

國立交通大學

理學院網路學習學程

碩士論文

教材設計與解說方式對於學習表現和眼動影響之初探
-以三角形內角題目為例

A Pilot Study on the Effects of Teaching Material Designs and Explaining
Ways on Learning Performances and Eye Movements :

A Case Study of the Angle Problems in Triangles

研究生：李鈴茹

指導教授：陳明璋 博士

陶振超 博士

中華民國九十八年七月

教材設計與解說方式對於學習表現和眼動影響之初探
-以三角形內角題目為例

A Pilot Study on the Effects of Teaching Material Designs and Explaining Ways on
Learning Performances and Eye Movements :
A Case Study of the Angle Problems in Triangles

研究生：李鈴茹

Student : Ling-Ju Li

指導教授：陳明璋

Advisor : Ming-Jang Chen

陶振超

Chen-Chao Tao



Submitted to Department 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 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

教材設計與解說方式對於學習表現和眼動影響之初探

-以三角形內角題目為例

學生：李鈴茹

指導教授：陳明璋 博士

陶振超 博士

國立交通大學理學院網路學習學程

摘要

運用多媒體進行課堂教學時，教材的呈現和引導，還有教學者的解說方式都是影響學習過程的重要因素。一般的學習測驗只能評量教學後的綜合表現，而眼動追蹤系統 (Eye-tracker) 能夠記錄整個教學過程中學習者眼球移動的狀況，藉此可以了解學習者是否能夠快速地看到目標物還有視線停留的狀況，可作為評定視覺搜尋和注意力引導的參考。

本研究以國中數學幾何課程中的三角形內角題目為例，依教材是否含有適性指標 (adaptive pointer)，還有解說方式是否為口語化 (oral elaboration)，設計成三種不同教學設計：無適性指標加上非口語化解說、適性指標加上非口語化解說、適性指標加上口語化解說。受試者為28位國中七年學生，隨機分配到三組中，進行眼球追蹤實驗和學習的記憶測驗 (retention test)。實驗結果顯示：含有適性指標的教學設計 (實驗組2, N=10)，在學習的記憶測驗上有顯著優異的表現，並且對於協助視覺搜尋和注意力引導有顯著的作用；適性指標加上口語化解說的教學設計 (實驗組3, N=9)，各項表現情形和實驗組2差不多，並沒有達到顯著更優異的結果，但是能明顯幫助受試者減少對於圖片中英文編碼的觀看次數。

關鍵詞：眼球移動、適性指標、口語化解說、教學設計

A Pilot Study on the Effects of Teaching Material Designs and Explaining
Ways on Learning Performances and Eye Movements :
A Case Study of the Angle Problems in Triangles

Student : Miao-Ling Tseng

Advisor : Dr. Ming-Jang Chen

Dr. Chen-Chao Tao

Degree Program of E-learning

National Chiao Tung University

Abstract

When using multimedia instruction in the classroom, the present of teaching materials and the teacher's explaining ways are important roles in learning process. Traditional learning tests can just assess the outcomes after whole teaching process finished. However, Eye-tracker system can record the learner's all eye movements within the learning process, so that, we can judge whether the learner can notice the target faster or not, and know the patterns of the point of gaze. To make use of these, we can examine the effects on vision searching and attention guiding.

This pilot study took triangular angle topic in geometry course of mathematics of junior high school as an example. Considered the teaching material designs and explaining ways, we designed three kinds of instructional groups: no adaptive pointer with non-oral elaboration, adaptive pointer with non-oral elaboration, and adaptive pointer with oral elaboration. Participants were seventh grade students (N=28) whose eye movements were measured as viewing the instructional PowerPoint. Following the instruction, they had a retention test to assess their learning performance. Analysis indicated that instruction with adaptive pointer (group 2, N=10) showed better effects on retention performance, vision searching and attention guiding. The results of the situation of adaptive pointer with oral elaboration (group 3, N=9) was similar to group 2, but it would reduce the number of fixations on English letters in graphs.

Keywords: eye movement, adaptive pointer, oral elaboration, instructional design

誌謝

回顧兩年以來在職進修的日子，雖然倍感辛苦，卻是受益良多，經過歷鍊才得以更加成長。本研究能夠順利完成，實是受到許多人士的協助和幫忙，心中感激萬分。

首先要感謝指導教授陳明璋博士，耐心且專業的指導，不斷給予創意的激發和精神的鼓勵，讓我能在挑戰中學習成長，其認真付出、不斷精進的研究精神，實在值得效法。同時也要感謝傳播所的陶振超博士親切熱心的指導，讓我對於眼動追蹤技術的理論和實務，能夠有紮實的訓練，並且在實驗過程中不斷地給予支援和建議，以讓實驗能夠順利進行。除此之外，亦要感謝傳播所研究生游婉雲給予實驗上大力的協助，還有教育大學研究生廖子慧的經驗分享與建議，都是讓研究能夠完成的重要功臣。

還有，要感謝專班的同學們互相的幫助和資源的分享，使我能夠順利通過每個課程；感謝光武國中數學老師們的支持，使我得以減輕工作上的負擔；感謝參與眼動實驗學生們的配合，讓實驗過程得以順利平安；最後要感謝家人的支援和鼓勵，沒法好好陪你們的這段日子，真的感到非常抱歉。

最後，謹以此篇論獻給幫助過我的每一個人，祝大家順心如意。

目 錄

摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	V
表目錄	VII
圖目錄	IX
第一章 緒論	1
1-1 研究背景和動機	1
1-2 研究目的	4
1-3 研究問題	7
1-4 研究範圍與限制	8
1-5 名詞解釋	10
第二章 文獻探討	13
2-1 多媒體學習理論	13
2-1-1 多媒體學習的認知理論	13
2-1-2 多媒體教材的設計原則	17
2-1-3 適性指標的設計原則	23
2-2 注意力與多媒體學習	29
2-2-1 人類的注意力處理系統	29
2-2-2 視覺注意力與眼球移動	31
2-2-3 認知負荷與注意力	34
2-2-4 注意力與多媒體學習	36
2-3 眼動追蹤技術	42
2-3-1 眼球運動的機制	42
2-3-2 測量眼動的方式	46
2-3-3 眼球運動指標	50
2-3-4 相關的眼動研究	53
第三章 研究方法	56
3-1 研究設計	56
3-2 研究流程	58
3-3 研究對象的選取	61
3-4 研究工具	62
3-4-1 眼動追蹤系統	62

3-4-2	學習的記憶測驗.....	64
3-5	實驗教材的設計.....	65
3-5-1	教材選取的考量.....	65
3-5-2	練習教材的設計.....	66
3-5-3	教材的基本設計.....	67
3-6	資料分析方法.....	75
第四章	研究結果與討論.....	76
4-1	記憶測驗表現的分析.....	76
4-2	眼球移動的資料分析.....	80
4-2-1	適性指標區之首視點時間.....	82
4-2-2	凝視時間.....	85
4-2-3	凝視次數.....	89
4-2-4	凝視時間百分比.....	93
4-2-5	凝視次數百分比.....	97
4-2-6	每次試驗的凝視時間百分比.....	101
4-2-7	每次試驗之凝視次數百分比.....	105
4-2-8	每次凝視時間.....	109
4-2-9	凝視的空間密度.....	111
4-3	結果摘要.....	112
第五章	結果與建議.....	115
5-1	研究結論.....	115
5-2	綜合討論.....	116
5-3	研究貢獻.....	119
5-4	研究建議.....	120
5-5	未來研究方向.....	124
參考文獻		126
1.	中文部分.....	126
2.	英文部分.....	127
附錄		134
附錄 1	徵求受試者之實驗介紹與說明.....	134
附錄 2	實驗說明與同意書.....	136
附錄 3	正式實驗前之練習教材說明.....	137
附錄 4	學習記憶測驗.....	139
附錄 5	實驗教材的設計與說明.....	140
附錄 6	各組凝視的空間密度之比較.....	172
附錄 7	各投影片的眼動關注區域之劃分.....	178

表 目 錄

表 1 多媒體學習認知理論的假設	14
表 2 多媒體的設計原則	18
表 3 數學多媒體在教學上的設計原則	20
表 4 信號原則的使用方式	21
表 5 學習者導向/教學者引導學習之媒體教材特質比較分析	23
表 6 數學簡報系統視覺及互動設計的基本原則	24
表 7 適性指標的形狀特徵分類	26
表 8 適性指標的七個設計原則	27
表 9 課堂教學環境與適性指標	28
表 10 注意力的處理系統	30
表 11 「突出」特徵的作用	33
表 12 多媒體研究上測量注意力的方法	41
表 13 實驗的分組	57
表 14 研究的變項	57
表 15 上學期數學成績之描述性統計量與變異數分析表	61
表 16 Tobii T120 之資料	62
表 17 選取教材之基本資訊	65
表 18 各組之實驗教材	67
表 19 實驗材料之投影片編號、時間和數學概念	69
表 20 教材中所使用的適性指標	71
表 21 記憶測驗表現之描述性統計量和變異數分析	76
表 22 記憶測驗之正確率和作答時間的多重比較：Scheffe 法	77
表 23 所使用之眼球移動資料的說明	80
表 24 適性指標區的首視點時間之描述性統計量和變異數分析	83
表 25 適性指標區之首視點時間的多重比較：Tamhane 檢定	83
表 26 凝視時間之描述性統計量和變異數分析	85
表 27 凝視時間之同質性檢定	86
表 28 凝視時間的多重比較：Scheffe 檢定	86
表 29 凝視次數之描述性統計量和變異數分析	89
表 30 凝視次數之同質性檢定	90
表 31 凝視次數的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定	90
表 32 凝視時間百分比之描述性統計量和變異數分析	93
表 33 凝視時間百分比之同質性檢定	94
表 34 凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定	94
表 35 凝視次數百分比之描述性統計量和變異數分析	97
表 36 凝視時間百分比之同質性檢定	98
表 37 凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定	98
表 38 每次試驗的凝視時間百分比之描述性統計量和變異數分析	101
表 39 每次試驗凝視時間百分比之同質性檢定	102
表 40 每次試驗凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定	102

表 41	每次試驗的凝視次數百分比之描述性統計量和變異數分析	105
表 42	每次試驗凝視時間百分比之同質性檢定	106
表 43	每次試驗凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定	106
表 44	每次凝視時間之描述性統計量和變異數分析	109
表 45	每次凝視時間的多重比較：Scheffe 檢定	110
表 46	統計資料總表	112
表 47	事後分析結果的總表	113



