

國立交通大學

理學院碩士在職專班網路學習組

碩士論文

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

A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation

A Case Study of the Combinatorial Problem

研究生：吳帝瑩

指導教授：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
以一個排列組合問題之探討為例
A Study on Instructional Design by Trigger-based Animation
A Case Study of the Combinatorial Problem

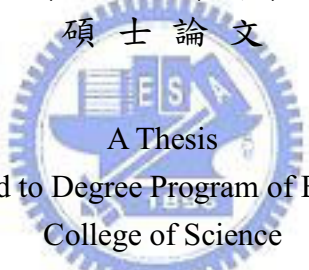
研究生：吳帝瑩

Student：Ti-Ying Wu

指導教授：陳明璋

Advisor：Mingjang Chen

國立交通大學
理學院網路學習學程
碩士論文



A Thesis
Submitted to Degree Program of E-Learning
College of Science
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Degree Program of E-Learning

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

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

學生：吳帝瑩

指導教授：陳明璋 博士

國立交通大學碩士在職專班網路學習組

中文摘要

激發式動態呈現是利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，協助教學者適當地呈現訊息，引導學習者的注意力，進行認知學習，並透過教材設計達到師生互動。

本研究以一個排列組合問題為例，採準實驗研究法，探討激發式動態呈現相較於靜態呈現的教學模式，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，激發式動呈現在記憶測驗與轉化測驗都有較佳的表現。
- 二. 教材呈現方式對認知負荷有顯著的影響，激發式動態呈現可降低認知負荷。
- 三. 認知負荷與學習成效呈顯著負相關。

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
A Case Study of the Combinatorial Problem

Student : Ti-Ying Wu

Advisor : Dr. Mingjang Chen

Degree Program of E-Learning
National Chiao Tung University

Abstract

Trigger-based Animation employs an object as a trigger to control a series of animations and a message can be controlled by more than one triggers which helps performers to show digital contexts and attract audiences' attention. The learner's attention could be directed to learning by Trigger-based Animations. Moreover, the teacher-student interaction could be enhanced by proper teaching materials design in the Trigger-based Animation environment.

This research is based on quasi-experimental designs focusing on a problem from combinatory to study whether trigger-based animation showing or static showing leads to a better learning achievement and reduces the difficulty of learning. The results are as following:

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 cognitive load.

Trigger-based Animation can reduce cognitive load.

3. There was a remarkable negative correlation between cognitive load and learning achievements.

Keyword: Trigger-based Animation , cognitive load , multimedia learning.

誌謝

在教書五年後，又回到學校念書，一方面希望自己能夠藉研究所的課程增進知識，另一方面也可將所學應用於教學中。這兩年的身份很特別，白天當老師，晚上當學生，同時在傳授和吸收知識。

當然，工作與課業同事兼顧是不容易的。本論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授陳明璋老師對我的細心指導，總是不厭其煩地與我們討論教材設計、分析理論並做詳盡地說明，在老師身上，學到的不僅只是做研究的方法與學問，更看到老師對研究的熱忱與執著。

在論文口試期間，特別感謝口試委員黃大原、譚寧君、曾建銘，三位教授對本論文提出精闢的見解與寶貴的建議，使得本研究能夠更加嚴謹，在此致上我最誠摯的謝意。

特別感謝我的同事鄭伯毅，花了很多的時間與我討論教材的內容，並分析測驗題目的適用性，在作論文的過程中遇到了瓶頸，多虧鄭伯毅提供了很棒的建議，也謝謝劉展成老師協助我教學進行的錄影拍攝。另外，感謝家人朋友對我的關心與體諒，男友陳永華總是陪在我身邊，協助處理電腦方面的問題，幫忙校正初稿，並聽我的口試報告給予改善的意見。

最後，也謝謝我的研究夥伴們，榮忠、妙玲、祐誠、子慧，協助我論文研究上遇到的種種問題，並再次謝謝陳明璋老師悉心指導，使我獲益良多。

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 研究動機.....	1
1-2 研究目的	3
1-3 研究問題.....	3
1-4 研究流程	4
1-5 研究範圍與限制.....	5
1-5-1 研究範圍	5
1-5-2 研究限制	5
二、文獻探討	7
2-1 訊息處理學習論與知覺歷程	7
2-1-1 訊息處理學習論	7
2-1-2 知覺歷程	11
2-1-3 知覺的完形取向	14
2-2 視覺搜尋與注意力選擇	16
2-2-1 視覺搜尋理論	16
2-2-2 注意力的選擇	19
2-3 多媒體學習理論.....	21
2-4 認知負荷理論.....	29
2-4-1 認知負荷的意義	29
2-4-2 認知負荷的類型：	30
2-4-3 認知負荷的測量	33
2-5 AMA 系統.....	34

三、研究方法	43
3-1 研究設計	43
3-1-1 研究方法的選擇	43
3-1-2 研究變項與假設	43
3-1-3 研究架構.....	45
3-1-4 實施流程.....	45
3-2 研究對象.....	47
3-3 研究工具.....	48
3-3-1 認知負荷量表	48
3-3-2 測驗試題.....	49
3-3-3 教材設計.....	52
3-4 資料分析方法	67
四、研究結果與討論	69
4-1 受測樣本的敘述統計資料.....	69
4-1-1 實驗組與控制組實驗相關敘述統計	69
4-1-2 學業成就分組下實驗組與控制組的相關敘述統計	69
4-2 研究假設的檢驗.....	71
4-2-1 激發式動態呈現對不同學業成就學生在記憶測驗的影響.....	71
4-2-2 激發式動態呈現對不同學業成就學生在轉化測驗的影響.....	74
4-2-3 激發式動態呈現對不同學業成就學生在認知負荷的影響.....	76
4-2-4 記憶測驗與認知負荷量的相關性	79
4-2-5 轉化測驗與認知負荷量的相關性	80
4-3 結果摘要	81
五、結論與建議	83
5-1 結論	83
5-2 建議.....	84
5-2-1 對教材設計的建議：	84
5-2-2 對未來研究的建議：	85
參考文獻.....	86
中文部分	86
英文部分	87
附錄.....	90

表目錄

表 2-1 教學設計原則.....	32
表 3-1 實驗組、控制組段考平均數及標準差摘要表.....	47
表 3-2 獨立樣本 t 考驗摘要表（下學期第一、二次段考平均）.....	48
表 3-3 教學目標分析.....	49
表 3-4 教材製作與教學講述說明.....	54
表 4-1 實驗組與控制組實驗相關敘述統計資料摘要總表.....	69
表 4-2 高學業成就分組下實驗組、控制組相關敘述統計資料摘要總表	70
表 4-3 低學業成就分組下實驗組、控制組相關敘述統計資料摘要總表	71
表 4-4 二因子變異數分析資料（記憶測驗）.....	72
表 4-5 二因子變異數分析摘要表（教材呈現分式與學業成就對記憶測 驗）.....	72
表 4-6 二因子變異數分析資料（轉化測驗）.....	74
表 4-7 二因子變異數分析摘要表（教材呈現分式與學業成就對轉化測 驗）.....	75
表 4-8 二因子變異數分析資料（認知負荷）.....	77
表 4-9 二因子變異數分析摘要表（教材呈現分式與學業成就對認知負 荷）.....	77
表 4-10 認知負荷量與記憶測驗的相關分析資料.....	79
表 4-11 認知負荷量與轉化測驗的相關分析資料.....	80
表 4-12 結果摘要表.....	81

圖目錄

圖 1 - 1 研究流程圖	4
圖 2 - 1 訊息處理模式(引自張春興，1994).....	7
圖 2 - 2 知覺歷程(引自游恆山，1997).....	12
圖 2 - 3 相對性(引自 Sternberg, 2003)	13
圖 2 - 4 接近原則	14
圖 2 - 5 相似原則	15
圖 2 - 6 連續原則(引自 Sternberg, 2003).....	15
圖 2 - 7 封閉原則(引自邱建偉，2005).....	15
圖 2 - 8 對稱(引自 Sternberg, 2003)	16
圖 2 - 9 搜尋作業的效率決定於引導訊息的品質 (引自 Sternberg,2003)	18
圖 2 - 10 心智運作歷程 (Mayer, 2001)	22
圖 2 - 11 依序細節分段(Successive Small Segments)(引自 Mayer,2001)..	24
圖 2 - 12 口述文字與音樂競爭聽覺管道資源(引自 Mayer,2001).....	25
圖 2 - 13 只有圖像經視覺管道(引自 Mayer,2001)	26
圖 2 - 14 印刷文字與圖像都經視覺管道(引自 Mayer,2001).....	26
圖 2 - 15 印刷文字與圖像都經過視覺管道(引自 Mayer,2001)).....	27
圖 2 - 16 Gergets 和 Scheiter 的認知負荷理論概念架構 (引自陳蜜桃，2003)	31
圖 2 - 17 仿自然山水畫 (引自陳明璋，2006).....	35
圖 2 - 18 複雜的對稱構圖 (引自陳明璋，2006)	36
圖 3 - 1 研究架構.....	45
圖 3 - 2 實施流程與各階段進行時間	46
圖 3 - 3 記憶測驗第一題計分說明	50
圖 3 - 4 記憶測驗第二題計分說明	50
圖 3 - 5 記憶測驗第一題計分說明	51
圖 3 - 6 各階段教學目標圖.....	53
圖 3 - 7 研究資料分析架構圖.....	68

圖 4 - 1 以教材呈現方式為個別線	73
圖 4 - 2 以學業成就為個別線	73
圖 4 - 3 教材呈現方式為個別線	75
圖 4 - 4 以學業成就為個別線	75
圖 4 - 5 以教材呈現方式為個別線	78
圖 4 - 6 以學業成就為個別線	78



一、緒論

1-1 研究動機

因應快速的資訊科技發展，美國、芬蘭、加拿大、新加坡、日本等國，相繼提出國家資訊教育白皮書或總藍圖，而台灣也在民國 89 年提出九年一貫政策，強調資訊融入各科教學，教育方式隨著資訊的發展產生重大變革。學生面對的不再單單只是黑板、海報，可能是一個投影或電腦的螢幕，畫面的大小改變了，畫面的內容豐富了，視覺、聽覺的刺激更強烈了，各式多媒體的應用使得課程更多元、有趣。推動資訊科技融入各領域教學，整合教學、學習、和人力資源，可增加教學創新的機會，使教學活動更經濟有效(何榮桂，2002)。加上網路的普及，教師甚至不需自行學習研究教學軟體，有時更可以輕易的利用網路資源分享數位教材；學習者也可利用單機個人化的教學媒體自行上網學習。資訊時代改變了以往的教學模式，教學媒體可分為以「學習者為導向」與「教師授課為導向」，兩者媒體的特質與差異說明如下：

在學習者為導向的教學模式下，學習者面對的是一台電腦螢幕，可自行主導上課的步調，依數位教材本身設計的互動模式，進行互動學習；教師授課為導向類似傳統黑板教學，最大的不同在於學習者主要面對的是教室的大螢幕，視覺上教師不是主體，因此教師本身的肢體語言影響應不像傳統教學這麼大，教師主要提供口述的說明並操作畫面，掌控視覺呈現。此時教材的設計需考量整體性與同步性，在同步呈現視覺訊息時，又要兼顧到個別差異。教師對指標的操作影響學習者的注意力，教材呈現的速度則對學習者造成認知負荷。

資訊融入教學理念實行的初期，多數人只注意到多媒體教材是創新的、是有趣的、是可以引起動機的，卻忽視了教學方式的改變可能造成對學習者的影響。學生們雖然能被生動活潑的圖形或動畫所吸引，然而卻無法由其中學習到應有的概念，有時候反而會造成干擾學習的情形 (Rieber, 1996)。使

用多媒體教材所帶來的影像、聲音、動畫...等效果也同時增加了學習變數(林麗娟, 2000)。

資訊融入教學，不但使教學環境改變，教學法與教材設計也應隨之調整。教學者不應只是盲目地使用多媒體教材，必需審慎考量在課堂授課為導向的教學模式下，如何因應學習者的個別差異達到教學成效？教材的設計是否符合學習者的認知歷程？如何安排教材呈現的方式？由於人類的知覺歷程會影響學習、概念的形成、問題解索能力以及批判思考之發展，因此視覺圖像設計者應掌握人類認知原則，促使能夠製作出更具效能的教學媒體、教材 (Fleming & Levie, 1993)。教材設計的良好影響教學成效，多媒體教材的呈現方式即是教材設計中重要一環，掌握人類認知歷程，才能幫助學習、形成概念並養成解決問題的能力。

在 Sweller(1989)提出的認知負荷理論中，說明了外在認知負荷主要來自於教材的呈現方式，藉由適當的教學設計可有效降低認知負荷，以促進基模的建立。基於認知理論，陳明璋博士提出激發式動態呈現 (Trigger-based animation) 的教學模式，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」的功能，使教學者可以預先安排、或隨意控制訊息出現的順序及速度，增進教學現場師生的互動，並可藉由激發器(trigger)的控制，引發注意力，進而引導學習，降低認知負荷。

本研究以多媒體學習理論與認知負荷理論所提之教材設計原則為依據來設計多媒體教材，以激發式動態呈現視覺訊息的方式，進行一個排列組合問題之探討，希望在良好的教材設計與適當的呈現方式下，可以降低外在認知負荷，達到學習成效。排列組合的問題原屬高中教材範疇，許多學生在這個單元上的學習感到困難，對於一些抽象觀念無法理解的情況下，最後往往淪為公式的記憶與套用而已。其實排列組合的問題與日常生活息息相關，且其所涉及之概念與原理單純，相對獨立與其他單元，若能在視覺圖像上給予足夠的刺激，使學習者發現其中的關聯性，那麼排列組合將會是有趣、好玩的問題。

1-2 研究目的

基於上述研究動機，本研究以一個排列組合問題為例，探討激發式動態呈現對不同學業成就學生，在學習成效與認知負荷的影響，學習成效分為記憶與轉化問題。研究目的敘述如下：

1. 探討激發式動態呈現對不同學業成就學生在記憶測驗的影響。
2. 探討激發式動態呈現對不同學業成就學生在轉化測驗的影響。
3. 探討激發式動態呈現對不同學業成就學生在認知負荷的影響。
4. 探討記憶、轉化測驗與認知負荷量的相關性。

1-3 研究問題



根據上述研究目的，本研究欲探討的問題如下：

1. 激發式動態呈現對不同學業成就學生在記憶測驗的影響為何？
2. 激發式動態呈現對不同學業成就學生在轉化測驗的影響為何？
3. 發式動態呈現對不同學業成就學生在認知負荷的影響為何？
4. 記憶測驗與認知負荷量的相關性為何？
5. 轉化測驗與認知負荷量的相關性為何？

1-4 研究流程

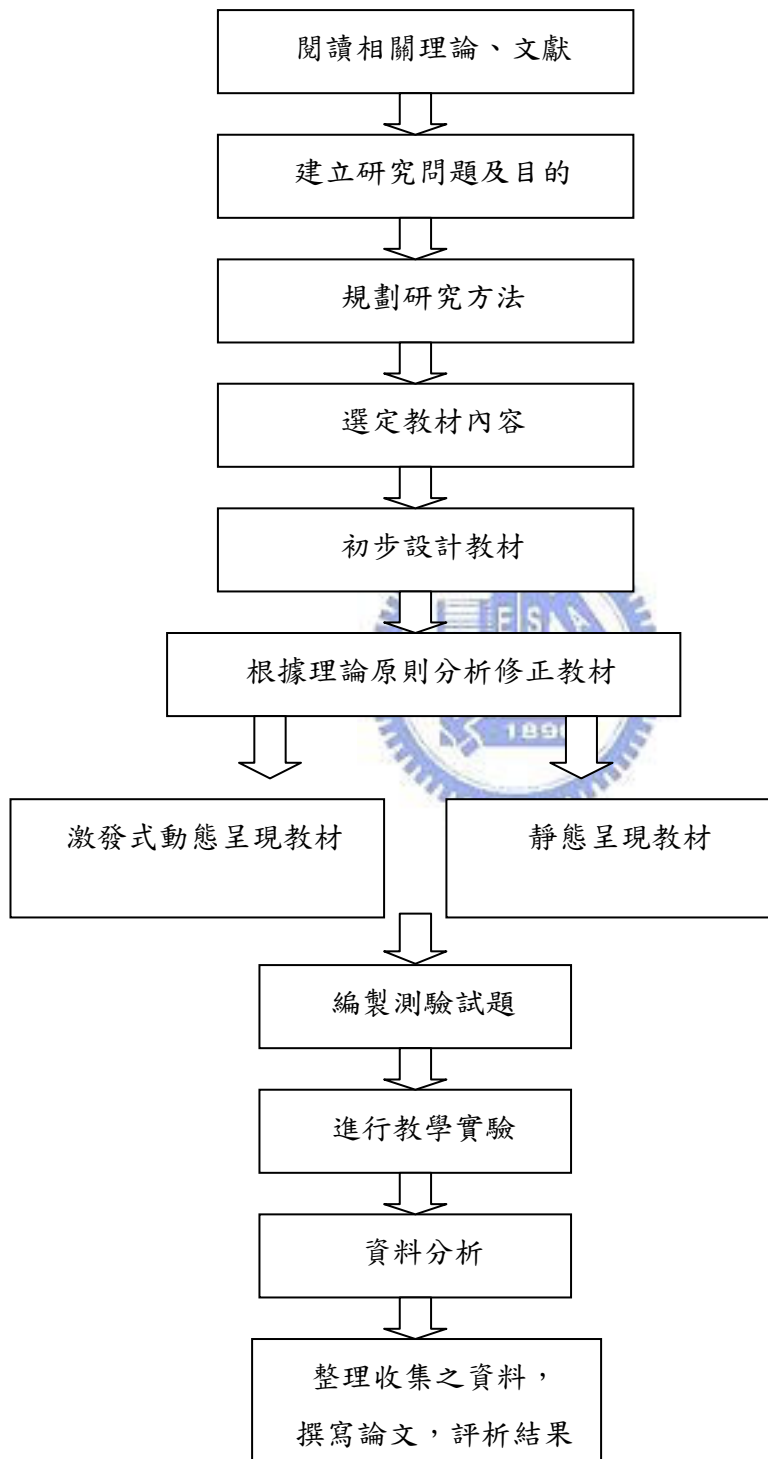


圖 1-1 研究流程圖

1-5 研究範圍與限制

1-5-1 研究範圍

1. 本研究以桃園縣某國中兩個班級為實驗對象，如欲推廣至其他年齡或區域的教學，需審慎評估。
2. 本研究旨在探討激發式動態呈現教學的成效。教學內容為一排列組合問題-在一個陣列方陣中探索長方形的個數，選擇此問題做為實驗研究主題的原因有兩點：
 - (1) 減少先備知識的影響，國中數學的編排以螺旋式逐漸加深加廣，一個主題概念的理解往往涉及許多先備知識，為降低其他因素對實驗造成的影響，了解激發式動態呈現相關原則之成效，本研究選擇此排列組合問題為教學內容，涉及的數學基本概念單純，只需有加法原理與乘法原理的概念，且與生活經驗相關。
 - (2) 要引導理解此概念，需配合圖像說明，協助發現大量訊息間的關聯性，欲達到此目標，利用傳統黑板、海報圖表或其他軟體必產生困難。因此研究者運用 AMA 系統設計教材，藉由激發式動態呈現教學方法協助搜尋、排除雜訊、引發注意力而達到學習成效。

1-5-2 研究限制

1. 樣本的限制：

本研究基於人力物力等資源的限制，無法隨機抽取樣本，而僅以研究者任教班級中選出兩個素質程度較為接近的班級做為研究對象。因為樣本非隨機選取，因此可能使外部效度降低，而無法推廣。
2. 認知負荷量表的限制：

本研究對於認知負荷的測量採主觀測量法，修改宋曜廷(2000)測量認知負荷的題目。由於目前對於認知負荷的測量尚未發展出標準化的量表問卷，因此在信度、效度上可能稍嫌不足。

3. 學習環境與個別差異：

本研究採準實驗研究法，由於影響教學成效的因素眾多，除了教學者、教材設計外，班級特質、學習者間彼此影響、學習者本身的動機與學習態度都可能影響學習成效，因此實驗結果較難推論其他學習環境與學習者上。



二、文獻探討

本章共分為四節，第一節為訊息處理學習論與知覺歷程，第二節視覺搜尋與注意力選擇，第三節為多媒體學習理論，第四節為認知負荷理論，第五節對本研究所使用的軟體-AMA 系統做說明，分述如下。

2-1 訊息處理學習論與知覺歷程

2-1-1 訊息處理學習論

訊息處理學習論解釋了人類在環境中，如何經由感官察覺、注意、辨識、轉換、記憶等內在心理活動，以吸收並運用在知識的歷程(張春興，1994)。要探討教材設計前，教學者必先了解學生如何接收訊息、如何選擇訊息、短期記憶的容量限制、如何提取長期記憶裡的知識...等問題，訊息處理模式簡單的說，是將人類看成訊息的處理者，其模式如下：

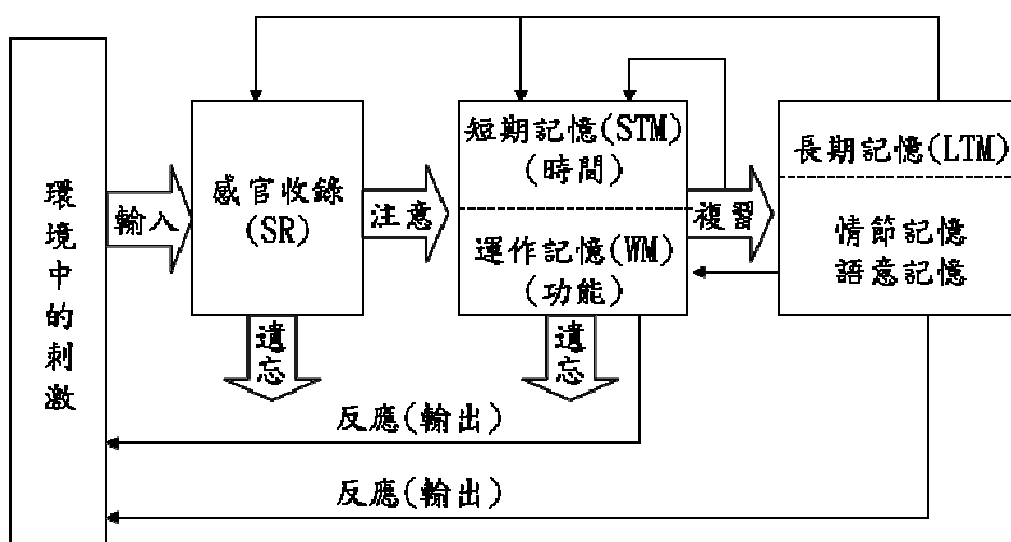


圖 2-1 訊息處理模式(引自張春興，1994)

訊息處理模式將記憶分為三類：感官記憶、短期記憶、長期記憶

1. 感官記憶(Sensory Memory, 簡稱 SR)

感官記憶是指個體視、聽、味、嗅、觸覺等感覺器官在接受到足夠量的刺激後，將訊息的原始形式儲存保留的階段(在三秒鐘以下)。個體將決定感覺記憶裡收錄的原始訊息是否做進一步的處理、注意並予以編碼，否則即予以放棄，形成感官收錄過的遺忘。

就視感覺的廣度與貯存而論，當外界的訊息投射到眼睛時，這些訊息經由眼球幾何光學的折射，在網膜形成了影像，這個過程稱為感官收錄(鄭昭明，1993)。根據 Sperling(1960)的研究，一秒鐘之內訊息若未轉到較久的記憶，很快就會失去(Sterberg, 2003)。聽覺也和視覺一樣，能夠貯存聽覺的感覺記憶，在 Darwin、Turvey 與 Crwoder(1972)的聽覺實驗報告中指出，9 個項目中只能回報 4.2 個項目，但聽覺訊息的保留時間較視覺長，可保留五秒的時間(張春興，1994)。由上述研究可知，注意的廣度相當狹窄，個體在感官記憶裡接收的大量訊息中，選擇性地依本身的經驗、動機、或需求將訊息加以注意使其進入短期記憶中。運用多媒體教學時，訊息呈現的速度可能較以往更快，教師不需在黑板上寫字、畫圖，也不需要擦黑板，前一個訊息可能再滑鼠按下後，立即消失，教學者應考量感官收錄的時間非常短，因此在每一個訊息出現後，要保留足夠的時間給學生，之後再予以新的刺激，否則訊息在未受注意與進一步編碼的情況下，馬上消退、遺忘，且教學者應注意畫面中圖形、文字、聲音等多媒體的配置，過量訊息可能分散注意。在本研究中，就是希望利用激發式動態呈現的方法，使學習者可自動化地注意重要訊息，使其進入短期記憶中做進一步的理解與思考。

2. 短期記憶(Short-term Store, 簡稱 STS)

短期記憶因具有心理運作的功能，因此又稱為運作記憶(working memory)，短期記憶對個體的行為具有兩種重要作用：其一是對刺激表現出適當反應。我們談話時與人的反應，或閱讀時對文字的理解，都是邊受刺激邊做出反應的心理活動。但若沒有特別記憶、理解，則此階段接收到的訊息將馬上流失，造成遺忘。短期記憶的另一作用是，對欲保留的訊息採取復習的方式，增長訊息保留時間，並輸入長期記憶。短期記憶的心理運作又可分為三個層次，心智表徵、認知層次、與後設認知，以數學的學習為例，學生對問題的理解反應是心智

