 2-13 認知架構 (Sternberg, 2006)

2.4.1 感覺儲存 (Sensory Memory, SR)

感覺登錄器是所有訊息的初始資料庫 (Sternberg, 2006)，接著才是進入短期記憶與長期記憶。感覺登錄器中的訊息停留的時間極為短暫，如果沒有累積到個體可以知覺的量，就會被後來的訊息所取代。因此進入感覺登錄器的訊息不是被轉移到另一個資料庫，就是在轉移之前，因停留時間過長被其他訊息抹掉，教材呈現的過程，如果沒有在實體上整合相關訊息，需要學習者以心智整合訊息，面對複雜訊息時，常因為過度搜尋，無法整合相關訊息，自然無法獲得學習。

2.4.2 短期儲存與工作記憶 (Shot-Term Memory, STM)

感覺儲存的訊息量一旦被收錄便進入了短期儲存，在短期記憶中保留部分記憶的項目，也包括了長期記憶提取出的相關訊息，短期儲存器中的訊息只能夠保留 7 加減 2 個項目，若訊息未經處理，約可保留 30 秒鐘，在短期儲存中保留的項目還若有任何延宕或干擾，數量勢必減少。為了克服有限容量的問題，可以採用記憶的策略，將數個訊息組成一個有意義的單位，就可以彈性的讓收錄訊息量增加；或者採用複誦的策略，在不斷重複朗誦的過程，可以延長停留在工作記憶的時間，以及協助訊息編碼，更容易進入長期記憶。

後來的心理學家將多元模式的工作記憶取代短期儲存，並且將定義為長期記憶的一部分，包含短期記憶，因此在這觀點下，工作記憶是指保留了長期記憶中近期被活化的部份，而且在短暫記憶儲存的內外移動這樣被活化的成份，於是工作記憶成了訊息處理的歷程，而不是訊息儲存的地方。

當學習者在學習新的知識時，從感覺接受器感知到的訊息必須經過編碼或與先備知識連結，才能進入長期記憶成有意義的訊息，因此在工作記憶的容量勢必被長期記憶所提取進來的訊息佔據而縮減。所以教材的設計必須包含記憶儲存的策略，經過有意義的分割，在教材呈現上協助編碼，本研究的激發式動態呈現的模式，便是透過視覺引導學習，在教材重新編碼、凸顯之下協助學習者搜尋並整合，以便增加工作記憶可用的容量。

2.4.3 長期記憶 (Long-Term Memory, LTM)

長期記憶 (Long-term Memory) 是無限的訊息長期儲存空間，所有的訊息進入到長期記憶，立即依照使用的類別將知識加以分類，並將分類過的訊息以基模 (Schema) 的形式儲存在長期記憶中 (Sweller, 1998)。長期記憶中訊息的收錄以語意為主，除此之外也收錄視覺與語音訊息，因此在數學教學的過程中，學習者

如果對數學符號無法產生意義，當訊息要收錄到長期記憶就會產生困難。

短期記憶進入長期記憶是學習是否有效，要看學習的歷程中收錄訊息的策略，對於新的訊息如果能夠連結先備知識，就可以產生固化而進入長期記憶。但是先備知識如果不足無法固化，可以採用精緻化複誦的方式，也就是讓訊息可以有意義的結合，在不斷練習之下，訊息也能因熟悉而收錄，至於精緻化，就是指在收錄訊息的過程按照自己的方式將訊息編碼，可以讓訊息更有意義的連結、更容易被記住，就如多媒體學習的假說，學習者透過自己主動的學習過後所取得的知識，比較容易被記住。

2-5 認知負荷理論

認知負荷理論是以基模組織化和自動化當做教材的主要目標，但這些目標遭受到有限工作記憶空間的阻撓 (Slava Kalyuga, 2003)，如果學習者必須在學習活動上耗費有限的來源，而不是直接連結有組織、自動化的基模，學習成效可能會降低。因此認知負荷是指執行某項任務時，執行者認知系統上的負荷。認知負荷包括兩個部分：心智負荷和心智努力。也就是學習內容困難度越大，或學習者需要花費更多努力，表示認知負荷越重 (Paas, 1992)。

2.5.1 基本假設

認知負荷理論對認知架構有四個基本假設 (Sweller, Merrienboer and Paas, 1998)：

1. 工作記憶容量有限

工作記憶容量有限，如果需要同時處理多個訊息，便會產生認知上的負荷。在教學上當教材的關聯性高，學習者必須不斷搜尋元件之間的關聯度，也會造成高度的認知負荷。所以教材的設計必須考量到工作記憶容量的問題，對於教材的內容進行分析，並予以適當的切割，在呈現的時候以區塊化的方式，一次呈現適度的訊息量，避免超過工作記憶的容量，如此就能夠做好有效的學習。

2. 長期記憶容量無限

經過處理過的訊息都儲存在長期記憶中，換句話說長期記憶中的訊息都是經過處理，有組織的知識基模，當工作記憶收錄到訊息，就會迅速的激發長期記憶中的相關基模，提取至工作記憶進行處理。因此以專家來說經驗過的項目多，處理訊息的時候，長期記憶中有許多相關訊息可以參照處理，比起初學者就可以有

較好的表現。針對長期記憶的特性，在學習者學習時可以採用策略性的收錄訊息，根據 Sterberg 的研究，學習者收錄訊息的方式影響提取的效果，也就是如果可以按照當初收錄的方式從長期記憶提取訊息，可以有較好的成效；從教學者的角度思考，教學的過程講究策略，讓學習者以有意義的方式收錄，是有助於事後的提取與應用。Sweller (1998) 也曾提出，如果學習者對學習的過程參與越多，學習的成效越好。

3. 長期記憶以基模的形態儲存

在長期記憶中訊息與知識是以基模 (schema) 的形態組成，基模具有儲存與組織資訊的功能，也因為採取模組化的形式存在，將相關訊息融合成單一基模，便可以節省工作記憶的空間，因此降低認知負荷的程度。根據 Pass (2006) 人類收錄訊息並予以歸類成基模，放置在長期記憶之中，當工作記憶放入新的活動，就會搜尋長期記憶中的基模，一旦搜尋到相關的基模，便會提取至工作記憶備用，此時基模代表一連串的動作或知識，但在工作記憶中只使用一個單位，可以大量的節省工作記憶空間，這時新訊息與舊基模結合，便能成為更高一個層級的新基模。知識的結構化有助於基模的建立，身為教學者，將知識以結構化的方式呈現以利產生基模，就是多媒體教學重要的一環。

4. 基模運作自動化

基模自動化是建構基模的重要過程，藉由基模的自動化，可以將數個動作收錄成一個基模，當提取到工作記憶處理時，是當做一個單位的訊息再處理，所以可以節省工作記憶的空間。藉由充分的練習可以將基模的運作自動化，降低工作記憶的負荷。面對複雜訊息的時候，經過切割的訊息分別進行教學與練習，產生基模且自動化後，再重組教學段落，複雜的訊息就可以因為基模自動化之後，可以在無意識之下執行工作，而降低認知負荷。在 Ayres (2006) 針對數學領域降低認知負荷的研究中，利用這樣的算式： $-3(5x - 2) + 9(7 - 2x)$ ，強調完成算式過程的互動性高，面對學習元件互動性高 (element interactive)，可以讓學習歷程的互動性由低 (先處理 $-3 * 5x$) 到高 $-3(5x - 2) + 9(7 - 2x)$ ，用意就是利用元件互動性低的時候，不斷練習產生基模的自動化，到最後處理整個算式的運算時，便不需要在工作記憶擺放乘法的算式，就因為自動化節省工作記憶的容量。

2.5.2 認知負荷的來源

Sweller (1998) 在認知負荷的研究中，指出在教學過程中影響認知負荷的三個因素：

1. 先備經驗 (Prior Experience)：

若學習者在長期記憶之中具備有教學內容相關基模，在進行學習的過程中工作記憶可以迅速的連結取得基模，將新的訊息與先備基模相互結合，便可以降低認知負荷。皮亞傑的理論強調學習的特色是與現存知識有關連性的 (Mayer, 1991)。新訊息不會直接或自動收錄到記憶系統中，相反的，需要由原有的知識來加以詮釋，才能輕易的收錄記憶。若先備經驗不足，收錄至工作記憶的訊息無法做相關連結，學習者就會產生大量的內在認知負荷，必須花更多的心智努力才能收錄至長期記憶。

也因此，新的進步是建立在先前的基礎上 (Mayer, 1991)，學習的動機來自於學生被置於一個有趣的情境上，在教學設計之上經常要顧慮到學習者的先備經驗，或者以情境式的設計教材，為的就是要利用學習者在記憶中已經具備的原有知識，進而接受新的訊息。

2. 教材的本質 (Nature of the Material) :

教材的元件之間相關性若不高，學習者可以輕易的了解，認知負荷便不高，如果教材元件之間的關連性高，學習者必須將元件留置在工作記憶中進行思考，並尋找元件之間的關聯性，造成較高的認知負荷阻礙學習。

3. 教材的組織 (Organization)

不同資訊有不同的特性，必須使用不同的呈現方式，不當或誤用的使用也會造成學習者認知上的負荷。

2.5.3 認知負荷的種類

在教學上，Sweller, Van Merriënboer and Pass (1998) 認為從媒體教材設計的角度分析，認知負荷的來源有三個：

1. 內在認知負荷 (Intrinsic Cognitive Load)

教材本身的難度所產生的認知負荷。若教材內容複雜，需要大量元件置入工作記憶中建立關聯，就容易造成學習者高內在認知負荷；相反的，若教材內容簡單，不需要過多元件置入工作記憶，內在認知負荷就低。

內在認知負荷也與學生的先備知識有關，如果學習者具備完整的先備知識，當訊息進入工作記憶，長期記憶中相關的基模便能迅速激發連結，工作記憶中的元件數自然可以被先備知識取代，因而降低內在認知負荷。所以相同的教材對於不同的學習者來說，會有不同的內在認知負荷。也因此教材設計時該著重在滿足

最多不同程度的學習者。

2. 外在認知負荷 (Extaneous Cognitive Load)

教材呈現方式不當，或教材元件之間需要大量連結所產生的認知負荷。因此設計教材的時候必須要分析教材的內容，進行適度的教材分割，若分割過度使教材過度細碎，學習者無法在元件之間做相關的連結，外在認知負荷高；又如果教材元件複雜，卻未經過分析切割，同時呈現大量物件也會使得外在認知負荷增高。

3. 增生認知負荷 (Germane Cognitive Load)

為使學習者可以更清楚的了解訊息，必須要多餘呈現的訊息。雖然增生負荷的產生是為了幫助學習者了解學習內容，但只有在總認知負荷量(外在認知負荷、內在認知負荷與增生認知負荷總和)未超過學習者的能力範圍，此時才有意義 (Sweller, 1998)，然而 Sweller (2009) 在認知負荷研討會中更進一步提出，內在認知負荷與增生認知負荷並非完全獨立，而是有部分重疊，因此認知負荷的總量計算更加重要。為了降低內在認知負荷而增加了增生負荷，卻使得總認知負荷超過學生的能力，這樣的增生負荷並沒有存在的意義。

2.5.4 認知負荷的效應

Sweller 等人在各學科領域運用認知負荷理論，提出七項教學設計原則如下：

1. 自由目標效應 (Goal-free Effect)

當問題的答案並非僅限於一個的時候，教學者可以讓學習者自由的提出思考的過程，讓學習者在自由思考之下，更快了解整個問題的結構，不受外在認知負荷的影響。經由學習者透過思考，自己建構出來的答案，可以更快速的形成基模，收錄到長期記憶。但這樣的教學方式對於對低學習成就的學生會產生大量的內在認知負荷，當問題本身的困難度或元件之間的複雜度超過學生的認知負荷，即使降低外在認知負荷，卻容易因為內在認知負荷提高，容易超過心智總負荷量。使用自由目標效應時應考慮學習者先備知識，以免產生反效果。

2. 工作範例效應 (Worked Example Effect)

對於新的程序性知識的學習，教學者可以給予一個步驟化的範例，使學習者有依循的目標，避免浪費認知資源，阻礙基模形成，並且影響自動化，造成認知負荷。若考量學習者的先備知識，發現完全依靠自己的學習方式無法達成任務，可以給一個解決問題的步驟範例，讓學習者有可以依循的目標完成學習。

3. 問題完成效應 (Problem Completion Effect)

完整的提供解決問題範例不但限制學習者的思考，更因問題與完整的範例同時置於工作記憶，造成外在認知負荷。因此，提供範例時可以只給一半，其餘的請學習者完成。或是一開始呈現完整的範例，然後逐次減少範例的完整性，增加學習者需要自主完成的部份，最後只留下問題，學習者就可以自行完整解題 (Sweller, 1998)。

4. 分散注意力效應 (Split Attention Effect)

教材的設計必須將相關的訊息在空間和時間上做適當的整合然後再呈現，能夠避免學習者學習時必須留住部分訊息，尋找相關訊息。因此設計教材的時候可按照多媒體教材設計原則中 (Mayer, 2005) 空間接近原則與時間接近原則妥善安排訊息位置和出現的時間，避免學習者產生過多的外在認知負荷。

5. 形式效應 (Modality Effect)

Mayer 為多媒體提出三個假說 (Mayer, 2005)，其中根據 Baddeley 的理論，將人收錄訊息的方式分成聽覺通道與視覺通道，兩者是相互獨立。如果收錄訊息時同時採用這兩個通道，如此進入工作記憶處理的訊息量將比只採用一個通道的訊息量多 (Mousavi, Low and Sweller, 1995)。

形式效應強調教材應該要以聽覺與視覺呈現，為了避免單獨使用一個感覺通道，教材中的文字最好可以採用聲音而不要用字幕 (Mayer and Anderson, 1991)，讓訊息實體整合 (physically integrate) 取代心智的整合 (mentally integrate)，這樣的方式可以因為減少搜尋，降低外在的認知負荷，並且因為由兩個通道傳遞已整合的訊息，增加工作記憶中可以保留的訊息 (Moreno, 2006)。

6. 重複效應 (Redundancy Effect)

比起呈現較少的訊息，如果額外訊息的呈現使得教材不利學習，就產生了重複效應 (Sweller, 2005)。造成重複訊息的額外訊息可以分成兩個變數：(1) 在教材中以兩種不同的方式呈現相同的訊息。(2) 為了詳細闡述或解釋訊息而產生的新訊息。因此當訊息單獨呈現就可以了解時，就不需要增加多餘的訊息，否則將造成外在的認知負荷。

製作教材的時候，相關的訊息基於空間接近原則必須整合在一起，否則將造成分散注意力；但是訊息如果相同就不需要重複呈現，避免重複效應的產生；如果多餘的訊息可以和其他訊息交互作用產生理解，盡可能將文字訊息以口述的方式，而不要以視覺的文字呈現，口述文字配合圖示可以利用型式效應，降低外在