圖目錄

圖 1 課堂教學環境示意圖	2
圖 2 口語化解說之例子	11
圖 3 聲音和圖片的認知處理模型	15
圖 4 聲音和印刷文字的認知處理模型	16
圖 5 印刷文字和圖片的認知處理模型	16
圖 6 眼球構造圖	43
圖 7 視覺傳遞路徑	43
圖 8 Purkinje-images	47
圖 9 眼球對紅外線的反射	47
圖 10 研究的架構圖	56
圖 11 研究流程圖	58
圖 12 實驗流程圖	59
圖 13 Tobii 裝置示意圖	63
圖 14 投影片編號的設計	68
圖 15 實驗組 1 和 2、3 教材畫面示意圖	70
圖 16 「三角形內角和」之適性指標呈現	70
圖 17 「平角」之適性指標呈現	71
圖 18 非口語化解說與口語化解說的設計	72
圖 19 符合空間接近原則的設計	73
圖 20 符合時間接近原則的設計	73
圖 21 符合分割原則的設計	74
圖 22 記憶測驗的正確率之長條圖	78
圖 23 記憶測驗的作答時間之長條圖	79
圖 24 眼動資料之關注區範圍示意圖	81
圖 25 適性指標區首視點時間的長條圖	84
圖 26 各關注區凝視時間的長條圖	87
圖 27 各關注區凝視次數的長條圖	91
圖 28 各組凝視時間百分比之圓形圖	95
圖 29 各組凝視次數百分比	99
圖 30 各組每次試驗的凝視時間百分比之圓形圖	103
圖 31 各組每次試驗的凝視次數百分比	107
圖 32 各組凝視空間密度的示意圖	111

第一章 緒論

本章共分為五節：第一節說明研究背景和動機；第二節說明研究目的；第三節說明研究問題；第四節說明研究範圍與限制；第五節說明名詞解釋。

1-1 研究背景和動機

近年來隨著資訊科技的迅速發展，政府推展班班有電腦到班班用電腦，甚至到班班有單槍投影機，使得教師運用資訊科技，自行設計教材來進行課堂教學也愈來愈方便了。坊間亦有許多唾手可得的開放式多媒體教材，亦成為教師所常使用的數位資源之一。而實際運用於教學上，由於 Flash 的教材，製作時間長、難度高，修改不易，因此一般教師最常用的還是以 PowerPoint 製作教材，進行課堂教學。

然而，數位教材並非課堂教學的萬靈丹，不當地使用資訊融入教學，反而無法達到預期的學習效果，甚至造成學習的干擾。例如，同時動態呈現太多的訊息、不當的聲光效果、展演方式的不佳、不良的圖文編排…等，會造成學習者訊息處理超過負荷 (C. Atkinson & Mayer, 2004)，影響學習的效果。所以，妥善運用資訊科技，讓教學者能夠適時地呈現必要的訊息給學習者，引導學習者的注意力，凸顯訊息之間的關聯，協助組織和整合訊息，是設計教材時的重要課題。

經過許多研究和驗證，Mayer 等人發展以「學習者」為中心 (learner-centered) 的教學研究，歸納出多媒體設計的原則 (R. E. Mayer, 2001, 2005, 2009; R. E. Mayer & Moreno, 2003)，成為多媒體設計教材時重要依據之一。然而，在實際的課堂教學環境是主要是以「教學者」引導學習的學習方式，教學者主控教學的步調和訊息的呈現，並且是全班同學一起進行學習的，這樣的模式和以學習者為導向的模式是有一些差異 (陳明璋, 2008)，因此所遇到的問題也不盡相同 (林煜庭, 2007)，是否一般的多媒體設計原則就能完全滿足以教學者引導學習的教學設計，達到增益學習的效果？

在教學者引導學習的課堂教學環境中，教學者也是多媒體學習的一環。教學者除了呈現視覺的訊息給學習者，同時以語音解說的方式傳遞聽覺的訊息給學習

者，並且掌控學習的步調與順序。一般課堂的教學環境，教室的大銀幕是主要顯示訊息的地方，如圖 1 所示。教學者一方面操控螢幕上的資訊呈現時間和方式，並且一方面配合視覺呈現進行解說和發問；學習者觀看螢幕上的視覺訊息的同時，一邊聆聽解說並且進行思考、適時發問及回答問題；師生之間會產生互動。教學者除了要注意如何引導學習者的注意力之外，尚須加以考量全班學生的整體性、同步性及個別性等因素。

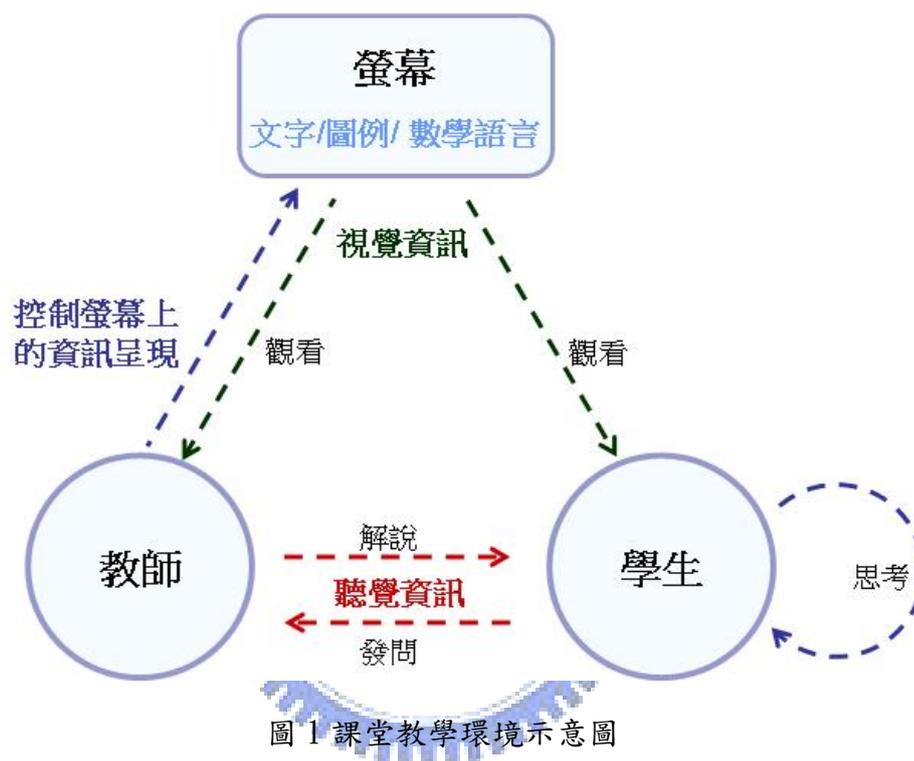


圖 1 課堂教學環境示意圖

在課堂教學環境中，視覺訊息和聽覺訊息是同等重要，而且幾乎是同時呈現給學習者。教學者主要教材來傳遞視覺訊息，運用語言來傳遞聽覺訊息。該如何有效地引導學習者獲取訊息，學習者如何將訊息加以組織和整合以形成知識，達到學習的效果，這是教學設計所需慎加考量的。

一般多媒體學習研究經常使用的學習成就測驗，是在教學完後進行評量，所測量出的結果為綜合性的結果，無法精確指出影響的主因，例如：在學習的過程中究竟是那個環節或部分學習者提取訊息出現問題、或是訊息組織有困難，如此教學者無法精準地加以改善。由於視覺是學習最主要的知覺管道，而且心理學家也認為眼睛的凝視軌跡是直接反映個體注意力分佈與認知策略的重要指標 (Just & Carpenter, 1976; Williams, Loughland, Green, Harris, & Gordon, 2003)。因此，近年來許多的研究者使用眼動追蹤系統 (Eye-tracker) 來研究受試者觀看

文字和圖片的情形 (M. Hegarty, Carpenter, & Just, 1991; Rayner, Rotello, Stewart, Keir, & Duffy, 2001)。由於此技術能夠提供自然且直接的方式來觀察眼球移動的行為，並且不受到實驗作業所要求的策略影響，可提高實驗結果的外在效度 (external validity) (李培榮，2008)；而且，在擷取資料的時間點和空間性，也較其它研究技術來得精細 (柯華葳、陳明蕾、廖家寧，2005)，成為教學研究上新穎的研究工具。



1-2 研究目的

為解決課堂教學環境所面臨的教材設計的問題，交通大學陳明璋博士自 2002 年起陸續以激發式動態呈現 (Trigger-based Animation) 的概念，發展 AMA (Activate Mind Attention) 系統的展演環境，進而提出激發式動態教學的設計原則，使得教師便於利用 PowerPoint 設計彈性且互動之教材。教學者引導學習的教學環境，是由教學者主導教學的步調和訊息的呈現，引導學習者注意力，並且考量全班同學的認知歷程運作狀況，適時地呈現訊息、解說訊息和排除干擾，以協助學習者選取、組織和整合訊息，達到降低認知負荷的作用 (Chen, 2003; Chen & Tan, 2007; 邱建偉, 2005; 陳明璋, 2008)。

在激發式動態教學的設計原則中，提出「適性指標」(adaptive pointer) 的概念。林煜庭 (2007) 從視覺認知科學 (visual cognition theory)、認知神經科學 (cognitive neuroscience) 及資訊視覺化 (information visualization) 等領域尋求適性指標的理論基礎，歸納出適性指標具有形狀 (form)、顏色 (color)、深度 (depth) 及運動 (motion) 等視覺特徵，能夠到「協助視覺搜尋」和「引導注意力」的作用，進而提出了七個適性指標的設計原則。廖子慧 (2009) 延續林煜庭的研究，進一步利用眼動追蹤系統為工具，以質性研究方式探究適性指標在學習過程上的作用，並且提出適性指標在設計運用上的建議。然而，這些研究都並非以量化實驗的方式來驗證適性指標。因此本研究接續之前研究設計，針對課堂教學環境設計適性指標的實驗，並且量化研究的方式來探究適性指標的作用性。

多媒體學習的理論認為圖形同時加上口述文字 (spoken text) 的學習效果佳，因為可在不同管道間處理聽覺和視覺的訊息，不會造成認知處理超過負荷，所以提出多媒體設計的形式原則 (Modality Principle) (R. E. Mayer, 2005; R. E. Mayer & Moreno, 2003)。Mayer 等人進一步考量 social cues 對於多媒體學習的影響，提出了個人化原則 (Personalization Principle)，認為「對話式」(conversational style) 的講述方式學習效果較佳 (R. E. Mayer, 2001, 2005; Richard E. Mayer, Fennell, Farmer, & Campbell, 2004; R. Moreno & Mayer, 2000, 2004)。

在幾何教學的過程中，幾乎是完全依賴幾何圖像進行解說。幾何圖像的解說，

必須仰賴符號的編碼，因此學習者需要記住編碼、搜尋編碼和組織編碼，然後指出幾何物件、描述幾何物件。在這樣的過程中，學習者可能耗費較多的資源於符號編碼的處理上，反而會減少其他處理歷程所需的資源，對學習造成影響。針對這樣的情況，本研究以凸顯的視覺特徵代替符號編碼進行幾何圖像的解說，並且根據多媒體學習的個人化原則，進一步提出了「口語化解說」(oral elaboration)的講述方式。如果學習者能夠減低聽覺編碼過程所造成注意力和工作記憶的耗損，讓更多的資源使用在高階的認知處理上，那麼對於學習應該是有助益的。因此本研究設計不同解說方式的實驗，以驗證口語化解說的作用。