表徵，即了解所接收到的刺激為何？對問題的思考、計算、執行屬於認知層次，若能進一步的說明每一計算過程的想法，並做檢驗，能清楚解釋自身的認知歷程即是到達到後設認知的層次。短期記憶的容量有限，因此教師除在教學過程中必須引起學生的動機與注意外，尚須減少不必要的多餘訊息，使注意力集中在重要訊息上，並引導學生提取長期記憶的舊經驗與新訊息進行比對、整合，獲得新知識。

3. 長期記憶(Long-term Memory，簡稱 LTM)

長期記憶指訊息保持長期不忘的永久訊息。

長期記憶和短期記憶有三點差異：第一點是時限上的不同，短期記憶維持的時間不超過二十秒，長期記憶則是永久不忘。第二點是容量的限制，短期記憶是有限的容量，而長期記憶是無限的，第三點是長期記憶中貯存的訊息在性質上和短期記憶中暫時貯存者不同，大致分為兩類：一類為情節記憶，指有關生活情節的實況記憶，儘管有些事情發生的時間久遠，但我們依舊可以對這些印象深刻的事情，詳細回憶當時的情況。另一類為語意記憶，是指一些單字或事物的名稱或由語文表達的概念、原則與技能，這類的記憶是我們必須額外地付出努力、不斷地練習、思考理解、復習才能將其存在長期記憶中，簡而言之，語意記憶也就是個人學得的知識，一旦我們將知識經由不斷的操作運用，建立基模，即能使我們自動化地處理一些例行性動作(如計算題的運算、機械的操作..等)，並幫助我們對新知識的理解與整合。

訊息處理是交互作用的複雜歷程，訊息的進行非單向的，而是個體與刺激之間發生複雜的交互作用(張春興，1994)。從圖 2-1 看出，有一些箭頭是反向的，個體所接收到的訊息，可進一步地做理解與吸收，主要原因在於新的訊息在某一部分與長期記憶中的舊經驗有連帶關係。

將訊息處理學習理論應用教學中，且配合本研究中激發式動態呈現的教學模式，可達成下列幾個目的：

1. 引發注意力。感官收錄的訊息在個體能注意的情況下，才會進入短期記憶。以往的傳統黑板教學，教師以本身的肢體語言、聲音與個人特質來吸引注意力，我們無法藉由黑板的視覺刺激來引起注意力，這些靜態的文字圖形往往只能做知識的保留與說明，學

生的視覺在老師與黑板上的文字間移動，教師本身特質與教學方法對學習產生很大的影響。在激發式動態呈現的教學模式下，螢幕上突然出現的文字或圖片已經是一個注意力引發的要素，此時學習者將注意力放在出現的重要訊息上，教師再配合口述的說明，目光的專注焦點是教室裡的大螢幕，老師本身的特質與肢體語言的影響將可降低。

2. 提示新、舊訊息之間的關係。當個體可將新的訊息與舊經驗相互比對整合時，才可在短期記憶中做有效的運作思維。雖然投影螢幕的播放方式是一張一張的，每一個投影片的螢幕有其畫面上的限制，但對於投影片中的某一個概念必需結合先備經驗時，可做按鈕控制，按鈕的連結可以在同一畫面，或其他張投影片，如此一來，教師教學有一定的彈性，可視學生的狀況予以調整。
3. 組織教材。當教材的呈現是有組織與結構時，學習者可清楚理解元素之間的關聯性，再加以記憶、復習，即可建構知識，以基模的形式存於長期記憶中。基模(schema)的概念是由皮亞傑所提出，可視為個體用以了解周圍世界的認知結構(cognitive structure)。基模隨經驗增加而越趨複雜，由身體感官轉變為心理性的行為模式。當我們所學到的知識變成一個認知基模時，可以自動地運用在生活與學習中，例如開車方式的基模，數學計算的基模。在本研究中對於教材的設計，強調組織性與結構性的畫面安排，如此將可協助學習者建構知識，形成認知基模。

就研究者本身任職國中數學教師的經驗而論，學生在學習數學知識時，往往只是將計算的規則和方法記下，卻不知為何如此，例如知道如何以短除法求最大公因數及最小公倍數，卻不知為何要有這樣的計算過程及方法，而導致在面臨應用問題時往往概念混沌不清。研究者期望能運用激發式動態呈現的方式，來引導學習，使學生在運作記憶中能對數學知識做深入的理解與思考，才能將其保留轉換成基模存於長期記憶。

2-1-2 知覺歷程

知覺是指個體理解外在環境中的物體和事件的整體歷程(游恆山譯，1997)，我們可藉以認出、組織和理解我們從環境刺激中接收到的感覺經驗。

Gibson(1979)以遠側物體、訊息媒介、近側刺激和知覺物體等概念說明知覺發生過程的架構：

1. 遠側物體：物體本身的形體，個體以視覺、聽覺、嗅覺、味覺與觸覺接收。
2. 訊息媒介：指的是來自環境中的反射光線、聲波、化學分子、觸覺訊息。
3. 近側刺激：當訊息接觸到眼睛、耳朵、鼻子、皮膚等感覺接收器時，產生近側刺激。
4. 知覺物體：個體內在對物體以某種方式反應出其本身的形體特質時，產生了知覺。

上述四階段的知覺歷程並非間斷的，而是訊息流經系統中連續的一部分，知覺的產生甚至發生在感官訊息衝撞感官接收器之前，知覺問題的焦點在於刺激的品質(Sternberg, 2003)。在教學情境中，刺激指的就是教材的呈現，尤其多媒體本身對於訊息呈現的多元化，造成的刺激應是更強烈的，因此教學者需依據知覺歷程，考慮學習者如何知覺環境中的刺激，做進一步的處理。Zimbardo 將知覺歷程分為感覺、知覺組織、檢定/辨認三個階段：

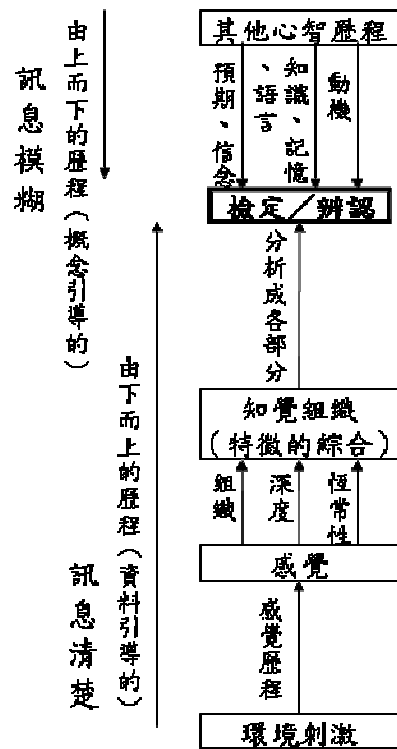


圖 2-2 知覺歷程(引自游恆山，1997)

1. 感覺：感覺接收器接收外來的刺激後，經周邊神經傳到中樞系統，刺激在此時選擇並做轉換。
2. 知覺組織：大腦處理器組織、修正從感覺偵側器所接收到的訊息，使簡單的感覺特徵組織成可以辨識的物體知覺表像。這個階段有兩個重要的功能，一是將感覺訊息結合在一起，一是將視網膜的刺激視為不變，即知覺的恆常性(鐘聖校，1990)。
3. 檢定/辨認：由過去的經驗中檢定或辨認物體的意義，即此物體看起來像什麼，或是具有什麼用處或功能，涉及了記憶、價值觀、信度與態度的意識形態。

對於知覺的處理方式，可分為兩種，一種是由下往上的歷程，一種是由上往下的歷程 (Atkinson et al., 2002)。

1. 由下往上的歷程(bottom-up processing)：直接知覺
根據 Gibson(1979)的直接知覺理論，在感覺接收器上的訊息，不需要更高層次的認知歷程，而只是對訊息做生物性的反應，刺激輸入感官，觸發了一系列的內部認知程序(Sternberg, 2003)。

2. 由上往下的歷程(top-down processing)：建構的知覺

知覺者建構一個對刺激的認知理解，但不以感覺訊息作為結構的基礎，Helmholtz 強調經驗在知覺歷程的重要性，在知覺歷程中根據我們所感覺到的、知道的(由經驗得知)和推論的(使用高層次的認知歷程)，快速的形成和檢驗各種知覺的假設(Sternberg, 2003)，因此各人的動機、預期心理可能影響知覺。

綜合兩種取向，當我們知覺環境時，其實這兩種歷程是交互作用的(游恆山譯，1997)，當觀看情境良好時，知覺可能大部分取決於由下往上的歷程，而當觀看的情境因刺激呈現的速度太快，或不夠清楚時，就需要由上往下的歷程(李素卿譯，2003)。

知覺有兩個特點，一、知覺的發生通常涉及多種感官訊息而非獨立發生。二、由於瞬間內可能有無數個刺激發生，個體只能選擇性反應其中之一、二(Kemp & Smellie, 1997)。個體對刺激的選擇帶有主觀的成份，知覺有幾項特徵：

1. 恆常性：知覺處理系統對於知覺視野中的物體從事相當不尋常的分析，對於相同的物體，因為距離的遠近使得視網膜上產生不同大小的影像，卻仍可知覺為同一物體，知覺恆常性(perceptual constancy)使我們可以有效處理外在世界(Sternberg, 2003)。
2. 相對性：人類對於物體的知覺，會受該物體周圍刺激性質的影響。下圖中左、右兩個圖形中間的圓圈是一樣大的，但我們因為知覺的相對性，認為左圖中間的圓圈較右圖小。

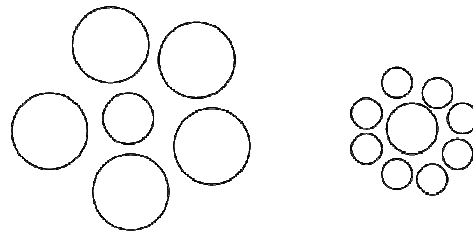


圖 2 - 3 相對性(引自 Sternberg, 2003)

3. 選擇性：個體並不是對所有的刺激都採相同的反應，我們經常只集中在少數的刺激上。不同的人看事物的面向不同，焦點也不能不同。

4. 整體性：人類知覺物體經常是整體性的，例如我們看到一個三角形的幾何圖形，不會知覺為三條線段。
5. 組織性：完形心理學主張，我們常將接近的、相似的與連續的物體歸為一體，或有系統的力以組織。在下一節中將說明完形心理學對知覺的群化作用。

2-1-3 知覺的完形取向

關於人類如何知覺成群的物體，或如何從物體的部分知覺整合的整體，考夫卡(Kurt Koffka)、柯勒(Wolfgang Kohler)和魏泰默(Max Westheimer)創立了形狀知覺的完形取向，對於任何視覺訊息的接收，我們傾向以某種方式來知覺它，這種方式最能將分離的元素產生關聯、群化性。群化(grouping)是完形心理學最重要的原理及主張，最早由魏泰默所制訂，指的「某些看起來更加相近相屬的事實」。而這些原則也可說是一個「類似原理」的運用，一個形象的某些部分在知覺特質上的互相類似程度，可決定它們互相隸屬的程度(吳盛木，1986)。

完形心理學(Gestalt Psychology)，被翻譯為「格式塔心理學」，格式塔(Gestalt)有兩種涵義：指形狀(shape)或形式(form)意思。格式塔心理學家於二十世紀初提出幾個有名的群化原則-格式塔原理(Gestalt Laws)，分述如下：

1. 接近原則(principle of proximity)，人類知覺物體時，會傾向將相互靠近的物體看成同一個群體，當畫面中同樣性質的東西分散時，大腦會根據他們在畫面內的空間來群組物件。我們將下圖的6個圈圈看成是2、3、1三組。



圖 2 - 4 接近原則

2. 相似原則(principle of similarity)，我們會利用物體的相似性來歸類，物體的色彩、造型、大小、明度、方向、速度等等的設計要素類似時，會被我們知覺為群組。下圖是以形狀相似歸類的知覺。

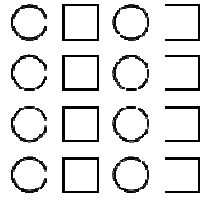


圖 2 - 5 相似原則

3. 連續原則(principle of good continuation)，我們的視覺傾向知覺到平順的流動或連續的形狀，而不是中斷的或不連續的圖形。連續的圖形、符號具有自然組織成群的傾向。下圖 a 中，我們會傾向看成一個曲線與一直線，如圖 b 所示，而非圖 c。

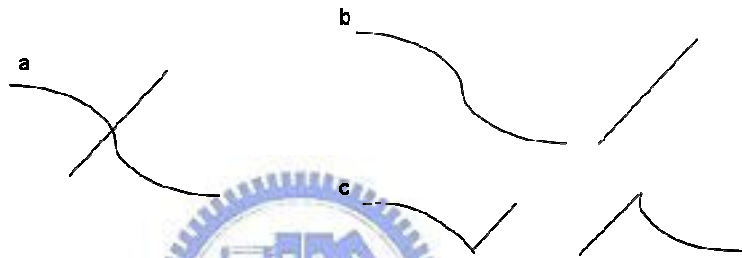


圖 2 - 6 連續原則(引自 Sternberg, 2003)

4. 封閉原則(principle of closure)，人類知覺傾向將不完整的物體看成封閉完整。當圖形的界線被遮蔽或缺少部分輪廓時，我們會自動補齊被遮蔽或缺少的部分

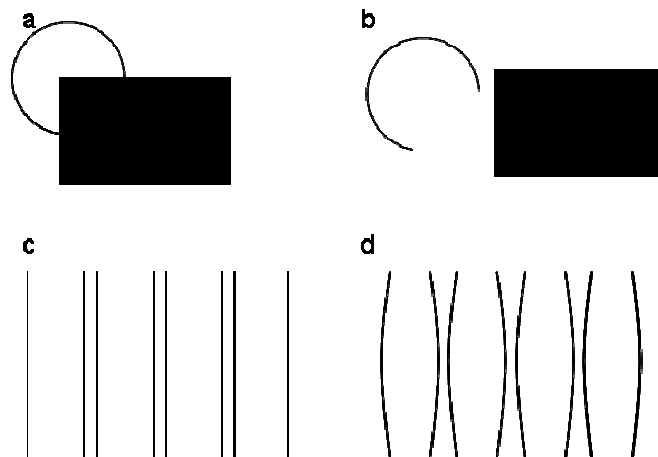


圖 2 - 7 封閉原則(引自邱建偉，2005)

【說明】

- ◆ 圖 a 我們傾向看到一個矩形遮住了一部分的圓形。而非圖 b 的弧與長方形。
 - ◆ 圖 c 因為接近律我們傾向將圖形看成 1、2、2、2、1 的 5 組直線，若將直線改成弧線，此時圖形就會被看成 4 組括號。
5. 對稱原則(principle of symmetry)，在知覺上我們傾向將具有對稱性的物體歸為一體，但需考慮是否受其他物件的干擾與畫面的整體性。下圖中我們會看成三組括號，而非六個物件。



圖 2 - 8 對稱(引自 Sternberg, 2003)

知覺特徵中的整體性與組織性概念與完形心理學的群化原則概念相關，應用於教學上，可協助學習者發現關聯，組織訊息。在本研究的教材設計中，將相關的圖形、文字安排在接近的位置上(接近原則)，不但使學習者易於比對訊息間的相關性，並減少視覺搜尋的負荷，但有時因為訊息量大，複雜度高而無法運用接近原則時，則需以其他群化原則方法替代。

2-2 視覺搜尋與注意力選擇

2-2-1 視覺搜尋理論

注意力指的是我們主動的處理有限訊息，在感官記憶中所接收的大量訊息，只有少部分能吸引個體之注意力而進一步保存下來進入工作區。我們經常需要對特定的刺激做主動的搜尋，對於視覺訊息的搜尋有兩點要特別注意，第一，注意力的資源是有限制的，訊息的接收到完成辨認需要一段時間，在這段時間內其他的訊息會被抑制而難以辨認，此即注意瞬脫效應(attention blink)(Raymond et al.,1992)。第二，未被注意的訊息將很快的消退。因此，教

師在教學過程中，訊息間的呈現必需間隔一段時間，太快的呈現會使得訊息無法被辨識，再者，為使訊息能夠進入短期記憶中運作，如何引起注意力避免訊息的消退，是重要的課題。以下介紹幾個視覺搜尋的理論。

一. 特徵搜尋理論。

當我們可以對訊息找到顯著的特徵，如顏色、大小、方位等，則可進行特徵搜尋。Treisman(1985)指出在我們進行視覺搜尋的模型中，對一個刺激的所有可能特徵，都會有一個心理地圖來表徵視野中的特定特徵。不同型態的基本視覺特徵分別登錄在不同的特徵圖 (feature map)，對於個別的刺激特徵，我們可以立即的、同時的，不需使用專注力就可搜尋到目標；搜尋是以平行的方式處理，畫面的大小不會影響搜尋的速度。但是當目標物是結合兩個以上的特徵時，以序列方式搜尋，結合搜尋將會變得較困難，因此顯示畫面的大小將會影響搜尋速度。另外，Treisman 和 Sato(1990)主張特徵抑制說，說明個體能將無關的干擾特徵壓抑或抑制，以使得個體可將注意力集中在目標上。

二. 相似性理論。

Duncan 和 Humphreys(1992)提出不同與特徵整合理論的想法——「相似性理論」，提出搜尋作業的困難度決定於目標物與干擾物的相似程度與干擾物之間的相似性，而非多少特徵需要被整合。相似性理論可以解釋為當目標物與干擾物的相似性增加時，搜尋作業的困難度也會增加，搜尋作業的困難度取決於目標物與干擾物、干擾物與干擾物之間的相似程度。

三. 引導搜尋理論。

由 Wolfe 和 Cave (1989)提出，在此理論中的核心概念指出無論是特徵搜尋或結合搜尋都涉及兩個主要概念，一、在平行階段中，個體對目標的特徵處理同時激發了所有可能的心理表徵。二、在序列階段中，個體將平行階段中所獲得的視覺訊息用來引導搜尋，由被激發的元素中選出真正的目標。以下圖左為例說明，欲在左圖中找到白圓圈，在平行階段中會激發所有的圓圈，使序列階段中很快的可以找出所有的白圓圈。而在下圖右中尋找黑圓圈時，干擾物有白方塊、白圓圈和黑方塊，在平行階段會激發黑圓

圖目標物和黑方塊、白圓圈干擾項的心理地圖。在序列階段中，個體被目標物黑圓圈的視覺特徵引導，但在排除干擾項之前，依然會對干擾項黑方塊與白圓圈，作序列搜尋的評估。

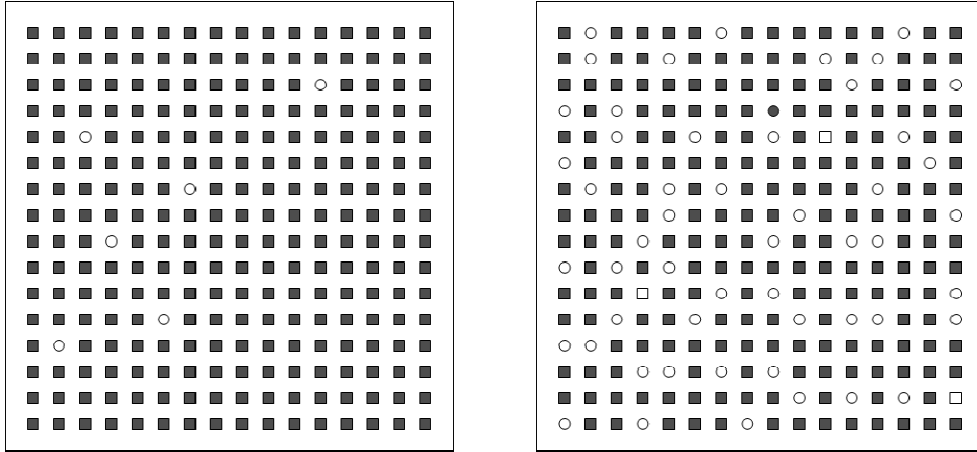


圖 2-9 搜尋作業的效率決定於引導訊息的品質

(引自 Sternberg, 2003)

四. 運動過濾器理論。

運動可以增進視覺搜尋的容易度與速度，但也可能會抑制視覺的搜尋。Mcleod, Driver(1991)發現，當運動特徵與其他的特徵結合會產生矛盾的效果。舉例來說，當運動與目標項的一個顯著特徵結合的時候，會比單獨以這個特徵搜尋為快。Mcleod(1991)提出假設，認為人類具有一個運動過濾的機制，獨立於其他視覺特徵，可將注意力引導至具有共同運動特徵的機制上。

要注意的是，同步的運動可能造成錯覺的產生，舉例來說，當我們尋找的目標物是一個白色圈圈時，此時周圍視野中出現了白色方塊和灰色圓圈，我們可以將兩種物體錯誤的結合，以為看到了一個白色圈圈。在錯覺結合中，我們錯誤地知覺干擾刺激擁有可以在目標刺激找到的結合特徵(Sternberg, 2003)。而當錯覺結合發生且具有運動特徵時，我們甚至會以將干擾物看成是目標物。錯覺結合發生在觀察者的注意力不集中，或刺激訊息不完整時。

總結上述幾個視覺搜尋理論，我們知道教材的設計必需先引起注意，使學習者的視覺自動地停留在教學者欲引導的重要訊息上。而要達到這個目的，我們需留意主要訊息是否有明顯可見的特徵，次要訊息與主要訊息特徵上的相似處是否會造成干擾，並避免運動特徵可能造成的錯覺結合。

2-2-2 注意力的選擇

注意力的引發有時是在無意識之下進行，我們可能知道注意的歷程正在進行，卻毫不費力的、沒有意圖的、可以平行處理的，這就是注意力的自動化歷程(automatic process)，在生活中我們習慣的動作，如講話、開車，都是一種自動化的歷程，此時對注意力資源的耗費是相當少的，我們可以一邊講話一邊做家事，一邊開車一邊聽音樂。相對的，有些涉及意識層面的注意，需高層次的認知處理時，則是注意力的控制歷程(controlled process)，自動化和控制歷程之間可能是連續的，對於一個開車的新手而言，開車是一個控制歷程，需要完全的意識覺知，耗費很大的注意力資源，必需將注意力集中在開車的過程中，而經過一段時間的練習後，逐漸習慣開車後，就變成了自動化的歷程了。

然而，在感官接收到的大量訊息中，我們又是如何對刺激做選擇或忽略呢？藉著忽略或不強調某個刺激，我們可以因此凸顯某些顯著的特徵，集中注意力的焦點，以增進我們對這個刺激做更深入的認知理解。注意力的選擇有幾種不同的解釋，說明如下。

一. Broadbent 的模型：

Broadbent 認為在感覺刺激的多重管道上會遇到一個注意力的過濾器，使目標刺激通過過濾器，進入知覺歷程，做較高層次的處理，除了目標刺激外，一些有顯著感覺特性的訊息也可以通過注意力系統。而其他的刺激則會在感覺過濾器中被濾掉，永遠無法通過管道進入知覺的層次。

二. Moray 的選擇性過濾器模型(Selective Filter Model)：

Moray 認為並非所有不被注意的訊息都無法通過過濾器，當強大、高度顯著的訊息出現時，可突破過濾器的機制，使非刺激目標進入知覺層次。Moray(1959)發現參與實驗的人，會忽略大部分未注意的訊息，但是當未注意的一耳出現自己的名字時，他們仍可注意到(Sternberg, 2003)。

三. Treisman 的減弱模型(Attenuation Model)

Treisman 在實驗中發現，過濾器機制只是「減弱」非目標刺激，而

非完全「阻斷」所有的非目標刺激。Treisman 在實驗中發現兩個現象，

- (1) 當訊息由注意的一耳突然轉到不注意的一耳，參與者會聽到不注意那耳相同訊息的前幾個字。顯示脈絡會短暫地引導參與者注意他本來應該忽略的訊息。
- (2) 未注意的訊息與注意的訊息相同時，甚至是出現的時間不同步，所有的參與者都會注意到。

實驗的結果說明了過濾器的減弱效果並沒有大到足以阻止這些較強的刺激進入知覺系統。

四. Deutsch 和 Deutsch 的後過濾器模型

不同於前面三種關於注意力的過濾器理論，後過濾器理論認為過濾器是在知覺及概念分析的後面，以此解釋我們可以聽到自己的名字或對雙語者而言可注意另一耳的翻譯。

Neisser(1967)綜合早期過濾器和晚期過濾器模型，提出注意力是受前注意歷程與注意力歷程兩階段的運作(Sternberg, 2003)。前注意力歷程是自動化的快速運作，可察覺到非目標刺激的物理感覺特性，而無法辨識意義。注意力歷程是受意識控制的，發生較晚且序列的執行，消耗時間和注意力資源。其實影響注意力的因素很多，包括個體的精神狀態、對目標刺激的興趣、作業難度、練習效果...等因素都使會影響我們對注意力的選擇。

由上述幾個對於注意力選擇機制的說明，我們了解個體對注意力的進入具有選擇性，當強大、高度顯著的訊息出現時，可突破過濾器的機制，進入知覺層次運作，由此可見，教材呈現時只要能夠突顯主要訊息、去除雜訊，刺激就可通過過濾器。張景媛(1991)指出教學媒體不需複雜多變，只要能「突出」就可達到引起注意的目的，而所謂的突出就是指提供的刺激可以激發注意力，使這些較強的刺激通過。在激發式動態呈現的教學過程中，我們藉由在複雜畫面中加入或突顯訊息，以強化刺激來源，引發學習者的注意。

2-3 多媒體學習理論

隨著科技的發展，電腦軟體的研究使用和網路的普及，這些因素都使得教育的方式趨向多元化。當我們面臨科技的變革，手中握有豐富的資源同時，更要了解教育的宗旨依舊是有意義的學習，而不是展現教學設備的進步。我們要在意的不是電腦科技能做些什麼功能，或認為電腦科技所帶來的聲音圖像能夠取代老師的角色，經過幾年來的研究我們發現那些理論最後都是失敗的。在多媒體理論中強調以學習者為中心，了解人類的心智運作並試問要如何使用多媒體來促進人類的學習。在這個觀點中學生是主動的學習者，老師的角色只是在促進學習而已。