認知負荷。然而一旦面對複雜訊息，勢必產生分散注意力，而且無法運用型式效應避免的時候，為了不要有重複、多餘的訊息造成外在認知負荷，我們可以使用激發式動態呈現教學，隱藏次要訊息，凸顯主要訊息，利用注意力導引建立訊息之間的關聯。

7. 變化效應 (Variability Effect)

當學習者在解題時，若問題、情境與當初收錄時不相同，產生的變化會造成學習者較大的認知負荷，但有助於學習遷移的產生，且可以幫助基模的形成。在同一個教學目標下，給予不同情境的教學，可以幫助學習者做知識的分類，以便收錄成基模。

認知負荷的效應中自由目標效應、工作範例效應與完成工作效應是著重在內在認知負荷，因此強調學習者本身的自學能力，在教學上可以將這三個效應看成學習的過程，如果學習的內容較為簡單且牽涉較多元的方向，可以採取自由目標效應，讓學習者自行思考產生知識的基模；但是學習的內容如果較為深入，不易憑藉先備知識解決，就需要給予工作範例，讓學習者有方法可循，但是過度的依賴工作範例，學習者產生的基模恐怕過於單一，因此逐步的減低範例的程度，讓學習者完成剩餘的工作，有助於基模的自動化，並進而獨立完成問題。

然而分散注意力效應、形式效應、多餘效應則著重在教材設計的原則，重點是在降低外在的認知負荷。Sweller 所提出的效應多半是著重在學習者自學的教材上，因此特別重視形式效應，採用雙通道收錄訊息，讓訊息在實體上整合，避免訊息進入工作記憶做心智整合，造成工作記憶負荷，也容易因為等候整合而使訊息遺漏。使用多媒體應避免不相關或重複的訊息呈現，否則學習者在畫面上不斷搜尋，視覺感官將疲於奔命，造成外在認知負荷的增加，產生多餘效應。排除不需要的訊息，畫面上的訊息仍要妥善安排，配合 Mayer (2001) 為多媒體學習提出的空間接近原則，相關的訊息必須整合在一起，避免學習者分散注意力。

2.5.5 認知負荷的測量

認知負荷的測量方式可以歸類成兩個向度 (Brunken, Paas and Leutner, 2003)：客觀性向度（主觀或客觀），關係向度（直接或間接）。客觀性向度著重在測量的方式是否主觀，有下列測量方式（如表 2-4）：自評報告或客觀行為觀察、生理狀況觀察或表現觀察。

表 2-5 認知負荷兩個向度分類關係表

客觀性		關係
		間接
		直接
主觀	自我評量心智努力 Self-reported invested mental effort	自我評量壓力等級 Self-reported stress level
Subjective		自我評量教材難易 Self-reported difficulty of materials
客觀	生理測量 Physiological measures	腦部活動測量 Brain activity measures
Objective	行為評量 Behavioral measures	雙重任務表現 Dual-task performance
	學習成效評量 Learning outcome measures	

參考資料：Brunken, Paas et al., 2003

1. 間接/主觀：學習者回顧學習的認知歷程，並依照付出的心智努力程度填寫量表。
2. 直接/主觀：藉由學習者評量教材的難易程度，直接關連學習者認知負荷的強度。
3. 間接/客觀：測量學習的成效或採用測量生理相關的訊息（例如眼動儀的測量）。這些方法雖然客觀，卻都只是利用注意力間接的證實與認知負荷相關。
4. 直接/客觀：最直接且客觀的評量方式，利用神經影像、功能性核磁共振、陽電子放射觀察腦部活動。雙重任務表現則是給予不同的主要任務與次要任務，藉由兩個任務產生的負荷進行測量。

本研究礙於設備與課程限制，無法採用直接/客觀的觀察方式測量認知負荷，而是參考宋曜廷（2000）測量認知負荷量表，分別就學生對教學內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力，兼顧主觀、客觀、間接與直接的測量方式，分七個向度做為選項，並輔以學習成效評量，期能做較為全面的認知負荷測量。

2.6 AMA 系統

2.6.1 AMA 由來

陳明璋教授於 2002 年成立 Informathe 工作室，以 PowerPoint 簡報系統為平台，結合軟體中的優點，針對軟體的缺點改善，重新組成增益集，開發出 Mathematical Presentation System（數學簡報系統，MathPS），原本是以數學科教

材開發為出發點，後因不斷開發創新，不再侷限在數學科，因此改名為 Activate Mind Attention 系統（簡稱 AMA），使其運用的範圍更廣（陳明璋，2008）。

AMA 有兩個主要的功能，一是結構式複製繪圖法（Structural Cloning Method, SCM），另一則為激發式動態呈現（Trigger-based Animation, TA）。本研究主要是應用激發式動態呈現的部分，其基本的模式如下：

1. 開關/關開/突顯：在訊息的上方加設一個透明的開關，當滑鼠觸發時，可以激發、關閉物件，也可以改變物件性質，藉以凸顯訊息。
2. 多元開關：多個物件形成的按鈕，具有同一個顯示區，當滑鼠觸發按鈕時，物件會在顯示區分別呈現。
3. 序列式激發：由一個激發器控制一連串的動態呈現，可以是逐一、並列產生，也可以排他產生（上一個物件在下一個出現時消失）。
4. 串接式激發：也是循序出現，但出現的物件是下一個物件的激發器。
5. 全開關(關開)：一個開關控制一群的物件，同時出現或消失。
6. 1-1 開關：一個開關對應一個物件或一群物件。
7. 動態表格：將表格分成資料區與非資料區，將資料區分割為行與列，並將非資料區設為開關，控制資料區的訊息。
8. 連續動畫：相同端點數的兩個多變形物件，視為首、末兩項，中間產生多個連續的物件，並以第一個為激發器。

2.6.2 AMA 系統教材設計

激發式動態呈現是一個操作簡易、有彈性而功能強大的動態呈現的方法（陳明璋，2006）。利用認知心理學上感覺接收的特性與注意力的導引，吸引學習者的注意力，進而傳達訊息、降低認知負荷。陳明璋（2006）指出激發式動態呈現具有下列特點：

1. 激發注意：適性指標可以適時的激發主要的訊息，關閉次要的訊息，協助視覺搜尋。
2. 分段切割：教材設計前先分析內容，然後依照工作記憶的容量做有意義的切割，使得訊息可以在工作記憶完整的保留、整合。
3. 多重組合：分段切割過後的教材可以予以群化、區塊化，由不同的激發

器控制。讓相同的訊息由不同部分控制、交相參照。

4. 彈性激發：訊息可以按照展演者展演的順序隨意的激發。
5. 平順連貫：完全由教學者按照課堂情境控制。
6. 溝通互動：可配合教學的過程，讓教學者、學習者與教材之間產生互動。
7. 適性教學：訊息呈現的順序或速度，可由教學者按照學習者的程度進行調整、激發。

2.6.3 AMA 與適性指標

AMA 系統具有動態激發的功能，在課堂中可達到吸引注意力的特性，於是具有協助視覺搜尋、可以引導注意力特性的視覺物件，便稱作適性指標。適性指標有以下三個主要用途：

1. 引導注意力。
2. 協助選取相關圖文碼：利用具有視覺特徵的符號，以簡易的編碼取代深奧難懂的專用編碼，達到注意力搜尋的目的。
3. 協助組織相關圖文碼。
4. 適性指標就是利用動態激發，將主要的訊息激發，達到協助視覺搜尋與注意力導引的功能。

2.6.4 適性指標的視覺特徵

林煜庭（2007）指出適性指標是一個物件，具有協助視覺搜尋與引發注意力的特性，這樣的特性不需要透過練習，也不需要耗費注意力資源。所以設計教材時若可以依循適性指標，便可以適時的將學習者的注意力從不必要的學習程序中退出，重新關注在學習相關的訊息上（廖子慧，2009）。尤其面對複雜訊息的教材內容，更需要讓學習者輕易的將注意力集中在相關的訊息上，才足以在工作記憶中整合，所以本研究將適性指標作為設計教材的依據，藉此降低外在認知負荷。林煜庭從認知科學、認知神經科學與資訊視覺化的觀點，將視適性指標的視覺特徵歸納成形狀（form）、顏色（color）、深度（depth）、運動（motion）等範疇。

1. 形狀特徵

形狀特徵可以概略的區分成物件本身的改變與外加樣式。物件本身的改變是

當目標物與干擾物特性類似時，改變物體的方向、長度、寬度、大小、彎曲的程度，甚至是目標物與干擾物模糊程度的不同，讓目標物與干擾物容易區分。

如果教材呈現出來的訊息過多，改變物件本身的形狀沒辦法掌握學習者的注意力，可以在焦點訊息上外加指標、底線、外框或底色。然而使用這樣的彈性指標必須要小心，外加的指標必須是具有獨特性的，不可以與其他元件有相似的外型；此外，外加的指標僅止於指出目標物，應該避免指標過於顯眼使學習者忽略目標物。表 2-5 列出形狀特徵的分類細目。

表 2-6 形狀特徵之分類與說明

特徵分類編碼		說明
1.1	FORM-Orientation、Length、Width	目標物與干擾物方向、長度、寬度不同
1.2	FORM-Size	目標物與干擾物大小不同
1.3	FORM-Curvature	目標物與干擾物彎曲程度不同
1.4	FORM-Blur	目標物與干擾物模糊程度不同
1.5	FORM-Added marks	替目標物標記
1.5.1	FORM-Added marks-pointer	替目標物外加指標
1.5.2	FORM-Added marks-underline	替目標物外加底線
1.5.3	FORM-Added marks-enclosure-border	外框式
1.5.4	FORM-Added marks-enclosure-interior	底色質感式

資料來源：林煜庭，2007

2. 顏色特徵

形狀特徵以改變形體與增加指標凸顯目標物，顏色特徵則以顏色特性的改變吸引注意力。顏色特徵可以分成色相（hue）和色彩強度（intensity）討論。

（1）使用適性指標在色相上需注意下列問題：

- ① 目標物與干擾物在色相上應有明顯的區隔。
- ② 適性指標使用的色彩應具有容易辨認，不易混淆的特性：彈性指標顏色的使用上應以白色、黑色、紅色、黃色、綠色以及藍色為教材設計的首選色（林煜庭，2007）。
- ③ 適性指標色彩的挑選以不超過 5 個顏色為限。過多的色彩容易造成目標物不易辨認。
- ④ 需注意同時性色彩對比效果的影響。為避免目標物與背景顏色相互影響，教材的背景顏色應以白色為主。因其他因素影響目標物的色彩時，可改用形式特徵凸顯目標物。

(2) 適性指標在顏色深度上應注意下列問題：

- ① 目標物與背景色彩的明度差異越大，越能凸顯目標物（廖子慧，2009）。
- ② 明度差異會影響同時性亮度對比。背景與目標的明度必須相反，才能凸顯目標物。若可以將色相變化加上明度變化，目標物更醒目。
- ③ 指標文字的呈現應採用「負向對比」（文字低明度），其餘指標則相反，明度越高，越能夠得到注意力。

人類對於顏色的偵測比其他屬性更迅速穩定（林煜庭，2007），因此使用適性指標設計教材應留意顏色特徵的限制，顏色特徵屬性在表 2-6 中說明。

表 2-7 顏色特徵之分類與說明

特徵分類編碼		說明
2.1	COLOR-Hue	
2.1.1	COLOR-Hue-[strategy : distinct hue]	策略—目標與干擾區隔
	COLOR-Hue-[strategy : hidden distractors]	策略—隱藏干擾物
	COLOR-Hue-[strategy : pop-out target]	策略—僅強調目標物
2.1.2	COLOR-Hue-[perception : unique hues]	知覺—純粹色相
	COLOR-Hue-[perception : cross-cultural naming]	知覺—顏色跨文化命名
	COLOR-Hue-[perception : focal colors]	知覺—焦點顏色
	COLOR-Hue-[perception : categorical colors]	知覺—顏色類別
2.1.3	COLOR-Hue-[label : distinctness]	標示—可區別性
	COLOR-Hue-[label : chromatic simultaneous contrast]	標示—色彩同時性對比
	COLOR-Hue-[label : field size]	標示—標識區域大小
	COLOR-Hue-[label : color blindness]	標示—色盲
2.2	COLOR-Intensity	
2.2.1	COLOR-Intensity-[luminance]	明度差異
2.2.2	COLOR-Intensity-[simultaneous brightness contrast]	同時性亮度對比
	COLOR-Intensity-[SBC : contrast]	SBC：對比因素
	COLOR-Intensity-[SBC : luminance difference]	SBC：明度差異
	COLOR-Intensity-[SBC : area ratio]	SBC：面積比例
	COLOR-Intensity-[SBC : crispening effect]	SBC：清晰效果
	COLOR-Intensity-[SBC : spatial sensitivity]	SBC：空間敏感度
2.2.3	COLOR-Intensity-[grouping]	色彩強度群化

資料來源：林煜庭，2007

3. 深度特徵

多媒體教材的製作無法真正製作出物理上立體深度（stereoscopic depth）的差異，卻可以製作出知覺上立體深度的差異。知覺上的立體深度與教材設計中的圖層相關，適性指標的目的就在探討，如何讓目標圖層可以突出於非目標圖層，

也就是讓教材的目標圖層與非目標圖層有顯著的不同。尤其在幾何的範疇，教材設計必須兼顧物體的整體性與凸顯目標物，所以適性指標中的深度特徵對於數學教材設計有相當大的影響。

除了立體深度，適性指標也探討凸凹感受 (convexity & concavity)，藉由物件陰影的方向與陰影的對比，影響學習者對搜尋的暗示。表 2-7 描述深度特徵的分類與說明。

表 2-8 深度特徵之分類與說明

特徵分類編碼		說明
3.1	DEPTH-Stereoscopic depth	
3.1.1	DEPTH-Stereoscopic depth-[transparency]	透明度圖層
	DEPTH-Stereoscopic depth-[TP : good continuity]	連續性
	DEPTH-Stereoscopic depth-[TP : luminance]	明度
	DEPTH-Stereoscopic depth-[TP : texture]	質感
3.2	DEPTH-Convexity & Concavity	
3.2.1	DEPTH-Convexity & Concavity-[shading orientation]	陰影方向
3.2.2	DEPTH-Convexity & Concavity-[shading contrast]	陰影明度對比程度

資料來源：林煜庭，2008

4. 運動特徵

運動特徵「吸引注意力的能力」是指標的基礎原理，而且能夠「動態改變注意力投注的位置」則是「適性」的來源（林煜庭，2007）。運動特徵包含「突然出現 (new object)」、「瞬變 (transient)」、「接近 (looming)」、「突然由靜而動 (new motion)」、「閃爍 (flicker)」、「運動方向 (direction)」、「運動一致性 (coherence)」七種重要特徵。適性指標在運動特徵的使用上，有以下重點：