訊息傳遞的第一步是訊息要能夠被學習者「注意」到，然後才有機會進一步被處理和學習，而且視覺處理是最主要的訊息處理管道。因此本研究除了使用一般的學習的記憶測驗外，並且另外使用眼動追蹤系統作為研究工具，記錄學習者在教學過程中的眼球移動資料，以探究實驗設計對於視覺搜尋和注意力引導的影響。

以眼動追蹤系統為工具進行教材實驗時，若是實驗時間太長（約 12 分鐘），對於國中學生而言可能易造成眼睛疲勞和分心的情形，會影響實驗的結果（廖子慧，2009）；再者，較長時間的實驗，所累積的眼動資料會也太多太複雜，因而非常難以分析（Poole & Ball, 2005）；並且，完整的課堂教學過程，是一個很複雜的認知處理過程，包含引起動機、概念建立、例題示範、學生練習…等。然而，對於不同認知歷程的眼動研究，目前尚未發展完全，尤其是數學課堂教學的眼動研究，幾乎很少。

因此本研究先針對例題講述這部分的教學，進行眼動研究之初探，讓學習者看完一題的解說即進行記憶測驗的作答，以貼近課堂教學時的學習狀況。學習者總共觀看三題教學解說，並且進行三次記憶測驗，因此全部的眼動實驗時間約五分多鐘，以避免實驗時間太久的問題。也由於本研究並非完整的教學過程，所以並不進行學習的轉移測驗（transfer test），僅進行記憶測驗（retention test）來了解學習的情況。

綜上所述，本研究的目的是為探究不同的教學設計對於學習過程的影響。利用眼動追蹤系統的觀察和紀錄，還有學習的記憶測驗表現，比較不同的教材設計（有/無適性指標）搭配不同的解說方式（有/無口語化解說），設計三種教學的實驗，並且探究對於學習者的記憶表現和眼球運動的影響，以驗證適性指標和口語化解說對於「協助視覺搜尋」和「引導注意力」的作用，達到幫助學習的效果。

研究根據適性指標的設計原則和多媒體的設計原則，並且搭配不同的解說方式，設計出三種教學實驗。研究目的為：

1. 探討不同的教學實驗對於學習的記憶表現之影響。
2. 探討不同的教學實驗對於視覺搜尋的影響。
3. 探討不同的教學實驗對於注意力引導的影響。
4. 探討口語化解說方式對於眼動行為的影響。



1-3 研究問題

本研究的最終目的是了解在課堂教學的學習過程中，不同的教學設計方式：適性指標的運用和口語化解說方式是否能達到幫助視覺搜尋和引導注意力的作用，使得學習者能夠有效率地獲得訊息，則對於學習的表現應是有助益的。依據上述的研究目的，本研究的研究問題有：

1. 適性指標是否有助於提升學習的記憶表現？適性指標加上口語化解說是否更加有助提升學習的記憶表現？
2. 適性指標是否有助於減少視覺搜尋的時間？適性指標加上口語化解說是否更加有助於減少視覺搜尋的時間？
3. 適性指標是否能達到引導注意力的作用？適性指標加上口語化解說是否更加能夠達到引導注意力的作用？
4. 口語化的解說方式是否能夠減少對於幾何圖像中符號編碼的觀看？



1-4 研究範圍與限制

1. 研究範圍

本研究是以新竹市某國中之七年級學生為取樣對象。研究材料以課堂教學導向的幾何教學，為國中八年數學課程的「三角形內角」之例題講解，設計三種實驗教材（無適性指標+非口語化、有適性指標+非口語化、有適性指標+口語化），進行眼球運動的追蹤和學習的記憶測驗。

2. 研究限制

(1) 範圍的限制

本研究基於研究目的、人力和時間等因素，取樣對象為新竹市某國中的七年級學生，研究材料為數學幾何教材，為便於使用眼動追蹤儀當作研究工具，所設計的實驗材料也與真實的教學情境有些差別，教材呈現時間較短。因此研究結果欲推論到其他對象、地區、學習領域、教學情境，應審慎評估，不宜過度推論。

(2) 樣本的限制

為取樣的方便及減少原教學者與實驗教學者不同對學習者的影響，所選擇之樣本由本人任教的三個七年級班級徵求受試者。由於七年級學生的數學背景知識可能夠不足，國中的幾何內容在七年級並無相關課程的設計，因此實驗材料的選擇會受到限制。由於國中的課程進度緊湊，實驗進行時間須不能影響正常的國中課程。再者，本實驗必須在實驗室進行，無法在原班級的課堂教學。因此，國中生要離開校園進行實驗，必須事先徵求學生家長、導師、任課老師的同意，學生安全、交通問題、學校排課等須詳加考量安排。由於以上的種種因素，使得本研究無法大量取樣，僅能採取方便樣本，對於其他學生的可能情形無法實驗觀察，所知有限，因此不宜過度推論到其他年級和地區的學生。

(3) 工具的限制

本實驗使用的眼動追蹤系統來測驗受試者的眼球運動情形，並且在眼動實驗室進行實驗。眼動追蹤系統的螢幕顯示器約 17 吋，當受試者與螢幕的距離約 60 公分，整個螢幕所產生的視角範圍約 40°。然而在實際教室環境中，學生的位置不同，所觀看的視角範圍也不盡相同。再者，受試者對於實驗室的環境的感受：陌生、新奇…等，還有實驗的進行方式，每次僅一位受試者單獨實驗，與課堂教學環境中同儕一起學習，情境相差很多。種種因素，可能使得受試者的表現與實際教室環境中的表現是有差異的

受到眼動儀器偵測範圍的影響，受試者的姿勢會有一些限制。在課堂教學時，學生能夠以各種輕鬆的姿勢聽課，然而進行眼動實驗時，學生頭部必須盡量保持固定，眼動追蹤系統才能準確且穩定地記錄到資料。因此學生會較易感到疲累，也會有忍不住動來動去的情形，會對眼動資料的擷取產生些微的影響。再者，約有 10~20% 的受試者會產生無法追蹤到眼球移動的情況 (Jacob & Karn, 2003)，例如：受試者的眼睛太小、睫毛太長，金屬眼鏡框的反光、斜視…等因素。然而台灣學生近視比例高，個人眼睛狀況不同，因此取樣時較難排除這些受試者，僅能在實驗之後刪去眼動資料品質不佳的受試者之資料。

在課堂教學的情境中，教師會針對學生的即時反應，調整不同的教學節奏，呈現不同的訊息。但本研究為了便於使用眼動追蹤系統進行實驗和資料分析，事先將所設計好的教材錄製好，因此師生之間的互動性也會受到一些限制。

1-5 名詞解釋

1. 眼動追蹤系統 (Eye-tracker)

眼動追蹤系統是一種能夠偵測人類眼動凝視位置、停留時間和視線軌跡的儀器。此技術能夠提供自然且直接的方式來觀察眼睛的行為（李培榮，2008），並且在擷取資料的時間點和空間性較其它研究技術來得精細（柯華葳等，2005），隨著其測量方法和技術的改良，使得此技術應用在各領域的研究上，也逐漸蓬勃發展起來（Rayner, 1998）。

2. 適性指標 (Adaptive Pointer)

適性指標是指是一種視覺物件，此物件具有協助「視覺搜尋」以及「引導注意力」的特性，並且在呈現過程中，演講者能彈性地以互動方式操控此物件。互動的方式，包含利用隱藏轉變成顯示、由顯示轉變成隱藏、改變顏色、改變大小、改變形狀或是移動位置等。

狹義的適性指標是內容之外的輔助符號，用以凸顯物件、或建立物件之間的關聯、或凸顯主要訊息之間的關係。廣義的適性指標包含訊息的結構化、視覺化、內容本身的凸顯以及附加的輔助元件。

從使用的角度來看，適性指標有三個主要的用途：吸引注意力、協助選取相關的圖文碼、協助組織相關的圖文碼。適性指標能夠增進訊息的易得性，減少不必要的編碼與解碼，降低外在的認知負荷，並且協助訊息之間關聯性的建立。

本研究所使用的教材內容為「三角形內角問題」，教材設計中所使用到的「適性指標」之呈現方式，依其視覺特徵分類，主要包含「標記」、「強調」、「淡出」、「出現」、「閃動」和「消失」。其中，標記、強調、出現、閃動，都可達到吸引注意力的作用，並且配合解說的過程適時地展現，以協助訊息的處理；而淡出和消失的作用主要在於讓舊訊息消失或是淡化，不被這些舊訊息所干擾，也有助於其他訊息的處理。

3. 口語化解說 (Oral Elaboration)

口語化的解說是指除了以對話的方式 (conversational style) 來解說教學內容，符合多媒體學習的個人化原則 (Personalization Principle)，並且在數學教學上，以凸顯的視覺特徵取代以英文符號編碼來解說幾何圖像。以下圖 2 的三角形為例，口語化的解說為「紅色三角形」，而非口語化的解說為「三角形 ABC」。

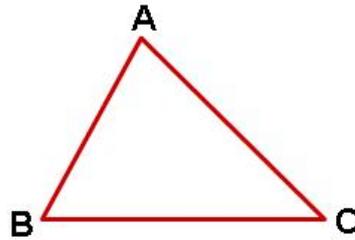


圖 2 口語化解說之例子

在本研究中所使用的口語化解說，主要是針對角和三角形這兩個幾何物件，運用不同色相凸顯並出現角的標記和三角形，如此就能以凸顯的視覺特徵來取代這兩個幾何物件的英文編碼之解說方式，讓學習者能夠聽到訊息後，更快也找到目標物，減少對於編碼的處理，則能夠有更多的資源進行其他的處理。

4. 引導注意力 (Attention Guiding)

引導注意力是指教學者利用「視覺引導」和「聽覺引導」的方式，減低學習者的認知負荷，並且協助在選取、組織和整合訊息上的處理。視覺的引導包含利用具有突出 (salience) 特徵的視覺物件，在感知面向產生對比的作用，能夠減少視覺搜尋和補捉視覺的注意力 (Pashler, 1998)，產生由下而上的注意力處理；聽覺引導是指利用教學的解說內容傳遞聽覺的訊息，引發聽覺的注意，產生由上而下的注意力處理，協助學習者將注意力停留在訊息上，產生更進一步的處理。

本研究中所使用的視覺引導為適性指標的設計，聽覺引導為口語化的解說。適性指標會配合解說的過程和教學的步調，讓教學能夠適時地加以呈現和掌控，並且運用感知產生「對比」的設計吸引學習者看到目標物，產生自動的注意力處理。口語化解說能夠達到減少編碼的處理，減低工作記憶的負荷，並且配合解說的過程和適時地呈現相關訊息，引導學習者注意力於這些訊息上，產生控制的注意力處理，以協助學習者能夠建立這些訊息的關聯，有助於訊息的組織和整合。