事實上，電腦的出現的確對視覺的呈現方式造成巨大的轉變，那麼我們該如何呈現這些多媒體訊息呢？在什麼時機可以在文字外再加入視覺的呈現？文字與圖形的呈現在教學上會有什麼樣的結果？有文字和視覺形式的教學會有什麼影響？多媒體呈現可以促進學習嗎？

Mayer 將多媒體學習理論建立在認知學習上，他提出了三個假設，分別論述如下：

1. 雙碼理論假設(Dual-Channel Assumption)

Paivio 在 1960 年代晚期和 1970 年代早期提出雙碼理論，指出人類以圖像的編碼和語言的編碼表徵訊息。Mayer 在多媒體設計原則中也將訊息的呈現方式分為兩個管道，一個是聽覺的，一個是視覺化的。我們將口語化的文字或無口語化的聲音經由耳朵接收，選擇訊息進入工作記憶區，組織文字變成一個口語模型；而圖像化的視覺訊息則經由眼睛接收進入工作記憶區後，再組織成圖像模型。這由這兩個管道中接收到的訊息又可以互相轉換，我們可以將看到的文字在心裡念出，將視覺訊息轉換成口語訊息。相同的，我們也可能在聽到一段口語化的敘述後，將聽到的聲音在心理上轉化成影像。在雙碼理論中，我們認為能使用兩種管道來接收訊息是比較能獲得成效的。兩種訊息間有互補的作用，心智可以整合這兩個管道接收的訊息，而理解就發生在學習者能將視覺和聽覺兩種訊息建立有意

義的連結。

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

人類的工作記憶區容量是有限的，我們無法一次接收大量的訊息。工作記憶區處理的訊息是經過選擇，並要加以組織、整合先備知識。Sweller 所提的認知負荷即是因為短記憶有限容量的假設，使過多的訊息或太難的訊息佔用短期記憶空間，而產生認知負荷。因為工作記憶裡容量的限制，我們藉由後設認知策略來決定是哪些訊息是有用的，注意的焦點應該放在哪裡，如何整合、協調記憶區裡訊息。

3. 主動學習假設(Active-Processing Assumption)

有意義的學習是在於學習者能主動建構知識，包括注意、組織訊息、並整合新訊息和先備知識經驗。學習者自行從呈現的教材中尋求相關的心智表現。知識是學習者自行建構的，學生不是直接照單全收地吸收老師傳授的知識，而是將本身聽到的、看到的訊息意義化，與先備知識作整合，也因此每個人雖然都聽同一個老師的教學，所建構出的知識卻不盡相同。基本的知識建構方法包含步驟化、比較法、歸納法、列舉法、分類法。

教材的設計應著重於如何使人類在心智運作中產生有意義的學習。而訊息的呈現在心智中又是如何運作的呢？學習者如何選擇、組織、整合訊息呢？

訊息的種類可分為三種，圖像、口述文字、印刷文字，下圖為這三種訊息進入心智運作模式的歷程。

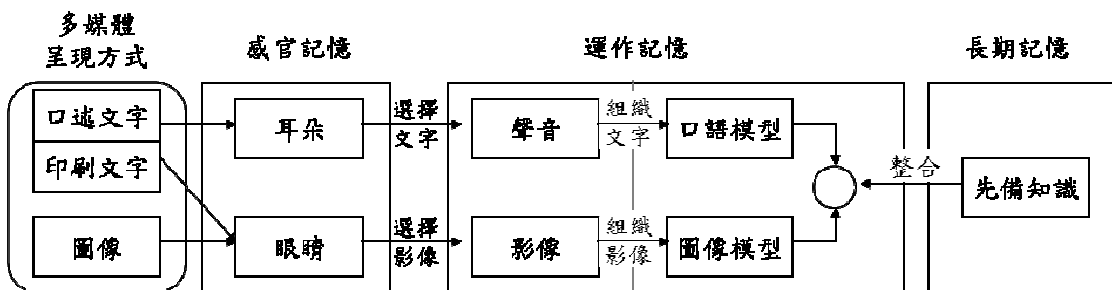


圖 2 - 10 心智運作歷程 (Mayer, 2001)

圖像或文字經由感官記憶中的眼睛或耳朵接收，感官記憶可以在短時間內接收到大量的訊息，不需花費心力，但在下個階段中，訊息進入工作記憶

區中的訊息就需要認知運作來選擇有用的影像或聲音訊息，因為工作記憶區裡的容量限制問題，我們在每一次接收到的訊息量都是整體的一小部分，待進一步組織這些片斷的影像、聲音，形成模型後，再從長期記憶中提取先備知識使與新訊息做整合、協調。

而文字訊息除了從口語的聽覺進入，也可能是印出的文字，以視覺接收，產生心像，並在心裡念出聲音，形成口語模型，再與先備知識做連結。

教材的設計呈現方式必需符合心智的運作，Mayer 將實驗的結果歸納出以下幾個教材設計原則：

1. 多媒體原則(Multimedia Principle)

學習者從文字及圖片學習的效果比由單一的方式學習效果好。文字經由聽覺管道進入，圖片則經由視覺管道進入工作記憶區，兩種管道各自接收的適量訊息可以彼此整合而又不增加記憶區裡的負荷。使用文字需心智上的努力才得以轉換，而圖像則是較直接的視覺感觀，無法互相取代卻有互補的作用。

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

當文字和圖片訊息的呈現在空間上接近時，能產生較好的學習效果。學習者在接收視覺訊息時，若文字的說明和圖像在空間上的距離太遠，學習者必須占用認知空間來搜尋相關的訊息。因此我們在設計教材時，無論是以書面的方式或電腦螢幕呈現，都應注意到相關文字、圖像的配置。

雖然我們原則上希望能將相關的文字與圖像安排在接近的位置上，但有時礙於訊息量太多、太複雜，無法完善配置畫面，此時，我們可配合格式塔原理的群化原則，運用相似性、連續性、封閉性、對稱性來引導學習，減少學習者視覺搜尋的負荷，並運用激發式動態功能，在複雜的訊息畫面上，簡單呈現某些相關訊息，並依教學情境，彈性地控制出現的訊息量，以減少學習者耗費認知資源於訊息的搜尋對照上。

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

相關的文字和圖片同時出現的學習效果比間斷時間的出現效果好。學習者是主動建構知識的，當文字和圖形整合呈現時，學習者能將

整合的訊息在工作記憶中暫存，結合視覺表徵與聽覺表徵的關聯性。若先出現文字訊息，再出現圖片，那麼將造成工作記憶的負荷，當圖片呈現時，文字的记忆已失去部分重要訊息，此時再做文字、圖片的連結將造成困難。Mayer 並進一步地探討，若將教材內容分成小段落(Small Segments)，此時間斷時間的文字、圖片呈現時，會造成什麼結果？在實驗中，他將一個教學內容的動畫與講述都分為 16 個部分，在第一個部份的講述之後，接著第一個部份的動畫，接著第二部份的講述、第二部份的動畫...以此類推，如下圖如示：結果發現，在教材內容分割為小部份時，講述與動畫間斷出現與同時出現的效果是相同的，這個結果顯示只要講述與動畫的出現時間是非常接近的，在學習者的視覺或聽覺的接收尚未消退時，可以使文字與圖形間做適當的對照與連結。



圖 2 - 11 依序細節分段(Successive Small Segments)(引自 Mayer,2001)

激發式動態呈現的教學方法是將訊息依邏輯概念做有效的分割，細部切割的訊息可依據教學需求部分群化顯示，不同於上圖中的小段落(Small Segments)是依序出現，激發式動態呈現是用不同的激發器(trigger)控制，將更具彈性與隨意性。

4. 相關原則(Coherence Principle)

當多餘的文字、圖片和聲音被排除時，會有較佳的學習效果。近幾年來教育的方向鼓勵創新性、活潑化，但若教材增加的有趣、活潑內容和主要訊息是不相關的，對學習沒有幫助，那麼將只是造成學習的負擔及傷害。Mayer 指出多餘的訊息將造成工作記憶區中資源互相競爭、分散學習者的注意力、切斷訊息的連貫性、使學習者將心力花費在不重要的訊息上。在教材的設計上，我們期望學習者將注意力放在教學目標的焦點上，而非無關的圖片或動畫，多餘的、不相干的訊息增加，將降低學習成效。以下圖為例，在講述中增加音樂的播放，將使得口述文字與音樂都經過耳朵進入聽覺管道，在有限容量的限制下，學習者無法專注於講述內容，而無法有效組織

訊息。

在本研究設計的教材中，大多是空白背景，畫面中沒有無關的圖案或動畫，聲音也只有課堂上老師的口述解講，唯有兩張投影片較特別，使用黑板情境背景，雖然多了一些無關訊息，如粉筆、板擦等圖案，但卻能有效引起動機，與生活經驗做相關的連結。且主要訊息呈現畫面的中央，是學習者容易注意的焦點，無關的圖案背景不致影響學習成效。

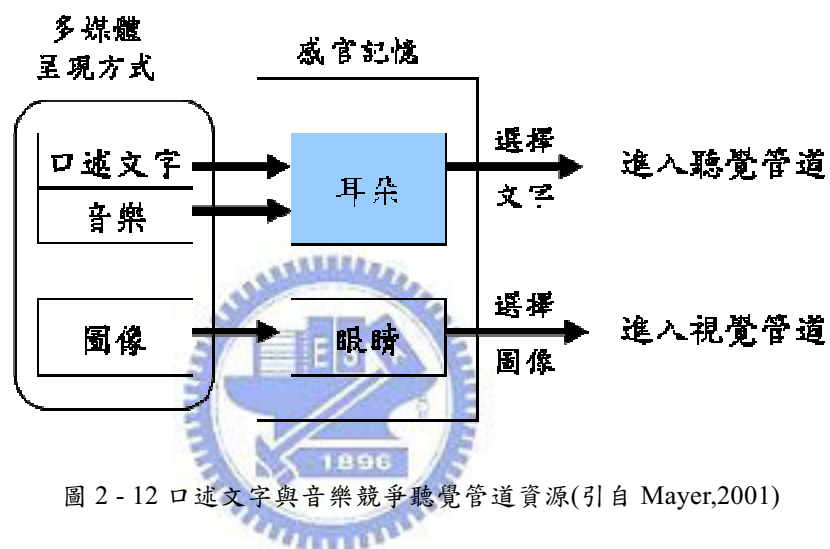


圖 2 - 12 口述文字與音樂競爭聽覺管道資源(引自 Mayer,2001)

5. 形式原則(Modality Principle)

學習者從動畫和口述文字的效果比從動畫和螢幕上的文字效果好。因為動畫和螢幕上的文字都經由視覺管道進工作記憶中，而這兩種訊息在視覺管道中彼此競爭認知資源，卻將聽覺管道的資源放置不用；相對地，若我們能使文字經由聽覺管道、動畫經由視覺管道，使訊息能適當地被接收，將可達成平衡。

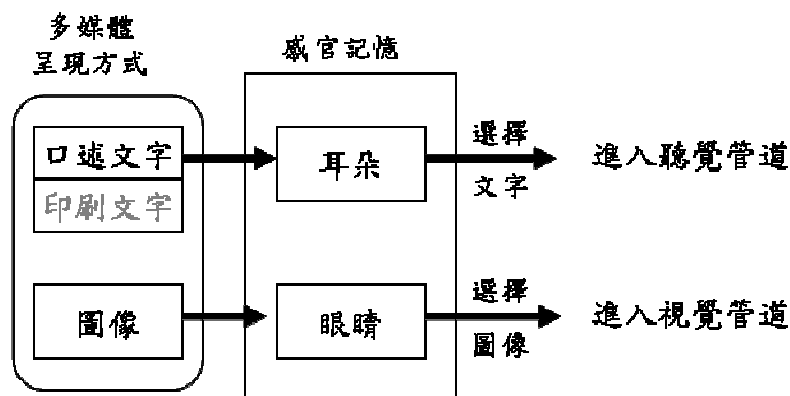


圖 2 - 13 只有圖像經視覺管道(引自 Mayer,2001)

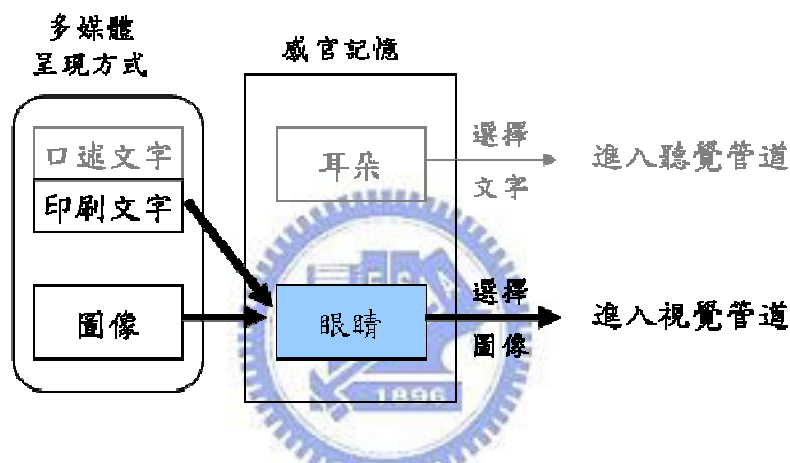


圖 2 - 14 印刷文字與圖像都經視覺管道(引自 Mayer,2001)

6. 多餘原則(Redundancy Principle)

訊息以動畫和講述來呈現的效果較好，增加螢幕上的文字將變成是多餘的。文字的呈現可經由視覺或聽覺管進入，當然，聽覺的進入方式對認知的過程而言是比較簡單、直覺的，不需將視覺的資訊再多一個步驟轉化成聽覺資訊。因此當我們已將訊息經聽覺管道呈現時，就不須將相同的訊息再以螢幕上的文字重覆呈現，螢幕上多餘的文字會增加視覺管道的認知負荷，使較少的心智資源被用於建立相對應的文字和圖片訊息。但這個原則並不表示我們不能將螢幕上的文字(或印刷文字)和講述一起呈現，必需視情況而定，當呈現的速度比較慢或是沒有圖片同時出現時，螢幕上的文字是可以呈現的-如重點提示，演講....等。

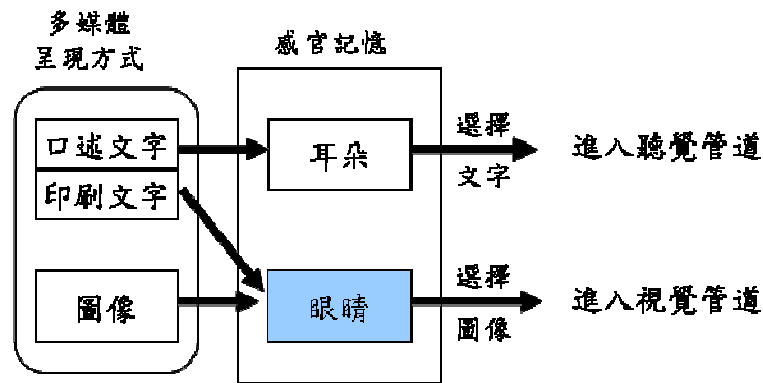


圖 2 - 15 印刷文字與圖像都經過視覺管道(引自 Mayer, 2001))

本研究所設計之教材以「講述」、「圖形」與「重要的簡述文字」配合說明。依據多餘原則，圖形與螢幕上的文字都是由視覺管道進入，若兩者內容完全一致，則不需螢幕上的多餘文字，但這個原則也說明了在某些情況下，保留重點文字是必要的，在 AMA 的教材設計原則中提到的銜接/連貫/重整，即是強調保留訊息的必要性，使課堂上一時分心的學生再回到上課內容中，可以馬上銜接。

7. 個別差異原則(Individual Principle)

教材設計的效果對於低知識者和高空間者有較大的影響。擁有高知識的學習者，因為本身的先備知識較完整，能克服教材設計中的缺失。但對於低知識學習者而言，先備知識的不足就特別需仰賴良好的教材設計呈現，適當的指引才能降低外在認知負荷。而高空間學習者在整合視覺及語文表徵的能力較強，低空間的學習者則必須將大多的認知能力用於記憶的保留，以致於在心智整合方面的能力不足。

8. 互動原則(Interactivity Principle)

由於短期記憶容量有限的假設，學習者無法一次接收大量的訊息，因此若訊息出現的步調與學習者的接收的狀況是不一致的，可能造成認知負荷。互動原則中說明在學習者可以控制教材呈現的步調時，學習效果會比較好(林煜庭，2008)。本研究主要欲探討在課堂授課的環境下，激發式動態呈現是否能達到較佳的學習成效，雖然教材呈現的順序是由教學者控制，但滑鼠指標配合關閉訊息的出

現，使教材的設計具有互動性，教學者可依學習者的互動反應彈性控制教材的呈現。

9. 信號原則(Signaling Principle)

適當的提示與教材內容的組織結構可引導學習者的注意力，使其將注意力投注在重要的訊息上，避免學習者的注意力被轉移至不相關或不重要的訊息，而造成認知資源的浪費。信號原則常用的方式為「突顯標題」與「強調關鍵訊息」(Mayer, 2005)。本研究在教材設計上，畫面的安排以結構、對比的形式呈現，可引導學習者的注意力，而激發式動態呈現作用與信號原則相同，都在於引起注意，降低外在認知負荷，但方式則有所差異，激發式動態呈現主要以滑鼠作為視覺引導的指標，以滑鼠點擊後「突然出現」的運動特徵引發刺激，引起注意。在視覺搜尋理論中指出，當訊息具有基本視覺特徵時，不需學習或練習就能在前注意處理歷程以自動化的方式運作，「形狀特徵」、「顏色特徵」、「深度特徵」與「運動特徵」都屬基本視覺特徵。激發式動態呈現的教學方式即是運用運動特徵的效果協助視覺搜尋以及引導注意力的特性，運動特徵包含了「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)」以及「運動一致性 (Coherence)」七種重要特徵(林煜庭，2008)。

動特徵具有兩個獨特的功能：

- (1) 運動特徵具有獨特的「吸引注意力 (capturing attention)」的能力。
- (2) 運動特徵可以「動態改變」觀察者注意力投注的位置。

Yantis 與 Jonides 在 1984 年的論文中提到「獨特且突然開始的視覺刺激能快速且自動化地吸引注意力投注於此位置」(林煜庭，2008)。這種注意力配置是非自發性的，由知覺系統接收外來刺激後自動發生。而在本研究中激發式動態呈現藉由「關-開」的按鈕設計，使訊息以突然出現的方式激發注意力，引導學習者將注意力投注在主要訊息上。

2-4 認知負荷理論

2-4-1 認知負荷的意義

認知負荷理論是由 1980 年代澳洲新南威爾斯大學教育學院的 John Sweller 所提出，他發現初學者與專家的不同之處在於基模的獲得與否。根據皮亞傑的觀點，基模是人類處理問題時的基本行為模式，是人類吸收知識的基本結構，個體的基模隨年齡增長及學習而產生改變(張春與，1994)。而在學習的過程中，一些與學習無關的資訊，將會佔用短期記憶的容量，造成認知負荷，影響學習。因此在 Sweller 的研究中探討如何運用教學方法、教學內容的改善來降低認知負荷，減少學習過程中對概念獲得的負面影響(黃克文，1996；陳蜜桃，2003)

Sweller 等人(1998)認為認知負是將一特定工作加諸於學習者的認知系統時，所產生的負荷。當我們在執行某種任務時，在認知系統中所感受到的心智負荷與知覺到的困難度越高，則產生越大的認知負荷感。

認知負荷對人類認知架構有幾點基本假定分述如下：

1. 運作記憶的容量是有限的。

訊息的處理主要在運作記憶中，對接收到的訊息做更進一步的組織與理解，根據 Baddeley (1992) 的工作記憶理論，若待處理的訊息內容要素間互動性強，有高度關聯性，需互相參照才能了解，將耗費短期記憶容量，產生更大的認知負荷，導致學習上的困難(郭璟諭，2003)。

2. 長期記憶的容量是無限的。

專家因為長期記憶裡的豐富知識經驗，當面臨問題時可立即自長期記憶中提取可用資訊，而生手卻需在運作記憶中進行推理和搜尋，因而耗費運作記憶容量。

3. 長期記憶中的內容以基模的型態儲存。

個體學習所得知識概念以基模的形式存於長期記憶中，基模可以組

合多個訊息形成一複雜單位，如此便能減少工作記憶的容量，並在長期記憶中發揮組織與儲存訊息的功能。

4. 基模運作自動化是基模建構的重要過程。

人類處理訊息的模式有兩種，一是控制處理，二是自動處理。控制式的處理在意識層面上占用許多運作記憶空間，而自動式的處理則較不需意識的監控，占用極少的記憶空間，當我們學習一項新的事物時，一開始以控制處理的方式學習，經過不斷的練習、操作，則可形成自動化的處理，構成基模。待基模自動化處理後，節省了運作記憶的空間，使我們可以對其他訊息做更深入的處理。教學的目的就在於促進長期記憶基模的建構與自動化。

2-4-2 認知負荷的類型：

Sweller 等人指出在教學過程中，學習者面對的認知負荷來源有三類：

1. 內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)，來自於所要學習之訊息結構。當面對的訊息結構複雜度越高，學習者需要在工作記憶區中處理關聯性高的教材，此時即產生內在認知負荷，內在認知負荷的來源是教材本身的特性，因此不易由教學設計來改變。
2. 外在認知負荷 (extraneous cognitive load)，來自於知識呈現的方式，相同的教材，可以有多種的呈現方式，而在呈現教材的媒體中，又因教材設計的差異影響接收者的認知負荷，既然這種負荷是外加的，因此可以藉由教材設計來降低認知負荷。
3. 有效認知負荷 (germane cognitive load)，來自於我們需要習得與自動化相關基模的努力。在藉由適當的教材呈現方式，降低外在認知負荷的同時，也幫助我們建構自動化的基模。教師提供訊息的方式或學習活動對學習者的要求，都可能會增加學習者的負荷感，但卻能使其更專注於所要習得的知識內容上，因此，此時產生的負荷是能夠促進學習的，有正面效果的，因此稱為有效認知負荷。

影響認知負荷的因素包含教材的特性 (nature of material)、教材的組織 (organization of material) 和先備經驗 (prior experience)。其中教材特性是

指教材之內在要素相關聯的程度，關聯程度越高，內在要素間無法獨立被處理，需要將較多的要素同時置入運作記憶區中來思考，也就是內在負荷的來源。而教材的組織著重在呈現的方式上，即外在負荷的來源。例如圖形利於空間、文字以序列方式呈現，本研究中所設計的教材則是探討在圖、文整合時，對訊息於空間上的安排與呈現方式。先備經驗則影響內在認知負荷，相同的教材特性隨接收者的先備經驗不同，造成不同程度的內在認知負荷。當學習者以長期記憶中的基模處理問題時，可降低運作記憶區的負荷，倘若缺乏解決問題的基模，那麼所有訊息將在工作記憶區中處理，而增加內在認知負荷。因此，教師在教學的過程中，應注意學生是否有學習的能力和先備知識，或是在教材設計中提醒先備知識概念，以降低學習新知識的時產生的認知負荷。當內在、外在、有效認知負荷三者加總，不超過運作記憶可用的資源，才可使學習獲得成效，內在負荷可藉由基模的建立來降低，外在負荷可藉由教材設計來降低。當內在負荷是低的，也就是教材本身關聯性較低，知識概念簡單時，外在負荷就不重要，唯當內在認知負荷高時，外在認知負荷就需特別重視 (陳蜜桃，2003)。激發式動態呈現的設計就是希望能降低外在認知負荷，協助學習者發現關係，組織知識。以下是 Gergets 和 Scheiter 所提的認知負荷理論概念架構。

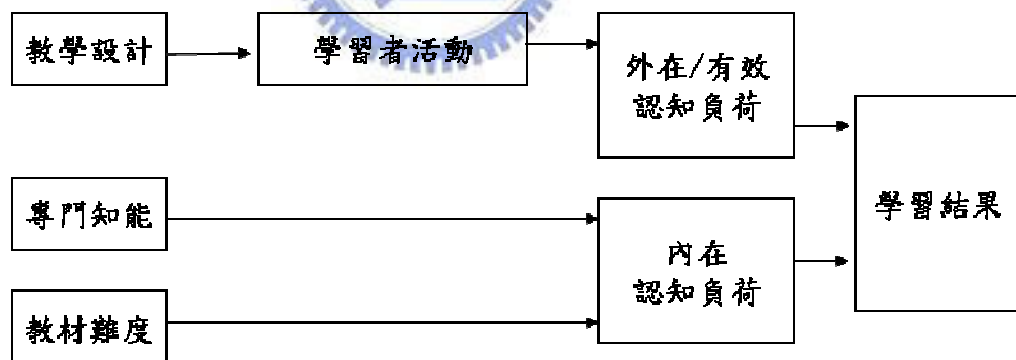


圖 2 - 16 Gergets 和 Scheiter 的認知負荷理論概念架構

(引自陳蜜桃，2003)