- (1) 物件的「物理屬性相關動畫」應該由「目標物本身位置」啟動。在設計上，滑鼠啟動彈性指標時要在「目標物所在位置」，並且「描述目標物的文字」如果也能接近目標物則是更理想的設計方式，藉此預告動畫出現的位置，避免多餘的搜尋。
- (2) 使用 offset 強調物件不應該全部移除。在表達教材的複雜元件時，為避免過度的搜尋，可將暫時不需要的教材或已講解的教材關閉，但為了顯示關閉的物件與其他物件之間的關係，可淡化留在畫面上，協助視覺記憶。
- (3) 新物件的出現 (new object) 效果比改變明度 (luminance) 更好，若要使用改變明度的運動特徵，必須注意目標物與背景的明度對比。

- (4) 包含關鍵特徵的提示會影響搜尋效能。目標物的提示特徵應該具有容易辨認且不與干擾物混淆的特性，且干擾物不該給予提示特徵。
- (5) CIHO (Contingent Involuntary Orienting Hypothesis) 在適性指標的使用上，可以配合教學者口語的提示，增強搜尋的效果，而使用提示應考慮提示特徵的含意，避免 Stroop 效應的產生。

除了新物件的產生可以吸引學習者的注意力，讓物件本身產生動作也可以強調畫面上物件之間的關聯，尤其當相關的物件分別在畫面的兩端，無法應用 Mayer 多媒體學習理論的空間接近原則時，群組相關的物件，然後應用抖動 (jitter motion)，便可清楚的發現兩者之間的關聯。運動特徵的分類與說明闡述在表 2-6。

表 2-9 運動特徵之分類與說明

特徵分類編碼		說明
4.1	MOTION-New object	目標物是突然出現的新物件
4.1.1	MOTION-New object-[original location]	原始位置
	MOTION-New object-[original location : mouse]	動畫之滑鼠啟動點
	MOTION-New object-[original location : information]	提示含有位置資訊
	MOTION-New object-[original location : between pages]	頁間定位
4.1.2	MOTION-New object-[onset and offset]	onset 與 offset 因素
4.1.3	MOTION-New object-[luminance change]	明度改變因素
4.1.4	MOTION-New object-[inhibition of return]	回向抑制
	MOTION-New object-[inhibition of return : CTOA]	「提示」與「目標」不同步開始的時間差在 300ms~3000ms 之間 IOR 效應最強
	MOTION-New object-[inhibition of return : previous saccade]	視線重回前一掃視位置誘發回向抑制
	MOTION-New object-[inhibition of return : previous stimulus]	視覺刺激出現在前一刺激的相同位置誘發回向抑制
4.1.5	MOTION-New object-[CIOH]	CIOH
4.1.6	MOTION-New object-[stroop effect]	Stroop Effect
4.1.7	MOTION-New object-[negative priming]	Negative Priming Effect
4.1.8	MOTION-New object-[feature-map inhibition]	Feature-Map Inhibition
4.1.9	MOTION-New object-[visual marking]	Visual Marking
4.2	MOTION-Transient	目標物的某種視覺特徵發生瞬變
4.3	MOTION-Looming	目標物感覺上往觀察者接近
4.4	MOTION-jitter motion	目標物在畫面中抖動
4.5	MOTION-New motion	目標物是突然由靜而動的物件
4.6	MOTION-Flicker	目標物在畫面中閃爍
4.7	MOTION-Coherence	運動方式一致性所產生的層次感
4.8	MOTION-Direction	目標物與干擾物運動方向不同

資料來源：林煜庭，2008

2.6.5 適性指標設計原則

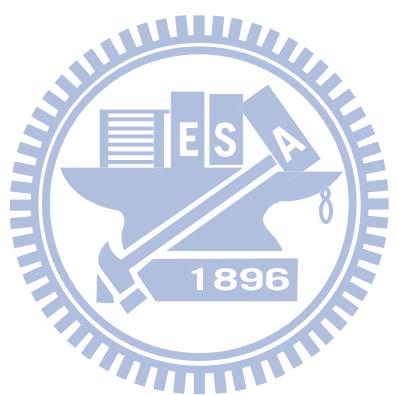
林煜庭（2008）根據視覺特徵，配合AMA系統特性，提出一種協助視覺搜尋以及引導注意力的教材設計原則，稱為適性指標。此一指標不是教材唯一的原则，製作教材仍需要配合教材內容的特性，分析過後依照適合的呈現方式配合使用，適性指標共有七項原則陳列在表 2-7。

表 2-10 適性指標教材設計原則

原則	說明
標示原始位置原則	為能導引學習者注意力，除了不同頁面相同物件需在相同的位置外，滑鼠所在的位置，應該要符合兩個條件： 1.直接指出目標物 2.指出目標物的方位
特徵獨立原則	1.適性指標應求特徵統一，且具有連貫性。 2.避免適性指標與前一個用來標示干擾物的訊息具有相同的特徵。
通道原則	1.教材設計時，對於畫面上的顏色應避免超過五種。 2.當色彩使用過量，需標示目標物時，應採用不同類型特徵。
群化原則	為區分干擾物與目標物，可以： 1.目標物群化：建立目標之間的關聯性。 2.干擾物群化：將干擾物整群忽略，協助目標搜尋。
明度差異原則	利用干擾物與目標物之間明度的差異，協助搜尋目標。
引導原則	利用知覺中，由下而上的激發注意力、由上而下的抑制干擾物，將學習者的視覺避開不相干的刺激，以特徵搜尋的方式找到目標。
觸發原則	適性指標必須要有動態視覺特徵 (new object onset 或 new motion onset)，以便激發注意力。

資料來源：林煜庭，2008

適性指標的教材設計原則是根基在注意力導引上，有了注意力才能有好的學習。但是性指標只做到注意力的導引，學習者是否有學習成效，仍然要看教學的策略，所以教學的內容要設計成教材，必須做好事前的分析，依據學生學習的型態、課程的內容，選擇適合的教學策略，再著手教材的設計，如此才有學習的成效。



三、研究方法

此章共分為五節說明研究的方法與步驟：研究流程、研究對象、研究設計、研究工具及資料分析方法。

3.1 研究流程

本研究的流程分為整理階段、實驗階段以及分析階段，各階段從事的工作流程如圖 3-1。

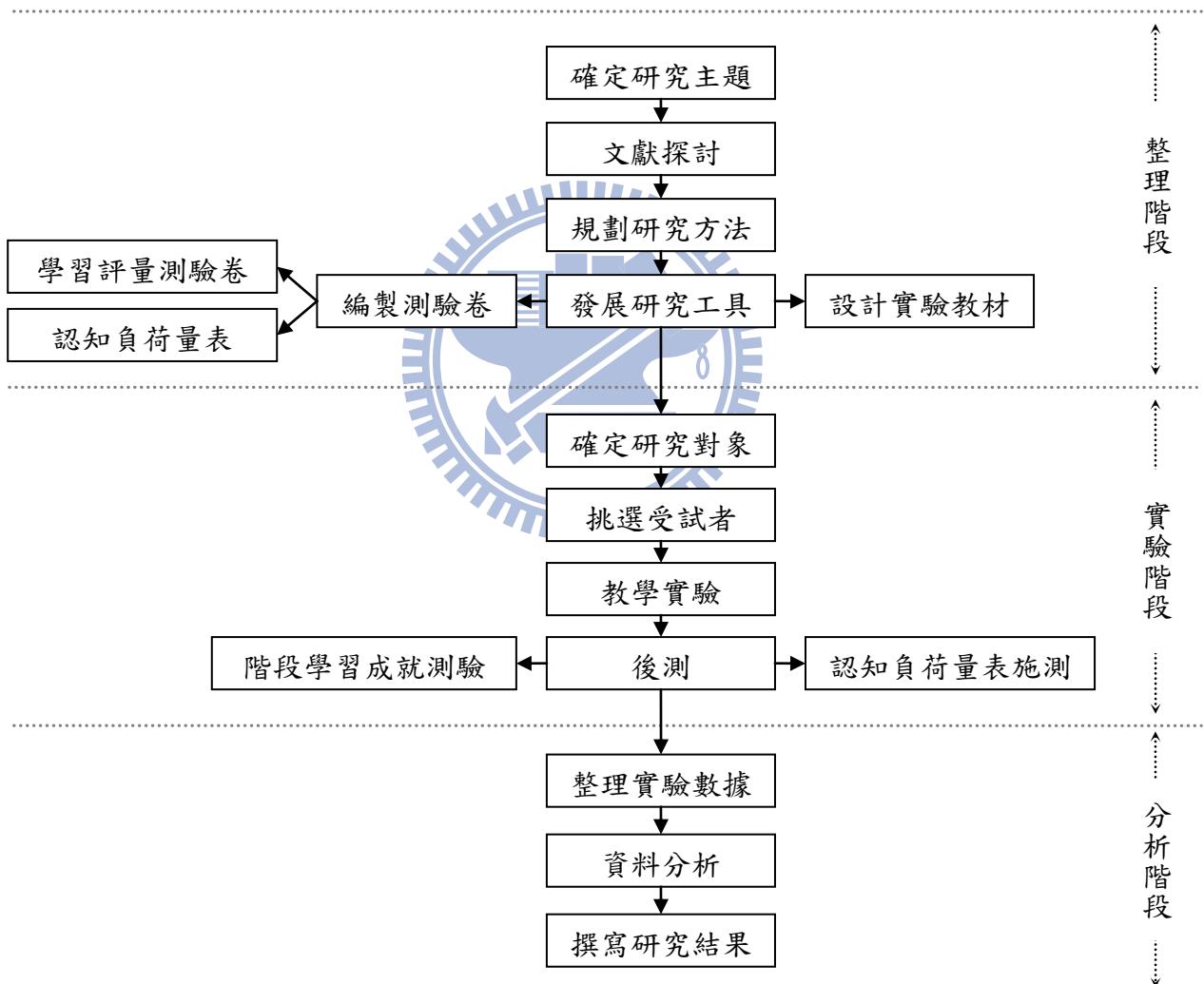


圖 3-1 研究流程圖

3.2 研究對象

本研究以新竹縣某國中一年級學生為實驗對象，一年級共十六個班，除兩班為實驗班，其餘班級皆為常態編班，常態編班隨機抽取兩個班進行實驗，分別為實驗組與控制組，各有 32 人，共有 64 人，表 3-1 是上個學期數學科學期分數摘要表。將上學期的分數用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組成績，發現實驗組與控制組之間的分數無顯著差異，因此可以將兩組的數學程度視為沒有差異。

表 3-1 上學期數學科學期分數獨立樣本 t 檢定摘要表

班別	樣本數	平均數	標準差	t	顯著性
實驗組	32	64.29	17.99	.927	.358
控制組	32	60.21	17.23		

3.3 研究設計

本研究目的在探討複雜內容的教材呈現方式，採取準實驗研究法。

3.3.1 研究變項與架構

1. 控制變項

(1) 授課教師

考量實驗過程的一致性，避免因為不同授課者產生實驗結果的誤差，且對實驗的教材較熟悉，因此實驗組與控制組都是由筆者上課。

(2) 授課內容與環境

實驗組與控制組兩組的教材內容相同，為了避免教學時間的因素影響學習的成效，每一張投影片的觀賞時間都一樣，講述的內容與重點也一致。實驗都在教室以單槍及投影布幕進行，該國中一年級每一個班級的教室都有單槍與布幕，單槍安裝於屋頂，布幕則固定在黑板上方。教學時教師都站在教室的前方，為避免過多不必要的因素影響，授課的教師固定在講桌前面而不四處走動。

(3) 測驗問卷

實驗組與控制組在實驗前的前測與實驗後的記憶測驗、轉化測驗以及認知負

荷問卷的題目均相同，且施測的時間和給分的標準也都相同。

2. 自變項（教材呈現方式）

- (1) 實驗組：實驗組的教材依照複雜內容教材設計原則，配合適性指標設計原則，將內容分析之後予以適度的切割，將相關的內容區塊化，配合激發式動態呈現，按照教師教授的順序逐步呈現。
- (2) 控制組：對照組的教材與實驗組相同，畫面物件也是一樣，但教材未經切割，不使用激發式動態呈現，每一張投影片都一次呈現所有的內容。

3. 依變項

- (1) 階段學習成效（記憶測驗、轉化測驗）

本研究針對複雜內容教材教學之後，以記憶測驗檢視不同呈現方式下學習者的訊息記憶程度；並且以轉化測驗檢視學習者真正的學習成效。

- (2) 認知負荷（認知負荷量表）

包括心智負荷與心智努力兩個向度的認知負荷量。

4. 研究架構圖

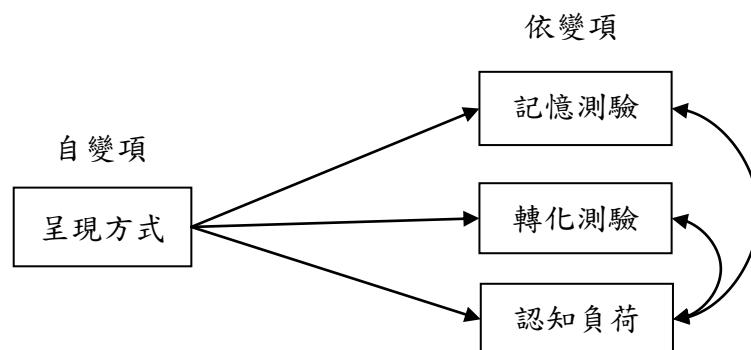


圖 3-2 研究架構圖

3.3.2 研究假設

Merrienboer (2006) 認為一份教材如果訊息量過多，且具有大量高度互動元件 (element interactivity) 就稱為複雜內容 (complex task)，這樣的教材除了元件之間的互動性高，加上學習者先備知識的不足，使得學習者面對這樣的課程經常產生大量的內在認知負荷。根據 Sweller (2009) 的認知負荷理論，當外在認知負荷、內在認知負荷和增生認知負荷的總和超過學習者的認知負荷總量，學習是無效的；而在複雜內的教學內容之下，學習者的內在認知負荷已經極高，處理外在認知負荷與增生認知負荷的空間已經不多，所以面對複雜內容的學習時學習者並沒有辦法對教材產生較佳的認知架構。

因此本研究，以一個高度內在認知負荷的教材為例，實驗組教材依循複雜內容教材設計原則，加上適性指標的輔助，採用激發式動態呈現；控制組教材沒有激發式動態呈現，每張投影片的元件都是同時呈現，提出下列假設：