在本研究中是利用眼動追蹤系統來評估教學設計對於引導注意力的作用。在某個目標區中若有較多的注意力分佈 (凝視的比例愈高)，表示有較多的處理，分

散注意力的情況也能減少，則可認為引導注意力的作用愈佳。

5. 視覺搜尋 (Visual Searching)

視覺搜尋是指受試者開始搜尋目標物，直到看到目標物後並且停下來處理的過程。如果目標物能夠具有較引人注意的特質，則視覺搜尋的時間會愈快速 (Jacob & Karn, 2003)。一般而言，從試驗的開始到目標區產生第一次凝視的這段期間，稱為首視點時間，可當作搜尋效率的重要指標。

本研究是使用適性指標以凸顯目標物，並且將不相關的干擾訊息給予消失或是淡出，以幫助學習者能夠更快地找到目標。以眼動追蹤系統來搜集在目標區的首視點時間，如果產生首視點時間愈短，則表示視覺搜尋愈快速。

6. 符號編碼 (Symbol Encoding)

符號編碼是指在教學的解說過程或是文字呈現時，利用英文字母或是其他的符號，以排列組合的方式形成一個專有名詞，以便於指出某個幾何物件，是幾何教學上常用的表示方式。例如： \overline{AB} (唸：直線 AB) 來表示直線、 $\angle BAC$ (唸：角 BAC) 或 $\angle A$ (唸：角 A) 來表示角、 $\triangle ABC$ (唸：三角形 ABC) 來表示三角形…

第二章 文獻探討

本研究的目的是探討不同的教學設計對於學習過程的記憶表現和眼球移動的影響。在課堂教學的環境下，學習者必須一邊觀看所呈現的教材，一邊聆聽教學者的解說來進行學習，視覺呈現和聽覺解說都是影響學習表現的因素。本研究利用 PowerPoint 和 AMA 系統來設計教材，採圖文兼用的呈現方式，屬於多媒體學習的一種，並且操控視覺引導和聽覺引導，希望了解學習過程的注意力分佈和視覺搜尋的情況，因此利用眼動追蹤技術來測量受試者的眼球移動。以下就針對多媒體學習、注意力和眼動追蹤技術等相關理論進行探討。

2-1 多媒體學習理論

多媒體學習 (multimedia learning) 是指「文」與「圖」兼用的學習方式，包含以語言文字型態呈現的印刷文字 (printed text) 與口述文字 (spoken text)，以及圖像型態呈現的插圖 (illustrations)、圖片 (graphics)、照片 (photos)、地圖 (maps)、動畫 (animation) 和錄影 (video) 等 (R. E. Mayer, 2005) ... 因此，在課堂進行數學教學，亦是運用「文」和「圖」來協助學生學習，屬於多媒體學習的一種。以下分別就多媒體的認知理論、教材設計原則和適性指標的設計原則加以說明。

2-1-1 多媒體學習的認知理論

Mayer (2001) 與多位學者以 Paivio 的雙碼理論 (Dual-Coding Theory) 為基礎提出多媒體學習的認知理論，來說明在多媒體學習時，人類的認知系統如何分配與處理多媒體訊息。多媒體學習的認知理論有三個重要的認知假設：「雙通道假設」 (Dual-Channel Assumption)、「有限容量假設」 (Limited-Capacity Assumption) 和「主動處理假設」 (Active-Processing Assumption)，如下頁表 2 所示。

表 1 多媒體學習認知理論的假設

假設	解釋	相關文獻
雙通道	人類擁有處理視覺訊息和聽覺訊息的兩個獨立通道	Paivio(1986), Baddeley(1986, 1999)
有限制的容量	每一個通道中，一次所能處理的訊息量是有限的	Baddeley(1986, 1999), Chandler & Sweller(1991)
主動處理	學習者會透過注意進入的相關訊息、組織所選擇的訊息成為一致的心智表徵，並且把其他的知識和心智表徵整合一起，產生主動學習的過程	Mayer(2001), Wittrock(1989)

資料來源：引自 Mayer, 2005, p34

在多媒體學習的認知理論模型中，Mayer (2001) 綜合了 Baddeley 的視覺空間初步加工系統 (visuospatial sketchpad) 與語音迴路 (articulatory/phonological loop) 的分類，以及 Paivio 的語文 (verbal) 與非語文 (nonverbal) 系統的分類，提出多媒體學習理論的二個通道：視覺／圖像模型 (visual/pictorial) 通道與聽覺／語文模型 (auditory/verbal) 通道。

多媒體學習的核心工作在於「工作記憶」(working memory) 中的處理 (R. E. Mayer, 2001, 2005)。由於各通道中同時能夠處理的訊息量是有限的，因此處理訊息時必須考量不能超過工作記憶容量的負荷，此與 Sweller 認知負荷理論的主張不謀而合。

在主動意識的情況下，在工作記憶中可短暫保留已登錄的訊息和進行知識操作的處理。主動處理的歷程包含三個階段：「選擇相關訊息」、「組織已選擇的訊息」和「將新訊息與先備知識整合」(R. E. Mayer, 2001, 2005)。學習者注意到多媒體訊息中的相關詞語和圖像，然後將訊息編錄在感覺記憶中，形成視覺表徵和聽覺表徵，再選取訊息進入工作記憶區中；學習者進一步對於工作記憶區中的訊息進行組織，建立內在關聯和一致的知識表徵，然後形成語文模型和圖像模型；最後，學習者將語文模型和圖像模型與長期記憶中的相關先備知識形成外在關聯，並且加以整合，讓訊息得以產生意義、形成知識。

多媒體學習的認知理論認為，訊息的形式不同，其認知處理歷程也不同。在

一般課堂的幾何教學，教學者配合幾何圖形進行講述，並且適時把重要的式子和文字列出來。依多媒體理論的學習模型，當教學者對幾何圖形進行解說時，解說的聲音訊息會由耳朵進入聽覺管道，然後建立語言模型；而幾何圖片的呈現會由眼睛進入視覺管道，建立圖像模型，然後整合先備知識達到學習，如圖 3 所示。由於兩者是在不同管道間處理，並不會造成任何認知處理過程超過容量限制，因此能達到好的學習效果 (R. E. Mayer, 2005)。

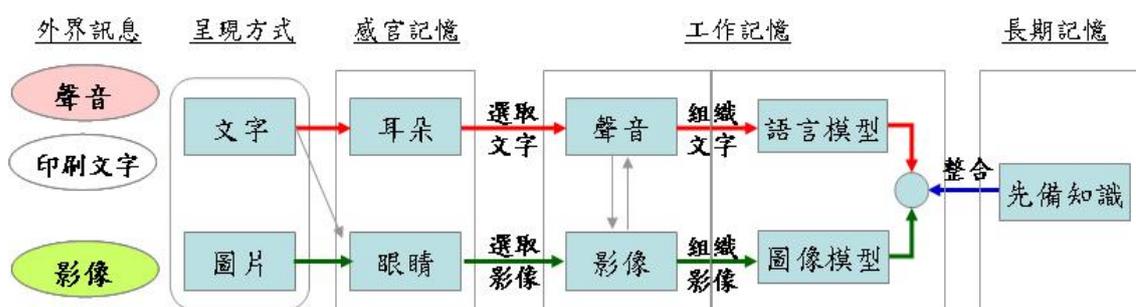


圖 3 聲音和圖片的認知處理模型
資料來源：修改自 Mayer, 2005

然而在解說的同時，教學者也會呈現重要的式子和文字，並且針對文字內容加以解釋。依多媒體理論的學習模型，此時的認知運作方式如下頁圖 4 所示。雖然聲音和印刷文字是從不同的感官通道進入，但是組織訊息時會同時進入語言處理模型，可能會造成工作記憶的處理超過容量限制，因此會影響學習的效果 (R. E. Mayer, 2005)。但是，在實際課堂教學，這樣的情況是很難避免的，而且，Mayer 的理論研究是以學生為導向之自學式多媒體教材為主，並沒有針對課堂教學引導學習之教材進行研究。而課堂教學時，印刷文字和解說內容並非一模一樣，聲音解說的口述文字會比書寫的文字多很多，因此不能就此草率否認聲音和印刷文字同時呈現的設計方式。為避免「同時」在工作記憶中對不同來源的訊息進行組織處理，而造成處理容量超過負荷的情況，教學者可利用「依序」出現的方式，讓印刷文字和聲音的解說之間有些微時間差異，學習者能夠有充份時間看完印刷文字，然後專心聆聽解說；或是充分解說完畢之後，再呈現印刷文字。

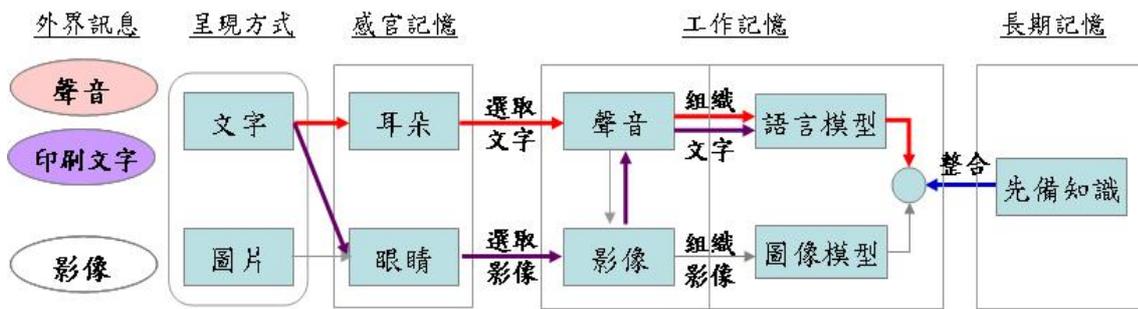


圖 4 聲音和印刷文字的認知處理模型
 資料來源：修改自 Mayer, 2005

另一種情況是印刷文字和幾何圖片同時呈現的情況，如圖 5 所示。兩種訊息會同時眼睛進入，在選取影像的過程，受試者的眼睛必須在兩種訊息之間來來回回地移動，也會佔用較高的處理資源在選取訊息上。因此，若此兩種訊息在空間上的位置能夠更接近地整合一起，則能夠改善此問題 (R. E. Mayer, 2005)。