Sweller 等人在將認知負荷運用在各學科領域，研究的結果可歸納出七項教學設計原則，綜合宋曜廷、陳蜜桃、吳慧敏等人的論述如下表所示：

表 2-1 教學設計原則

效應	主要概念
1. 自由目標效應 (the goal free effect)	當問題的解方式非唯一時，教學歷程應採開放目標，使學生不受限制，可以表達自己思考的過程結果，減少外在認知負荷。
2. 工作範例效應 (the worked example effect)	對於一個新手，要學習程序性知識時，教師呈現適當的例子可以幫助降低外在認知負荷。在工作範例效應下，學習者可以很快地了解到整個問題的結構，避免耗費大量的認知資源而影響基模的習得。(Sweller, 1989)。
3. 問題完成效應 (the problem completion effect)	不同能力的學習者對範例的處理未必一致，對於低能力者而言，可能將範例說明與正研讀的問題同時置於運作記憶中，而增加外在認知負荷。因此，當教學者將問題的示範只呈現一半，剩下一半由學習者完成時，能促使學習者在研讀範例時更專心。若一份教材在一開始提供完整的解法，之後逐漸減少解題的過示範，增加學習者需完成的部分，最後在僅提出問題的情況下，學習者即能自行解題，此即「完成策略」(completion strategy) (Sweller et al., 1998)
4. 分散注意力效應 (the split attention effect)	相關的文字、圖形等訊息應在時間及空間的安排上，做適當的呈現。若相關訊息在畫面上的位置太遠，或出現的時間不一致，增加學習者搜尋和對照的負荷。此效應和 Mayer 的空間接近原則、時間接近原則相似。
5. 形式效應 (the modality effect)	根據 Baddeley 的理論，人類的運作記憶區有兩套處理系統，分別處理視覺與聽覺訊息，以兩套系統來處理訊息將優於單一系統。此效應和 Mayer 的多媒體原則類似。如 Frick 的實驗中即發現，當資訊經視覺管道呈現後再伴隨著聽覺的講解說明，其效果比由單一管道呈現時要來得好。Mousavi, et al. (1995) 的研究提出形式效應可由分散注意力效應導出，訊息以視覺、聽覺雙管道的方式傳達，可整合資訊，也避免訊息在

	空間上的距離太遠而導致分散注意力效果。
6. 多餘效應 (the redundancy effect)	<p>當訊息可以獨自呈現時，則不需將一些重覆的訊息同時呈現，這些附加的訊息只是增加運作記憶的負荷，降低學習效果。在 Bobis, Sweller, and Cooper (1993) 的研究中發現在小學生作摺紙學習時，比較只有圖形的教學與圖形加文字說明的教學，研究結果發現，只看圖形的學習者，其所花的學習時間較短，此乃因圖形的訊息對摺紙教學已足夠，額外增加的文字說明只是增加學習者運作記憶的負荷，學習者可能需另花運作記憶的空間去對照文字與圖形的說明。</p> <p>總結來說，當個別訊息能獨自被理解 (can be understood in isolation) 時，就不需要整合；若無法獨自被理解 (cannot be understood in isolation)，就需要整合 (Sweller et al., 1998)。而關於訊息是否能獨自被理解的關鍵因素和先備知識有關，當學習者的先備知識不足時，額外的說明文字可能對讀者有幫助，但卻不利於先備知識較充足的讀者 (McNamara et al., 1996)。</p>
7. 變化例子效應 (the variable example effect)	變換問題的情境雖然造成更大的認知負荷，但有助於基模的建立，使學習產生遷移，而這時產生的負荷即是有效認知負荷

2-4-3 認知負荷的測量

Sweller 等人將認知負荷概念概分為兩種，一為任務向度(task-based dimension)，一為學習者向度(learner-based dimension)。任務向度是依據個體對任務或工作目標的達成過程中所感受到的負荷感，即是「心智負荷」(mental load)，心智負荷的程度與任務或工作內容的難度或教材的呈現方式有關。而學習者向度是指個體在執行工作或任務時，所知覺付出的認知能量與資源，也就是「心智努力」(mental effort)。而關於認知負荷的測量方式，Wierwille 和 Eggemeier 於 1993 年提出三種主要測量方法(陳蜜桃，2003)，分述如下：

1. 主觀測量法，在受試者有能力回顧本身的認知歷程並能明確指出付出的努力程度，通常以評定量表測量。
2. 生理測量法：在假設個體在面對認知負荷時，會產生生理的變化，包含心跳、腦部活動、眼睛活動等生理測量。
3. 任務和績效測量法：以學習成效與任務困難度之間的關係來推論認知負荷的程度，當任務較複雜、困難度較高時，學習成效也降低，則表示任務對個體產生較大的認知負荷。

就以上三種方法來說，主觀測量法為最常見的方法，主要原因是因為主觀測量法較易實行，不需準備生理測量儀器，因此本研究將採用主觀測量法，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，分七個向度做為選項。

2-5 AMA 系統



AMA (Activate Mind Attention)原名數學簡報系統(MathPS)，由交通大學陳明璋教授，自2002年起，帶領Informath工作群所研發，以微軟的PowerPoint為基礎，改善原簡報軟體在數學教材製作上之不足，使數學教材的設計更為方便(邱建偉,2005)。AMA有兩個主要的功能，一是結構式複製繪圖法(Structural Cloning Method, SCM)，另一個重要的功能為激發式動態呈現(Trigger-based Animation, TA)。

一. 結構式複製繪圖法(Structural Cloning Method, SCM)

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，用來解決設計教材時定位不易的問題。AMA系統提供了「幾何構圖」以及「複雜構圖」兩大構圖環境。幾何構圖環境是由「Geometer」內的幾何作圖功能所建立，針對線、弧、圓以及三角提供許多的基本幾何作圖功能，大大的提高PowerPoint幾何繪圖的能力。

複雜構圖通常指的是下列四種狀況的處理：(陳明璋,2006)

- (1) 視覺可分辨，但無法或不易使用滑鼠定位的物件；
- (2) 定位上不容易操作，如旋轉角度、移至定位、縮放調整；
- (3) 物件數量較多，操作費時；
- (4) 需要簡單程式設計的圖形。

透過原形複製、定線複製、定框複製、定點複製、定角複製線鏡射以及點鏡射，我們能利用物件的局部結構所衍生的定位訊息達到準確定位的效果(蘇柏奇, 2005)。藉由 AMA 系統「幾何構圖」以及「複雜構圖」的功能設計，我們能精準地、有效率地繪製教學所需的圖形，而使資訊以雙碼型態的方式輸入認知系統，再配合激發式動態呈現的設計理念將更有助於數學學習。

結構式複製繪圖法的運用原來乃為解決數學教材設計時，繪製幾何圖形與複雜結構圖的不便性與定位不易的問題。由於功能強大，陳明璋博士將其擴大發展應用於視覺藝術圖像上，可以繪製仿自然山水畫、複雜的對稱構圖以及光點系列等圖形，AMA 創造了一個新的繪圖法。



圖 2 - 17 仿自然山水畫
(引自陳明璋，2006)

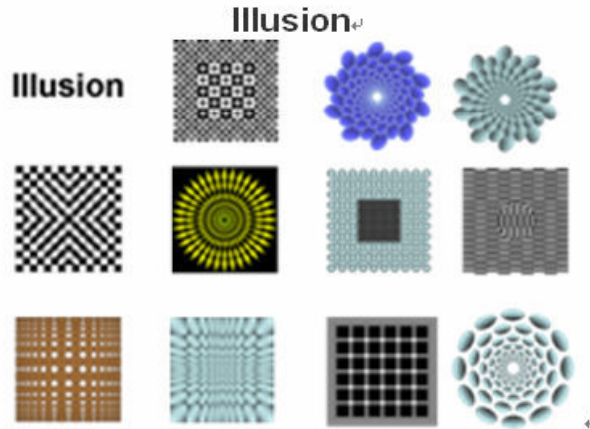


圖 2 - 18 複雜的對稱構圖

(引自陳明璋，2006)

二. 激發式動態呈現(Trigger-based Animation, TA)

多媒體教材的發展日新月異，各式軟體不斷推陳出新，但卻無法廣泛推廣至真正的教學現場，除了在教學演示、多媒體教材設計比賽或創意教學...等特殊的教学情境我們才會看到電腦真正用於教學，尤其是數學科教學，使用多媒體的老師少之又少。會有如此的情況，研究者將可能原因歸納為下列兩點：

- (1) 硬體設備。教室硬體設備不足使教師不樂於使用，想像若每次教師上一堂課都必須抬著電腦、投影機等設備，到教室後又需安裝、調整螢幕的大小焦距，更甚者，教室中學生的坐位都需調整以利投影機的放置。諸多的不便與麻煩使教師對多媒體教學怯步。
- (2) 軟體設備。一般教師對電腦教材的設計有門檻的限制，尤其數學科的教材製作並非單純的文字與圖片，尚有許多幾個圖形，且數學圖形必需對應講解內容算式說明，這些特點使得多媒體數學教學更顯困難。幾近年網路發展迅速，使數位教材的流通更普及化，我們不難在網路上取得教學資源，另外，各家教材廠商配合資訊融入教學的趨勢，大多有製作多媒體教材光碟給教師使用。不需自行設計教材的情況下，表面上是解決了教材設計不易的問題，卻產生了其他教材使用的問題：本身的教學法與數位教材無法配合，固定的編排設計下，使教學缺乏彈性與互動性，教師只能跟著安排好的順序走，無法適時引導學習，

或教材本身設計不良，不符合多媒體學習理論，影響教學成效。

基於上述多媒體教材軟體上的問題，AMA 系統的激發式動態呈現功能可加以改善。在教材製作的門檻上，因為 AMA 系統乃是 Powerpoint 上的一個外掛軟體，一般教師對簡報系統都不陌生，因此對於 AMA 中工具的使用，也容易上手。Powerpoint 原本主要之功能在於商業簡報的使用，由微軟公司所開發，普及性相當高且操作介面簡易，一般無資訊背景的人仍然可輕易上手。但相對地，Powerpoint 的使用上也有一些困難與問題，在分析 The Cognitive Style of PowerPoint (Tufte, 2003)的論述中，提出 powerpoint 在呈現內容時的幾個主要問題，分述如下，並說明在 AMA 系統下如何克服原簡報系統之問題。

1. 畫面內容呈現不足。Powerpoint 的一頁畫面中可能安排的資訊量有限，太多的文字安排在同一畫面，將使得文字太小而無法觀看，且因為內容呈現量的限制，常常使得相關的訊息無法在同一頁中得到對照，而難以連貫。對於畫面資訊容量不足的問題，目前有兩種改善方式。一是採用左右兩欄式的排版增加容量，並且配合互動式頁面切換來改善連貫性，而這種頁面切換涉及了激發式動態呈現在「頁面定位」方面的功能設計(林煜庭，2008)。另一種是利用「多螢幕簡報投影技術」使用多個螢幕一次放映兩個或三個頁面，讓前一頁的訊息在換頁後能持續保留(吳依恂，2006)。
2. 項目符號條列呈現的限制。項目符號條列呈現適合表達具有時間循序性、重要優先級以及簡單隸屬關係的項目資料，不利於統計資料分析以及科學符號的使用，並且一組條列式資料僅能呈現上述關係的其中一種(Tufte, 2003)。但條列式地呈現演講內容重點，有時可能造成資料過度分割，無法做適當的分析、比較。或因為過度簡化的重點式呈現，使閱讀困難。再者，因為條列式的呈現只是平凡地將事實作簡短的陳述，讀者除了覺得無趣以外，有時也會有一種被強迫灌輸教條的感覺(林煜庭，2008)。而 AMA 系統即能改善條列式呈現資料的缺點，使教材內容的呈現更具彈性。
3. 缺乏雙碼型態的資料呈現。依據多媒體學習理論，多媒體原則提到圖形與文字的呈現將比只有文字敘述好。由於 PowerPoint 的繪圖功

能未臻完善，無法因應數學教材製作的需求，處理複雜的構圖(蘇柏奇，2005)，而使得大部分的內容與論證都是藉由文字敘述的方式呈現而缺少圖像的對應(Tufte, 2003)。AMA 系統一方面改善了原簡報系統的繪圖功能，另一方面運用激發式動態呈現，我們可以將文字與圖形在畫面中做適當的安排，以按鈕控制出現的時機，使畫面的呈現方式更多元、有效，並符合多媒體學習理論。

4. 不易解釋高關聯性的內容。PowerPoint 的播放模式最常以單向循序放映，而互動功能卻因為操作不易而不常使用，而導致高關聯性的內容無法清楚解釋。但在實際的教學情境中，畫面的呈現應具彈性並能在視覺上做適當的引導，尤其高關聯性的內容經常伴隨較高的認知負荷量，我們可以藉由「動態式激發呈現」協助導引聽講者的視覺注意力，進而降低外部認知負荷，幫助聽講者對高關聯性內容的理解。

AMA 的工具使用上不但因為簡報系統本身的普及性與操作簡單的優點，另一方面，因為激發式動態呈現的特點，使教師可以主導畫面的呈現，配合本身的教學法，促發注意力進而引導學習。激發式動態呈現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，訊息可以由教學者以預定的、或隨意的順序及速度呈現，有彈性的呈現教學者的意念並與現場的聽眾互動。主要呈現的功能如下：

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、或由呈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，具有排他的作用(未被按鈕激發的物件不會出現)。
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；透過激發逐一呈現並列的訊息；也可以排他的方式輪流顯示訊息，顯示的同時可適時地隱藏舊訊息，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，為了防止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. 一對一開關：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：給兩相同端點多邊形，此一指令依據這兩個多邊形間端點的關係，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。

運用上述激發式動態呈現的功能，教師以滑鼠指標帶領視覺的移動，並在訊息突然出現的情況下，使學習者的注意力自動化地選擇教學者要突顯的重要訊息上，強調以視覺化的方式將結構化的關聯在學習者面前突顯出來。AMA 系統對於教材的製作除了依據多媒體學習理論之原則外，並根據視覺原理、設計理論與數學教材的特性，針對數學科教學上必須增強的概念，將 AMA 的設計原則區分為十種(陳明璋，2006)，分述如下：

1. 指標：靜態與動態指標，包括符號、圖示、語言...等，指標具有引導搜尋的功能，在激發式動態呈現下，滑鼠的移動本身或突然出現的圖形、文字等都是一種指標，具有強烈吸引注意力的特質，學習者的目光隨滑鼠位置的改變而移動，蘇柏奇(2005)提出，適切的操作滑鼠位置可引導視線至主要目標物，達到良好的溝通；相對地，過度或不當的移動滑鼠，可能造成視覺上的干擾及引起不必要的雜訊，反而降低學習效果。

2. 層次：訊息角色與呈現應符合角色的比重，在多個訊息、圖像重疊時，主要訊息運用明度、彩度的處理以區別次要訊息，運用圖像的層次性設計達到教學目的以呈現主題。
3. 群化/關聯：由於簡報系統的呈現畫面有限，我們運用顏色、形狀、線段、箭頭等指標來建立訊息間的視覺關聯。
4. 對比/比較/演化：強化即時訊息，淡化次要訊息，使新的訊息與降低明度的舊訊息相互比對，發現圖形的規律變化。素材的演化使學習者易於比較並累積資訊。
5. 步驟：分解概念或講解過程，提供更細部的關連，減少教學者書寫的時間與人力，將更能專注於講解的內容中。
6. 定位：動態呈現時，應穩定呈現訊息，透過定位複製技巧，使訊息量擴展時不因物件位置的移動而產生視覺雜訊。
7. 動態/互動/隨意：依教學的實際情境，以多元按鈕設計隨機控制訊息量，以調整教學步調。在 AMA 中運用簡單的開關設計來增強教學過程的互動性，教學的互動性使學習者有思考的機會並得到回饋，增強信心或修正錯誤想法。
8. 結構：結構化訊息，有助於探索訊息，抽象概念的呈現。相關物件做一致化處理，並運用接近原則將訊息配置在適當位置。
9. 銜接/連貫/重整：注意力持續的時間有限，學生很難在一堂當中完全專注於講課內容，教師必須保留重要訊息，或隨時回顧相關訊息。
10. 溝通性：教師、學生、教材三者可以溝通的環境。

本研究以一個排列組合問題為例，探討在一個陣列方陣中長方形的個數。此概念原屬高中教材範疇，但因為需具備之數學基礎概念單純，較不受原課程進度知識影響，因此選用這個問題作為實驗教材內容。但因為實驗對象為國中一年級學生，對於抽象的概念無法僅以口述說明就可理解，必須配合圖像的講解，若以傳統黑板教學必產生困難。且一年級的課程內容為四則運算、一元一次方程式、二元一次方程式，未正式進入幾何概念的教學，學生的幾何念相當薄弱。基於此，研究者以 AMA 系統設計教材，一方面可以簡單地繪製大量圖形，達到層次、定

位、對比、結構之原則，另一方面並運用激發式動態呈現之功能，使教材在課堂授課導向的教學環境下具有指標、隨意與溝通性。





三、研究方法

本章節分為以下四節說明研究方法：第一節為研究設計，第二節為研究對象，第三節為研究工具，第四節為資料分析方法。

3-1 研究設計

在本節中分別論述研究方法的選擇、研究變項與假設、研究架構、實施流程。

3-1-1 研究方法的選擇

本研究的目的是探討激發式動態呈現引導學習的教學模式是否對學習成效與認知負荷造成影響。

本研究以某國中一年級的兩個班為實驗對象，教學內容為一個排列組合的問題，為避免其他非本研究欲探究的變因影響實驗結果，兩班皆在教室內以一個投影螢幕教學，上課投影片內容相同，唯訊息出現的方式不一樣。實驗組以激發式動態呈現教學，控制組以靜態呈現方式教學。因為現實教學環境無法隨機分派受試者，所以本研究採準實驗設計法，雖然無法精準地掌握各項變因，降低實驗的嚴謹度及內部效度，但能將實驗的結果推廣運用至實際情況中，應用價值較大，外部效度較高，並期能儘量排除各項變數的干擾，以掌握自變項與因變項的關聯。

3-1-2 研究變項與假設

本研究的實驗變項分述如下：

自變項：教材的呈現方式

1. 實驗組：教材以激發式動態呈現，畫面配合講述內容以滑鼠點擊出

現。

2. 控制組：教材以靜態畫面呈現，以滑鼠為指標說明講解。

依變項：記憶測驗、轉化測驗、認知負荷量。

控制變項：教學者、講解內容、教學媒體、教學時間。

林煜庭(2008)在彈性指標-一種基於視覺認知理論的論文中，實驗發現在課堂授課的環境下，多媒體教材具有適當的彈性指標會比沒有彈性指標提供更好的學習效果。彈性指標即是本研究中所提之激發式動態呈現。洪榮忠(2008)也由二元一次方程式的圖形單元教學為例，實驗結果證實激發式動態呈現的教學設計有助於數學學業成就較低的學生在數學上的學習，但對高學業成就學生卻無明顯差異，探究原因可能是教學單元為原課程進度，而學業成就又是以前幾次的段考成績分組，段考題目與實驗概念相關性非常大，概念是銜接的，具有相關知識的高學業成就學生，可輕易銜接概念，教材的設計影響因素就相對的變小。在本研究中，欲了解在實驗教材非原課程進度內容，而是一個排列組合的問題時，激發式動態呈現對不同學業成就的學生會造成什麼影響。

另外且在許多學者的研究中，大都支持當學習者感受到的認知負荷量愈大時，則學習成就相對降低(郭璟瑜, 2003)。針對以上幾個實驗結果，研究者提出以下的假設：

- 一. 教材呈現方式與學業成就對記憶測驗有顯著交互作用。
- 二. 教材呈現方式與學業成就對轉化測驗有顯著交互作用。
- 三. 教材呈現方式與學業成就對認知負荷有顯著交互作用。
- 四. 認知負荷量與記憶測驗之間有顯著相關。
- 五. 認知負荷量與轉化測驗之間有顯著相關。

3-1-3 研究架構

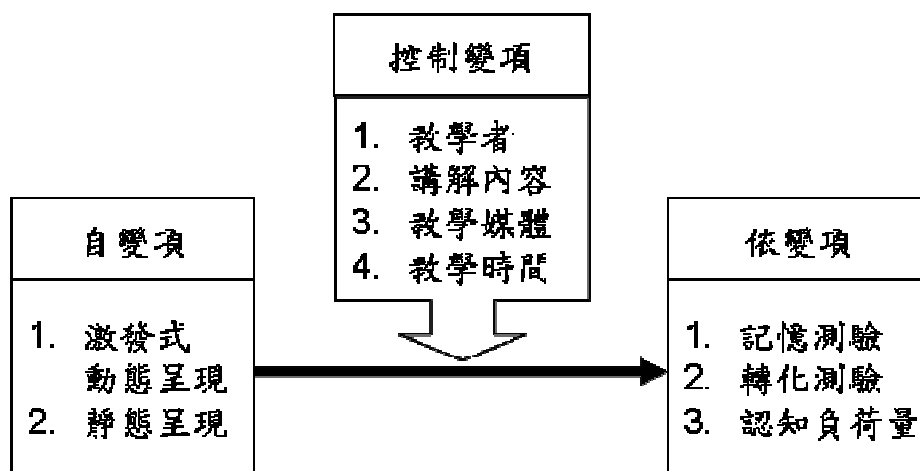


圖 3-1 研究架構

3-1-4 實施流程

為能減少其他影響變因，了解激發式動態呈現對教學成效的影響，教學實驗流程的第一階段為選擇合適的教材。預計教學時間約為 20 分鐘，測驗時間 20 分鐘，實驗在一節課中完成。選定教材後，定出教學概念目標，設計投影片，並在修改的過程中分別找 6 位同學進行預試教學，以了解此概念對國一學生而言，可能產生的迷思概念，以做為修改教材的依據。在預試過程中發現幾個問題：

1. 不了解題目的意義，缺乏組成長方形條件的概念。
2. 不清楚長方形定義，以為正方形不是長方形的一種。
3. 在 n 選 2 的計算說明中，每一個可與另外 $(n-1)$ 個人搭配，有 $n(n-1)$ 種，但有重覆的搭配方式，所以要除以 2。對於重覆的搭配法要扣除的計算式，直覺上會想要以「減」法計算。
4. 低學業成就學生對乘法原理概念薄弱。

在預試教學中發現問題並針對問題逐步修改教學投影片內容，並與指導教授討論訊息呈現的方式，畫面安排的結構性、對比性。

教材與測驗試題完成後，進行信度、效度分析，刪除不適合之題目，接著進行前測，在教學實驗進行前的 1-2 天進行，實施前測的主要目的乃為檢測參與實驗學生的起點行為，了解是否已具有欲進行之實驗所含之數學概念。



圖 3-2 實施流程與各階段進行時間

3-2 研究對象

本研究的研究對象為桃園縣蘆竹鄉某國中一年級學生，一年級共有 20 班，除一班為體育班外，其餘班級皆為常態編班，以研究者任教的兩個程度、素質接近的班級做為研究對象，實驗組班級學生 38 人，控制組 39 人，兩班各有一個資源班學生，因此實際參與教學實驗的實驗組班級學生有 37 人，控制組 38 人，兩班各取兩次段考平均分數的前 50% 為高學業成就，後 50% 為低學業成就。以下列出兩班一年級下學期第一、二次段考成績的平均數與標準差摘要表：

表 3-1 實驗組、控制組段考平均數及標準差摘要表

下學期成績 (第一、二次段考平均)				
	班別	個數	平均數	標準差
全班	實驗組	37	61.88	3.99
	控制組	38	62.16	4.01
高學業成就組	實驗組	19	81.82	7.98
	控制組	19	81.87	6.80
低學業成就組	實驗組	18	40.83	16.33
	控制組	19	42.45	19.72

在上表中可看出實驗組的段考平均分數略低於控制組學生，高學業成就學生平均分數非常接近，而低學業成平均以控制組略高，以下針對全班與學業成就分組下進行獨立樣本 t 檢定，摘要表如下：

表 3-2 獨立樣本 t 考驗摘要表 (下學期第一、二次段考平均)

段考平均	比較樣本	Levene's test		t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		F 檢 定	顯著 性			
全班	實驗組	.004	.952	-.049	73	.961
	控制組					
高學業成 就組	實驗組	1.331	.256	-.022	36	.983
	控制組					
低學業成 就組	實驗組	1.392	.246	-.270	35	.789
	控制組					

由上表可得知，兩個樣本在全班成績與高、低學業成就分數的變異數同質性的 Levene 檢定未達顯著($p>.05$)，表示這兩個樣本的離散情形無明顯差別。而由假設變異數相等的 t 值與顯著性，發現考驗結果未達顯著，表示兩個班級在下學期第一、二次段考平均分數上的成績無明顯差異。高、低學期成就的段考成績也無明顯差異。



3-3 研究工具

3-3-1 認知負荷量表

在第二章中提到測量認知負荷的方法中，以主觀測量為最方便、省時、經濟。在本研究中將認知負荷的兩個向度，修改宋曜廷(2000)測量認知負荷的題目，分別以下列兩個問題測量：

1. 心智負荷測量問題：

「我認為本次的上課內容在學習上...」，分為七個向度，由「非常容易」至「非常困難」。

2. 心智努力測量問題：

「我覺得我花了很大的心力，才能記得本次的上課內容」分為七個向度，由「非常不同意」至「非常同意」。

每題項以李克七點尺度衡量。兩題項的得分加總即為受測者之認知負荷量。

3-3-2 測驗試題

本研究實驗過程中使用的測驗試題工具，包括成效測驗與前測試題。在 Mayer 的多媒體學習理論中，提到學習的目標有二種，記憶(remembering)與了解(understanding)。記憶是一種可以再呈現與辨認的能力，以記憶測驗(retention test)測量之，測量的方式常見的有回憶(寫下所有在課程中所呈現的教材或閱讀的內容)、辨認(以選擇題或是非題選出正確的答案)。了解是指學習者可從教材中重新建立自我心智認知的過程，可透過轉化測驗(transfer test)來檢驗這個能力。在轉化測驗中，學習者必須解決未在教材中出現的問題，有能力面對新的情境。