假設一：接受不同的呈現方式（逐步呈現與同時呈現）教材的學生，其記憶測驗結果有顯著差異。

假設二、接受不同的呈現方式（逐步呈現與同時呈現）教材的學生，其轉化測驗結果有顯著差異。

假設三、接受不同的呈現方式（逐步呈現與同時呈現）教材的學生，其認知負荷測量結果有顯著差異。

假設四、記憶測驗與認知負荷量有顯著相關。

假設五、轉化測驗與認知負荷量有顯著相關。

3.3.3 研究工具

1. 學習成效測驗工具

(1) 前測：

共三題，從日常生活中遇到的問題與數學常見題目著手，針對 n 選 2 的概念進行施測，測驗學習者的起始行為。

(2) 記憶測驗：

共四題，為教學過程中畫面呈現的內容，尤其著重在解題策略呈現的步驟，

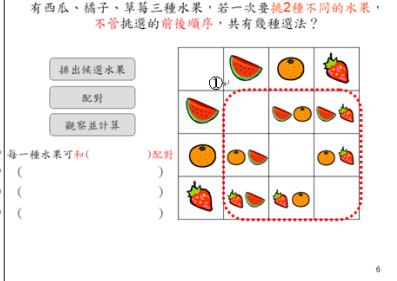
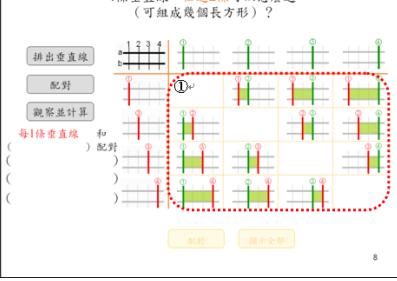
以及圖形配對的記憶，藉以觀察呈現方式對於學習的影響。四個題目的題型分別為兩題 n 選 2 的題目、一題 n 選 2 的算式，以及一題乘法原理，共 30 個格子，每個格子為 1 分。

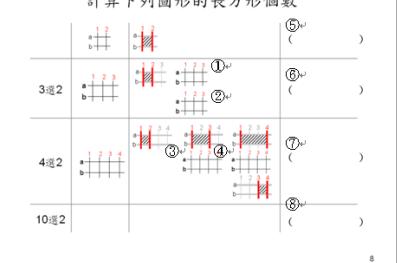
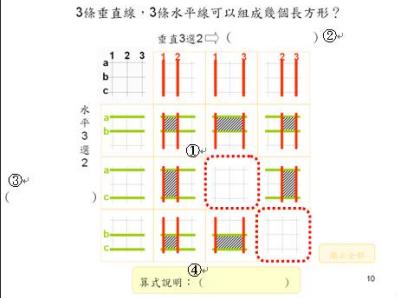
表 3-2 記憶測驗概念與答數分配表

題號	測驗內容	答數	
		文字	圖像
第一題	n 選 2 觀念	4	3
第二題	n 選 2 觀念	4	6
第三題	n 選 2 算式	4	4
第四題	乘法原理	3	2

記憶測驗試題分成兩個部分，一個是策略記憶，一個是圖示記憶。策略試題著重步驟化的記憶，測試步驟化教學是否有成效；圖示記憶則在測試彈性指標中觸發原則的效用。第一題與第二題將重點放在選二的觀念記憶，第三題則是選二的算式記憶，第四題以選二的問題與乘法原理記憶為主。

表 3-3 記憶測驗題目分析表

題號	題目	說明
1	<p>有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果， 不管挑選的前後順序，共有幾種選法？</p> <p>說明: ② 算式: ③ 說明: ④ 算式: ⑤</p> <p>每一種水果可和 () 配對 () 觀察並計算 ()</p>  <p>6</p>	<p>1. 圖示記憶：①</p> <p>2. 策略步驟記憶：②③④⑤</p>
2	<p>4條垂直線，任選2條可以怎麼選 (可組成幾個長方形)？</p> <p>說明: ② 算式: ③ 說明: ④ 算式: ⑤</p> <p>每1條垂直線 和 () 配對 () 觀察並計算 ()</p>  <p>8</p>	<p>1. 圖示記憶：①</p> <p>2. 策略步驟記憶：②③④⑤</p>

3	<p>計算下列圖形的長方形個數</p>  <p>3選2 ()</p> <p>4選2 ()</p> <p>10選2 ()</p> <p>8 ()</p>	<p>1. 圖示記憶：①②③④</p> <p>2. 算式記憶：⑤⑥⑦⑧</p>
4	<p>3條垂直線，3條水平線可以組成幾個長方形？</p>  <p>垂直3選2 () ② ()</p> <p>水平3選2 () ③ ()</p> <p>算式說明：() 10 ()</p>	<p>1. 圖示記憶：①</p> <p>2. 算式記憶：②③④</p>

(3) 轉化測驗：

沿用先前研究（吳帝瑩，2008），稍加修改數據，修改後轉化測驗共六題，測驗內容分成兩個主題：一為 m 條垂直線， n 條水平線，可以組成幾個長方形；一為 n 選 2，為 n 選 2 概念和乘法原理的觀念延伸的測驗，每答 1 分，共有 13 個答數。表 3-4 為測驗內容概念與題數說明。

表 3-4 轉化測驗分析表

題號	測驗內容	答數	
		算式	說明
第一題	m 條垂直線， n 條水平線，可組成幾個長方形	4	
第二題	n 選 2	1	1
第三題	n 選 2	1	1
第四題	m 條垂直線， n 條水平線，可組成幾個長方形	1	
第五題	m 條垂直線， n 條水平線，可組成幾個長方形	1	
第六題	m 條垂直線， n 條水平線，可組成幾個長方形	2	1

2. 認知負荷量表

認知負荷測量方式以主觀測量最為直接，故修改宋曜廷（2000）測量認知負荷的題目，共兩題，第一題測驗心智負荷，第二題測驗心智努力，等級從「非常容易」到「非常困難」採取李克特式七點量表，如表 3-5。

表 3-5 認知負荷量表

	非常 容 易	容 易	還 算 容 易	難 易 適 中	有 點 困 難	困 難	非 常 困 難
1.我認為本次的上課內容在學習上.....	1	2	3	4	5	6	7
	非常 不 同 意	不 同 意	有 點 不 同 意	無 意 見	有 點 同 意	同 意	非 常 同 意
2.我覺得我花了很多的心力，才能記得這堂課教的內容	1	2	3	4	5	6	7

3.4 教材設計

3.4.1 複雜內容教材設計原則

複雜內容 (complex task) 是指教材包含大量元件，且元件之間的互動性高，無法在單獨存在時進行學習，因而產生大量工作記憶的負荷 (Ayres, 2006)，於是造成學習困難，在認知負荷領域，就稱作內在認知負荷 (Merrienboer, Kester and Paas, 2006)，Ayres 又提到內在認知負荷因為來自教材的本身，因此難以透過教材的設計來降低內在認知負荷，於是複雜訊息對媒體教學產生極大的困境。雖然內在認知負荷大而且無法降低，但是可以藉由適當的教材設計，在多媒體教材設計原則下，應用增生認知負荷 (germane cognitive load) 與教學策略的配合，降低學習者的認知負荷總量。針對無法避免的內在認知負荷，如何提高增生負荷、降低外在認知負荷，達到學習的目的？以下提出面對複雜訊息設計教材的原則：

1. 結構化原則：教材的分析

設計教材之前必須先完成教學內容的分析，將複雜又大量的訊息切割成學習者合適的大小，並且將切割後相關的訊息整合在一起，達到訊息的一致性，可以更完整的提供知識的架構。工作記憶的限制讓學習者無法接收所有訊息，尤其面對複雜內容的呈現，更是難以收錄在工作記憶中，所以 Merrienboer (1997) 就提出教材設計者應該先分析教學內容，將教學目標整合後再進行設計教材，如此訊息才能以適當的大小 (grain size) 傳遞給學習者；Sweller (2005) 也提到教材在設計之前需將訊息結構化；Mayer (2009) 更直接提出分割原則，強調分割後的教材學讓學習者更容易接受。如果複雜內容的教材事前未經過分析與切割，並以結構化整合的訊息，對學習者而言必須將單獨的訊息保留在工作記憶中，等候相關訊息進入整合，將造成工作記憶大量的負荷。

2. 區塊化原則：教材的設計

教材經過目標分析、切割成為適當的訊息大小，設計教材時要將相關的訊息按照區塊化的方式安置，並設置一個透明圖層的按鈕，控制該區塊內的物件，避免學習者的注意力被滑鼠移動的軌跡干擾。如圖 3-3，經過分析，該畫面的教材內容分成三個區塊：策略、題目與圖形配對，透過區塊化，可讓學習者清楚的面對學習內容。除了每個區塊內的物件相互關連之外，由於每個區塊由各自的按鈕控制，所以教學者可以輕易的控制區塊展演的流程，達到區塊之間互動的需求，例如圖 3-4，當策略進行到「配對」時，圖形配對區塊就可以進行相關的活動。

圖 3-3 區塊化呈現

圖 3-4 區塊間互動

3. 步驟化原則：基模的產生

收錄訊息的方式影響基模的形成，步驟化原則就是協助學習者基模的產生，分成二個部分進行討論：

(1) 教學目標的步驟化：

複雜內容的教材設計上要給予學習者由簡單到複雜的學習策略 (Merrienboer, 2006)。學習複雜內容的困難在於內在認知負荷極大，內在認知負荷的產生有兩個原因：學習教材本身的互動性過高，學習者的先備知識不足；如果可以將教學內容分析出次要的目標，並針對次要目標提供練習，在練習之後產生基模自動化，在 Mayer (2009) 提出的多媒體學習理論中，為了因應本體認知處理過程提出事先訓練原則 (pre-training)，在這一個原則中認為，若能夠針對教學的內容事先訓練，就能夠產生基模，降低工作記憶的負荷，騰出更多空間給新的訊息，然後結合新的訊息形成更高層次的基模，成為有效的學習。例如本實驗將教材內容分析後，分成長方形組成條件、n 選 2 策略與乘法原理三個次要目標 (如圖 3-5)，透過不同範例的演練，讓學習者先具有長方形組成條件的基模，然後學習 n 選 2 策略與計算，最後就能輕易與乘法原理結合，達成計算長方形個數的目標。

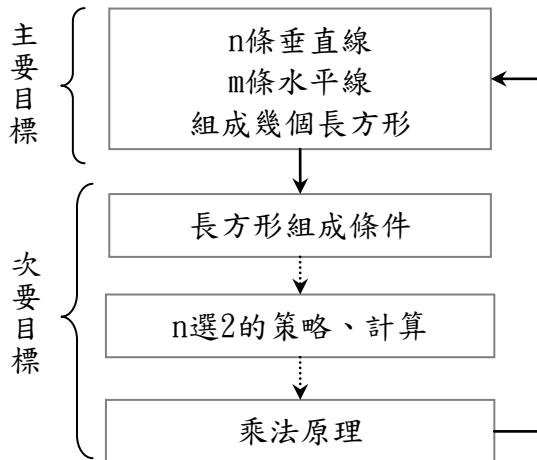


圖 3-5 教學目標步驟化

(2) 教材呈現的步驟化：

在大目標中採取步驟化學習，次要目標也可以提供學習的策略，Merriënboer 認為面對複雜內容的教材設計，應該要提供學習的架構 (scaffolding) 純學習者，因此次要目標的策略讓學習者有可以依據策略按照步驟學習，如圖 3-6，策略的提供讓學習者有有產生基模的依據。

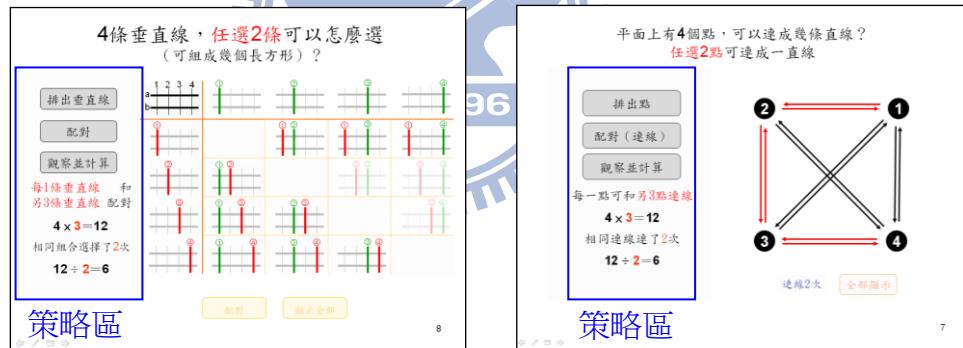


圖 3-6 解題策略的建立

圖形的展演也可以透過步驟化產生基模，尤其在本實驗中，需藉由圖形元件的互動產生「配對」，因此從基本的圖形（如圖 3-7a.）逐步的控制出現的訊息，每次固定只有一個訊息呈現，以圖 3-7b.為例子，先固定紅色的垂直線，然後再激發綠色的垂直線進行配對，最後呈現所有的元件，圖 3-7c.，根據 Sweller 的認知負荷理論，逐步呈現的效果遠比同時呈現的效果好，因為在逐步呈現的過程，不會超過學習者的工作記憶，又可以引發注意力，產生學習的功效。

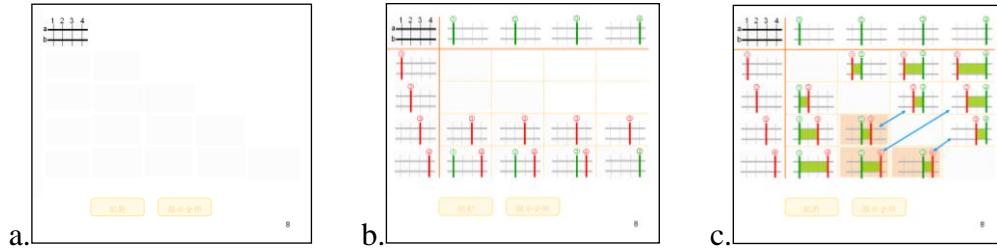


圖 3-7 圖形配對步驟化

4. 引導原則：元件的互動

複雜內容教材呈現時，當訊息已經完整呈現，為求知識的完整性，無法關閉任何的訊息，此時物件分布都已固定，在無法依據空間接近原則之下，要避免分散注意力，又要強調區塊之間元件的互動就必須藉由適性指標中的觸發原則、引導原則、特徵獨立原則與通道原則，利用不同的外加符號或動態的提示，協助學習者集中注意力。如圖 3-8，所有的元件都已經呈現在教材上，為了強調相同的配對，便先用明度差異原則中底色式樣標示出比對物件，再以藍色箭頭的出現與移動帶領學習者的注意力，尋找配對。另外如圖 3-9，最後進行算式推演時，必須與先前的算式配合，在無法使用空間接近原則之下，採用適性指標，讓強調的物件同時抖動，吸引學習者的注意力。