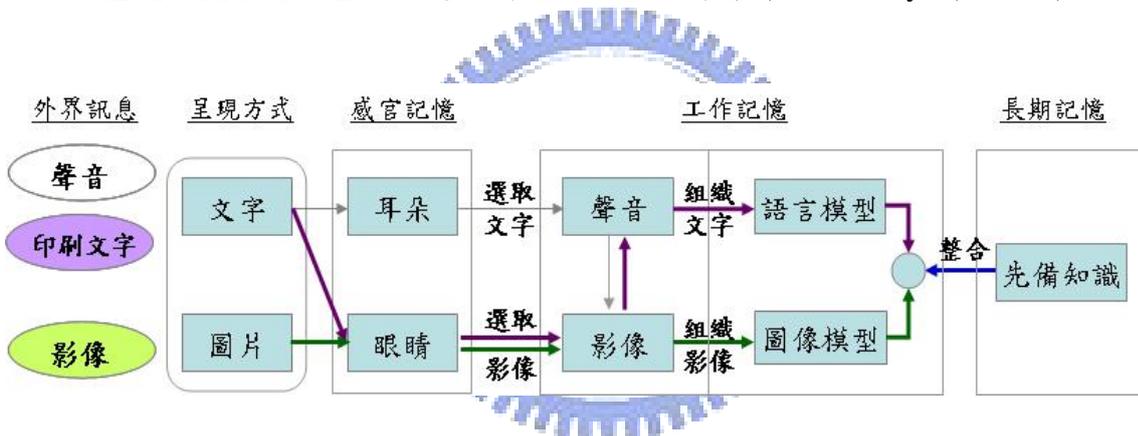


圖 5 印刷文字和圖片的認知處理模型
 資料來源：修改自 Mayer, 2005

2-1-2 多媒體教材的設計原則

Mayer (2009) 根據多媒體學習的認知理論和 Sweller 的認知負荷理論，認為在學習的過程中有三種認知的處理方式：外在的 (extraneous) 認知處理、本體的 (essential) 認知處理和衍生 (generative) 的認知處理 (R. E. Mayer, 2009)。

外在的認知處理，Sweller 稱為外在認知負荷，是指在教學目標之外，受到教學設計所引起的認知處理；本體的認知處理，Sweller 稱為內在 (intrinsic) 認知負荷，是指在訊息選取的處理時，將教材本身描繪到工作記憶中所產生的處理過程，會受到教材本身的複雜性所影響；衍生的認知處理，Sweller 稱為增生 (germane) 認知負荷，是指在組織和整合訊息的處理時，為了讓學習者更能知覺教材本身的意義，因而藉由提高學習動機的方式所產生的認知處理。

Mayer 和多位學者經過多實驗研究，提出十二個多媒體學習的設計原則 (R. E. Mayer, 2009)，可作為教材設計的重要參考。依認知處理的方式，分為五個可以減低外在處理的設計原則：連貫原則 (Coherence Principle)、信號原則 (Signaling Principle)、累贅原則 (Redundancy Principle)、空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle) 和時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)；三個管理本體處理的設計原則：分割原則 (Segmenting Principle)、事先訓練原則 (Pre-training Principle) 和形式原則 (Modality Principle)；還有四個增加衍生處理的設計原則：多媒體原則 (Multimedia Principle)、個人化原則 (Personalization Principle)、聲音原則 (Voice Principle)、圖像原則 (Image Principle)。如下頁表 3 所示。

表 2 多媒體的設計原則

	設計原則	說明
減低外在的處理	連貫原則 Coherence Principle	與主題「不相關」的文字、圖像或聲音若能加以排除，學習效果較好
	信號原則 Signaling Principle	多媒體教材，若含有可強調教材內容組織結構與重點的「提示」(cues)，學習效果較好
	累贅原則 Redundancy Principle	學習者從具有「動畫與口述文字」的教材比具有動畫、口述文字與字幕的教材能得到更好的學習效果
	空間接近原則 Spatial Contiguity Principle	相關文字與圖像在畫面中「位置接近」會比位置遠離的學習效果好
	時間接近原則 Temporal Contiguity Principle	相關的文字與圖像「同時呈現」比接續呈現的效果好
管理本體的處理	分割原則 Segmentation Principle	當多媒體教材被分割成數個小「片段」，並且能讓使用者自己控制片段的呈現，會比連續播放的方式，學習效果較佳
	事先訓練原則 Pre-training Principle	學習者若能夠事先知道主要概念的名字和特徵，學習效果較佳
	形式原則 Modality Principle	文字訊息以「口述文字」的方式呈現會比印刷文字有更好的效果

表 3 多媒體的設計原則（續）

	設計原則	說明
增加 衍生 處理	多媒體原則 Multimedia Principle	教材設計採用「文字」與「圖像」並用的學習效果會比僅採用文字好
	個人化原則 Personalization Principle	教材的用語採「對話式」方式會比採用形式化的方式，得到更好的學習效果。
	聲音原則 Voice Principle	講述的聲音採用「人聲」的方式會比機器音的方式，學習者能夠學得更好
	圖像原則 Image Principle	當螢幕上有出現演講者的圖像時，並不必然會得到較好的學習效果

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2009

每個多媒體設計原則會受到學習者本身和教材本身情況的因素，而會有不同程度的設計效果，這些因素包含：個別差異情況（Individual Differences Condition），以及複雜性和步調情況（Complexity and Pacing Conditions）。在學習多媒體的課程時，對於低知識（low-knowledge）的學習者會比高知識（high-knowledge）的學習者，有較強的設計效應；而教材的情況因素方面，具有較高複雜度（high-complexity）的內容會比低複雜度（low-complexity）的內容，會有較強的設計效應，而快步調（fast-paced）的呈現教材會比慢步調（slow-paced）的顯示方式，得到較強的設計效應。

在多媒體學習的研究上，涉及在數學方面的研究相對較少，尤其是幾何問題（R. E. Mayer, 2005）。雖然 Mayer 的多媒體實驗並非屬於數學的教材，但是其中的多媒體原則、空間接近原則、形式原則、多餘原則…等也適用在數學的教材設計。然而關於個別差異情況的方面，兩者的結果有部分不同：數學的多媒體學習研究認為「高成就」（high-achieving）的學習者設計效應較高，一般的多媒體研究認為是「低知識」的學習者設計效應較好。

數學多媒體學習之教學設計的相關研究結果，整理如下頁表 4 所示。

表 3 數學多媒體在教學上的設計原則

類別	設計原則	與 Mayer 的一般多媒體設計原則之關係
靜態圖 + 印刷文字	靜態圖和相關的文字應的位置應整合一起 (Sweller, Chandler, Tierney, & Cooper, 1990; Tarmizi & Sweller, 1988)	與空間接近原則一致
靜態圖 + 口述文字	應結合靜態圖和口述文字的教材設計方式 (Mousavi, Low, & Sweller, 1995)	與形式原則一致
	靜態圖和口述文字結合時，不要呈現相同的印刷文字 (Mousavi et al., 1995)	與累贅原則相容
	對於複雜的圖形材料，應使用信號配合口述文字，來指引學習者的視覺搜尋 (Jeung, Chandler, & Sweller, 1997)	符合信號原則
動態圖 + 印刷文字	動畫 (animation) 加上敘述 (narration) 的文字，會比只有敘述文字時為佳 (Roxana Moreno & Mayer, 1999; Nathan, Kintsch, & Young, 1992)	與多媒體原則有相關
	動畫對於高成就 (high-achieving) 和高空間能力 (high spatial-ability) 的學習者較有益 (Roxana Moreno & Mayer, 1999)	部分符合個別差異情況
動態圖 + 口述文字	應結合動態圖和口述文字的教材設計方式 (R. K. Atkinson, 2002; Craig, Gholson, & Driscoll, 2002)	與形式原則一致
	動畫播放時，應使用人聲而非機器音來講述 (R. K. Atkinson, 2002; Craig et al., 2002)	符合聲音原則

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2005

本研究所關注的適性指標設計，與多媒體設計原則的「信號原則」(Signaling Principle) 有密切相關；而口語化的解說方式，則與多媒體設計中的「個人化原則」(Personalization Principle) 有部分相似之處。以下針對此兩個多媒體設計原則加以說明。

1. 信號原則 (Signaling Principle)

Mautone 與 Mayer (2001) 年發表多媒體設計的信號原則，主要利用強調教材內容組織結構與重點的提示的信號，來協助學習者處理教材。信號原則的使用方式，包含在口語中「加強重音」提醒關鍵字、使用「箭號」指示注意動畫中的某個影像、添加「綱要」或「標題」以協助組織文字、利用「底線」和「粗體字」來凸顯重要訊息、藉由添加「圖地」顯現已呈現的部分來協助組織影像。

Mayer (2009) 進一步依據不同素材的使用方式，將信號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 (R. E. Mayer, 2009)，整理如表 5 所示。

表 4 信號原則的使用方式

分類	特徵	使用方式
語言信號 Verbal Signaling	大綱 Outline	在課程開始解說之前，就先把大綱呈現出來
	標題 Heading	在每一節開始加入標題，此標題是與大綱息息相關的
	強調聲音 Vocal emphasis	以更大的音量或是更慢的速度念出關鍵字
	指標字 Pointer words	在文中加下指標字，如：首先…第二…第三…
視覺信號 Visual Signaling	箭頭 Arows	以箭頭指出圖像的重要部位
	特殊顏色 Distinctive colors	用特別顯目的顏色來強調圖像的概念
	閃爍 Flashing	用閃爍的方式顯示圖像的特定元件
	指示手勢 Pointing gestures	是一種螢幕上的機制，可指出圖像的某個部分
	淡化 Graying out	將圖像中其餘部位淡化，以讓正在描述的成分能夠獲得更多的重視

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2009

信號原則包含聲音、文字、符號的使用，目的是為了能讓相關的訊息更加地凸顯。但是，使用過多的信號反而會增加學習者的困惑感，反而不能達到引導注意力，因此應該更加審慎地運用信號才是 (Stull & Mayer, 2007)。信號原則的作用不僅能夠對訊息的視覺表徵產生知覺 (Schnotz, 2002)，並且能夠釋放出更多的認知資源來建構內部的心智模型，產生學習的基模 (schema)，因此有助於提升學習者的了解程度 (R. E. Mayer, 2005)。適性指標不但運用多媒體理論的信號原則之特性，能夠強調教材內容的結構和提示重點，並且特別針對教學者引導學習的教學環境衍生更多的應用方法，茲於下一小節詳加說明。

2. 個人化原則 (Personalization Principle)

個人化原則是 Mayer 在以電腦為介面的學習環境，考量社交因素會影響學習者的動機，能夠增進認知的處理，進而提出的設計原則之一。此原則認為教材的用語採用「對話式」(conversational style) 的方式會比採用「形式化」(formal style) 的方式得到更好的學習效果 (R. E. Mayer, 2001, 2005, 2009; Mayer, Fennell, Farmer, & Campbell, 2004; Moreno & Mayer, 2000, 2004)！多媒體學習的設計研究認為，產生對話式的講述用語可利用以下兩個方式：

- (1) 使用第一、二人稱，而非使用第三人稱的架構。
- (2) 教學者在解說中增加一些句子，達到直接和學習者對話的作用 (R. E. Mayer, 2005)。

本研究所使用的「口語化」解說方式 (oral elaboration)，亦是關注在聲音的講述上，符合個人化原則的精神，採用對話式的解說方式。然而在幾何教學上與一般多媒體教學的教材不同在於，在教學的解說中，常用編碼來提示幾何物件和描述幾何物件之間的關係。例如：幾何圖形的每個點通常會有一個英文字母來代表之，就會利用英文符號編碼來解說某個幾何物件。若是所設計的教材中含有適性指標，就可利用所凸顯的特徵來對目標幾何物件進行解說，避免使用英文符號編碼來解說的情況。