表 3-3 教學目標分析

目標	定義	測驗	舉例
記憶 (Remembering)	重現與辨認教材的能力	記憶測驗 (Retention)	請寫下剛才課堂中，所有你記得的內容。
了解 (Understanding)	在其他狀況中使用教學知識的能力。	轉化測驗 (Transfer)	請列出幾種你認為可以改善車子性能的方法。

本研究依多媒體學習理論將成效測驗分為記憶與轉化。

1. 記憶測驗：測驗主要概念的教學投影片內容。測驗內容為第 6、8、9 張投影片，將這三張投影片中的一些重要文字與圖形部分刪除，請學生將原投影片的圖形與文字寫出或畫出。記憶測驗 3 題共 20 分，題目與計分方式說明如下(左圖為題目，右圖為教學所呈現的投影片)：

第一題

動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁶

說明：

動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁵

		✓	✓
	✓		✓
	✓	✓	

說明： 每一位同學可和另外2位配對 → $3 \times 2 = 6$
 相同的配對重覆算2次 → $6 \div 2 = 3$

值日生

圖 3 - 3 記憶測驗第一題計分說明

表格勾選 1 分(全部勾選正確才算分)，文字說明與算式 4 格共 4 分，總計 5 分。算式與文字位置不同也算分。

第二題：

計算下列圖形含有幾個長方形？ ⁸		
	圖形 長方形個數	算式
2選2		
3選2		
4選2		
10選2		

計算下列圖形含有幾個長方形？ ⁸		
	圖形 長方形個數	算式
2選2		$2 \times 1 + 2 = 1$
3選2		$3 \times 2 + 2 = 3$
4選2		$4 \times 3 \div 2 = 6$
10選2		$10 \times (10 - 1) \div 2 = 45$

圖 3 - 4 記憶測驗第二題計分說明

右邊的算式一格 1 分，共 4 分，圖形一個 1 分，共 4 分(順序需與投影片相同)，總計 8 分。

第三題：

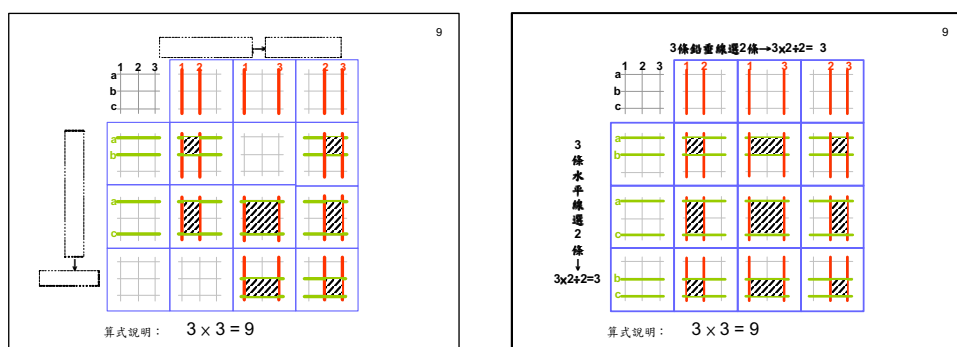


圖 3 - 5 記憶測驗第一題計分說明

文字與算式 4 格共 4 分，圖形 3 個共 3 分，總計 7 分。

2. 轉化測驗：在轉化試題中，欲測驗學生是否真正了解教學內容的主要概念，總共六個大題，第一到三題的問題與投影片中呈現題目是類似的，第四到六題則較需轉化運用所學概念，總計共 12 分。測驗試題請參考附件。
3. 前測：由後測題目中挑選主要概念 3 題，第一題為 10 選 2 的問題。第二題為 5 條鉛垂線與 6 條水平線組成幾個長方形。第三題為正八邊形有幾條對角線。計分方式一題一分。試卷設計如附件所示。因為此實驗教學概念並非原教學進度內容，因此極少學生能答對問題，在前測結果中，實驗組有 5 人得 1 分，控制組有 4 人得 1 分，其餘皆為 0 分。

完成測驗試題的編製後，進行效度、鑑別度、難度的檢測，說明如下：

效度分析：請 4 位任教國中數學的教師（任教年資從 3~15 年）就教學目標與測驗題目的適切性給予建議，這 4 位數學教師中，兩位曾經參加民國 94、96 年「國中基本學力測驗命題比賽」，獲得佳作與優等獎，顯示其對於測驗題目的評估審核有一定的專業水準。另外兩位教師教學年資在 10 年以上，教學經驗豐富，對成效測驗的適切性能提供專業的判斷與建議。且指導教授也依教學目標、教材設計對記憶、轉化測驗的成效測驗，給予指導建議，討論分析後保留 32 題，具有專家效度。

鑑別度：將預試成績分為高、中、低三組，從高分者向下取 27% 為高分組，由最低分組向上取 27% 為低分組，分別計算各題中高分組與低分組的答對比率，相減所得之值若低於 0.3，則不具鑑別度而予以刪除。

難度：採高分組及低分組通過率之平均值，數值高於 0.8 太簡單，低於 0.2 則太難，難度不適合的題目刪除。在預試中有兩題記憶題太簡單(難度為 0.83)，但此兩格答案對後面的題目有提示的作用，因此予以保留。

信度分析：刪除不具鑑別度與難度不適當的問題後，保留 25 題。將上述 25 題做信度分析，得到內部一致性信度 Cronbach's α 值達 0.920，顯示具有良好的信度。

3-3-3 教材設計

本研究主要欲了解在激發生動態呈現的教學方式中，是否能達到較好的學習成效。實驗組與控制組的教材內容相同，遵循多媒體設計原則、認知負荷理論設計教材，唯在教材的呈現方式中有所差異。實驗組的教材訊息以滑鼠點擊觸發，一方面滑鼠本身的移動即對視覺具有引導作用，另一方面在滑鼠按下，新物件突然出現的刺激下，能引發注意，且避免大量訊息一次出現所造成的認知負荷。而控制組則以靜態畫面呈現，但仍需以滑鼠做為指標說明，因為大量的訊息一次出現，預期將造成較大的認知負荷，影響教學成效。

為驗證激發式動態呈現在教學成效上的效果，研究者以一排列組合問題為教材研究內容，選擇此主題為實驗教材之原因可歸納為下列兩點：

1. 先備知識單純：學生只需有加法、乘法原理概念即可，研究結果較不易受學生先備知識的影響而造成差異。
2. 教材設計減少認知負荷：排列組合問題原是高中教材範疇，對國中一年級學而言將造成較高的內在認知負荷，但因為適當的教材設計可以降低外在認知負荷，使其更專注於所要習得的知識內容上，因此，我們預期無論是實驗組與控制組的學生，在教學實驗後都能進步。

本實驗探討的問題如下：「在平面中有 n 條鉛垂直線與 m 條水平直線，這些直線能組成幾個長方形呢？」以下分別將此問題中包含的概念層次、

教材投影片的設計修正歷程與教學講述內容敘述如下。

教學目標層次分析

此教材設計配合各階段的教學目標，欲由最簡單的觀察、計數問題引入，再逐漸引導至選取、組合的概念，最後歸納結論，以下為各階段教學目標與搭配的教學投影片。

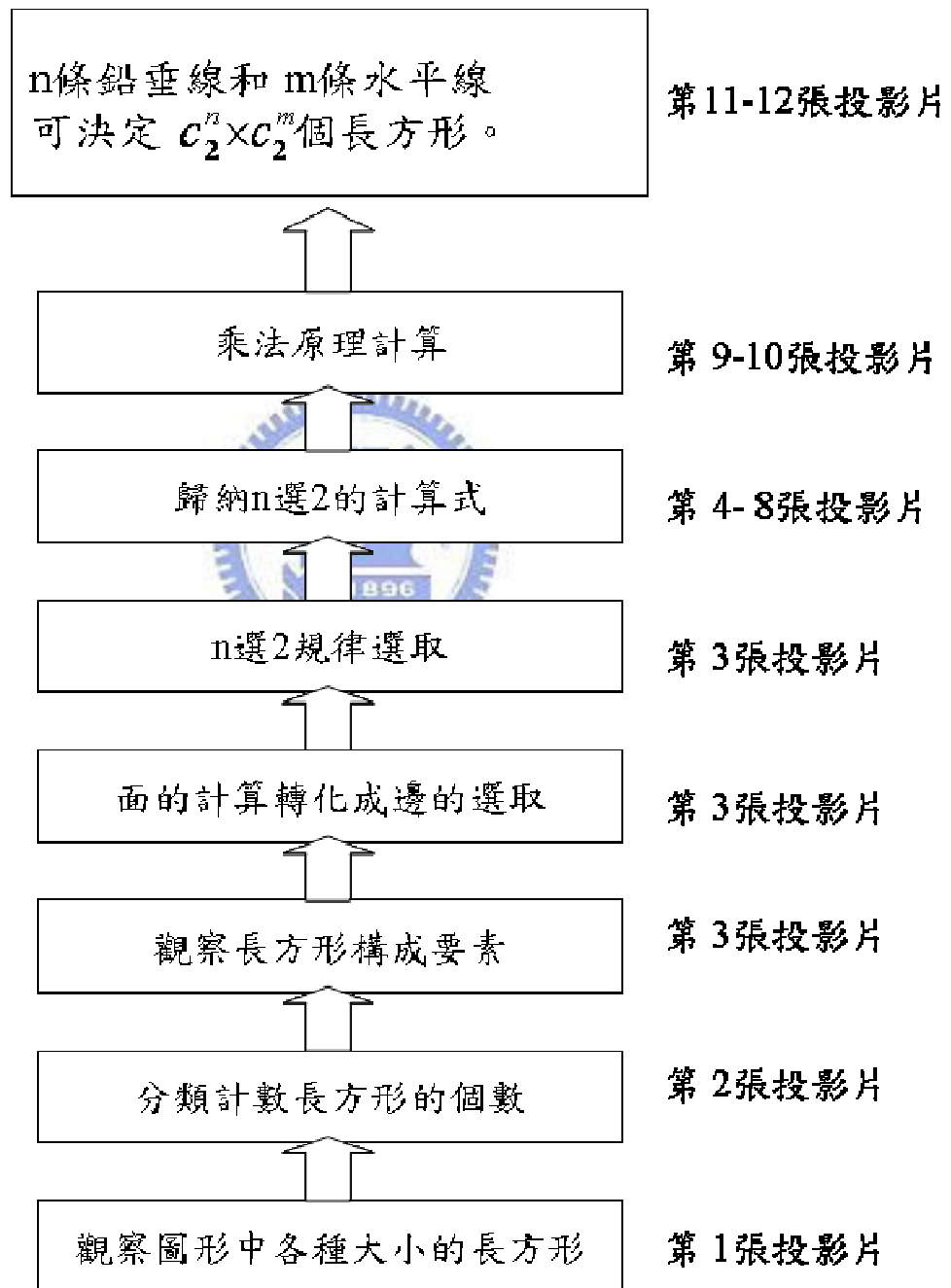
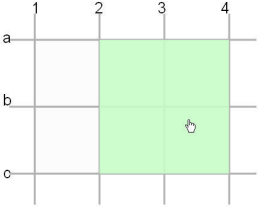
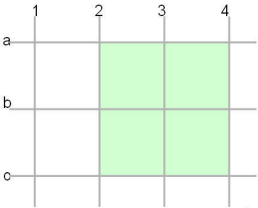



圖 3-6 各階段教學目標圖

表 3 - 4 教材製作與教學講述說明

各版本教學投影片	教材製作與修正
<p>【第 1 張】</p> <p>【實驗版】</p> <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>1</p> <p>☰ / ☷ / ☱ / ☲</p>	<p>【第 1 張】</p> <p>【實驗版】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 每一個最小單位長方形設置個別開關，若要顯示其他單位的長方形需分別按出顯示。 2. 線條在下層，圖形在上層，使圖形不受線條的干擾。 3. 根據「連續原則」，若直線在上，圖形在下，我們會傾向看成 3 條水平線、3 條鉛垂線與 4 個長方形(如左下圖所示)
<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>1</p> <p>☰ / ☷ / ☱ / ☲</p>	

【教學講述過程說明】

1. 第 1 張投影片主要的作用為問題的引發與探討。
2. 說明問題與澄清迷思概念，學生在此問題中一開始的答案幾乎都是 6 個，在實驗組中最小單位的 6 個長方形中都製作關開的按鈕，以便於說明其他長方形。而控制組則以滑鼠指標說明。
3. 正方形為長方形的一種。在國一學生的認知中，以為長方形的長與寬一定不相等，在講解的過程中再將長方形的定義說明清楚，只要是四個角都為直角的四邊形即可說是長方形，因此正方形也算是長方形的一種。
4. 待學生都了解問題後，請同學算算看，並說明算法。此處採「自由目標效應」使學生不受限制，可以表達自己思考的過程結果。

【第 2 張】

【實驗版】

分類數出長方形的個數 2

? 個 ? 個 ? 個

? 個 ? 個 ? 個

計算結果：
✎ / ✎ ✎

【第 2 張】

【實驗版】

1. 利用圖層關係製作按鈕，使圖形在重疊的情況下，仍可各別操作點選。
2. 每一種長方形的個數與最後的結果製作關-開按鈕，做為答案的驗證。

【教學講述過程說明】

1. 以國一程度學生而言，對此問題將會直覺地以分類計算的方法數出，但又往往未能考慮所有可能情況，在此張投影片中，以規則的方式分類數出長方形的個數。
2. 在實驗組中，先各別按出 6 種情況後，再將每種長方形一點選數出，最後得到加總結果。控制組則以靜態圖片分別說明。

【第 3 張】

【實驗版】

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

【第 3 張】

【實驗版】

1. 此張投影片無做任何動態呈現效果，只是單純的引發一個較複雜的問題，未做講解說明。

【教學講述過程說明】

1. 提高問題的複雜度，請學生試著算算看。
2. 此時學生發現無法以分類的方式計算，數量太大，實驗組與控制組都無人回答出正確答案。
3. 引導思考的方向由面的計數轉向線的選取。

【第 3 張】

【第一版】

計算長方形的個數

一個長方形由
2條水平線
2條鉛垂線決定

3條鉛垂線任選2條
可決定一個長方形

4條鉛垂線任選2條
可決定一個長方形

4選2，
有幾種選法？

4

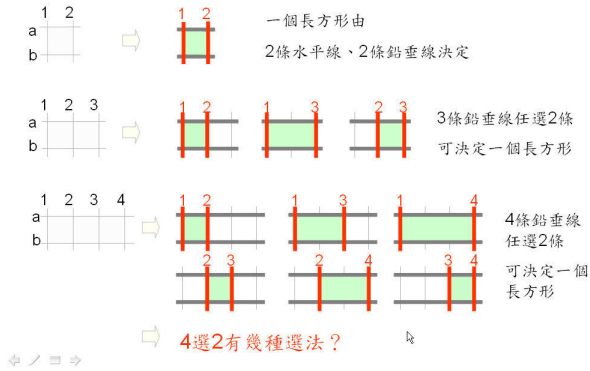
【第 3 張】

【第一版】

1. 各圖形線條與各單元長方形做關閉按鈕，實驗組以滑鼠點出配合說明。考量說明後的圖象訊息隨即消失，無保留過程將可能造成認知負荷，且缺乏對比、比較的效果。

【第二版】

計算長方形的個數

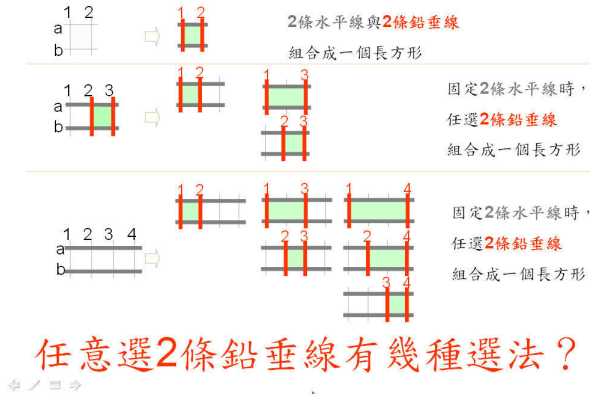


【第二版】

- 保留原圖形中的操作過程。保留圖形的出現按鈕設在箭號上方，在預試教學中發現，如此的設計使得操作中視線需跟著滑鼠左右移動，如此將造成視覺上的負擔與疲累。根據「**分散注意力效應**」，若相關訊息在畫面上的位置太遠，或出現的時間不一致，增加學習者搜尋和對照的負荷。

【實驗版】

計算長方形的個數



【實驗版】：

- 除了原圖形保留各直線與單位面的關閉操作外，保留圖形的按鈕含蓋整個區域，使滑鼠的操作不需左右移動，增加視覺負荷。
- 另外，保留圖形的出現方式以對比、對稱的形式排列，並與後面的投影片說明排列方式一致，結構化的圖形安排將更易於統整，減少認知負荷。

【教學講述過程說明】

- 將問題化至最簡，兩條水平線與兩條垂線可構成一個長方形。
- 固定兩條水平線的情形下，只需考慮再選取兩條鉛垂線即可構成一個長方形，使每個長方形的決定由面的問題轉向線的選取。
- 在兩條水平線固定的情況下，欲決定一個長方形只需再選取2條鉛垂線，那麼，選2的問題該如何計算呢？

【第 5 張】

【第一版】



【第 5 張】

【第一版】

1. 為引起動機，將 3 選 2 的問題以生活化的問題說明之，且在畫面中以黑板情境，可愛動物呈現，也將更能引起學生的學習興趣。
2. 第一版以樹狀圖說明，但對於重覆狀況，圖像上的搜尋缺乏結構性，將造成視覺與認知上的負荷。
3. 重覆的情形圈選後即消失，再出現下一組重覆的組合，如此的設計安排，一方面，新舊訊息間無法互相比對，歸納結論，另一方面，若將所有訊息都予以保留，又使得畫面的呈現複雜混亂。

【第二版】



【第二版】

1. 以表格的方式呈現，增強對比、結構性，也簡化了圖像搜尋的視覺負荷。
2. 對於重覆的情況以相同顏色的勾勾顯示，根據「相似法則」，顏色相同的物件會被視為一體，增強相關性的說明；「連續法則」，利用平滑直線連接物件，使較遠的相關訊息得以輕鬆對照。

【實驗版】

動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁵

		✓	✓
	✓		✓
	✓	✓	

值日生

說明： 每一位同學可和另外2位搭配→ $3 \times 2 = 6$
相同的搭配重覆算2次 → $6 \div 2 = 3$



【實驗版】

1. 為強調除以2的觀念，以透明遮罩蓋住一半重覆的訊息。建立概念的同時，仍保留原來想法之情況，使結果便於與原訊息做對照。

【教學講述過程說明】

1. 以生活化的例子說明3選2的計算式。根據「變化例子效應」，變換問題的情境雖然造成更大的認知負荷，但有助於基模的建立，使學習產生遷移，而這時產生的負荷即是有效認知負荷。
2. 說明計算方式：每一個人可以和另外2個人搭配，因此搭配方式有 $3 \times 2 = 6$ 種。但每一種搭配方式重覆，所以應將 $6 \div 2 = 3$

【第6張】

【第一版】

動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁵

		✓	✓	✓
	✓		✓	✓
	✓	✓		✓
	✓	✓	✓	

值日生

說明： 每一位同學可和另外2位搭配→ $4 \times 3 = 12$
相同的搭配重覆算2次



【第6張】

【第一版】

1. 按鈕設計與上一張相同，可以搭配的方式每一個勾勾設一個按鈕，相同的搭配方式也有相同顏色的連接線與勾勾。

第二版

動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？

		✓	✓	✓
	✓		✓	✓
	✓	✓		✓
	✓	✓	✓	

說明： 每一位同學可和另外3位搭配 → $4 \times 3 = 12$
相同的搭配重覆算2次 → $12 \div 2 = 6$

第二版：

1. 因為這張投影片的問題與上一張相同，講述過程應可再簡化，因此將每一個動物可配對的三種情況，三個勾勾一次顯示，最後重覆的地方再以半遮罩的方式處理，減少不避要的按鈕操作，也使得結論的統整更清楚易懂。
2. 在此多餘的訊息操作與刺激將可能造成「多餘效應」效應。

【教學講述過程說明】

1. 增加題目的複雜度，也對於相同的概念再做一次複習與統整。
2. 若要從4人選2人出來，每一個可以和另外3個搭配，有4個人，因此共有 $4 \times 3 = 12$ 種，但因為每一種搭配方式都會重覆一次，所以應有 $12 \div 2 = 6$ 種搭配法。

【第7張】

【第一版】

4條鉛垂線選2條有幾種選法(可決定幾個長方形)?

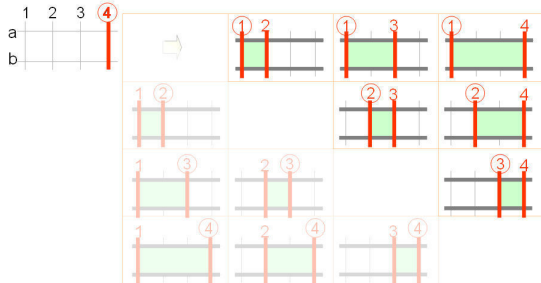
說明：

【第一版】

1. 說明的主要直線為紅色，搭配的直線為粉紅色做為區別，根據「相似原則」，同色系可被視為相關訊息。

【實驗版】

4條鉛垂線選2條有幾種選法(可組成幾個長方形)?



說明：每一條線可以和另外3條搭配 → $4 \times 3 = 12$
相同的搭配重覆算2次 → $12 \div 2 = 6$



【第二版】

1. 說明的主要直線數字圈選，訊息較清楚明瞭。以「封閉原則」突顯訊息。
2. 訊息的呈現發方式以表格結構化、對比性排列，且排列的方式與上一張投影片相同，更加強化關聯性。

【教學講述過程說明】

1. 為強化上一張投影片與原問題之間的關聯性，本張投影片在內容、畫面安排、與文字說明上都與上一張投影片雷同。

【第 8 張】

【第一版】

n 選2有幾種選法？有幾個長方形？

固定2條水平線		長方形個數	固定2條鉛垂線	
鉛垂線數目	圖形		圖形	水平線數目
2		$2 \times 1 \div 2 = 1$		2
3		$3 \times 2 \div 2 = 3$		3
4		$4 \times 3 \div 2 = 6$		4
n		$n(n-1) \div 2$ 每一條直線可和另外 $n-1$ 條直線搭配		n



【第 8 張】

【第一版】

1. 左半部表格圖形為固定2條水平線，右邊的表格為固定2條鉛垂線，中間以算式對照。 n 選2的一般式以文字說明總結。

【第二版】

計算下列圖形含有幾個長方形？ 8

	圖形	長方形個數	算式
2選2			$2 \times (2-1) \div 2 = 1$
3選2			$3 \times (3-1) \div 2 = 3$
4選2			
10選2			

【第二版】

1. 考慮在第一版的設計中，固定 2 條鉛垂線的情況為重覆且多餘的訊息，因此不多做說明。
2. 保留圖形的說明結果，以使得算式的結果與圖形能夠相互對照，應證結果。
3. 算式以按鈕關閉呈現，增加教學中的互動性。

【教學講述過程說明】

1. 藉由表格整理「n 選 2」的計算式，原來的圖形中鉛垂線設置隱藏按鈕，教學中可彈性控制，使圖形與算式之的關係更清楚可見。
2. 算式列出並得到答案後，與圖形的排列組合結果做應證。

【第 9 張】

【第一版】

3條鉛垂線任選2條可決定一個長方形 $\Rightarrow 3 \times 2 \div 2 = 3$ 7

3個 3個 3個

4條鉛垂線任選2條可決定一個長方形 $\Rightarrow 4 \times 3 \div 2 = 6$

6個 6個 6個

【第 9 張】

【第一版】

1. 每二條水平線都可與 3 條鉛垂線組合出 3 個長方形。3 條水平線選 2 條的方法有 3 種，因此可以決定 $3 \times 3 = 9$ 個長方形。
2. 在此張投影片的設計中，未將所有組合的結果圖形列出顯示，對於程度中、低成就學生將造成認知負荷。

【第二版】

固定3條鉛垂線時，有幾個長方形？

? 個

3 個 + 3 個 + 3 個 = $3 \times 3 = 9$

? 個 ? 個 ? 個 ? 個 ? 個 ? 個

【第二版】

- 保留前投影片的圖形以對照說明，希望將前面所得到的概念做為先備知識的提醒，進而延伸、轉化問題，但因為此張投影片的設計與前面幾張投影片圖形呈現方式不同，將可能造成極大的認知負荷。研究者在預試教學中也發現此種安排的確使學生產生混淆與不解，因此，針對此問題再修正為第三版的形式。

【第三版】

各有幾個長方形？

? 個

? 個

算式說明： $3 \times 3 = 9$

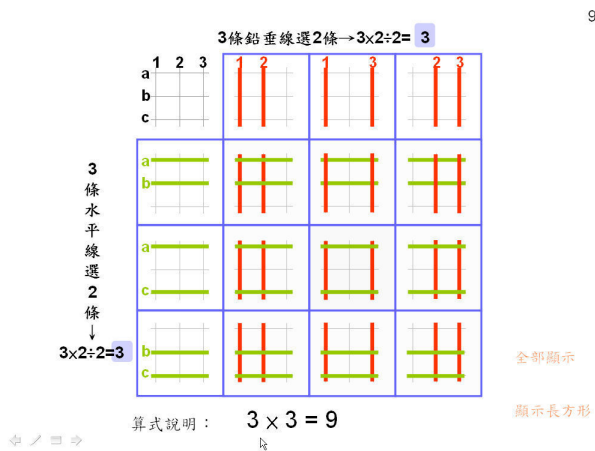
3條水平線選2條有幾種選法？

3條鉛垂線選2條有幾種選法？

【第三版】

- 所有組合圖形一一列出，使學生可清楚看出每兩條水平線與鉛垂線所組合的長方形。
- 在此，對於口述講解的部分說明如下：每固定2條水平線都可與另外3條鉛垂線構成3個長方形，算式的文字說明雖清楚顯示，但在概念的講解說明上，依然不夠簡單明瞭。