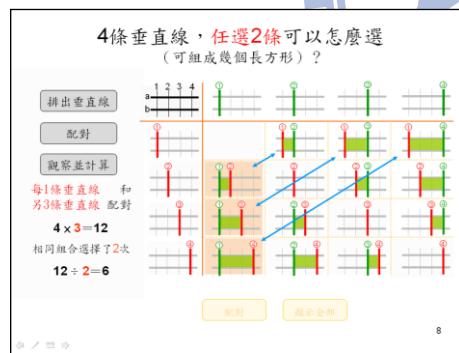


圖 3-8 教材元件間的互動 1

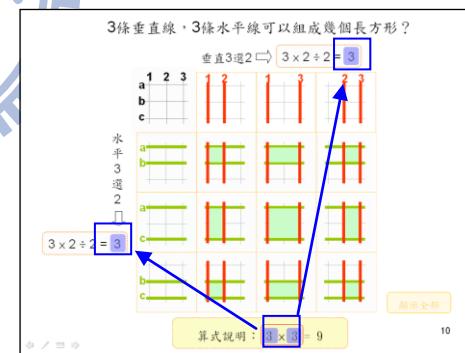


圖 3-9 教材元件間的互動 2

3.4.2 教材內容

本研究採用的課程如下：「在平面中有 n 條鉛垂直線與 m 條水平直線，這些直線能組合成幾個長方形呢？」

教材的選擇考量到學習者背景的差異，若使用國中的數學課程為實驗內容，恐將因為學生課後補習的問題造成實驗結果的不準確，所以本次研究挑選國中課程外排列組合的一個問題來當做實驗的內容。使用此一內容有下列優勢：

1. 先備知識單純：

此一教材內容原屬於高中排列組合的一個問題，降低學習者的年齡，拿到國中進行實驗，前測的結果，所有的學習者都為 0 分，顯示起始程度相同，避免先備知識影響實驗的結果。

2. 容易檢驗教材設計成果：

因為先備知識單純，且該課程並未在日常學習中習得，因此教學的成效容易透過教材的設計看出來。本實驗為接續交通大學吳帝瑩（2008）激發式動態呈現教學設計之研究—以一個排列組合問題為例的研究，探討複雜元件呈現順序對學習者的影響，因此教材的內容以吳帝瑩的為主，重新分析教材呈現流程並予以修改。

3.4.3 教材目標

本實驗教材主要的目標為「 n 條水平線 m 條垂直線，可以組成的長方形數量」。依據複雜內容教材設計原則，面對複雜內容的教材，必須先分析教材，將主要目標切割成次要目標，在本實驗教材主要目標下可以切割成三個次要的教學目標：(1) 組成長方形的條件；(2) n 選 2 的計算；(3) 乘法原理；(4) n 條水平線 m 條垂直線，可以組成的長方形數量。每張投影片的教學目標如表 3-6。

表 3-6 投影片教學目標

投影片編號	教材目標
投影片 1	觀察圖形中各種大小的長方形
投影片 2～投影片 3	分類計數長方形的個數
投影片 4	1. 決定長方形的條件 2. 面的選取轉化成邊的選取
投影片 5～投影片 8	n 選 2 的規律選取
投影片 9	歸納 n 選 2 的計算式
投影片 10～投影片 11	乘法原理
投影片 12	n 條垂直線， m 條水平線，可以決定 $C_2^n \times C_2^m$ 個長方形

3.4.4 教材分析

經過分析切割後的教材共有三個次要目標，分別是(1) 組成長方形的條件；(2) n 選 2 的計算；(3) 乘法原理，每一張投影片在呈現次要目標時，都面臨不同的困難，加上複雜的教材內容必須透過元件相互配合，因此本研究將每一張投

影片要呈現的重點與困難分述，並以適性指標的使用原則搭配複雜內容教材設計原則突破困處，表 3-7 記錄困難處與突破方式。

表 3-7 教材呈現困難處

<p>數一數，圖形中含有幾個長方形？</p> <p>有4條鉛垂線，與3條水平線，可以組成幾個長方形呢？</p> <p>a. 小 / 口述</p>	<p>分類數出長方形的個數</p> <p>6 個 4 個 2 個</p> <p>3 個 2 個 1 個</p> <p>計算結果: $6 + 4 + 2 + 3 + 2 + 1 = 18$ 個</p> <p>b. 小 / 口述</p>
<p>說明：兩個正方形可以組成一個長方形</p> <p>困難點：長方形的整體感難以表達（經常誤以為是兩個正方形，而不是一個長方形）。</p>	
<p>突破方式：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 應用觸發原則（MOTION-New object-[onset and offset]），激發圖形中個別的正方形，吸引學習者的注意力。 2. 且利用兩個正方形中間則使用明度差異原則（DEPTH-Stereoscopic depth-[TP：good continuity]）的深度特徵中的連續性，如圖 a.，以顏色覆蓋區隔的線條，讓線條淡化，以凸顯長方形的整體性。 	
<p>計算長方形個數</p> <p>固定 2條水平線，任選 2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>固定 2條水平線，任選 2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>固定 2條水平線，任選 2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>任意選2條鉛垂線有幾種選法？</p> <p>a. 小 / 口述</p>	<p>決定長方形的條件</p> <p>2條水平線，2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>2條水平線，2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>2條水平線，2條鉛垂線，組成 1個長方形</p> <p>b. 小 / 口述</p>
<p>說明：固定兩條水平線，選擇一條垂直線，與另一條垂直線搭配，就可組成長方形</p> <p>困難點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 選擇其中一條垂直線，要與另一條垂直線搭配，學習者必須不斷搜尋目標。 2. 如何幫助學習者找到組成長方形的條件。 	

突破方式：

1. 因為圖形的組成都是固定兩條水平線，重點擺在垂直線，但又不能讓垂直線消失，就以明度差異原則（FORM-Blur）的效果讓色彩淡化，學習者會忽略水平線，強調垂直線才是焦點。
2. 為了強調 2 條垂直線與 2 條水平線可以組成一個長方形，垂直線的呈現與文字說明採用顯眼的紅色，形成引導原則中（COLOR-Hue-[strategy : pop-out target]），學習者會將注意力集中在關鍵的紅色上，達到引導學習的效果。
3. 文字說明要強調各 2 條水平和垂直線，可以組成 1 個長方形，特地將數字部分對齊，達到群化原則，引導學習者數字之間的關係。
4. 因為畫面上要傳達的訊息較多，為避免搜尋產生分散注意力，觸發的開關都設置在物件旁，在標示原始位置原則（MOTION-New object-[original location]）下，有暗示的作用，集中學習者注意力，避免進行無謂的視覺搜尋。
5. 如圖 b.，因為 3 條以上的垂直線要固定其中 1 條，與其他垂直線組合成長方形，為了強調固定的垂直線，以引導原則與觸發原則（MOTION-jitter motion 和 COLOR-Hue-[strategy : pop-out target]），利用抖動的效果，引發學習者的注意力，建立物件之間的關聯。

題目

有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果，
不管挑選的前後順序，共有幾種選法？

a.

策略

圖像導引

5

b.

有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果，
不管挑選的前後順序，共有幾種選法？

挑出候選水果

配對

觀察並計算

每一種水果可和另2種配對
 $3 \times 2 = 6$
相同配對算了2次

6

說明：利用生活經驗帶入 n 選 2 簡單的例子

困難點：

1. 選 2 策略的建立。
2. 元件複雜、關係密切，無法避免分散注意力。
3. 相同搭配只需選擇一次，尋找配對的方式。

突破方式：

傳達訊息的元件逐漸複雜，教材設計之前按照教學內容先行規劃，將畫面分割成：題目、策略、圖像導引三個部分，如圖 a.，利用群化原則將相關、

相似的訊息區塊化，建立關連性，省去搜尋畫面的負荷。各區塊內的物件按照教學順序，透過滑鼠激發出現，交相參照、建立連結。

題目：

1. 使用明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，題目中以紅色強調 n 選 2 和挑選的方式。

策略：

2. 由觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 控制策略的步驟化，讓每一個步驟可以和圖像導引的過程相互連結。
3. 採用標示原始位置原則 (MOTION-New object-[original location])，按鈕的感應區在整個區塊上，每一個區塊都由一個按鈕控制，激發下一個策略的同時並不會干擾學習者的注意力。
4. 計算的過程以群化原則和明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，建立重點提示與算式之間的關聯。

圖形配對：

5. 採用觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 與學習者產生互動，排出水果可能的配對，如圖 a. 圖像導引區，可以避免過多訊息呈現在畫面上，造成搜尋與認知的負荷，有相同的選擇就以 offset 關閉。
6. 如圖 b.，為了進行相同配對的觀察，先利用標示原始位置原則 (MOTION-New object-[original location])，藉由滑鼠指出訊息位置，且因為畫面的顏色已經超過五種，配合通道原則 (FORM-Added marks-pointer)，改以箭頭當指標，串連相同的配對，引導注意力。
7. 配對完成後就以明度差異原則 (FORM-Blur) 讓相同的配對透明化，說明可行的配對是所有配對的一半。

題目

平面上有4個點，可以達成幾條直線？
任選2點可達成一直線

策略

選出點
配對(連線)
觀察並計算

每一點可和另3點連線
 $4 \times 3 = 12$
相同連線達了2次
 $12 \div 2 = 6$

圖像引導

說明：利用常見問題帶入 n 選 2 的例子

困難點：

1. n 選 2 策略的建立。
2. 元件關係密切，無法避免分散注意力。
3. 相同搭配只需選擇一次，尋找配對的方式。

突破方式：

傳達訊息的元件相互關聯性高，將畫面分割成：題目、策略、圖像導引三個部分，與前一頁教材相同，利用群化原則將相關、相似的訊息區塊化，建立關連性，省去搜尋畫面的負荷。各區塊內的物件按照教學順序，透過滑鼠激發出現，交相參照、建立連結。

題目：

1. 使用明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，題目中以紅色強調 n 選 2 的問題。



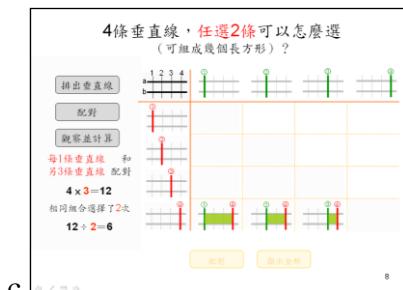
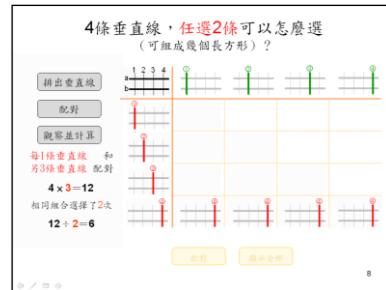
策略：

2. 由觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 控制策略的步驟化，讓每一個步驟可以和圖像導引的過程相互連結。
3. 採用標示原始位置原則 (MOTION-New object-[original location])，按鈕的感應區在整個區塊上，每一個區塊都由一個按鈕控制，激發下一個策略的同時並不會干擾學習者的注意力。
4. 計算的過程以群化原則和明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，建立重點提示與算式之間的關聯。

圖形配對：

5. 採用觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 和學習者產生互動，並利用特徵獨立原則 (FORM-Added marks-pointer) 外加標示的箭頭方向，凸顯出每二個點之間因為先後順序，都可以連成兩條線。當學習者的學習狀況良好，教學者不需每一點都激發，所以設置全開關，讓教學的過程更有彈性。
6. 尋找相同配對時，為抓取學習者的視覺注意，採用引導原則 (MOTION-jitter motion)，並在動態特徵過後，轉變顏色達到明度差異原則

(COLOR-Hue-[perception : focal colors]) 的效果，讓學習者發線雖然箭頭方向不同，但仍屬於相同的配對。



說明：帶入組成長方形的題型

困難點：

1. n 選 2 策略的延續。
2. 物件數量大，畫面較為複雜，如何引起學習者的注意力。
3. 物件關聯性高，無法避免分散注意力的狀態下，如何引導學習。
4. 組成長方形的條件。

突破方式：

傳達訊息的元件不但複雜而且互動性高，因此將畫面分割成：題目、策略、圖像導引三個部分，且利用群化原則將相關、相似的訊息區塊化，建立關連性，省去搜尋畫面的負荷。各區塊內的物件按照教學順序，透過滑鼠激發出現，交相參照、建立連結。

題目：

1. 使用明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，題目中以紅色強調 n 選 2 的問題。

策略：

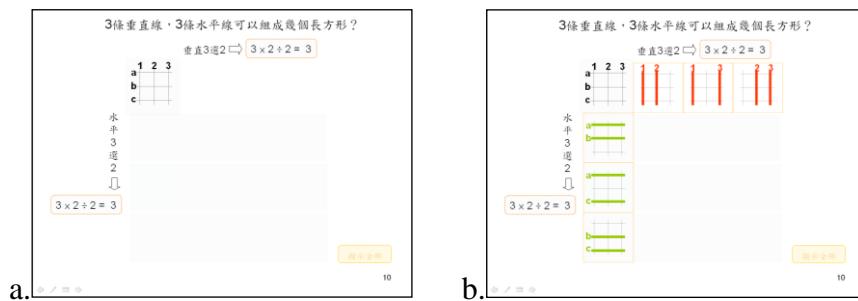
2. 由觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 控制策略的步驟化，讓

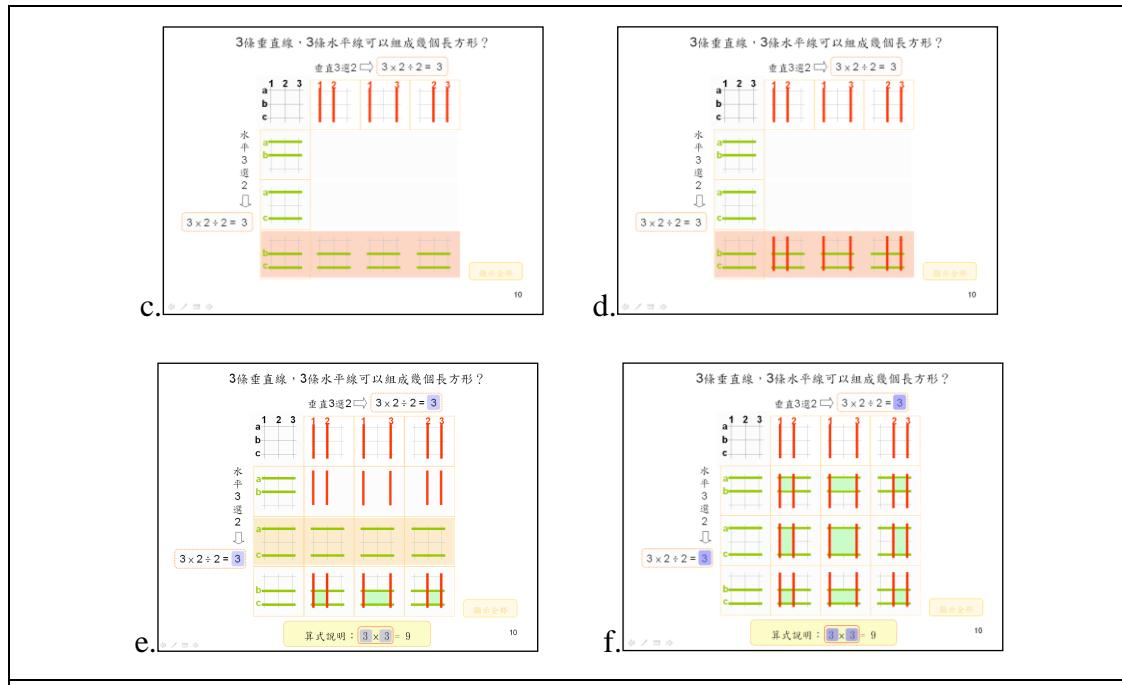
每一個步驟可以和圖像導引的過程相互連結。

- 採用標示原始位置原則 (MOTION-New object-[original location])，按鈕的感應區在整個區塊上，每一個區塊都由一個按鈕控制，激發下一個策略的同時並不會干擾學習者的注意力。
- 計算的過程以群化原則和明度差異原則 (COLOR-Hue-[perception : focal colors])，建立重點提示與算式之間的關聯。