聽覺的引導大多屬於自主控制的注意力處理，聽學習者聽到英文字母時，也不免會去搜尋這些英文符號，但是目標物是幾何物件而非英文符號，因此就可能產生多餘的處理，增加視覺搜尋的時間，造成學習的干擾。所以，本研究針對這樣的假設計設計實驗，以了解「口語化」的解說方式，對眼球移動和記憶表現的影響情形。

2-1-3 適性指標的設計原則

在課堂教學的環境中，教師需要適時、明確地提供訊息，因此如何安排訊息、如何引導訊息、排除雜訊、及降低搜尋的困難度，協助訊息的選取、組織、整合訊息，進而引導先備知識的整合，是所有的多媒體教學設計的學者所要解決的問題。因此，交通大學陳明璋博士的研究團隊提出適性指標（Adaptive Pointer）的概念，作為課堂教學環境時，多媒體學習認知引導的機制。一般的自學式多媒體學習是以學習者為導向，而課堂中的多媒體學習是以教師者引導學習，兩者的教材特質有些不同，說明如表 6 所示。

表 5 學習者導向/教學者引導學習之媒體教材特質比較分析

導向	學習者為導向	教學者引導學習
地點	單一電腦、軟體/網頁	教室大銀幕
對象	個別學生	全班同學
教材特性	教材能與學生互動；教學流程規劃清楚；動態呈現，適性化不易	呈現模式簡單、設計簡單；教師主導呈現的順序和詮釋；詮釋可即時、有彈性且多元
互動特性	個別性互動，學習者依個人特性啟動學習內涵	教師主導，同時與學生互動，教師須同時兼顧全班的整體性和個別性
呈現模式	文字、圖像、動畫、聲音、軟體模擬、軟體操作	文字、圖像、動畫、聲音、軟體模擬、軟體操作、肢體語言
	自我/系統掌控式視覺呈現	系統/教師掌控式視覺呈現
	以文字、圖像為主，語言為輔	文字圖像和語音同等重要
教材設計考量因素	學習者的個別性	整體性、同步性
	學習能力、空間能力、性別差異、感官型態、認知型態、先備知識	
教材設計成本	成本高、修改不易	成本低、修改容易

資料來源：陳明璋，2005

針對課堂教學的學習環境，邱建偉（2005）探討數學簡報系統視覺及互動設計的基本原則，考量學習者的視覺、教材的內容、課堂上的應用，讓學習者的認知負荷不超過工作記憶容量，對教材作有效地動態呈現，並且提出了九個基本原則，如表 7 所示。

表 6 數學簡報系統視覺及互動設計的基本原則

原則	說明
指標	靜態與動態指標、符號、圖示、語言，以避免重複搜尋訊息
層次	掌握訊息角色與呈現的比重，以呈現主題
群化/關聯	建立相關訊息視覺關聯
對比/比較/演化	相似性與差異性之呈現
步驟	概念分解或步驟化
動態/互動/隨意	依教學情境呈現教學內容，調整教學步調
結構	訊息結構化，有助於探索訊息，抽象概念的呈現
銜接/連貫/重整	導覽、銜接與重整的性質，可協助學生在偶爾無法跟上教師步調時，能夠重新審視先前內容
溝通性	教師、學生與教材三者可以溝通的環境

資料來源：邱建偉，2005

綜合指標、層次和群化/關聯等激發式動態呈現原則，陳明璋博士進一步提出適性指標的概念，認為適性指標是一種視覺物件，讓教學者在教學過程中，能夠適性地以互動的方式操控這些視覺物件，以達到「減少視覺搜尋」和「引導注意力」的作用。因此，適性指標就是吸引注意力的第一要件（陳明璋，2008）。

狹義的適性指標是內容之外的輔助符號，用以凸顯物件、或建立物件之間的關聯、或凸顯主要訊息間的關係。廣義的適性指標包含訊息的結構化、視覺化、內容本身的凸顯以及附加的輔助元件。以下針對課堂授之教學、適性指標的用途、視覺特徵、設計原則和應用加以說明。

1. 適性指標的用途

從使用的角度來看，適性指標有以下三個主要用途：

- (1) 吸引注意力。
- (2) 協助選取相關的圖文碼。可增進訊息的易得性，減少不必要的編碼（encoding）與解碼（decoding），降低外在的認知負荷。
- (3) 協助組織相關的圖文碼，建立訊息之間的關聯性。

2. 適性指標的視覺特徵

林煜庭（2007）認為視覺認知科學（Visual Cognition Theory）、認知神經學（Cognitive Neuroscience）、資訊視覺化（Information Visualization）等領域理論都支持適性指標的有效性，並且從中歸納出適性指標的四個視覺特徵：形狀（form）、顏色（color）、深度（depth）和運動（motion）視覺特徵。

適性指標的形狀特徵是指能夠讓目標物在方向、長度、寬度、大小、曲度、模糊度與干擾物有所區別的特徵，亦可利用外標記的方式，吸引觀看者的注意力；適性指標的顏色特徵是利用不同的「色相」（hue）和「色彩強度」（intensity）特徵，讓適性指標在畫面中達到強調的效果，因此愈易被偵測到；適性指標的深度特徵是透過「立體深度」（stereoscopic depth）或「凹凸感受」（convexity & concavity）的特徵，適時改變圖層的上下關係，增加語言描述的彈性，影響視覺搜尋效果；適性指標運動特徵是指利用突然出現（new object）、瞬變（transient）、接近（looming）、移動（new motion）、閃爍（flicker）等特徵，引發知覺系統產生注意。

其中形狀特徵、顏色特形和深度特徵大致與多媒體學習的「信號原則」有相關，然而適性指標的運用方式更加多元、應用更廣；除此之外適性指標與信號原則尚有一些不同之處，例如，適性指標具有運動的視覺特徵，這是信號原則相關研究上較無提及的部分；適性指標主要是視覺物件，並沒有考慮到聽覺的影響，但是加重語氣、提高音調的解說方式，都屬於信號原則運用的一種。

茲將適性指標的視覺特徵分類和說明，摘要整理如下頁表 8 所示。

表 7 適性指標的形狀特徵分類

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
1.5.1 FORM-Added marks-pointer、underline、enclosure-border、enclosure-interior	替目標物外加指標，如箭頭、底線、外框式 common region、底色質感式 common region
2.1.1 COLOR-Hue-[strategy：distinct hue、hidden distractors、pop-out target]	策略—目標與干擾區隔、隱藏干擾物、僅強調目標物
2.1.2 COLOR-Hue-[perception：unique hues、cross-cultural naming、focal colors、categorical colors]	知覺—純粹色相、顏色跨文化命名、焦點顏色、顏色類別
2.1.3 COLOR-Hue-[label：distinctness、chromatic simultaneous contrast、field size、color blindness]	標示—可區別性、色彩同時性對比、標識區域大小、色盲
2.2.1 COLOR-Intensity-[luminance、SBC、grouping]	亮度、SBC、色彩強度群化
3.1 DEPTH-Stereoscopic depth	目標物與干擾物之立體深度不同
3.2 DEPTH-Convexity & Concavity	目標物與干擾物之凹凸感受不同
4.1 MOTION-New object	目標物是突然出現的新物件
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：整理自林煜庭，2007

3. 適性指標的設計原則

適性指標主要是運用在課堂教學的環境中，利用 AMA 系統進行建構和設計，並且符合激發式動態教學 (Trigger-based Animated Instruction, TAI) 的設計原則，發展出七個設計原則 (林煜庭，2007)，說明如表 9 所示。

表 8 適性指標的七個設計原則

原 則	說 明
標示原始位置原則	(1) 適性指標之滑鼠啟動點應該在目標物所在位置 (2) 適性指標應該含有位置資訊，不論是「直接出現在目標物所在位置」或是「指出目標物的方位」 (3) 同一物件或物件之指標在不同頁面出現時位置要相同 (頁間定位)
特徵獨立原則	(1) 適性指標應盡量採用單一特徵的設計方式 (2) 適性指標應盡可能的與所有待搜尋物件沒有共同的視覺特徵，尤其不應具有干擾物的視覺特徵 (3) 適性指標應避免前一個用來標示干擾物的視覺特徵，用來標示現在要突顯的目標物
通道原則	當畫面中某一類型的視覺特徵通道非常擁擠時，我們在設計適性指標時應該考慮採用其他類型的視覺特徵
群化原則	(1) 目標物群化：可用來建立各個目標物的關聯性 (2) 干擾物群化：可以協助視覺搜尋作業，將干擾物以質感辨認的方式，整群加以忽略
明度差異原則	適性指標的設計必須考慮明度因素，目標物或是適性指標的明度與干擾物的明度差異越大，凸顯效果越好
引導原則	(1) 要同時考慮由上而下的「抑制性引導」(inhibitory guidance) 以及由下而上的「刺激性引導」(excitatory guidance) 兩項因素 (2) 一個有效的策略是「目標物由下而上激發，干擾物由上而下抑制」
觸發原則	要有觸發「新出現」(new object onset) 或是觸發「新移動」(new motion onset) 的機制

資料來源：整理自林煜庭，2007

4. 適性指標的應用

之前已提及以教學引導學習的課堂教學教材和以學生為主的多媒體學習教材有許多的不同處，因此，在教材設計上所面臨的問題也不盡相同。適性指標的設計，不僅符合多媒體的設計原則，並且能夠克服多媒體設計原則在課堂教學環境下無法解決的問題（林煜庭，2007）。適性指標和多媒體設計原則的關係，及應用方式，說明如表 10 所示。

表 9 課堂教學環境與適性指標

	教材設計問題	解決方法
適性指標與空間接近原則	<ol style="list-style-type: none"> (1) 圖像附近沒有足夠的空間容納所有的文字訊息 (2) 文字訊息影響圖像的辨認 (3) 兩個訊息在畫面中有距離，並且無法接近 	<p>適性指標具有可開可關的特性，教學者可依學習者的學習狀況，適時以適性指標「顯示文字訊息」，也可在不需時「隱藏文字訊息」，讓文字訊息呈現時所需要的總空間減少，並且可避免學習者在關注圖像時被文字訊息所干擾</p>
適性指標與時間接近原則	<p>需要互相比較之圖層位置重疊且無法分割，所造成無法同時表達兩個圖像觀念的困擾</p>	<p>利用適性指標的適性開關，以新出現物件來引導學習者看到目前教學者說明的物件，或是將不必要的訊息加以隱藏，使教材可在不同時間點呈現當下個別的狀態，亦可運用適性指標之透明度圖層來區隔兩種狀態，便於互相加以比較</p>
適性指標與累贅效應相關之原則	<p>印刷文字、口述文字同時出現會產生累贅效應 (Redundancy Effect)。與此相關的多媒體學習設計原則有連貫原則、形式原則、累贅原則和個別差異原則</p>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 適性指標的設計可以依據個別差異情況進行適當的回應，對於高先備知識的學習者可隱藏累贅的訊息，對於低先備知識的學習者則顯示必要的訊息 (2) 著重口述文字時，可以將文字訊息關閉，符合形式原則與累贅原則的精神 (3) 當學習者對保持口述文字的內容感到吃力時，可適時開啟文字訊息，讓視覺通道協助認知歷程的處理，充分發揮雙通道的效能