【實驗版】



【實驗版】

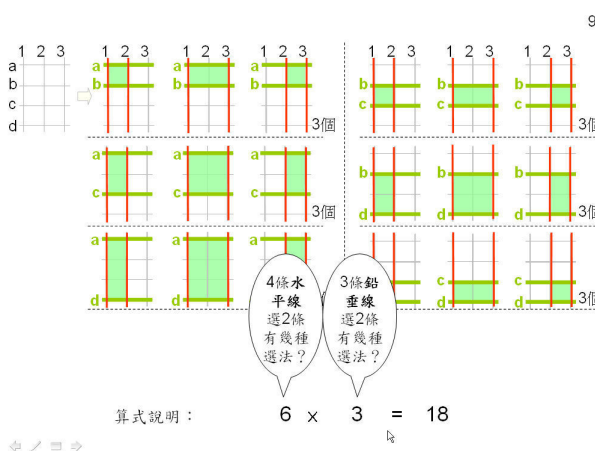
1. 利用表格的呈現，二條水平線與二條鉛垂線決定一個長方形的各種組合可清楚呈現。
2. 在每一個長方形上設置按鈕，使物件可以個別點擊出現，為增加實際教學操作講解上的互動性與彈性，另於畫面的右下角設置一個全開關按鈕，所有訊息可一次全部出現，如此也可避免多餘的無意義操作與過度的刺激。
3. 以表格的結構化方式安排畫面，配合口述講解將使乘法原理的計算更淺顯易懂。

【教學講述過程說明】

1. 2條鉛垂線與2條水平線可組合一個長方形，利用乘法原理，長方形的個數為「鉛垂線選2條的組合數」×「水平線選2條的組合數」。
2. 以「工作範例效應」，引導解決問題的整個思考與計算過程。

【第10張】

【第一版】



【第10張】

【第一版】

1. 所有組合圖形一一列出，使學生可清楚看出每兩條水平線與鉛垂線所組合的長方形。
2. 對於口述講解的部分說明如下：每固定2條水平線都可與另外3條鉛垂線構成3個長方形，算式的文字說明雖清楚顯示，但在概念的講解說明上，依然不夠簡單明瞭。

【實驗版】

10

4條鉛垂線選2條→ $4 \times 3 \div 2 = 6$

3條水平線選2條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$

算式說明：

全部顯示
顯示長方形

10

4條鉛垂線選2條→ $4 \times 3 \div 2 = 6$

3條水平線選2條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$

算式說明：

全部顯示
顯示長方形

【實驗版】

1. 為配合投影片的長寬比例配置，將題目改為 4 條鉛垂線與 3 條水平線，使所有長方形的顯示具結構性的安排，易於對照說明。
2. 按鈕的操作可配合「問題完成效應」，教學者可依學生反應與理解程度先提示部分解題步驟，由學生回答後續解決問題的方法。

【教學講述過程說明】

1. 加深問題的複雜度，也給予範例說明。
2. 回到第一張投影片中曾提出的問題：4 條鉛垂線與 3 條水平線可組成幾個長方形呢？由於一個長方形是由 2 條水平線與 2 條鉛垂線所組成，而在 4 條鉛垂線中選出 2 條的方法有 $4 \times 3 \div 2 = 6$ 種，（此時以滑鼠按出 6 種組合的情況）；而 3 條水平線選 2 條的方法有 $3 \times 2 \div 2 = 3$ 種（以滑鼠按出 3 種組合的情況），因此我們可以知道共可組合成 $6 \times 3 = 18$ 個長方形（此時可個別按出每一個組合的長方形或一次全部顯示，教學者可彈性控制）。

第 11 張

【實驗版】

4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

11

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。

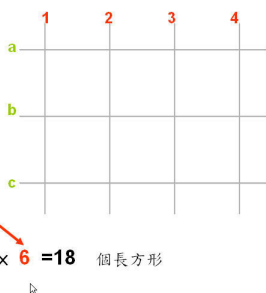
- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？

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

- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？

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

④ 共有 $3 \times 6 = 18$ 個長方形



☰ / ☱ ☲ ☳

第 11 張

【實驗版】

1. 實驗組的教材呈現方式，採以文導圖，滑鼠按下左邊的文字敘述，相關的圖形即隨之呈現以為對照。
2. 重點文字，「4選2」，「3選2」以底色強調(此為**封閉原則**)，算式的結論與計算過程的對應，一方面以「外框式指標」作為引導(此為**封閉原則**)，另一方面以連接線指出對應的算式(**連續原則**)。
3. 紅色的數字、連接線與方框，與綠色的文字、連接線與方框都是應用「**相似原則**」，強化相關訊息。

【教學講述過程說明】

1. 此為第一張投影片之問題，將前面所學的主要概念與解決方法做一歸納整理。
2. 按下「2條水平線」文字，圖形顯示第1、2條鉛垂線，按下「2條鉛垂線」文字，顯示a、b兩條水平線，按下「長方形」則出現由1、2條鉛垂線與a、b鉛垂線圍成的長方形。
3. 按下「4條鉛垂線選2條」文字，分別出現6種搭配方式，按下「3條水平線選2條」文字，分別出現3種搭配方式，「幾種選法」出現列式。
4. 按下「共有」，出現 $3 \times 6 = 18$ 的算式，再按下「3」出現紅色連接線與方框，按下「6」，則出現黃色連接線與方框。

【第 12 張】

【實驗版】

6條鉛垂線，與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

12

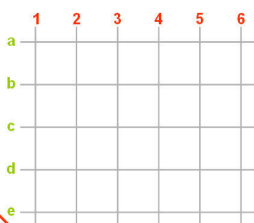
① 6條鉛垂線選2條

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

② 5條水平線選2條

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

③ 共有 $10 \times 15 = 150$ 個長方形



【第 12 張】

【實驗版】

1. 此張投影片的設計與上一張雷同，以黃色底色突顯重要文字，以封閉原則的外框與連接原則的平滑直線強化相關訊息。
2. 對於一些次要訊息文字與動畫不需再重覆強調，僅需再複習強化解決問題的式子運算。

1. 此張投影片的問題與第三張相同，在未進行此問題的教學探討前，因問題複雜度高，學生無法以計數的方式得到答案。
2. 在習得相關概念後，此時再提出相同問題時，學生可快速計算出答案。

3-4 資料分析方法

本研究採用 SPSS 12.0 統計軟體作為資料分析工具，使用的統計分析包括獨立樣本 t 檢定、二因子變異數分析、Pearson 相關分析，分別敘述如下：

獨立樣本 T 檢定：對於實驗組與控制組學生的段考平均做獨立樣本 T 檢定，藉以了解兩組學生的程度與素質是否有顯著差異。另外，前測、後測成績(記憶、轉化測驗)與認知負荷量都採獨立樣本 T 檢定分析實驗組與控制組成績的差異性。

二因子變異數分析：用於檢驗教材呈現方式與學業成就對學習成效(記憶、轉化測驗)與認知負荷的影響。

Pearson 相關分析：分析認知負荷與記憶測驗、轉化測驗的相關性。

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 達 0.01 時以** 表示；顯著水準 p-value 達 0.05 時以* 表示，虛無假說的顯著水準 α 設定為 0.05。本研究之資料分析架構如下圖：

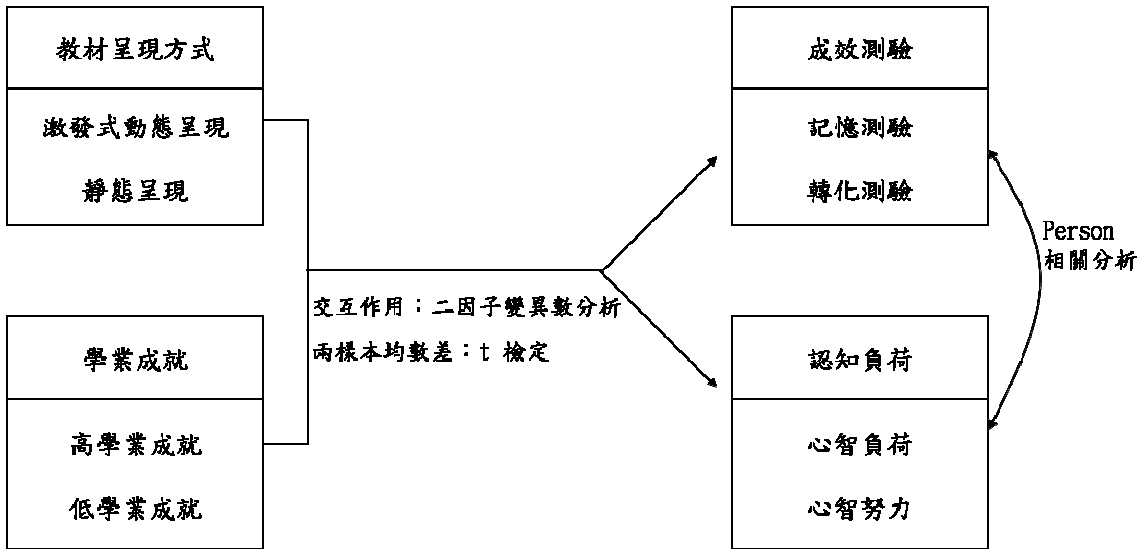


圖 3 - 7 研究資料分析架構圖



四、研究結果與討論

在此章節中分別就以下幾點做說明分析：第一節為受測樣本的敘述統計資料；第二節為研究假設的檢定；第三節為結果摘要。

4-1 受測樣本的敘述統計資料

4-1-1 實驗組與控制組實驗相關敘述統計

下表為本研究參與實驗班級的前測成績、後測成績(包含記憶、轉化測驗)，以及認知負荷量各項目的平均數與標準差：

表 4-1 實驗組與控制組實驗相關敘述統計資料摘要總表

	班別	個數	平均數	標準差
前測	實驗組	37	.14	.347
	控制組	38	.11	.311
記憶測驗	實驗組	37	6.73	3.739
	控制組	38	4.68	4.521
轉化測驗	實驗組	37	7.86	3.794
	控制組	38	4.97	4.517
認知負荷量	實驗組	37	5.51	2.523
	控制組	38	6.89	3.540

由上表可得知，兩組的前測成績平均數接近，在記憶與轉化測驗的平均分數上，以實驗組得分較高，實驗組在認知負荷量的平均分數較低，顯示有較小的認知負荷。且實驗組的記憶、轉化與認知負荷量的標準差均較小。

4-1-2 學業成就分組下實驗組與控制組的相關敘述

統計

依學業成就分數將分為高、低兩組，學業成就為依據下學期第一、二次段考的數學平均成績區分，前 50% 為高學習成就，後 50% 為低學習成就。以下分別列出高、低學業成就學生在前測、記憶測驗、轉化測驗、與認知負荷量的相關敘述統計數據：

表 4-2 高學業成就分組下實驗組、控制組相關敘述統計資料摘要總表

	班別	個數	平均數	標準差
前測	實驗組	19	.26	.452
	控制組	19	.11	.315
記憶測驗	實驗組	19	8.05	2.483
	控制組	19	7.63	4.179
轉化測驗	實驗組	19	9.84	1.772
	控制組	19	7.58	4.194
認知負荷量	實驗組	19	4.89	2.664
	控制組	19	5.63	3.131

表 4-3 低學業成就分組下實驗組、控制組相關敘述統計資料摘要總表

	班別	個數	平均數	標準差
前測	實驗組	18	.00	.000
	控制組	19	.11	.315
記憶測驗	實驗組	18	5.33	4.366
	控制組	19	1.74	2.491
轉化測驗	實驗組	18	5.78	4.264
	控制組	19	2.37	3.166
認知負荷量	實驗組	18	6.17	2.256
	控制組	19	8.16	3.548

在不同學業成就中實驗組與控制組的相關敘述統計資料摘要中可看出，實驗組在高、低學業成就分組的記憶、轉化測驗都有較高的平均分數，認知負荷量也較小。而高學業成就組中，實驗組的記憶、轉化與負荷量的標準差較小，低學業成就組中，控制組的記憶與轉化測驗的標準差較小。

4-2 研究假設的檢驗

4-2-1 激發式動態呈現對不同學業成就學生在記憶測驗的影響

假設一：教材呈現方式與學業成就對記憶測驗有顯著交互效果。

考驗假設一的虛無假設 H_01 ，敘述如下

H_01 ：教材呈現方式與學業成就對記憶測驗無顯著交互效果。

【統計分析】

除教材呈現方式對記憶測驗可能造成影響外，對於不同學業成就學生在記憶測驗的得分也會有不同的影響。因此，影響記憶測驗的自變項中，除了教材呈現方式的不同(激發式動態呈現與靜態呈現)，還有學業成就(高、低學業成就)。以下為二因子變異數分析資料：

表 4-4 二因子變異數分析資料 (記憶測驗)

因子		學業成就		合計人數
		高	低	
呈現方式	實驗組	實—高 (19人)	實—低 (18人)	(37人)
		<u>8.05</u>	<u>5.33</u>	<u>6.69</u>
	控制組	控—高 (19人)	控—低 (19人)	(38人)
		<u>7.63</u>	<u>1.74</u>	<u>4.69</u>
合計	人數	(38人)	(37人)	(75人)
	平均數	<u>7.84</u>	<u>3.54</u>	<u>5.69</u>

註：底線的數字為記憶測驗平均數

下表為二因子變異數分析摘要表，我們可以看到呈現方式與學業成就兩個主要效果與其交互效果：

表 4-5 二因子變異數分析摘要表 (教材呈現方式與學業成就對記憶測驗)

變異來源	SS	DF	MS	F	P
組間					
呈現方式	75.618	1	75.618	6.235	.015*
學業成就	347.629	1	347.629	28.665	.000**
呈現方式* 學業成就	47.240	1	47.240	3.895	.052
組內 (誤差)	861.053	71	12.128		
全體	3769.000	75			

以下為教材呈現方式與學業成就對記憶測驗成就影響之交互作用圖：

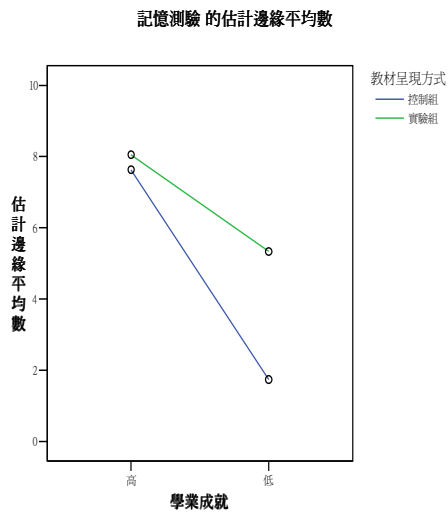


圖 4-1 以教材呈現方式為個別線

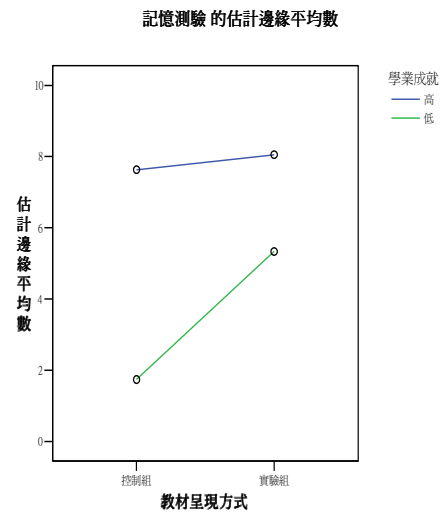


圖 4-2 以學業成就為個別線

由上述報表可以得知：學業成就與教材呈方式的交互作用之 p 值 $>.05$ ($F=3.895$, $p=.052$)，未達統計上的顯著水準。在二因子變異數分析中，若當交互作用未顯著時，進行學業成就與教材呈現方式兩個因子的主要效果考驗。

在主要效果考驗中，我們由上表可得知教材呈現方式的 p 值 $<.05$ ，($F=6.235$, $P=.015^*$)，顯示不同的教材呈現方式對記憶測驗分數有顯著的影響；學業成就的 p 值 $<.05$ ($F=28.665$, $P=.000^{**}$)，顯示不同學業成就學生在記憶測驗分數上有顯著的差異。

根據上述統計資料分析結果顯示，無論在高學業成就或低學業成就組中，激發式動態呈現的方式都較靜態呈現方得到較佳的記憶測驗分數。雖然教材呈現方式與學業成就二因子無顯著交互作用存在，但由折線圖中我們可以看到以教材呈現方式為個別線時，實驗組與對照組的高成就學生的記憶測驗分數接近，低成就學生則有較大的差距。顯示教材呈現方式對低學業成就學生的影響較大。

4-2-2 激發式動態呈現對不同學業成就學生在轉化測驗的影響

假設二：教材呈現方式與學業成就對轉化測驗有顯著交互作用

考驗假設二的虛無假設 H_02 ，敘述如下

H_02 ：教材呈現方式與學業成就對轉化測驗沒有顯著交互作用。

【統計分析】

考慮學習者數學基礎知識可能會影響實驗結果，不同學業成就在學習成效上會有所差異，因此研究者以二因子變異數分析探討教材呈現方式與學業成就對轉化測驗的影響，與兩因子之是否存在交互作用。以下為二因子變異數分析資料：

表 4-6 二因子變異數分析資料（轉化測驗）

因子		學業成就		合計人數
		高	低	
呈現方式	實驗組	實－高（19人）	實－低（18人）	（37人）
		<u>9.84</u>	<u>5.78</u>	<u>7.86</u>
	控制組	控－高（19人）	控－低（19人）	（38人）
		<u>7.58</u>	<u>2.37</u>	<u>4.97</u>
合計	人數	（38人）	（37人）	（75人）
	平均數	<u>8.71</u>	<u>4.03</u>	<u>6.40</u>

註：底線的數字為轉化測驗平均數

下表為二因子變異數分析摘要表，我們可以看到呈現方式與學業成就兩個主要效果與其交互效果：

表 4-7 二因子變異數分析摘要表 (教材呈現分式與學業成就對轉化測驗)

變異來源	SS	DF	MS	F	P
組間					
呈現方式	150.749	1	150.749	12.407	.001**
學業成就	403.011	1	403.011	33.168	.000**
呈現方式* 學業成就	6.155	1	6.155	.507	.479
組內 (誤差)	862.690	71	12.151		
全體	4502.000	75			

以下為教材呈現方式與學業成就對轉化測驗影響之交互作用圖：

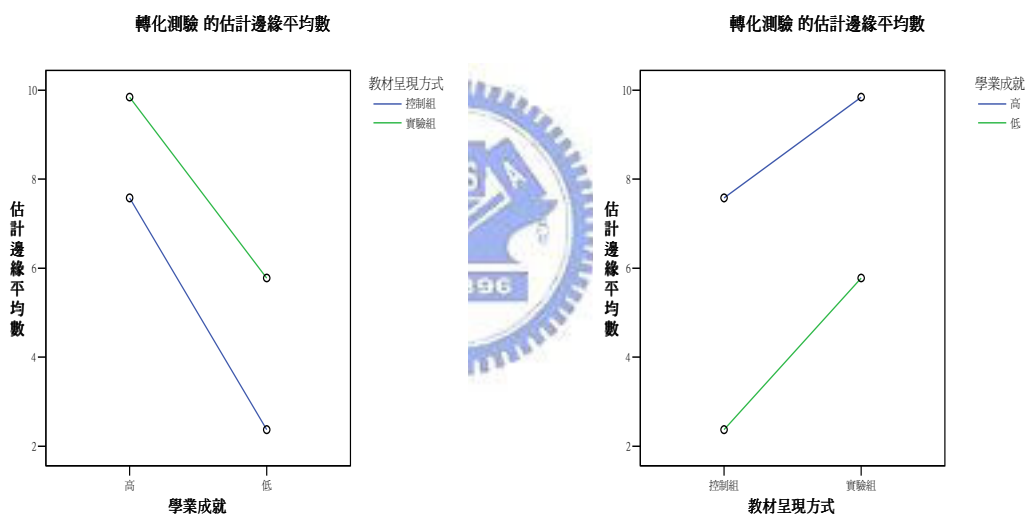


圖 4-3 教材呈現方式為個別線

圖 4-4 以學業成就為個別線

由上述報表可以得知，學業成就與教材呈方式交互作用之 p 值 $>.05$ ($F=.507$, $p=.479$)，未達統計上的顯著水準。在二因子變異數分析中，若當交互作用未顯著時，進行學業成就與教材呈現方式兩個因子的主要效果考驗。

在主要效果考驗中，我們由上表可得知教材呈現方式的 p 值 $<.05$ ，($F=12.407$, $P=.001^{**}$)，顯示不同的教材呈現方式對轉化測驗分數有顯著的影響；學業成就的 p 值 $<.05$ ($F=33.168$, $P=.000^{**}$)，顯示不同學業成就學生在轉化測驗分數上有顯著的差異。

由折線圖可看出，以班別為個別線時，激發式動態呈現的教學法，對於高、低學業成就學生在轉化測驗都有較好的表現。而以學業成就為個別線時，顯示高學業成就學生在實驗組或控制組都有較好的表現。

在此分析資料中我們發現折線圖幾乎是呈現平行的狀況，顯示學業成就與轉化測驗無顯著交互作用存在，探究原因，可能因為本研究實驗教材並非原課程進度內容，所需先備知識與段考範圍內容無直接相關，教材呈現方式的差異對轉化測驗分數有顯著影響，激發式動態呈現確實能達到較佳的學習成效，配合教師的講解與滑鼠指標點擊出現的訊息可引發注意力，當學習者的注意力被激發時，講解說明的內容才能進入運作記憶區，進行理解、組織。

4-2-3 激發式動態呈現對不同學業成就學生在認知負荷的影響

假設三：教材呈現方式與學業成就對認知負荷有顯著交互作用。

考驗假設三的虛無假設 H_03 ，敘述如下

H_03 ：教材呈現方式與學業成就對認知負荷沒有顯著交互作用。

【統計分析】

對於不同的教材呈現方式可能造成不同的認知負荷量，而不同學業成就學生對於數學知識的學習過程中所感受到的認知負荷也可能有所差異，以下分別列出教材呈方式與學業成就兩個因子的變異數分析資料：

表 4-8 二因子變異數分析資料 (認知負荷)

因子		學業成就		合計人數
		高	低	
呈現方式	實驗組	實－高 (19人)	實－低 (18人)	(37人)
		<u>4.89</u>	<u>6.17</u>	<u>5.51</u>
	控制組	控－高 (19人)	控－低 (19人)	(38人)
		<u>5.63</u>	<u>8.61</u>	<u>6.89</u>
合計	人數	(38人)	(37人)	(75人)
	平均數	<u>5.26</u>	<u>7.19</u>	<u>6.21</u>

註：底線的數字為記憶測驗平均數

下表為二因子變異數分析摘要表，我們可以看到呈現方式與學業成就兩個主要效果與其交互效果：

表 4-9 二因子變異數分析摘要表 (教材呈現分式與學業成就對認知負荷)

變異來源	SS	DF	MS	F	P
組間					
呈現方式	34.867	1	34.867	4.011	.049*
學業成就	67.588	1	67.588	7.775	.007**
呈現方式* 學業成就	7.372	1	7.372	.848	.360
組內 (誤差)	617.237	71	8.693		
全體	3624.000	75			

以下為教材呈現方式與學業成就對認知負荷影響之交互作用圖：

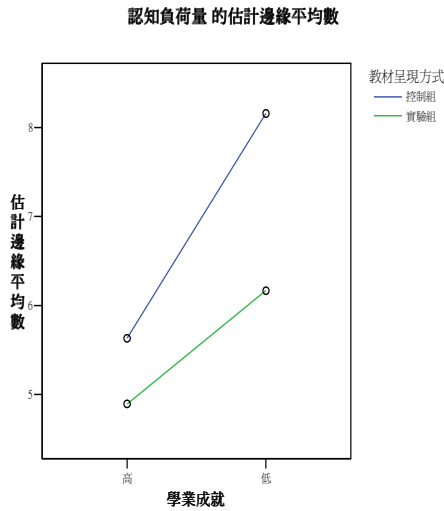


圖 4-5 以教材呈現方式為個別線

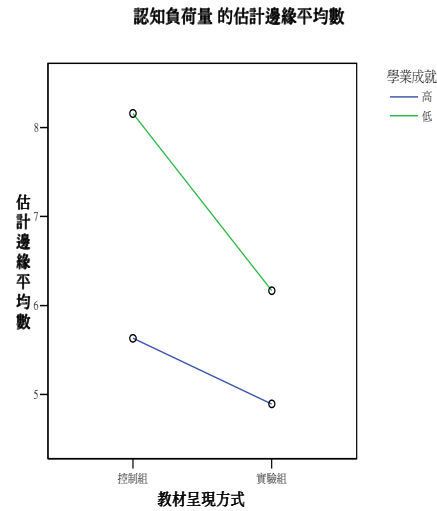


圖 4-6 以學業成就為個別線

由上述報表可以得知，學業成就與教材呈方式的交互作用之 p 值 $>.05$ ($F=.848$, $p=.360$)，未達統計上的顯著水準。在二因子變異數分析中，若當交互作用未顯著時，進行學業成就與教材呈現方式兩個因子的主要效果考驗。

在主要效果考驗中，我們由上表可得知教材呈現方式的 p 值 $<.05$ ，($F=4.011$, $P=.049^*$)，顯示不同的教材呈現方式對認知負荷有顯著的影響；學業成就的 p 值 $<.05$ ($F=7.775$, $P=.007^{**}$)，顯示不同學業成就學生的認知負荷量有顯著的差異。