圖形配對：

- 配合策略，將垂直線編號並兩兩配對，為了要凸顯兩兩配對，採用引導原則 (MOTION-New motion) (如圖 a.)，讓紅色的垂直線成為候選的物件，再經由引導原則 (MOTION-New motion) 與觸發原則 (MOTION-Transient)，讓上方的綠色垂直線滑落 (如圖 b.)，進行配對，如此激發的訊息吸引學習者的注意力，並且讓訊息可以建構上去。
- 配對完成的兩條垂直線與原有的水平線搭配，可以圍成一個長方形，而產生的長方形靠明度差異原則 (COLOR-Hue-[strategy : pop-out target]) 凸顯形體 (如圖 c.)。
- 相同的垂直線無法配對成為長方形，所以就採用觸發原則 (MOTION-New object-[onset and offset]) 關閉訊息 (如圖 c.)，以免留在畫面上形成多餘的干擾物。
- 由於本題的配對較多，要尋找相同配對時要避免學習者過度搜尋，設計上利用明度差異原則 (COLOR-Hue-[strategy : pop-out target])，固定訊息，然後透過學習者的搜尋，找出與標示的訊息相同的配對。
- 利用通道原則 (FORM-Added marks-pointer) 與引導原則 (MOTION-New object-[original location : information]) 將相同的配對以箭頭標示出來 (如圖 d.)。最後相同的配對只算一次，用明度差異原則 (COLOR-Intensity-[luminance])，淡化其中一個，引導學習者思考相同配對計算一次即可。





說明：n 選 2 策略應用 + 乘法原則

困難點：

1. 物件數量大，畫面較為複雜，如何引起學習者的注意力。
2. 物件關聯性高，無法避免分散注意力的狀態下，如何引導學習。
3. 乘法原則（水平 n 選 2，垂直 n 選 2）的建立，觀念較為複雜，需要先前選 2 的基模，與乘法原則組成新基模。**896**
4. 算式與算式之間的距離遠，如何建立關連。

突破方式：

由基本的圖形出發，訊息藉由滑鼠的激發逐步出現。要建立解題策略的基模，需由先前成立 n 選 2 的基模配合乘法原理組成。訊息逐步的呈現，先採用的是觸發原則（MOTION-New object-[onset and offset]）分別呈現水平 n 選 2 和垂直 n 選 2 的種類和數量，然後固定其中一個變項，進行配對找出長方形。

圖形配對：

1. 以標示原始位置原則（MOTION-New object-[original location]）與觸發原則（MOTION-New object-[onset and offset]），使學習者的注意力鎖定在物件上，後激發垂直 n 選 2 和水平 n 選 2 的算式（如圖 a.），然後列出所有可能（如圖 b.）。
2. 由於乘法原理的呈現是一個陣列的形式，若兩個陣列同時出現將造成訊息量過大，學習者必須不斷搜尋，所以本研究歸納出陣列的規則性，先固定其中

一個變項（水平 n 選 2 的一項）（如圖 c.），讓訊息可以建構上去，當進行配對則依靠明度差異原則（COLOR-Hue-[strategy：pop-out target]）凸顯正在進行的配對。

3. 以引導原則（MOTION-New motion）與觸發原則（MOTION-Transient）讓候選的垂直線落下，與固定的水平線配（如圖 d.），圍成長方形。
4. 乘法原理的算式說明要與 n 選 2 的算式建立關係，但訊息相隔較遠（如圖 f.），因此以觸發原則（MOTION-jitter motion）與引導原則（FORM-Added marks-enclosure-interior）動態引起學習者的注意力，獲得訊息之間的關聯。

教材中使用到的複雜內容教材設計原則與說明列在表 3-8。

表 3-8 適性指標教材分析總表

原則	投影片編號	使用說明
結構化原則	全部	教材分析之後進行切割，將訊息先進行統整
區塊化原則	全部	將相關的訊息擺放在一起成為區塊，分別設置透明按鈕控制，例如將畫面分成三個區塊：題目、策略與圖形配對。
引導原則	全部	利用適性指標凸顯重要訊息的關聯
步驟化原則	全部	教學目標步驟化： 組成長方形的條件 → n 選 2 → 乘法原理 → $C_2^n \times C_2^m$ 教材呈現步驟化： 圖形按照順序堆疊

教材中使用適性原則的目的歸納在表 3-9 中。

表 3-9 適性指標教材分析總表

適性指標原則	投影片編號	說明
標示原始位置原則	全部	有暗示學習者物件位置的效用，可以避免過度的視覺搜尋，降低認知負荷
特徵獨立原則	6, 7, 8	當箭頭一出現，就知道是配對的結果，加強配對的概念。
通道原則	8, 10, 11	畫面底色樣式過多，配對時則改以其他特徵標示目標物。
群化原則	4, 5, 6, 7, 8, 10, 11	將相關訊息分割成群，建立群組之間的關聯性，且可以建構出知識的區塊性
明度差異原則	全部	利用顏色明度的差異，標示目標物，並且忽略干擾物

引導原則	全部	利用引導原則帶領注意力停留在需要注意的物件上
觸發原則	全部	激發的物件可以迅速的獲取注意力，且複雜元件的教材，可將不需要的訊息關閉，建立關連時再適度激發。

3.5 實施步驟及過程

實驗的過程分成四個部分：活動簡介、前測、課程進行與後測，課程結束後的學習成效測驗包含記憶測驗，所以四個部分連貫實施，過程中間不休息，實驗組與對照組都在兩節課中完成，實際教學時間約 35 分鐘，為避免實驗組與對照組因為觀看教材時間不同，造成學習成效上的差異，兩組教學過程的時間按照實驗組的時間控管，使兩組觀看教材的時間相同，時間分配如表 3-10：

表 3-10 實驗步驟與時間分配表

活動名稱	時間分配
活動簡介	2 分鐘
前測	5 分鐘
課程進行	投影片 1
	3 分鐘
	投影片 2
	2 分鐘
	投影片 3
	1 分鐘
	投影片 4
	2 分鐘
	投影片 5、6
	5 分鐘
	投影片 7
	5 分鐘
	投影片 8
	5 分鐘
	投影片 9
	3 分鐘
	投影片 10
	5 分鐘
	投影片 11
	3 分鐘
	投影片 12
	1 分鐘
後測	30 分鐘

3.6 資料分析方法

本研究採取量化研究以，spss12.0 統計分析軟體作為資料分析工具。進行下列研究分析方法：

1. 獨立樣本 t 檢定：實驗之前先將實驗組與控制組兩組上學期的數學成績進組後測的記憶測驗、轉化測驗以及認知負荷量進行 t 檢定，虛無假設的顯著水準 α 皆設為 .05 等級，觀察經過不同呈現方式的教學，學習的成效是否有差異。若 $p < .05$ 則可稱為達到顯著差異。
2. Pearson 積差相關：Sweller (1998) 認為設計良好的教材有助於降低認知負荷，且有助於學習成效，所以本研究將認知負荷量與學習成效進行 Pearson 相關分析，檢驗認知負荷量與學習成效是否有相關。相關係數強度大小與意義如表 3-11。

表 3-11 實驗步驟與時間分配表

相關係數範圍（絕對值）	變項關聯程度
1.00	完全相關
.70 至 .99	高度相關
.40 至 .69	中度相關
.10 至 .39	低度相關
.10 以下	微弱或無相關

3. effect size：除了 t 檢定外，為了驗證實驗組是有效的教學設計，採取 effect size 的計算，利用共同的標準，來互相比較兩組平均數之間的差異程度，這些實驗設計的效應大小(即設計效應)，使用 Cohen 的 d 值來當作 effect size，effect size 的大小："small" $d = .2$," "medium, $d = .5$," and "large, $d = .8$ "，計算方式如下：

$$\text{Cohen's } d = M_1 - M_2 / \sigma_{\text{pooled}}$$

$$\text{where } \sigma_{\text{pooled}} = \sqrt{[(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / 2]}$$

$M_1 - M_2$ ：是實驗組的平均 - 控制組的平均

σ ：標準差



四、研究結果與討論

4.1 受測樣本的敘述性統計

表 4-1 為實驗組與控制組實驗後，前測、記憶測驗、轉化測驗與認知負荷量的數值統計表。實驗組與控制組的前測平均都是 0 分，符合挑選此教材的要求，可以排除先備知識與課後補習的影響，讓施測的結果更為準確。再從其他平均數觀察發現，在記憶測驗和轉化測驗上實驗組比起控制組有更好的表現，而在認知負荷量的統計上，將心智負荷與心智努力兩個題目的數值相加後取得兩組的平均數，實驗組的認知負荷量平均數也比控制組的認知負荷量平均數更低，顯示實驗組的學習者有較低的認知負荷。

表 4-1 實驗組對照組測驗結果統計表

	組別	個數	平均數	標準差
前測	實驗組	32	0	0
	控制組	32	0	0
記憶測驗	實驗組	32	12.28	7.03
	控制組	32	9.53	6.08
轉化測驗	實驗組	32	3.78	4.01
	控制組	32	1.59	2.24
認知負荷量	實驗組	32	6.37	2.73
	控制組	32	8.12	2.45

4.2 研究假設的檢驗

4.2.1 呈現方式與記憶測驗

假設一：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的記憶測驗有顯著差異。

考驗假設一的虛無假設 H_0 ，敘述如下

H_0 ：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的記憶測驗無顯著差異。

將實驗組與控制組各 32 人，共 64 人的記憶測驗結果進行獨立樣本 t 檢定，得到表 4-2 的數值，激發式動態呈現的平均數 (12.28) 雖然高於同時呈現的平均數 (9.53)，但二組平均數差異並未達到 .05 顯著水準，樣本統計量之 t 值為 1.673，

顯著性機率值 $p=.099 > .05$ ，因此接受虛無假設，研究假設：「激發式動態呈現複雜內容教材，學生的記憶測驗有顯著差異」無法獲得支持，表示激發式動態呈現與同時呈現在記憶測驗沒有顯著不同。

表 4-2 呈現方式對記憶測驗 t 檢定數值摘要表

	班別	個數	平均數	標準差	t值	顯著
記憶測驗	實驗組	32	12.28	7.03	1.673	.099
	控制組	32	9.53	6.08		

4.2.2 呈現方式與轉化測驗

假設二：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的轉化測驗有顯著差異。

考驗假設一的虛無假設 H_0 ，敘述如下

H_0 ：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的轉化測驗無顯著差異。

由表 4-3 的數值得知，激發式動態呈現的平均數 (3.78) 高於同時呈現的平均數 (1.59)，二組平均數差異達到 $.05$ 顯著水準，樣本統計量之 t 值為 2.692，顯著性機率值 $p=.010 < .05$ ，因此拒絕虛無假設，研究假設：「激發式動態呈現複雜內容教材，學生的轉化測驗有顯著差異」獲得支持，表示激發式動態呈現在轉化測驗結果顯著優於同時呈現的轉化測驗結果。

為進一步探究激發式動態呈現的設計是有效的教學設計，本研究採用 Cohen 的 d 值來當作 effect size，比較兩組轉化測驗的平均數，根據 Mayer (2009) 只要 effect size > 0.5 ，就可稱作有效的教學。在呈現方式對轉化測驗 effect size $= 0.6 > 0.5$ ，因此激發式動態呈現對複雜內容的教材是有效的教學方式。

表 4-3 呈現方式對轉化測驗 t 檢定數值摘要表

	班別	個數	平均數	標準差	t值	顯著性	ES
轉化測驗	實驗組	32	3.78	4.01	2.692	.010**	0.6
	控制組	32	1.59	2.24			

** $p < .01$.

4.2.3 呈現方式與認知負荷

假設三：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的認知負荷有顯著差異。

考驗假設一的虛無假設 H_03 ，敘述如下

H_03 ：激發式動態呈現複雜內容教材，學生的認知負荷無顯著差異。

由表 4-4 的數值得知，激發式動態呈現的平均數 (6.37) 高於同時呈現的平均數 (8.12)，二組平均數差異達到.05 顯著水準，樣本統計量之 t 值為 -2.693，顯著性機率值 $p=.009 < .05$ ，因此拒絕虛無假設，研究假設：「激發式動態呈現複雜內容教材，學生的認知負荷有顯著差異。」獲得支持，表示激發式動態呈現在認知負荷的結果顯著低於同時呈現認知負荷的結果。

表 4-4 呈現方式對認知負荷 t 檢定數值摘要表

	班別	個數	平均數	標準差	t 值	顯著性
認知負荷	實驗組	32	6.37	2.73	-2.693	$.009^{**}$
	控制組	32	8.12	2.45		

$^{**}p < .01$.