資料來源：整理自林煜庭，2007

2-2 注意力與多媒體學習

資訊傳遞給學習者的第一步，就是這些資訊要能被學生「注意」到，然後才有機會進一步被處理和學習，因此，本研究亦欲探究在學習的過程中，教學和教材之設計對於學習者注意力分佈的影響。以下就人類的注意力、視覺注意力、認知負荷和注意力的關係，還有多媒體學習在注意力方面的相關研究進行探討。

2-2-1 人類的注意力處理系統

人們所認為的注意力現象，有兩個主要的特徵：選擇性和容量限制（Pashler, 1998）。選擇性特徵觀點認為，有意識的感知通常是有選擇性的，而人們所能察覺的刺激只是很小的一部分；刺激對行為的衝擊也是選擇性的維持注意力，例如在走路、開車、打球…時，人的行為只是反應很小部分的感官刺激。由於人在同一時間可能執行的心智處理是有限的，因此心智會不斷地優先分配一些感官資訊，產生選擇性的注意力處理，造成對意識經驗和行為不同程度的影響。

注意力的理論的早期發展，Broadbent (1958) 提出著名的瓶頸概念，強調在同一個時間，人所可以處理的資訊相當有限。相對於瓶頸理論的觀點，有研究者提出，人可以透過練習的方式（見 Neisser, 1976）和環境的設計（見 Felming, 1987; Gangé et al., 1988），來提高同時注意好幾個東西的效率。

注意力在資訊處理的過程，扮演重要的角色。由於在環境中人所遭遇到的資訊非常多，而注意力會讓心智聚焦在一些刺激和任務上，影響認知決定該注意到那個資訊，因而研究者發展出注意力的認知資訊處理模型（Dodd & White, 1980）。資訊處理理論認為，注意力是由很多連續的步驟所組成的，有些步驟是下意識的，如感覺的輸入，有些步驟則是有意識的，如選擇性注意力。

依注意力的系統來看，人類有兩個分開的但是會互相影響的注意力系統：自動的（automatic）和自願的（voluntary）注意力系統，而不是單一的注意力系統（見 Posner & Friedrich, 1986）。Hillyard & Hansen (1986) 稱此兩種注意力系統為：自動的處理和控制的處理。注意力處理系統的特性，如下頁表 11 所示。

表 10 注意力的處理系統

	自動處理 (automatic process)	控制處理 (controlled process)
處理速度	快速的，經常在 1 秒內完成	較慢的，需要 1 秒或 2 秒以上才能完成
耗費之資源	需要少量的心力	耗費許多心力
意識	無法知覺或省察到心智的處理	能意識到心智的處理
資訊處理方式	平行地 (parallel) 處理	序列地 (serial) 處理

資料來源：整理自李玉琇、蔣文祁（譯），2005

教學的過程是包含這兩種注意力處理方式。教材中突然出現或是移動的物件，會吸引學習者的自動去觀看，屬於自動的注意力處理。教學者的口語引導，希望學習者主動去注意某個物件，屬於控制的注意力處理。控制的處理與個體的興趣和意向有關，當資源分配到特定的物件或位置，才能更進一步地進行分析處理 (Treisman & Gelade, 1980)，產生學習的活動。

2-2-2 視覺注意力與眼球移動

實驗心理學家 Treicher 在 1967 年透過大量的心理實驗證實，人類從外界獲得的資訊有 83% 是通過視覺，也就是說用視覺來傳遞資訊，是最容易且有效的方式。人看哪裡被假設為能夠指出認知過程的前端 (Just & Carpenter, 1976)。教學者操弄教材的呈現，常常希望引導學到「看」到那裡，因此，視覺注意力對於多媒體學習也是非常重要的。

回顧心理學上關於注意力和眼球運動的歷年研究，視覺注意力和眼球的移動有密切的關係 (Duchowski, 2003)。Von Helmholtz (1925) 假設視覺注意力是視力知覺不可或缺的機制，他主要關注在眼睛活動與空間的位置，即視覺注意在「那裡」(Where)；James (1981) 相信注意力可以是一個更隱藏的內部機制，類似於想像力、預感或想法，他關注在注意焦點有關的含意或期待，即與注意焦點有關的是「什麼」(What)；到了 1940 年代，Gibson 提出集中視覺注意力意圖的第三個因素——注意力變化的反應性質，此觀點是基於觀察者的先入之見或是態度，說明了「該做什麼」或「如何」反應行為；Yarbus (1967) 給受試者明確的圖像問題，測量受試者看此圖像時的眼睛活動，記錄的眼睛觀看圖像的連續圖樣，稱此圖樣為視線軌跡 (scanpath)；Posner 等人提出景像 (scene) 移動時注意力機制類似於聚光燈 (spotlight)，聚光燈的大小似乎被局限在視小窩的區域中，然而 Posner 等人也發現，注意力的方位並非總是與眼睛的活動有關；Treisman (1986) 提出視覺注意力的特徵整合理論 (Feature Integration Theory)，注意力像黏著劑 (glue) 一般的作用，可以把分散在特定位置中的特徵整合、連接起來；Kosslyn (1994) 提出注意力視窗 (window) 模型，相似於 Broadbent 的選擇過濾器 and Treisman 稀釋的過濾器理論，但是認為注意力視窗大小能夠因應情況而改變。

James 和 Von Helmholtz 注意力的觀點大致上符合視覺注意的中央小窩 (foveal) 和視小窩周邊 (parafoveal) 視覺的觀點 (Duchowski, 2003)。當影像的刺激發生時，我們可能考慮圖像中會吸引注意力的一些區域。這些區域可能最初是在視小窩周邊被察覺，透過視小窩的視覺，要求更進一步仔細的審查。出現在邊緣的影像，可能驅動注意力下一個該看到那裡，因此我們可確認是什麼被呈現在那些地點。

眼睛要看到某處的某個物件之注意力，稱為定向 (orientation) 注意力。定向注意力的處理系統，可能是屬於控制的注意力處理，也可能是自動的注意力處

理。例如，受到任務目標的影響而受試者引導其注意力，是意識所控制的，屬於控制的處理；被螢幕上出現相關元件所自動捕捉注意力，不是意識所控制，屬於自動的處理。Posner (1980) 則稱這兩種模式為內在的 (endogenous) 定向注意力和外在的 (exogenous) 定向注意力。

在教學過程中，這兩種的定向注意力常常是混合使用的，本研究的設計也是如此。例如：突然出現的標記，這樣的設計也是適性指標的一種，可吸引目光無意識地看到該物件，屬於外在的定向注意力；以口語引導學習者計算出某個角的度數，學習者必須目光必須尋找並且觀看相關的訊息，為意識所控制的，此時適性指標可達到協助選取和組織相關圖文碼，屬於內在的定向注意力。

突出 (salience) 是引起外在定向注意力的重要刺激特徵。Pashler (1998) 認為，突出的物件會在感知的面向產生局部的對比，例如：顏色、定向、移動，或突然出現…。適性指標的設計，亦是利用讓學習者在感知上產生局部對比的作用，因此，適性指標亦具備「突出」的特徵。

「突出」的特徵，有兩大作用，一是減少視覺搜尋的時間，另一個是幫助捕捉注意力，相關研究整理，如下頁表 12 所示。



表 11 「突出」特徵的作用

作用	說明	出處
減少 視覺搜尋	突出的物件有助於減少視覺搜尋的時間，讓人能夠很快地找到這些目標	Treisman & Gelade(1980)
	當受試者若知道突出的特徵與任務有關時，視覺搜尋會更有效率	Yantis & Egeth (1999)
捕捉注意力	顏色突出的元件，可觀察到自動的注意力捕捉機制	Turatto, Galfano, Gardini, & Mascetti (2004)
	突然出現的物件和移動的物件，可發現捕捉注意力的現象，並且會引起眼睛的移動。	Abrams & Christ(2003) ; Godijn & Theeuwes, (2002); Oonk & Abrams(1998)
	物件出現移動，會比出現刺激的特徵，更能有效捕捉注意力	Hillstrom & Chai(2006)

「突出」物件的研究結論是否能夠用輕易地在複雜的任務上，例如多媒體的學習，還有需要更多的考量，這方面在視覺注意力上的研究仍有很大的發展空間。然而，適性指標的設計不但具備有「突出」特徵的作用，並且所設計的「突出」特徵都是與當下的學習目標有關的，因此能夠達到減少視覺搜尋和捕捉注意力的作用。

2-2-3 認知負荷與注意力

注意力與認知有很重要的關係，因此教材設計必須考量認知負荷對學習的影響。在多媒體系統下學習時，學習者需要對分離的資訊片斷進行儲存、轉移、或評價 (Schroeder & Grabowski, 1995)。當把注意力分散到多重的訊息和資訊來源，會變得較沒有效率，成為引起認知超過負荷的一個因素。

Sweller (1998) 把認知負荷分為三種主要型式：內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)、外在認知負荷 (extraneous cognitive load)、增生認知負荷 (germane cognitive load)。

- (1) 內在認知負荷：受到教材的複雜度和項目的等級或成分的互動有關的認知負荷。學習者需要把一定數量的資訊單位放在工作記憶中，以便能對資訊進行理解處理，因此產生內在認知的負荷 (Pollock, Chandler, & Sweller, 2002)。
- (2) 外在認知負荷：是受到資訊的編排形式和呈現方法，還有教學活動所需的工作記憶所引起的認知負荷。
- (3) 增生認知負荷：由學習者努力去處理和理解教材，建構心智基模 (schemata) 所產生的認知負荷 (Gerjets & Scheiter, 2003; Renkl & Atkinson, 2003)。

因為人的工作記憶是有容量限制的，所以 Sweller (1998) 認為這三種認知負荷的總和不能夠超過工作記憶的容量，就會產生處理超載的狀況，因此會影響學習的表現。Sweller (2009) 進一步對認知負荷理論提出新的看法，認為內在的認知負荷和增生的認知負荷並非完全各自獨立的，而是有部分重疊的。

認知負荷理論 (Sweller, 1988; Sweller et al., 1998) 認為，可透過避免認知超過負荷、減低與學習無關的外在認知負荷，還有增加與學習有關的增生認知負荷，來克服這工作記憶容量是有限的限制。基於認知負荷理論，多媒體的教學設計原則可分為三類 (Brünken, Plass, & Leutner, 2003)：

- (1) 透過強化資訊整合和基模的建構，以減少外在負荷的原則：多媒體效應、分散注意力效應 (Split-attention Effect)、接近效應 (Contiguity