根據上述統計資料分析得到以下兩點推論：

1. 在激發式動態呈現的教學中，能降低外在認知負荷，因靜態呈現模式在每一張投影片中一次顯示所有訊息，僅以滑鼠指標配合講述說明，此時其他尚未說明的訊息已呈現在畫面中，如此滑鼠指標的作用將因為其他無關訊息的干擾而降低，在注意力分散的情況下將增加認知負荷感。
2. 另外，分析結果顯示：高學習成就者的認知負荷低，低學業成就者的認知負荷較高，此結果符合 Sweller 提到的先備經驗為影響認知

負荷的因素，相同的教材特性隨接收者的先備經驗而造成差異，高學習成就者提取長期記憶中的基模解決問題，而低學業成就者則因缺乏此基模，必需將所有的訊息置於工作記憶區中處理，而增加認知負荷。

4-2-4 記憶測驗與認知負荷量的相關性

假設四：認知負荷量與記憶測驗之間有顯著相關。。

考驗假設四的虛無假設 H_04 ，敘述如下

H_04 ：認知負荷量與記憶測驗之間沒有顯著相關。

【統計分析】

本研究欲了解教學實驗所測得的記憶測驗分數是否與認知負荷具有相關性，以 Pearson 相關係數檢定記憶測驗與認知負荷量的相關性，所得資如下表所示：

表 4-10 認知負荷量與記憶測驗的相關分析資料

		認知負荷量
	Pearson 相關	-.428
	P	.000**
學習成就	又積平方和	-422.093
	共變異數	-5.704
	個數	75

由上述的報表可知，從 pearson's 可知兩變項之間的相關性達 $-.428(p=.000^{**})$ ，達顯著水準，表示記憶測驗與認知負荷量具有顯著的負相關。

4-2-5 轉化測驗與認知負荷量的相關性

假設五：認知負荷量與轉化測驗之間有顯著相關。

考驗假設五的虛無假設 H_05 ，敘述如下

H_05 ：認知負荷量與轉化測驗之間沒有顯著相關。

【統計分析】

本研究欲了解教學實驗所測得的轉化測驗分數是否與認知負荷具有相關性，以 Pearson 相關係數檢定轉化測驗與認知負荷量的相關性，所得資如下表所示：

表 4-11 認知負荷量與轉化測驗的相關分析資料

		認知負荷量
學習成就	Pearson 相關	-.437
	P	.000**
	叉積平方和	-446.400
	共變異數	-6.032
	個數	75

由上述的報表可知，從 pearson's 可知兩變項之間的相關性達-.437 ($p=.000^{**}$)，達顯著水準，表示轉化測驗與認知負荷量具有顯著的負相關。

綜合以上結果，可得知認知負荷量與記憶、轉化測驗分數有顯著的負相關，當學習者的認知負荷較低時，能得到較佳的學習效果(無論是記憶或轉化)，反之認知負荷較高時，學習效果較差。此結果驗證了 Baddeley(1992)所提的工作記憶理論，當所有訊息一次呈現時，需用到大量的工作記憶容量，而工作記憶容量又是有限的，產生的認知負荷導致學習上的困難。

4-3 結果摘要

表 4 - 12 結果摘要表

分析重點	結果
激發式動態呈現對不同學業成就學生在記憶測驗的影響	<ol style="list-style-type: none">1. 無顯著交互效果。2. 激發式動態呈現在記憶測驗上有較佳的表現
激發式動態呈現對不同學業成就學生在轉化測驗的影響	<ol style="list-style-type: none">1. 無顯著交互效果。2. 激發式動態呈現在轉化測驗上有較佳的表現
發式動態呈現對不同學業成就學生在認知負荷的影響	<ol style="list-style-type: none">1. 無顯著交互效果。2. 激發式動態呈現可降低認知負荷。
記憶測驗與認知負荷量的相關性	顯著負相關。
轉化測驗與認知負荷量的相關性	顯著負相關。



五、結論與建議

本章共分為二節，第一節為本研究結論，第二節乃依據研究的結論提出建議。

5-1 結論

本研究主要目的欲了解在激發式動態呈現下是否能引發注意，達到較佳的學習成效並降低認知負荷。自變項為教材呈現方式，探討激發式動態呈現與靜態呈現的方式對教學成效與認知負荷的影響，教學成效分別以記憶、轉化測驗探討，認知負荷則是心智負荷與心智努力的加總得分。控制變項為教學者、教學內容與教材設計，在本研究的設計中，兩組教材的內容與畫面安排的方式是相同的，教材依多媒體設計原則與認知理論設計，並依 AMA 系統教材設計原則-以結構性、對比性的安排減低認知負荷，使兩組學生都能達到顯著的學習成效。

1. 教材呈現方式對學習成效有顯著影響，激發式動態呈現的教學方式在記憶與轉化測驗中都有較佳的表現，顯示激發式動態呈現方式能引發注意，使印象深刻，當注意力被引發後，學習者才能進一步對訊息做記憶與轉化。
2. 教材呈現方式與學業成就無顯著交互作用。在記憶與轉化測驗中發現，激發式動態呈現的教學方式，對高、低學業成就學生都得到較高的分數，顯示教材呈現方式與記憶測驗、轉化測驗皆無顯著交互作用存在。此結果與洪榮忠(2008)以激發式動態呈現-二元一次方程式的圖形單元教學為例之實驗結果不同，他發現激發式動態呈現的教學設計有助於數學學業成就較低的學生在數學上的學習，但對高學業成就學生卻無明顯差異，探究原因可能是教學單元為原課程進度，而學業成就又是以前幾次的段考成績分組，段考題目與實驗概

念相關性非常大，概念是銜接的，具有相關知識的高學業成就學生，可輕易銜接概念，教材的設計影響因素就相對的變小。在本研究中，可能因為實驗教材非原課程進度內容，而是一個排列組合的問題，因此對高、低學業成就學生而言，都可達到較佳的學習成效。

3. 激發式動態呈現能有效降低認知負荷。激發式動態呈現運用了滑鼠指標、滑鼠點擊觸發，且能彈性控制訊息的出現，淡化次要訊息，證實了教材設計與呈現方式確實可降低認知負荷。
4. 認知負荷與學習成效有顯著的負相關。認知負荷量較低者，在記憶與轉化測驗中皆可得到較高的分數，認知負荷量較高者，在記憶與轉化測驗中得到較低的分數。

5-2 建議



5-2-1 對教材設計的建議：

1. 在本研究中證實激發式動態呈現的教學成效，訊息以隱藏按鈕點擊觸發，使突然出現的訊息引發注意力，使學習者專注於訊息上，此時教師再給予口述說明。這個做法與 Mayer 在時間接近原則中提到的細部分段教材(Small Segments)類似，激發式動態呈現將訊息做有效的細部分割，卻可依教學需要彈性地群化呈現相關訊息，使學習者的運作記憶不因大量的訊息一次進入而造成認知負荷。
2. 激發式動態呈現可能造成教學者的負荷。按鈕有時是透明的、有時是在某個物件上，滑鼠指標的移動與按下按鈕都具有引導的作用，我們依教學上的需要設計按鈕位置，而教師必需記憶清楚每個按鈕的位置，適時激發注意力，才可在操作時得到預期的效果，如此將造成教學者的負荷。因此針對這個問題，建議將來可發展普及版的教材，顯示每個按鈕作用，使教學者可輕易展示欲呈現的訊息，減少教學操作的負荷。

3. 激發式動態呈現的效果，是在多媒體教學環境中運用的一種教學法，而在電腦畫面中滑鼠指標是引導學習者目光移動的關鍵，在教材設計上需特別注意按鈕位置安排，滑鼠對於上一個、下一個的按鈕位置在畫面上不宜太遠，否則學習者的目光隨著滑鼠而移動，將可能造成視覺上的負荷，使視覺上更顯疲憊。
4. 口語講述、滑鼠點擊觸發呈現視覺訊息，兩者的操作時間需適當的安排，依時間接近原則，文字與圖片要同時出現會有較好的學習效果，但若出現的訊息可以保留在畫面上，配合注意力的促發引導，在激發式動態呈現下，依然可有效連結視覺表徵與聽覺表徵。
5. 由於運作記憶的容量限制問題，教學者應考量訊息如何做有效的切割與呈現，太細部無法看到整體，甚至容易產生雜訊，我們運用激發式動態呈現突顯群化物件的關聯性，重整、組織片斷的訊息，以協助產生更高階的基模。

5-2-2 對未來研究的建議：

1. 動態式激發呈現的教學法除運用於本研究中所探討的排列組合問題有顯著成效，對於其他數學知識，或其他學科領域都可能有相當大的幫助，因此，未來可針對其他學科內容進行激發式動態呈現的效果檢驗。
2. 對於注意力是否因為激發式動態呈現而被引發的問題，未來可使用眼動儀做實際的生理測量，進一步探討視覺注意力的影響因素為何。
3. 發展標準化的認知負荷量表，使認知負荷的測量更具效度與信度。
4. 本研究以學業成就分組探討與教材呈現之間是否具有交互作用，在未來的研究中可以依學習者特質做分析，如思考風格、認知型態等。
5. 在本研究中依 Mayer 的多媒體學習理論的研究方法將學習成效分為記憶與轉化測驗，然而對於數學知識的評量應可考慮以概念分析、計算過程與問題解決三個面向作為學習成效的評估。

參考文獻

中文部分

- 中國視聽教育學會譯 (1994), Kemp, J. E., & Smellie, D. C. 著。教學媒體的企劃、製作與運用。台北：正中。
- 何榮桂 (2002)。臺灣資訊教育的現況與發展--兼論資訊科技融入教學。資訊教育, 87, 22-48。
- 吳依恂. (2006, 2006/8/31). 螢幕分身技—創造得心應手的簡報體驗. 電子時報 Retrieved 4/12, 2007, from <http://home.digitimes.com.tw/ShowNews.aspx?zCatId=326&zNotesDocId=989E8B5380A6CE81482571DA003A50B3>
- 吳盛木 (1986)。心理學。台北：三民。
- 宋曜廷 (2000)，先前知識、文章結構與多媒體呈現對文章學習的影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導學系博士論文。088NTNU0328003。
- 李素卿譯 (2003)，Eysenck, M. W., & Keane, M. T. 著。認知心理學。台北：五南。
- 林煜庭 (2008)。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(未出版)。
- 林麗娟 (2000)。電腦視覺設計：動態性因素與學生特質探討。台北縣新莊市：輔仁大學出版社。
- 邱建偉 (2005)。在數學簡報系統上設計數學教材之研究。碩士論文，國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班。093NCTU5726007。
- 洪榮忠 (2008)，激發式動態呈現教學設計之研究-以二元一次方程式的圖形為例。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班(未出版)。

- 張春興（1994）。教育心理學。台北：東華書局。
- 張景媛（1991）。從認知心理學談教學媒體的功能。國立臺灣師範大學學術研究委員會主編。教學媒體研究。台北：五南。
- 郭璟諭（2003）。媒體組合方式與認知型態對學習成就與認知負荷之影響。國立中央大學資訊管學系碩士論文。091NCU05396010。
- 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。Paper presented at the 第十屆全球華人計算機教育研討會，北京清華大學。
- 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啟示。教育學刊，第21期，29-51頁。
- 曾慧敏、劉約蘭和盧麗鈴譯(2002)，Atkinson, R. L., Atkinson, R. C., Smith, E. E., Bem, D. J., & Nolen-Hoeksema, S.著。西爾格德心理學概論。台北：桂冠。
- 游恆山譯（1997）。Zimbardo, P. G., & Gerrig, R. J. 著。心理學導論。台北：五南。
- 黃克文（1996）。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。國立台北師範學院國民教育研究所未出版之碩士論文。
- 鍾聖校（1990）。認知心理學。台北：心理學出版社。
- 蘇柏奇（2005）。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。094NCTU5726004。

英文部分

- Baddeley, A.D. (1992). "Is working memory working?" *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A(1), 1-31.
- Bobis, J., Sweller, J. and Cooper, M. (1993), "Cognitive Load Effects in a Primary-School Geometry Task," *Learning & Instruction*, Vol. 3, 1-21

- Duncan, J., & Humphreys, G. (1992). *Beyond the search surface: Visual search and attentional engagement*.
- Fleming, M., & Levie, W. H. (1993). *Instructional message design: Principles from the behavioral and cognitive science* (2 ed.). New Jersey: Englewood Cliffs.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University press.
- McLeod, P., Driver, J., Dienes, Z., & Crisp, J. (1991). Filtering by movement in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 17(1), 55-64.
- Mousavi, S. Y., Low, R. and Sweller, J. (1995), "Reducing Cognitive Load by Mixing Auditory and Visual Presentation Modes," *Journal of Educational Psychology*, Vol. 87, No. 2, 319-334.
- Rieber, L. P. (1996). Animation as a distracter to learning. *International Journal of Instructional Media*, 23(1), 53-57.
- Sternberg, R. J. (2003). *Cognitive psychology* (3 ed.): Thomson Learning.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457-466.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-297.
- Treisman, A. (1985). Preattentive processing in vision. *Comput. Vision Graph. Image Process.*, 31(2), 156-177.
- Treisman, A., & Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16(3), 459-478.

Tufte, E. R. (2003). *The cognitive style of powerpoint*: Graphics Press.

Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 15(3), 419-433.



附錄

附錄一-前測試題

班級：_____ 姓名：_____ 座號：_____

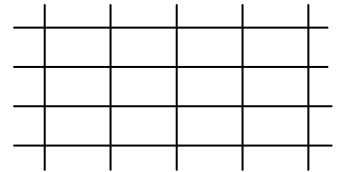
1. 在星光大道的歌唱比賽的前 10 強中，要在這 10 人中選出 2 人進行 PK 比賽，有幾種可能的選法？算出答案並說明算式。

(1)算式：

(2)說明算式：

2. 如右圖，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。

(3)算式：



(4)說明算式：

3. 一個正七邊形可以連成幾條對角線？

班級：_____ 姓名：_____ 座號：_____

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	選 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. 我覺得我花了很大的心力，才能記得這堂課教的內容	1	2	3	4	5	6	7

記憶測驗

測驗說明：請寫出並畫出原投影片的內容，在虛線方框內寫上原來的文字，並將你記得的圖形畫出。

註：1. 使用藍色或黑色原子筆即可，顏色不同於原投影片沒關係。

2. 原圖形中的綠色長方形改以斜線標示。

動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁶

					
					(1)
					
					
					

說明：(2) (3) (4) (5)



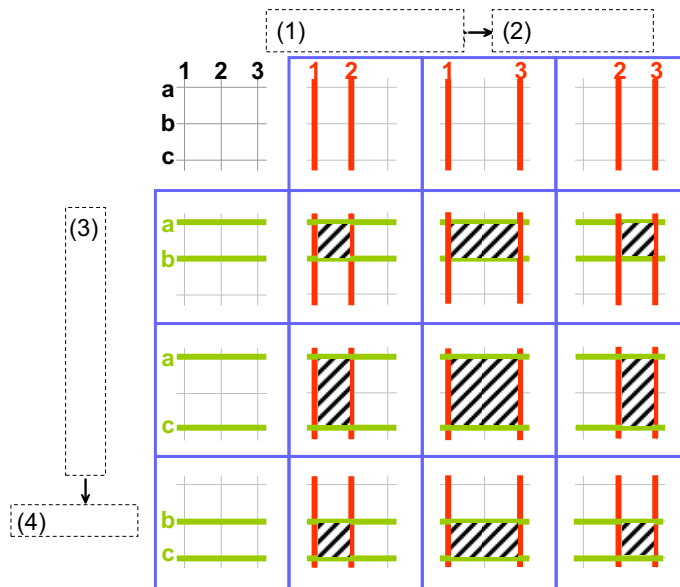
計算下列圖形含有幾個長方形？

8

	圖形	長方形個數	算式
2選2			(1)
3選2			(2)
4選2			(3)
10選2			(4)



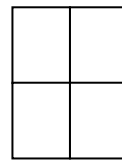
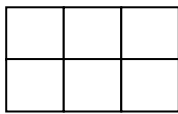
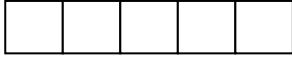
9



算式說明： $3 \times 3 = 9$

轉化測驗

1. 下圖中各含有多少個長方形？(請寫出計算過程)

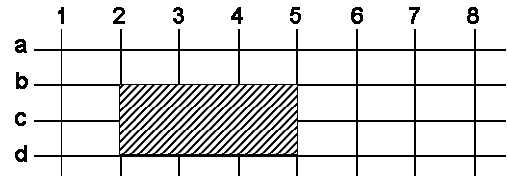


2. 有一天，哆拉 A 夢、大雄、胖虎、小夫、靜香，被罰兩兩一組倒垃圾，請問有多少種不同的排法？請寫出計算過程並說明算式
計算過程：



算式說明：

3. 有 8 條鉛垂直線和 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。

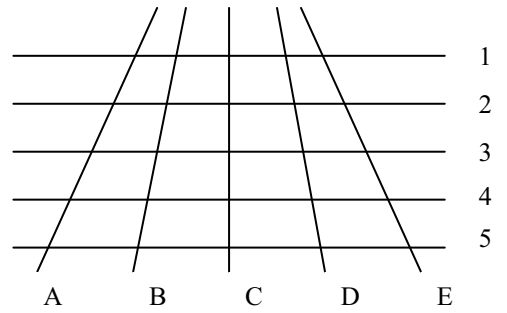


(1) 斜線長方形是由哪幾條直線圍成的？

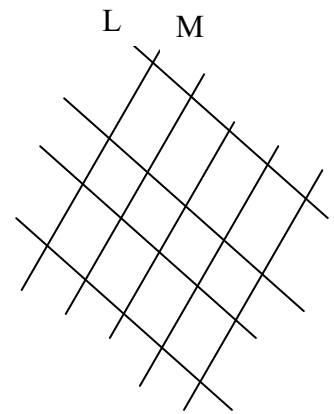
(2) 8 條鉛垂直線和 4 條水平的直線共可組成幾個長方形？

(3) 請說明上述答案計算過程。

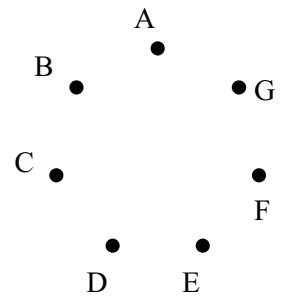
4. 右圖中含有有幾個梯形？
 (第 1~5 條直線平行，A~E 是兩兩不平行的直線))



5. 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)



6. 平面上有 7 個不共線的點，如右圖，請問
 (1) A 點可連出幾條線？
 (2) 此 7 個點共可連成幾條線？



難度與鑑別度分析

題號	鑑別度	難度	題號	鑑別度	難度
記1-1	0.44	0.78	轉1-1	0.79	0.51
記1-2	0.70	0.35	轉1-2	0.89	0.56
記1-3	0.56	0.72	轉1-3	0.89	0.56
記1-4	0.80	0.40	轉1-4	0.89	0.56
記1-5	0.56	0.72	轉2-1	0.36	0.62
記2-1	0.33	0.83	轉2-2	0.44	0.78
記2-2	0.33	0.83	轉3-1	0.38	0.41
記2-3	0.57	0.62	轉3-2	0.90	0.45
記2-4	0.57	0.62	轉3-3	1.00	0.50
記3-1	0.50	0.25	轉4	0.89	0.56
記3-2	0.68	0.56	轉5	0.59	0.41
記3-3	0.50	0.25	轉6	0.49	0.36
記3-4	0.79	0.51			

轉化測驗題目預試結果之信度分析

	項目刪除時的尺 度平均數	項目刪除時的尺 度變異數	修正的項目 總相關	項目刪除時的 Cronbach's Alpha 值
記1-1	14.97	39.194	.445	.918
記1-2	15.49	38.701	.459	.918
記1-3	15.00	38.278	.602	.916
記1-4	15.46	38.533	.476	.918
記1-5	15.00	38.278	.602	.916
記2-1	14.89	41.377	.022	.924
記2-2	14.89	41.377	.022	.924
記2-3	15.03	37.805	.667	.915
記2-4	15.03	37.805	.667	.915
記3-1	15.62	39.853	.333	.920
記3-2	15.14	37.509	.644	.915
記3-3	15.62	39.853	.333	.920
記3-4	15.14	37.065	.724	.913
轉1-1	15.05	37.553	.690	.914
轉1-2	15.03	37.083	.810	.912
轉1-3	15.00	37.222	.818	.912
轉1-4	15.03	37.083	.810	.912
轉2-1	14.97	39.416	.399	.919
轉2-2	15.05	38.441	.523	.917
轉3-1	15.35	39.512	.285	.922
轉3-2	15.14	37.231	.694	.914
轉3-3	15.30	36.992	.700	.914
轉4	15.08	37.632	.654	.915
轉5	15.24	38.689	.417	.919
轉6	15.30	38.326	.475	.918

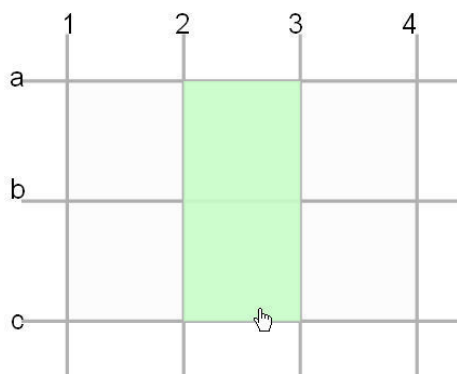
項目的個數=25

Cronbach's Alpha 值=.920

1

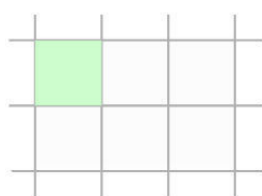
數一數，圖形中含有幾個長方形？

有4條鉛垂線，
與3條水平線，
可以組合成幾個長方形呢？

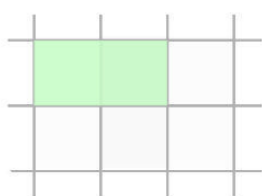


2

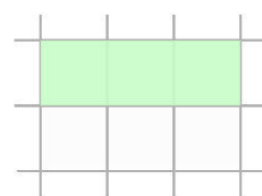
分類數出長方形的個數



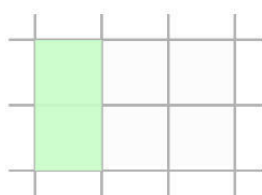
? 個



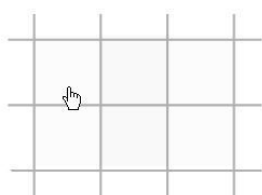
? 個



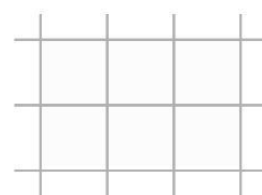
? 個



? 個



? 個

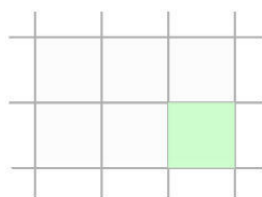


? 個

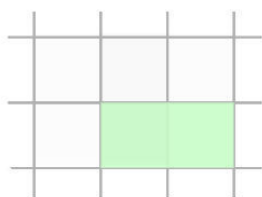
計算結果：



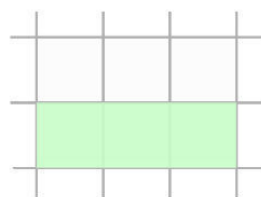
分類數出長方形的個數



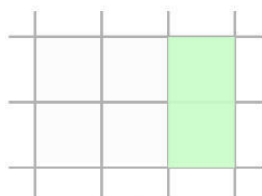
6 個



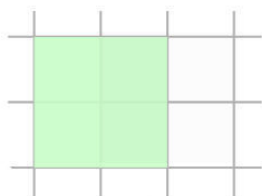
4 個



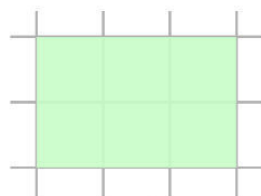
2 個



3 個



? 個

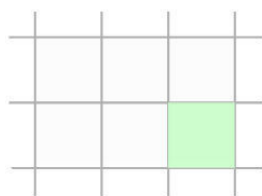


? 個

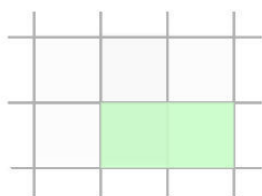
計算結果：



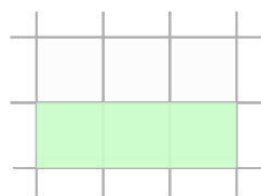
分類數出長方形的個數



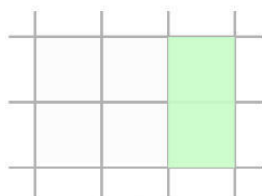
6 個



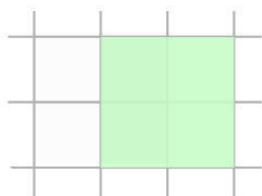
4 個



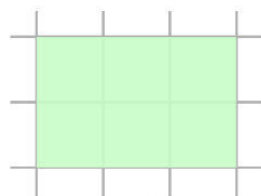
2 個



3 個



2 個

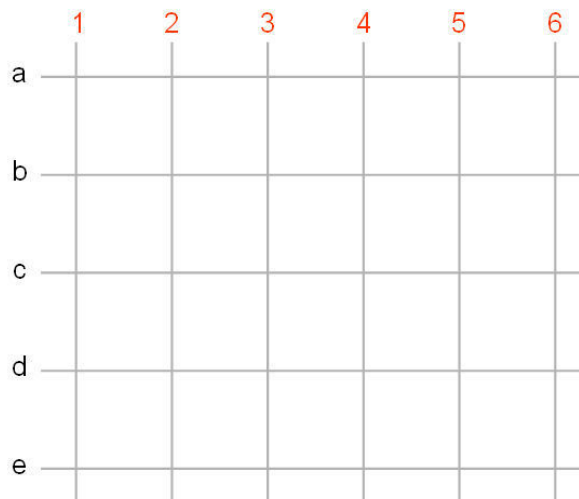


1 個

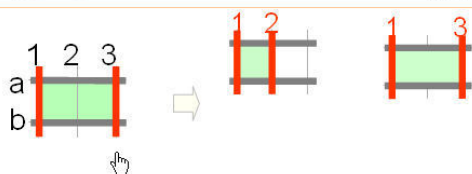
計算結果： $6+4+2+3+2+1=18$ 

數一數，圖形中含有幾個長方形？

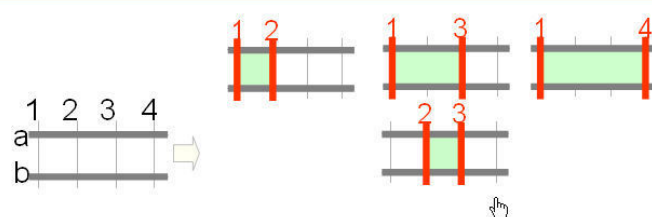
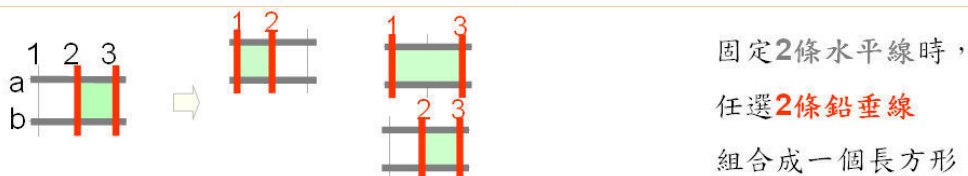
有6條鉛垂線，
與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？