4.2.4 記憶測驗與認知負荷

假設四：記憶測驗與認知負荷有顯著相關。

考驗假設一的虛無假設 H_04 ，敘述如下

H_04 ：記憶測驗與認知負荷量無顯著相關。

表 4-5，透過 Pearson 相關係數分析，發現顯著性機率值 $p=.000 < .001$ ，達顯著水準，因此拒絕虛無假設，研究假設「記憶測驗與認知負荷有顯著相關」獲得支持，且記憶測驗與認知負荷量相關係數為 -.549，當相關係數絕對值介於 .40 至 .69 間，表示變項呈「中度相關」。因此顯示記憶測驗與認知負荷量間有顯著的負中度相關，顯示記憶測驗分數越高，認知負荷量越低。

表 4-5 記憶測驗與認知負荷相關係數摘要表

		認知負荷量
	Pearson 相關	-.549**
記憶測驗	P	.000
	個數	64

** 在顯著水準為 .001 時，相關顯著

4.2.5 轉化測驗與認知負荷

假設五：轉化測驗與認知負荷有顯著相關。

考驗假設一的虛無假設 H_05 ，敘述如下

H_05 ：轉化測驗與認知負荷量無顯著相關。

表 4-6 為轉化測驗與認知負荷的 Pearson 相關係數分析摘要表，發現顯著性機率值 $p=.000 < .001$ ，達顯著水準，因此拒絕虛無假設，研究假設「轉化測驗與認知負荷有顯著相關」獲得支持，且轉化測驗與認知負荷量相關係數為 $-.455^{**}$ ，表示變項呈「中度相關」。因此顯示轉化測驗與認知負荷量間有顯著的負中度相關，顯示轉化測驗分數越高，認知負荷量越低。

表 4-6 轉化測驗與認知負荷相關係數摘要表

	認知負荷量
Pearson 相關	-.455**
轉化測驗	.000
個數	64

**在顯著水準為 .001 時，相關顯著

4.3 結果摘要

- 
1. 激發式動態呈現與同時呈現在記憶測驗結果無顯著差異，即學生接受不同的激發式動態呈現方式教材，在記憶測驗的表現並無顯著的不同。
 2. 接受激發式動態逐步呈現教材的學生，在轉化測驗結果顯著優於接受同時呈現教材的學生。
 3. 接受激發式動態逐步呈現教材的學生，在認知負荷量的結果顯著低於接受同時呈現教材的學生。
 4. 記憶測驗與認知負荷有顯著負相關，即學生在記憶測驗的成績愈高，其認知負荷量愈低。
 5. 轉化測驗與認知負荷有顯著負相關，即學生在記憶測驗的成績愈高，其認知負荷量愈低。

五、研究結論與建議

本研究針對複雜元件教材的呈現方式進行探討，挑選高中排列組合中「 m 條垂直線， n 條水平線，可以組成幾個長方形」為主題，遵循複雜內容教材設計原則，配合適性指標進行教材設計，並從記憶測驗、轉化測驗與認知負荷程度進行統計分析，以下針對實驗結果進行討論與建議。

5.1 研究結論

1. 呈現方式與學習成效

在本研究最後的結果，不同的呈現方式對記憶測驗沒有達到顯著差異，複雜內容的教材不管以何種方式呈現，學習者需要選擇、組織的訊息過多，在不具先備知識的條件下（前測分數都為0），學習者必須將訊息保留在工作記憶中，在認知理論中認為：工作記憶中的訊息如果未經處理，約能保留30秒，因此在不同的呈現方式中，一樣面對過多的訊息流入工作記憶，造成記憶測驗的結果未達顯著差異。

面對複雜的教材內容呈現，設計之前必須經過步驟性的評估，因此本研究提出複雜內容教材設計原則，在教材製作之前必須先將教材結構化分割成為容易理解的單位，並按照訊息相同的程度依區塊化的方式放置，設計之時遵循適性指標，強調元件之間的關聯，克服複雜內容中元件互動性的問題（Leahy and Sweller, 2005），教學時按照教學目標步驟化，學習次要目標形成基模自動化後，再接收新訊息組成高層次的基模，讓學習者可以依循教材所提供的鷹架逐步學習，最後達到有效的學習。Sweller (1998) 認為學習者可以將知識轉化應用，學習才是真正有成效。在本研究中，激發式動態呈現在轉化測驗上顯著優於同時呈現，顯示複雜內容教材設計原則有助於學習者的學習複雜內容教材。

2. 呈現方式與認知負荷

人的注意力是有限的資源，加上認知負荷理論中認為工作記憶空間有限，面對大量訊息的流通，若沒有經過妥善的安排、處理，會造成外在的認知負荷。本研究主題雖然是複雜內容，具備高度內在認知負荷，但教材的設計經過結構化的分析，依據 Sweller (1998) 提出的認知負荷理論，教材的設計者若在設計時將訊息實體統整（physical integrate），學習者減少心智統整（mental integrate），可以有效降低認知負荷，因此藉由結構化的分析、區塊化的設置以及適性指標注意力

引導，都提供實體統整過的訊息，隨著激發式動態呈現引導注意力的效果，學習者不需花費過多的注意力資源搜尋元件的相關性，所以認知負荷顯著優於控制組的同時呈現，可見複雜內容教材設計原則有助於降低認知負荷。

3. 學習成效與認知負荷

Sweller (1998) 提出當內在認知負荷、外在認知負荷與增生認知負荷總和未超過學習者的認知負荷總量，才能有效學習，本研究的實驗主題具有高度認知負荷，因此扣除內在認知負荷量，外在認知負荷與增生認知負荷可用的認知空間並不多，在心智負荷與心智努力（測驗外在認知負荷與增生認知負荷）兩個題目的測驗結果加總下，負荷越低學習成效越好，反之負荷越高學習成效越差，符合 Sweller 所提出的理論。

5.2 研究建議

1. 實施延後測

先前提到學習若能將知識轉化，才能達到真正的學習，所以除了實驗後立即進行後測，如果可以增加延後測的實施，將兩個測驗的結果相互比對，可以更清楚看出學習的成效，尤其複雜內容教材設計原則中的結構化、步驟化，就是強調將訊息切割並整合成適度的大小，以利學習者產生基模，當基模進入長期記憶，就可以保留較長的時間，所以建議增加延後測的實施。

2. 以不同學習型態檢測教學成效

激發式動態呈現以視覺化為主，在 Mayer (2005) 的雙通道假說中提出，訊息如果以聽覺與視覺通道收錄，可以有較好的效果。因此在複雜內容的條件下，將訊息經過整理以激發式動態呈現，對於學習型態中感覺偏好強的學習者具有引導注意力的效果，對於感覺偏好弱的學習者則可以激發注意力，因此可以將感覺偏好設為變項，探討呈現方式與感覺偏好之間的關係。

3. 以不同數學課程類型的驗證設計原則

複雜內容教材設計原則是依循認知負荷、多媒體學習理論與適性指標所歸納出的原則，但是不同的數學教材有不同的呈現重點，例如代數著重在算式的演繹，以及符號在認知中編譯，而幾何除了符號代碼之間的轉換，更著重在畫面的搜尋，因此複雜內容教材設計原則是否適用在不同的數學單元，仍須經由不同課程的施測才能證實。

5.3 未來研究方向

1. 擴展應用的領域、擴充更完備的設計原則：

複雜內容教材設計原則在本研究中證實對轉化測驗有顯著的幫助，然而除了數學領域，在語文領域也具有複雜內容的特徵，文章內容具有情意，且元件之間的關係也很密切，較深入的文章也具有高度的內在認知負荷，因此複雜內容教材設計原則是否適用於語文領域，值得探究。

當面對不同領域的複雜內容，勢必面臨不同的問題，因此藉由擴展應用的領域，補足設計原則中所遺漏的部份，避免過於偏頗於單一課程、領域，而無法推廣至其他單元或領域。

2. 不同領域對激發式動態的研究：

本研究針對複雜內容提出教材設計的原則與呈現的方式，卻未能針對原則中的細項進行檢驗，未來可以設計單一實驗檢驗複雜內容設計原則中的細項，讓原則可以具有實驗基礎，更加完備。



參考文獻

一、中文部分

王文科、王智弘 (2007)。教育研究法。台北市：五南。

徐照麗 (1999)。教學媒體：系統話的設計、製作與運用。台北市：五南。

吳帝瑩 (2006)。激發式動態呈現教學設計之研究-以一個排列組合問題為例。國立交通大學網路學習在職專班碩士論文，未出版，新竹市。

李進福 (2004)。數學教材設計之研究-以視覺設計理論為基礎。國立交通大學網路學習在職專班碩士論文，未出版，新竹市。

林煜庭 (2007)。彈性指標：多媒體學習中一種基於視覺認知理論的引導方式。國立交通大學網路學習在職專班碩士論文，未出版，新竹市。

邱建偉 (2003)。在數學簡報系統上設計數學教材之研究。國立交通大學網路學習在職專班碩士論文，未出版，新竹市。

曾妙玲 (2006)。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。國立交通大學應用數學系碩士論文，未出版，新竹市。

廖子慧 (2008)。激發式教材設計中適性指標對於眼球運動之影響初探。國立新竹教育大學數位科技研究所碩士論文。未出版，新竹市。

蘇柏奇 (2004)。數學教材設計之研究-以知覺理論為基礎。國立交通大學網路學習在職專班碩士論文，未出版，新竹市。

陳明璋 (2004)。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，北京清華大學。

陳明璋 (2006)。一個以授課為導向之數位教材設計及展演環境—Activate Mind Attention (AMA) 系統。國民教育月刊。

認知心理學 (蔣文祁、李玉琇譯) (民 95)。台北市：新加坡商湯姆生亞洲私人有限公司台灣分公司。(原著出版年：2003 年)

認知心理學（陳學志譯）（民93）。台北市：學富文化。（原著出版年：2002年）

二、英文部分

Atkinson, R. K. (2002). Optimizing Learning From Examples Using Animated Pedagogical Agents. *Journal of Educational Psychology, 94*, 416-427.

Ayres, P. (2006). Impact of Reducing Intrinsic Cognitive Load on Learning in Mathematical Domain. *Applied Cognitive Psychology, 20*, 287-298.

Baddeley, A. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series III Sciences de la Vie 321*(2-3): 167-173.

Brunkens, R., Plass, J. L. and Leuter, D. (2003). Direct Measurement of Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychology, 38*, 53-61.

Brunkens, R., Steinbacher, S., Plass, J. L. and Leutner, D. (2002). Assessment of Cognitive Load in Multimedia Learning Using Dual-Task Methodology. *Experimental Psychology, 49*, 109-119.

Jeung, H. J., Chandler, P. and Sweller, J. (1997). The Role of Visual Indicators in Dual Sensory Mode Instruction. *Educational Psychology, 17*, 329-343.

Kalyuga, S., Chandler, P. and Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology, 13*, 351-371.

Leahy, W. and Sweller, J. (2005). Interactions Among the Imagination, Expertise Reversal, and Element Interactivity Effect. *Journal of Experimental Psychology, 11*, 266-276.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York, Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge university press.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. New York, Cambridge University Press.

Mayer, R. E. and Anderson, R. B. (1991). Animations Need Narrations: An Experimental Test of a Dual-Coding Hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.

Merrienboer, J. J. G. V., Kester, L. and Paas F. (2006). Teaching Complex Rather Than Simple Tasks: Balancing Intrinsic and Germane Load to Enhance Transfer of Learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 343-352.

Moreno, R. (2006). Does The Modality Principle Hold for Different Media? A Test of The Method-Affects-Learning Hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 149-158.

Mousavi, S. Y., Low, R., and Sweller, J. (1995). Reducing Cognitive Load by Mixing Auditory and Visual Presentation Modes. *Educational Psychology*, 87, 319-334.

Paas, F., Renkl, A. and Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implication of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32, 1-8.

Sweller, J., Merrienboer, J. G. V. and Paas, F. G. W. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.

Sweller, J. (2009,03). *Element interactivity as the basic mechanism of intrinsic, extraneous and germane cognitive load*. Paper presented at the 3_{rd} International Cognitive Load Theory Conference, Heerlen, the Netherlands

Yeung, A. S., Jin, P. and Sweller, J. (1997). Cognitive Load and Learner Expertise: Split-Attention and Redundancy Effects in Reading with Explanatory Notes. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 1-21.

附件一 前測試卷

班級：

姓名：

座號：

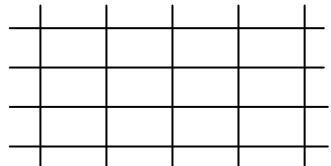
1. 班上 14 個男生，每次挑選兩個擔任值日生，有幾種選法？算出答案並說明算式。

算式：

說明：

2. 如下圖，有 5 條鉛垂直線和 4 條水平的直線，圖形中含有幾個長方形？算出答案並說明算式。

算式：



說明：

3. 一個正七邊形可以連成幾條對角線？

附件二 後測試卷（認知負荷量表）

請在看過第一部分的教材後，試著回想自己的學習過程，並回答以下二個問題。
填答說明：請在右方的選項中，選出您真實的感受，並將對應的數字圈起來。

	非常 容 易	容 易	還 算 容 易	難 易 適 中	有點 困 難	困 難	非常 困 難
1.我認為本次的上課內容在學習上.....	1	2	3	4	5	6	7
	非常 不 同 意	不 同 意	有 點 不 同 意	無 意 見	有 點 同 意	同 意	非 常 同 意
2.我覺得我花了很多的心力，才能記得這堂課教的內容	1	2	3	4	5	6	7



附件三 後測試卷（記憶測驗）

請依照投影片內容，在各編號填入原來的文字，或畫出原來的圖

* 作答說明：①請用紅筆，以箭頭連出相同的配對

②③④②③④⑤請寫下投影片中的答案

有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果，
不管挑選的前後順序，共有幾種選法？

說明 ②

算式 ③

說明 ④

算式 ⑤

排出候選水果

配對

觀察並計算

每一種水果可和 () 配對

()

()

()

6



4條垂直線，任選2條可以怎麼選
(可組成幾個長方形)？

說明 ②

算式 ③

說明 ④

算式 ⑤

排出垂直線

配對

觀察並計算

每1條垂直線 和 () 配對

()

()

()

配對 顯示全部

12



* 作答說明：①請用紅筆畫出配對方式，並以斜線表示組成的長方形
 ②③④ ②③④⑤請寫下投影片中的算式

計算下列圖形的長方形個數

3選2 ()

4選2 ()

10選2 ()

①

②

③

④

⑤

8

* 作答說明：①請用藍筆、紅筆畫出配對方式，並以斜線表示組成的長方形
 ②③④ ②③④請寫下投影片中的算式

3條垂直線，3條水平線可以組成幾個長方形？

垂直3選2 \Rightarrow () ②

水平3選2 () ③

算式說明：() ④

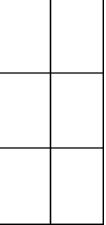
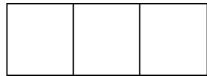
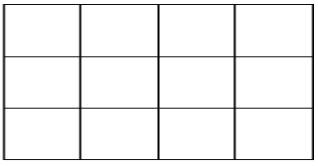
顯示全部

9

附件四 後測試卷（轉化測驗）

請依據題目回答問題

(1) 下圖中各含有多少個長方形？(請寫出計算過程)