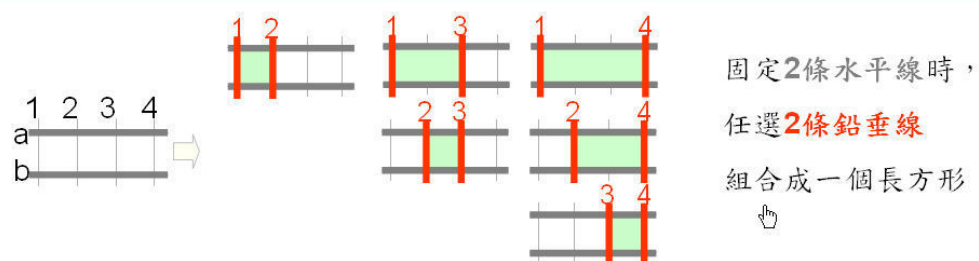
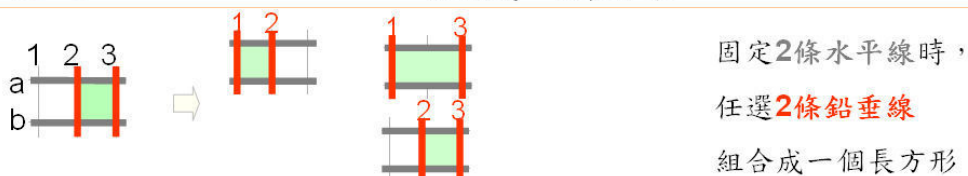
計算長方形的個數



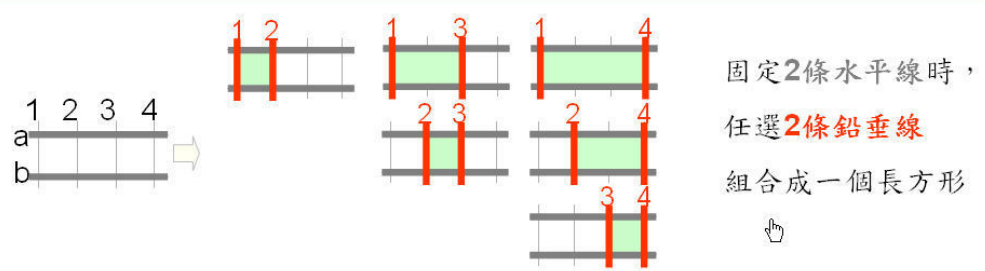
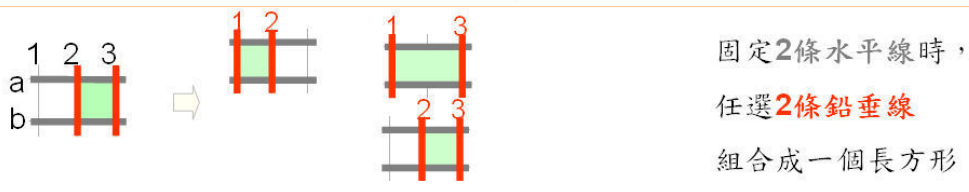
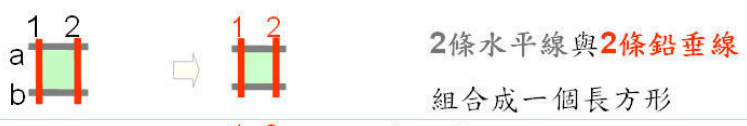
計算長方形的個數



計算長方形的個數



計算長方形的個數



任意選2條鉛垂線有幾種選法？



動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？








值日生

說明：



動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？ ⁵







			
		✓	✓
	✓		✓

值日生

說明：



動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？ ⁵







			
		✓	✓
	✓		✓
	✓	✓	

值日生

說明：



動物園班有3位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？ ⁵

			
		✓	✓
	✓		✓
	✓	✓	

值日生

說明： 每一位同學可和另外2位配對 → $3 \times 2 = 6$
相同的配對重覆算2次



動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？ ⁶

值日生

說明：



動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁶

				
		✓	✓	✓
	✓		✓	✓

值日生

說明：



動物園班有4位同學要排值日生，每次選2人，有幾種選法？⁶

				
		✓	✓	✓
	✓		✓	✓
	✓	✓		✓
	✓	✓	✓	

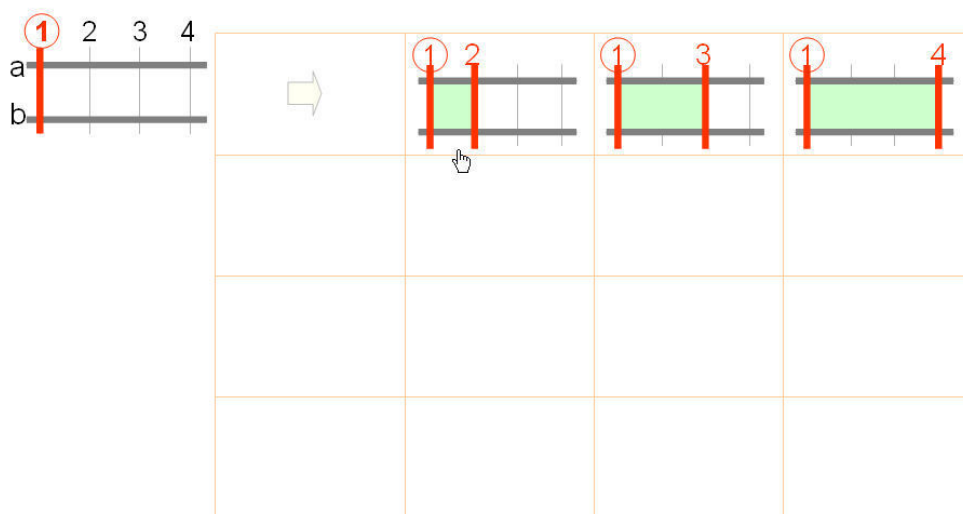
值日生

說明： 每一位同學可和另外3位搭配 → $4 \times 3 = 12$

相同的搭配重覆算2次 → $12 \div 2 = 6$



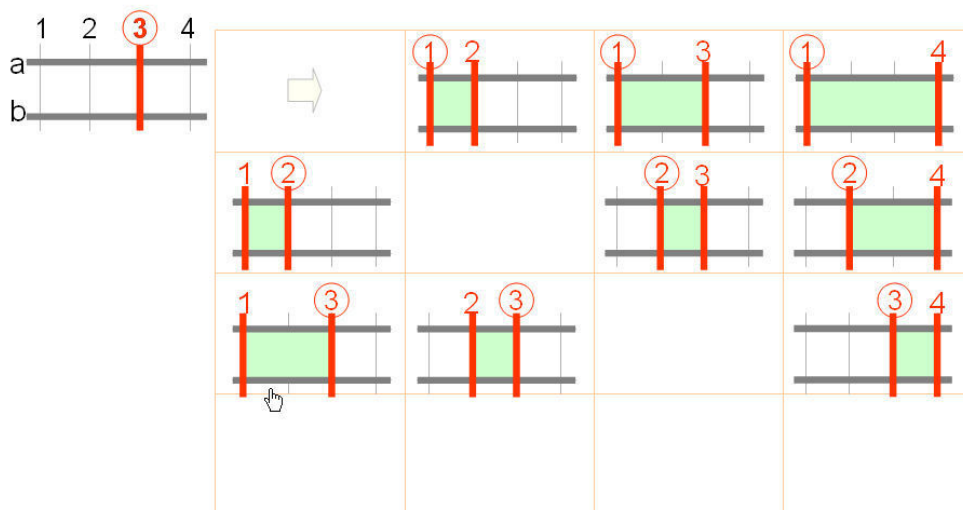
4條鉛垂線選2條有幾種選法(可組成幾個長方形)?



說明：



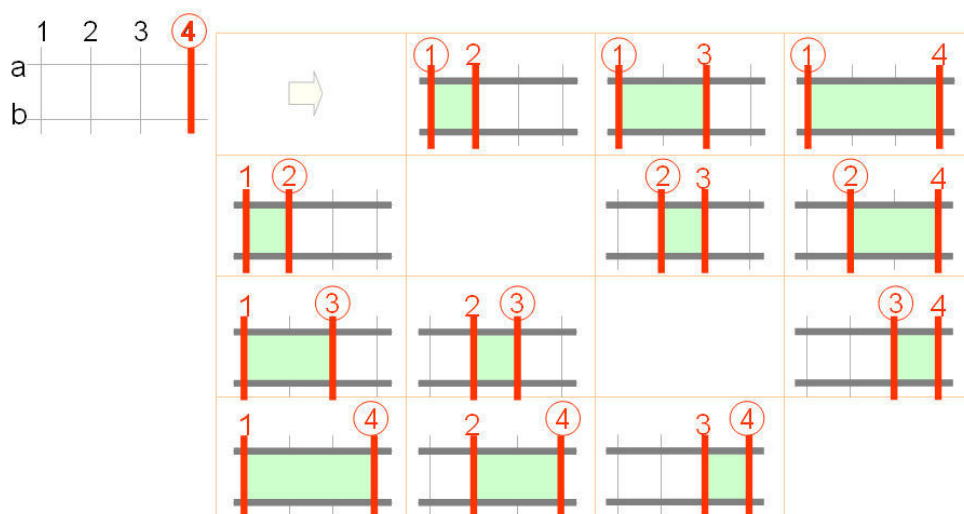
4條鉛垂線選2條有幾種選法(可組成幾個長方形)?



說明：



4條鉛垂線選2條有幾種選法(可組成幾個長方形)?

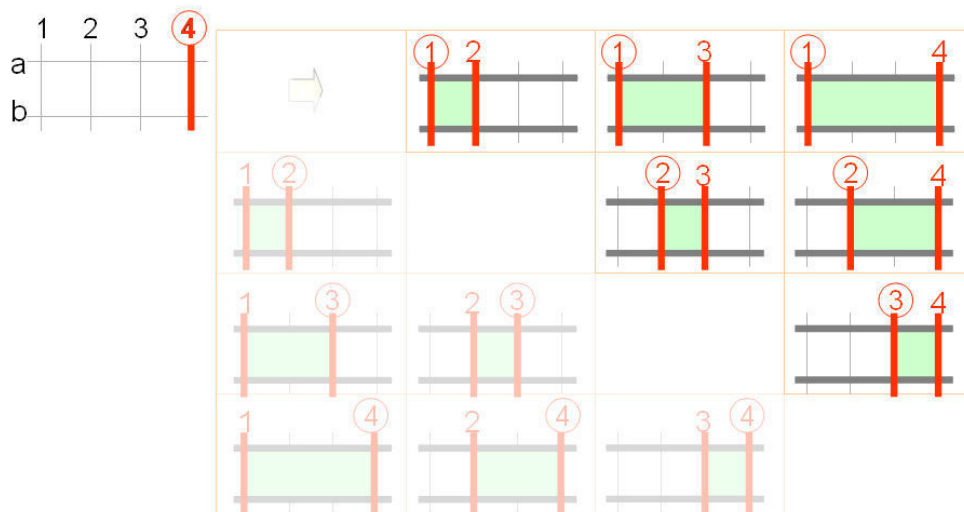


說明： 每一條線可以和另外3條搭配 $\rightarrow 4 \times 3 = 12$

相同的搭配重覆算2次



4條鉛垂線選2條有幾種選法(可組成幾個長方形)?



說明： 每一條線可以和另外3條搭配 $\rightarrow 4 \times 3 = 12$

相同的搭配重覆算2次



計算下列圖形含有幾個長方形？

8

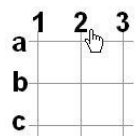
	圖形	長方形個數	算式
2選2			
3選2			
4選2			
10選2			

計算下列圖形含有幾個長方形？

8

	圖形	長方形個數	算式
2選2			$2 \times 1 \div 2 = 1$
3選2			$3 \times 2 \div 2 = 3$
4選2			$4 \times 3 \div 2 = 6$
10選2			$10 \times (10 - 1) \div 2 = 45$

3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$



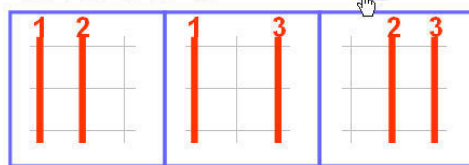
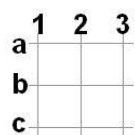
全部顯示

顯示長方形

算式說明：



3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$



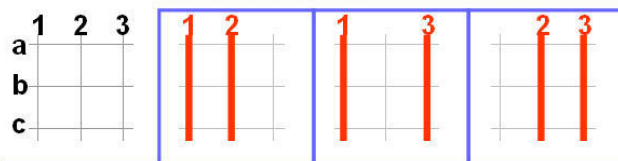
全部顯示

顯示長方形

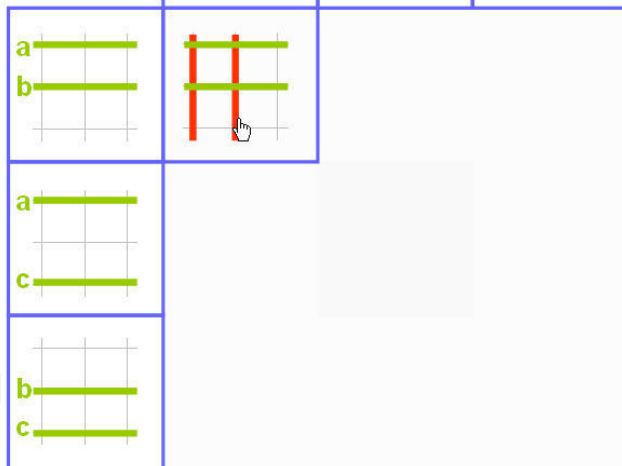
算式說明：



3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$



3
條
水
平
線
選
2
條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$



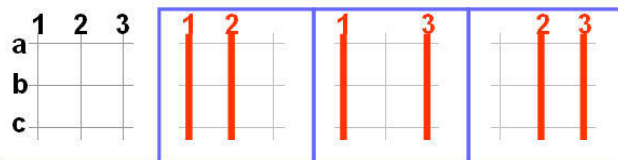
全部顯示

顯示長方形

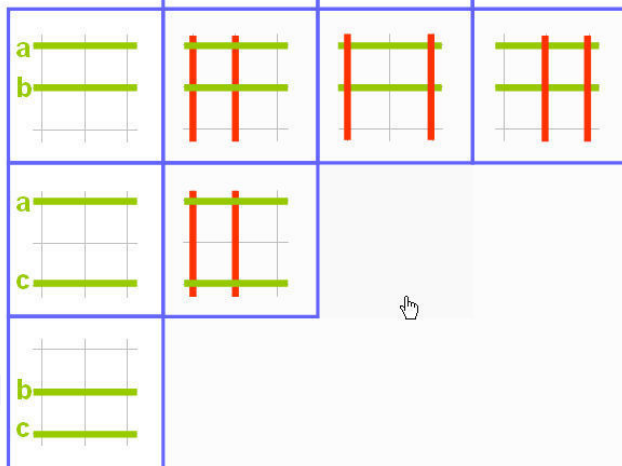
算式說明：



3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$



3
條
水
平
線
選
2
條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$



全部顯示

顯示長方形

算式說明：



3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$

1 2 3	1 2	1 3	2 3
a			
b			
c			

3條水平線選2條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$

a				
b				
a				
c				
b				
c				

算式說明：

全部顯示
顯示長方形

3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$

1 2 3	1 2	1 3	2 3
a			
b			
c			

3條水平線選2條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$

a				
b				
a				
c				
b				
c				

算式說明：

全部顯示
顯示長方形

3條鉛垂線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$

	1	2	3				
a	1	2		1	3		2
b							
c							

3條水平線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$

a							
b							
a							
c							
b							
c							

算式說明： **$3 \times 3 = 9$**

全部顯示
顯示長方形

4條鉛垂線選2條 → $4 \times 3 \div 2 = 6$

	1	2	3	4					
a	1	2			1	3		1	4
b								2	3
c								2	4
									3
									4

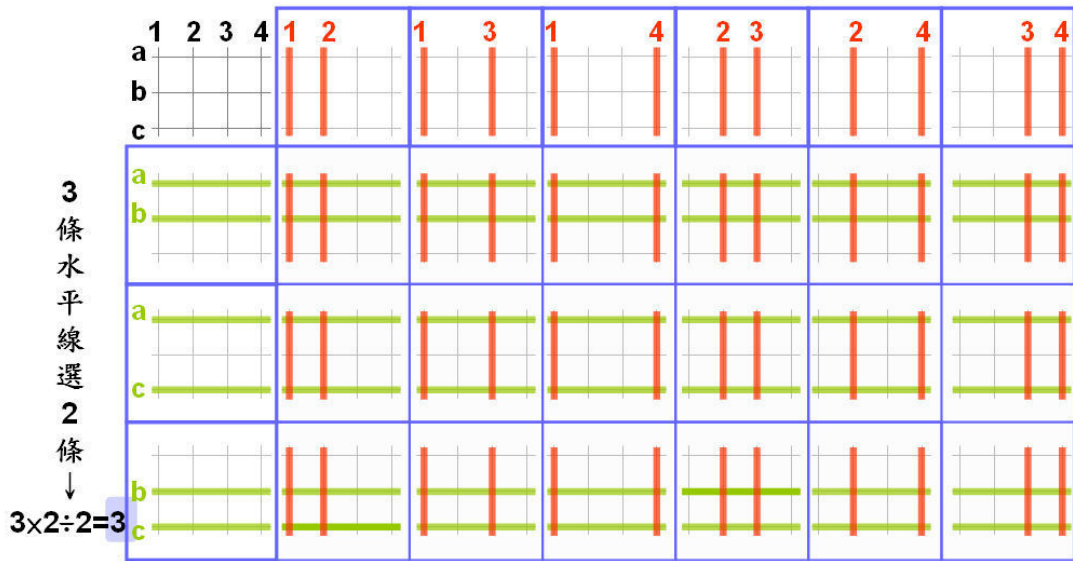
3條水平線選2條 → $3 \times 2 \div 2 = 3$

a				
b				
a				
c				
b				
c				

算式說明：

全部顯示
顯示長方形

4條鉛垂線選2條 → $4 \times 3 \div 2 = 6$



3條水平線選2條
↓
 $3 \times 2 \div 2 = 3$

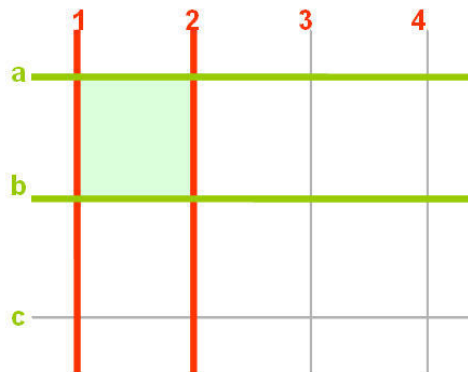
算式說明：

全部顯示
顯示長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。
- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？
- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有 _____ 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

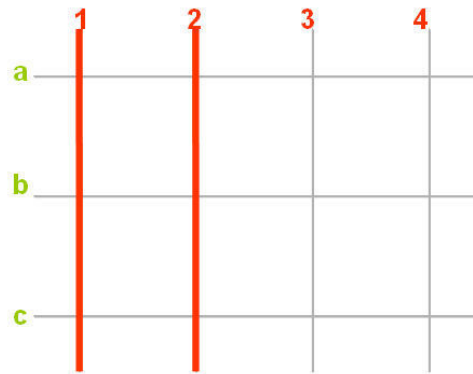
① 2條水平線，與2條鉛垂線

決定一個長方形。

② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？



③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有

個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

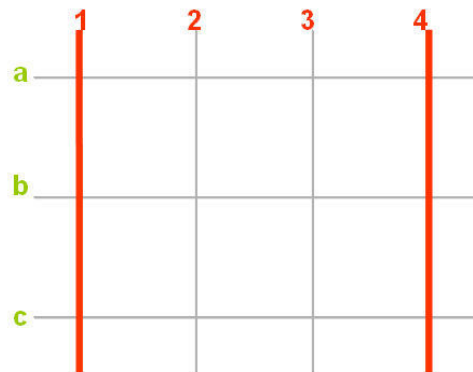
① 2條水平線，與2條鉛垂線

決定一個長方形。

② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？



③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有

個長方形

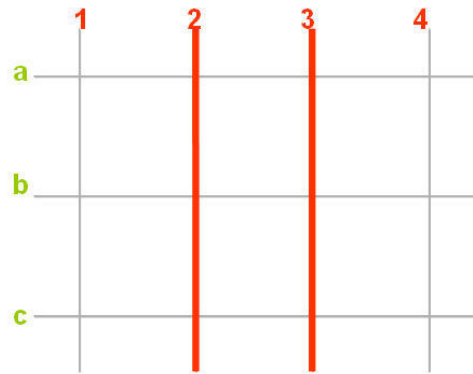


4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。

② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？
☞

③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。

② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？
☞

③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組合成幾個長方形呢？

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線

決定一個長方形。

- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？

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

- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組合成幾個長方形呢？

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線

決定一個長方形。

- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？

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

- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？



④ 共有 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。

- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？

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

- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？

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

- ④ 共有 $3 \times 6 = 18$ 個長方形



4條鉛垂線，與3條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

- ① 2條水平線，與2條鉛垂線
決定一個長方形。

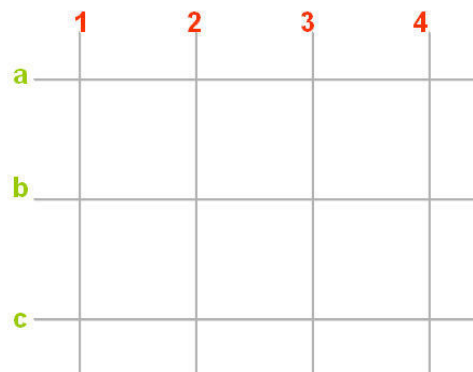
- ② 4條鉛垂線選2條有幾種選法？

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

- ③ 3條水平線選2條有幾種選法？

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

- ④ 共有 $3 \times 6 = 18$ 個長方形

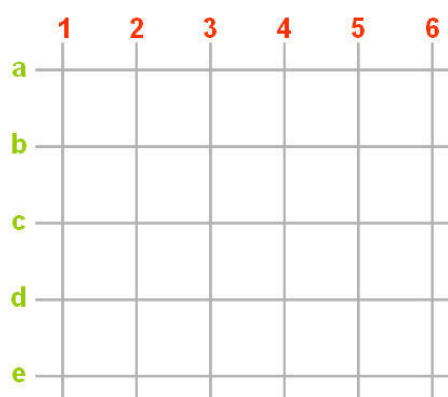


6條鉛垂線，與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

① 6條鉛垂線選2條

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

② 5條水平線選2條



③ 共有 15 個長方形



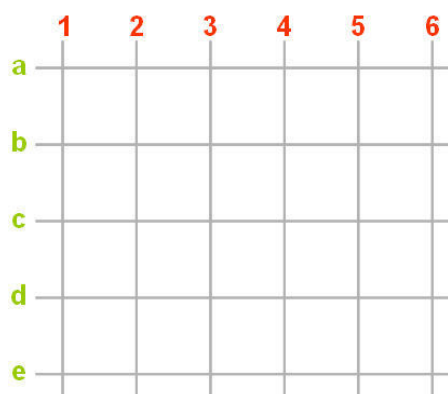
6條鉛垂線，與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

① 6條鉛垂線選2條

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

② 5條水平線選2條

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



③ 共有 25 個長方形



6條鉛垂線，與5條水平線，
可以組成幾個長方形呢？

① 6條鉛垂線選2條

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

② 5條水平線選2條

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

③ 共有 $10 \times 15 = 150$ 個長方形