算式： 	算式： 
算式： 	算式： 

(2) 冰淇淋 Bar 共有 16 種口味，每支甜筒可以有兩種口味，請問共有幾種搭配方式？

算式：



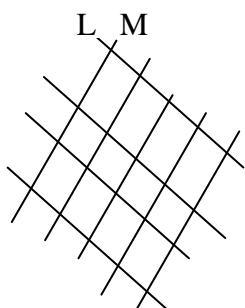
說明：

(3) 籃球比賽共 12 隊，採用循環賽制，每個組合只打一次，請問有幾種組合方式？

算式：

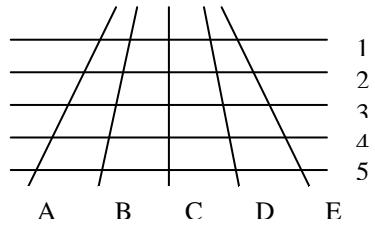
說明：

(4) 右圖含有幾個平行四邊形？(4 條直線與 M 平行，3 條直線與 L 平行)



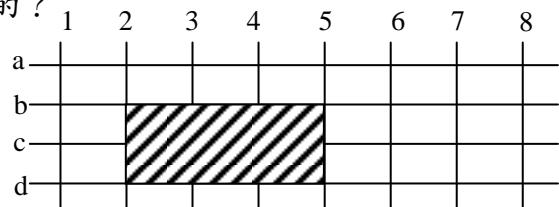
(5) 右圖中含有有幾個梯形？

(第 1~5 條直線平行，A~E 是兩兩不平行的直線)



(6) 有 8 條垂直直線和 4 條水平的直線，如右圖，請回答下列問題。可決定幾個長方形？算出答案並說明算式。

① 斜線長方形是由哪幾條直線圍成的？



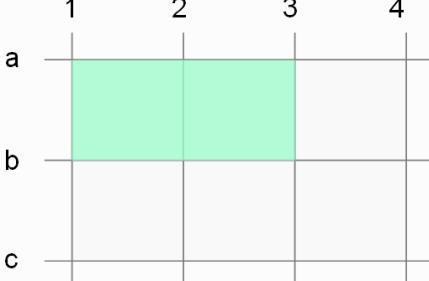
② 8 條垂直直線和 4 條水平的直線共可組合成幾個長方形？

③ 請說明上述答案計算過程



附件四 實驗組教材

數一數，圖形中含有幾個長方形？



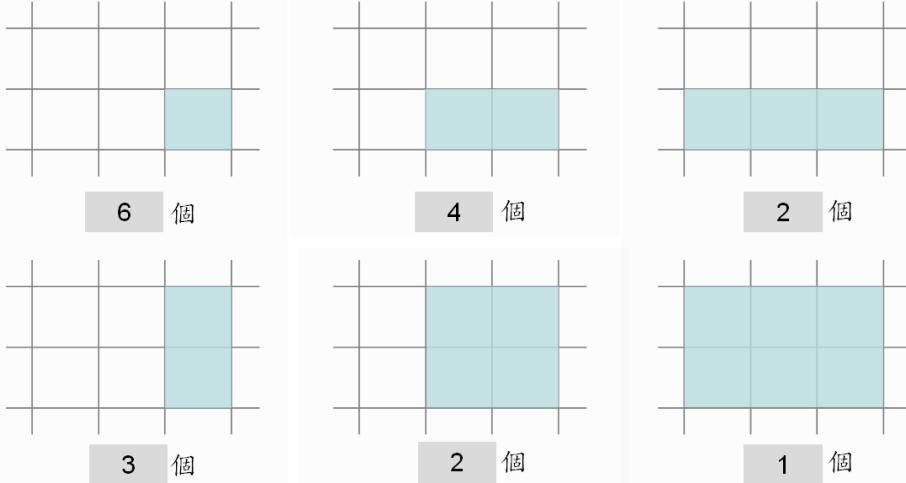
全部清空

有4條鉛垂線，
與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

1



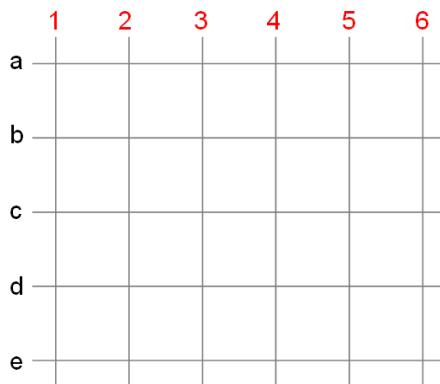
分類數出長方形的個數



計算結果： $6 + 4 + 2 + 3 + 2 + 1 = 18$ 個

2

數一數，圖形中含有幾個長方形？

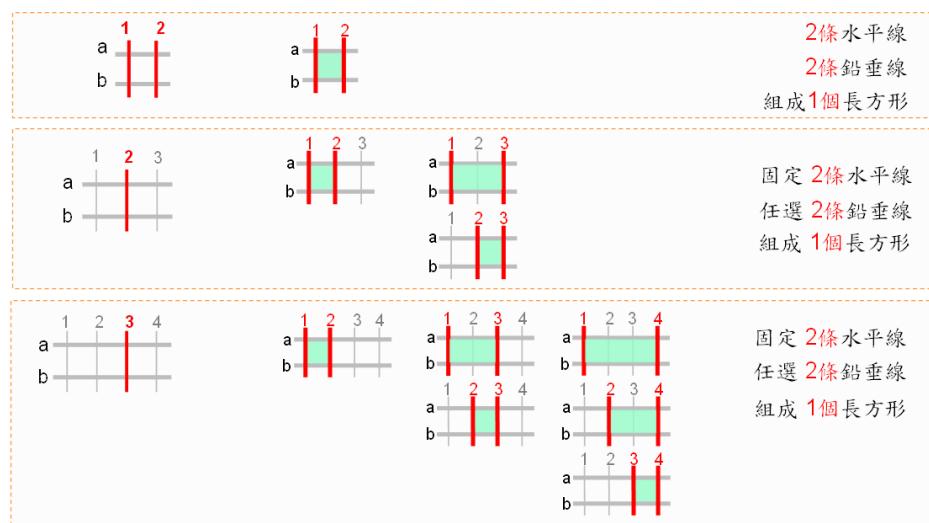


有6條鉛垂線，
與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

3



計算長方形個數

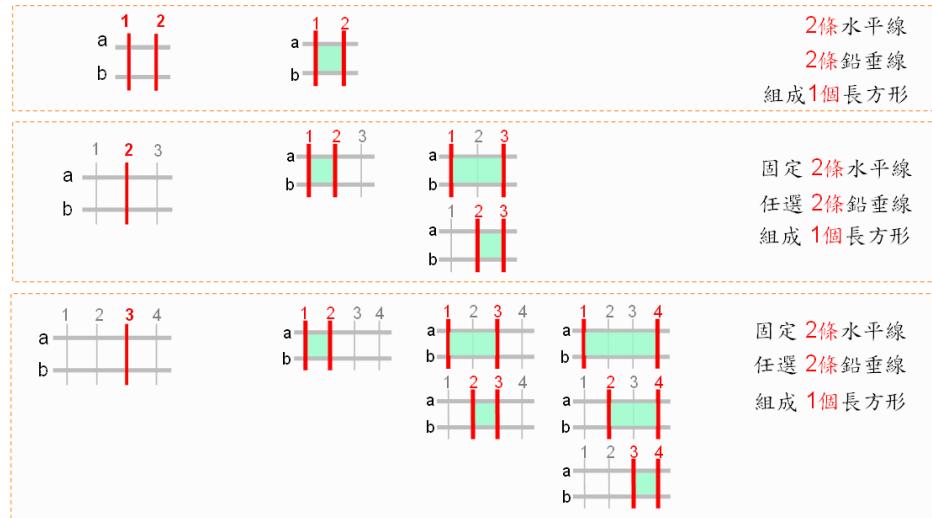


任意選2條鉛垂線有幾種選法？



4

計算長方形個數



任意選2條鉛垂線有幾種選法？

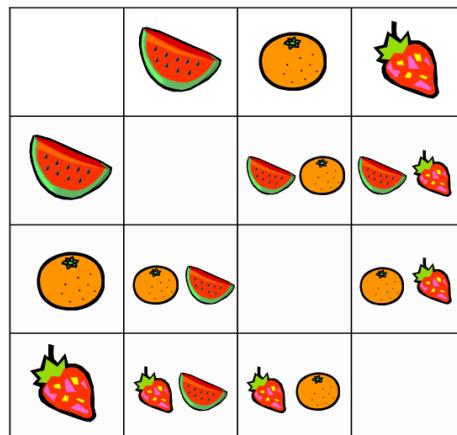
4



有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果，
不管挑選的前後順序，共有幾種選法？

- 排出候選水果
- 配對
- 觀察並計算

每一種水果可和另2種配對
 $3 \times 2 = 6$



顯示全部

◀ / □ ▶

5

有西瓜、橘子、草莓三種水果，若一次要挑2種不同的水果，
不管挑選的前後順序，共有幾種選法？

排出候選水果

配對

觀察並計算

每一種水果可和另2種配對

$$3 \times 2 = 6$$

相同配對算了2次

	西瓜	橘子	草莓
西瓜		西瓜	橘子
橘子	橘子		草莓
草莓	草莓	橘子	

6

◀ / □ ▶



平面上有4個點，可以連成幾條直線？

任選2點可連成一直線

排出點

配對（連線）

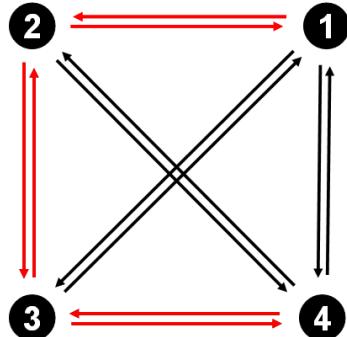
觀察並計算

每一點可和另3點連線

$$4 \times 3 = 12$$

相同連線連了2次

$$12 \div 2 = 6$$



連線2次

全部顯示

7

◀ / □ ▶

4條垂直線，任選2條可以怎麼選
(可組成幾個長方形)？

排出垂直線

配對

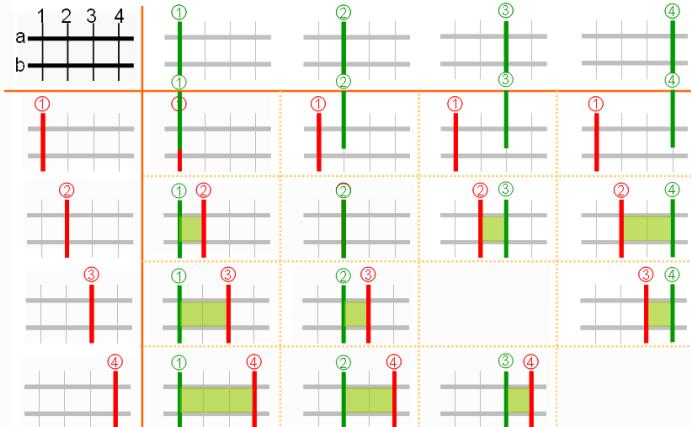
觀察並計算

每1條垂直線 和
另3條垂直線 配對

$$4 \times 3 = 12$$

相同組合選擇了2次

$$12 \div 2 = 6$$



配對

顯示全部

8



4條垂直線，任選2條可以怎麼選
(可組成幾個長方形)？

排出垂直線

配對

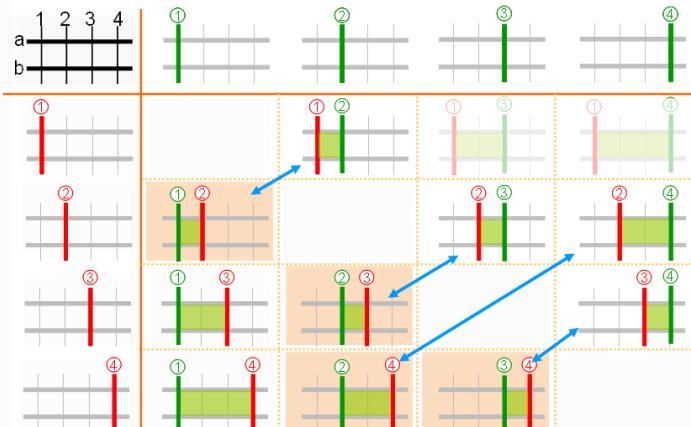
觀察並計算

每1條垂直線 和
另3條垂直線 配對

$$4 \times 3 = 12$$

相同組合選擇了2次

$$12 \div 2 = 6$$



配對

顯示全部

8



計算下列圖形的長方形個數

2選2			$2 \times (2-1) = 2$ $2 \div 2 = 1$
3選2			$3 \times (3-1) = 6$ $6 \div 2 = 3$
4選2			$4 \times (4-1) = 12$ $12 \div 2 = 6$
10選2			$10 \times (10-1) = 90$ $90 \div 2 = 45$

9



3條垂直線，3條水平線可以組成幾個長方形？

垂直3選2 $\Rightarrow 3 \times 2 \div 2 = 3$

1 2 3			
a b c			
水平 3 選 2 ↓			
$3 \times 2 \div 2 = 3$			

顯示全部

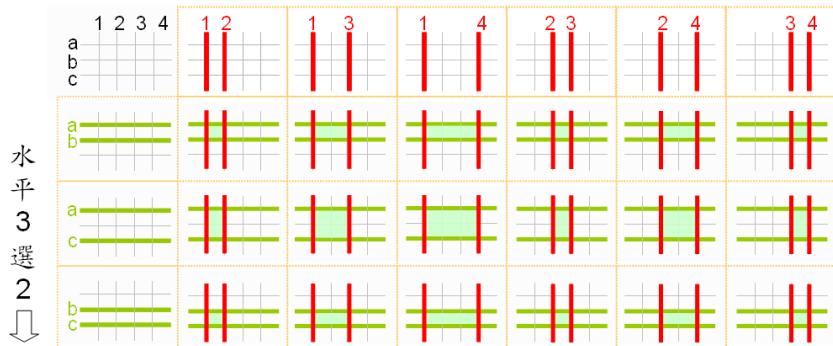
算式說明： $3 \times 3 = 9$

10

4條垂直線，3條水平線可以組成幾個長方形？

垂直4選2 \Rightarrow

$$4 \times 3 \div 2 = 6$$



$$3 \times 2 \div 2 = 3$$

算式說明： $6 \times 3 = 18$

顯示全部

11

◀ / □ ⇒



6條鉛垂線，5條水平線可以組成幾個長方形？

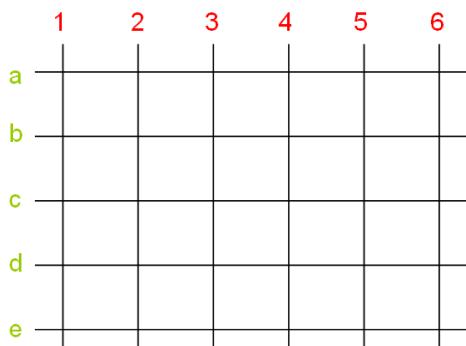
6條垂直線，任選2條

$$6 \times 5 \div 2 = 15$$

5條水平線，任選2條

$$5 \times 4 \div 2 = 10$$

共組成幾個長方形



12