Effect)。

- (2) 與個別學習者能可獲得容量相關的原則：個體差異效應 (Individual Differences Effect)、專家反向效應 (Expertise Reversal Effect)。
- (3) 使得資訊處理時，可獲得容量能夠最佳化使用的相關原則：形式效應，多餘效應、連貫原則。

不同來源的資訊，若是以分開的形式呈現，學習者必需對這些分開的資訊進行心智整合時，會產生分散注意力效應，讓外在的認知負荷增高。處理多餘 (redundant) 的資訊時，也會產生外在認知負荷的提高 (Sweller, 1994)。設計教材時，應注意避免增加外在認知負荷的情形。此外，認知負荷理論認為建構認知的基模，有助於增加增生的認知負荷。問題情況的變化性，或任務的面向，如任務呈現的方式、特徵的突出、任務所表現的脈絡，可能會加增生認知負荷，並且改善基模的建構 (Quilici & Mayer, 1996)。

結合降低外在認知負荷和增加增生認知負荷的教學方法，會在轉換測驗 (transfer test) 上會有較好的表現 (van Merriënboer, Schuurman, de Croock, & Paas, 2002)。降低外在認知負荷所釋放出來的認知資源，可產生解答或歸納的認知基模。因此，把注意力從外在認知負荷引導到增生的認知處理時，會改善訓練效率，對於認知負荷和學習表現，會有正向的影響。

2-2-4 注意力與多媒體學習

分散注意力和選擇性注意力是在多媒體學習上較常被探討的主題，教材的設計編排和呈現方式也會影響注意力，還有多媒體研究中如何測量注意力，進一步說明如下。

1. 分散注意力效應 (Split-attention Effect)

依據認知負荷理論的觀點，傳統上很多涉及外部認知活動的教學形式，其實是無效的，反而造成學習的干擾。不當的教學設計，會產生不適合的認知活動，造成分散注意力效應。學習者在理解教學教材之前，若被迫把注意力分散到不同來源的資訊之間，並且需要費心地整合這些資訊，才能讓教材產生意義，造成大量的外部認知負荷 (Sweller, 1994)，因而產生分散注意力的效應。

欲減低分散注意力的效應，對於不同來源的資訊常的處理，教材設計研究上常使用的方式：

(1) 空間上的編排

相關的文字或圖表編排上能夠靠近或接近，可以減少注意力在不同資訊間來來回回，有助於讓相關的資訊同時被注意到，因此可減少分散注意力的現象 (Chandler & Sweller, 1992; Yeung, 1999)。與多媒體設計空間接近原則一致。本研究所設計的教材亦使用這樣的方式，把相關的文字和圖接近編排，以期達到減少分散注意力的作用。

但是也有學者提到，這樣的編排方式，並非對於所有的教學情況都有用，還需要考量學習者的專業程度和經驗等級，還有學習任務的目標 (Yeung, 1999)。因此，本研究所選取的受試者為相同年級 (七年級)、相同任課教師，而學習的任務也相同 (記憶)，並且在實驗前對每位受試者復習相關的概念，以期達到先備知識接近的情況，以期能學習者經驗等級對於分散注意力效應的影響，降到最低。

(2) 呈現形式 (modality) 的編排

在多媒體學習的環境時，文字和圖片以不同的形式呈現時，可避免分散注

意力的產生，因此學習效果會較好。然而聽覺文字的呈現並非總是優於均等的視覺為基的呈現。當處理超過工作記憶的容量時，聽覺的文字未必有效。例如，聽覺的文字太長或是太複雜，以致於工作記憶超過負荷，在此情況，視覺的文字編排可能較有效 (Jeung et al., 1997)，與多媒體設計的「形式原則」一致。

當圖片和文字同時以視覺呈現時，會產生分散注意力的效應，並且可能造成視覺工作記憶超過負荷，因此並沒有足夠的資源去建立文字和圖片的連結，導致一致 (coherent) 心智模型建構的減少，造成學習者的學習表現較差 (R. E. Mayer & Moreno, 1998)。用視覺的方式呈現幾何圖表，並且結合聽覺的陳述，會比傳統只有視覺呈現的教材，更有助於學習 (Mousavi et al., 1995)。

一般的課堂教學，教學者呈現圖表並且用口頭講述說明，即是以不同形式呈現，本研究所使用的幾何教材，也是採取口頭講述搭配呈現的圖表和文字，達到以不同呈現形式的編排，是有助於減低分散注意力的設計方式。

(3) 顏色的編排

顏色編碼技巧也有助於減少分散注意力的問題 (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999)。但是若同時使用太多的顏色，會增加工作記憶的負荷，因而減低顏色編碼的正向效應，圖像設計者最好不要同時使用超過 5 個顏色 (見 Marcus, 1991)。本研究所使用之實驗教材使用之顏色為黑色、紅色、藍色、綠色，並且保持同時呈現時，不超過 4 個顏色。

2. 選擇性注意力

選擇性注意力是指有意地把意識集中在某個資訊列上，而刻意忽略或阻礙其他進來的資訊。人類通常會傾向選擇有物理特徵的資訊 (如顏色或移動)，還有新奇的或獨一無二的資訊 (Dodd & White, 1980)。人類在對於資訊的學習時，重要的資訊會比不重要的資訊，更能立即地被學習，因此增加學習重要概念的資訊，可產生額外的注意力分配 (Shirey & Reynolds, 1988)。把三個或四個資訊組成一組資訊塊 (chunk)，在畫面中依序地呈現一系列的資訊塊，這樣的視覺群體策略的效應，會影響動畫和靜態圖時的選擇性注意力 (Rieber, 1991)。這樣的方式與多媒體設計的分割原則類似。

影響選擇性注意力的因素有 (見 Anderson, 1980)：

(1) 訊息輸入的強度 (由下而上的處理)。

(2) 學習者先備知識所產生的期望 (由上而下的處理)。

本研究的實驗材料在設計上，主要是利用資訊的物理特徵，如：顏色、出現、標記、淡出等，再加上教學者聲音的導引，來吸引學習者的選擇性注意力，幫助學習者忽略其他干擾的訊息。

3. 教材設計與注意力

注意力也會受教材的設計和呈現所影響 (見 Johnstone & Percival, 1976)，以下針對教材的設計元件、編排方式、呈現方式和還有教學環境對注意力影響之相關研究，說明如下。

(1) 聲音

在多媒體的教學時，聲音的放置和目的是要影響資訊的運送 (Mann, 1995a)。不當的聲音設計，反而會讓使用者的注意力從困難或不熟悉的任務，被分散出來。例如：聲音的提示在教育技術上，是一個使用聲音的有效方法。然而，學習者因為需要把注意力切換到突然出現的宣告上，造成需要更多感官的處理，可能產生認知的負荷，此訊息反而變成是多餘的 (Jaspers, 1991)。Mann (1997) 建議使用結構的聲音功能 (Structured Sound Function) 模型，應用有目的的聲音到影片、圖片和文字段落中，以維持學習的效率和減少認知的混亂，讓聲音、內文、圖像和動畫來幫助注意力在視聽感官的轉移。

(2) 插圖

插圖能改善對於教學材料的學習，此效應稱為「多媒體效應」(R. E. Mayer, 2001)。因為，插圖可協助文字建構所描述內容的心智模型，對多媒體教學而言是有幫助的效應 (Schnotz & Bannert, 2003)。Levin, Anglin, & Carney (1987) 認為插圖對於學習有很多不同的效應，提出五個文字插圖的功用：裝飾的 (decorational)、呈現的 (representational)、組織的 (organizational)、解釋的 (interpretational) 和轉換的 (transformational)。其中呈現的、組織的、解釋的、轉換的插圖可增強學習，而轉換功能的插圖有最強的學習效應。Chandler & Sweller (1992) 使用轉換功用的插圖來論證分散注意力效應，結果顯示，把圖表的和文字的資訊整合成單一的來源的編排，會比解釋的圖表和相關的文字是分開呈現的編排，在學習表現上較好 (Chandler & Sweller, 1992)，與多媒體設計的「空間接近原則」一致。

(3) 文字

視覺的資訊中，文字是最常使用的訊息。文字的特徵，如結構和連貫性，是感知資訊「重要性」的因素之一 (Reynolds, 1992a)。視覺文字的特徵，會影響對文字的處理和記憶。與先備知識有關的文字內容，也會影響文字的處理和記憶 (McDaniel, 1984)。把內容相關，但是不同來源且分開的純文字資訊，放在接近的位置，可以減少分散的注意力，因此增強學習 (Chandler & Sweller, 1992)，符合多媒體設計的「空間接近原則」；文字亦可利用顏色編碼技巧來減少分散注意力的問題，相關的文字元件若以同樣的顏色來編碼，可以減少搜尋的處理，因此可以減少不必要的工作記憶負荷 (Kalyuga et al., 1999)。

(4) 元件的編排

當處理分散來源的圖表和文字時，文字教材應以聽覺呈現而非文字編排，如此可增加可獲得的工作記憶容量，讓學習者更有效率地掌控注意力 (Jamet, Gavota, & Quaireau, 2008; Jeung et al., 1997)，符合多媒體設計的「形式原則」；文字的教材不要同時以聽覺和書寫的編排呈現 (R. E. Mayer & Moreno, 1998)，則可減少分散注意力效應，符合多媒體設計的「累贅原則」；當以書寫的編排來呈現文字時，圖表的指示應減少，而使用適當的標記或是引導，如顏色的編碼 (Kalyuga et al., 1999)，符合多媒體設計的「信號原則」。

然而，聽覺文字的呈現並非總是優於均等的視覺為基的呈現，當聽覺的文字太長或是太複雜，以致於工作記憶超過負荷，此時視覺的文字編排可能較有效 (Kalyuga et al., 1999)。當視覺和聽覺的資訊「同時」呈現時，會比「依序」呈現時有較好的學習效果，這就是 Mayer 所稱的接近效應 (Contiguity Effect) (R. E. Mayer & Sims, 1994)。但是，如果圖表的視覺搜尋是很複雜的，時間上的接近的優勢，和雙重模型 (視覺和聽覺) 呈現的優勢就會消失。因為學習者在口語解說和相關視覺元件間，無法建立夠快的連結。因此對於螢幕上的元件，以視覺的記號，反而會比口頭上的記號更有助於偵測，有助於選擇相關資訊的處理，和允許不同來源資訊的接近處理 (Jamet et al., 2008)。

(5) 教材的呈現

在同一畫面中逐步地呈現資料，對於學習有正向的效應 (M. Bétrancourt, Dillenbourg, & Montarnal, 2003; M. B. Bétrancourt, A. & Faure, 2001; Wright, Hull, & Black, 1990)，符合多媒體設計的「分割原則」。逐步的呈現可能不會影響選擇注意力的處理，但是會影響對元件處理的組織性。而在螢幕上的分割也會影響記憶的分割。Wright et al. (1990) 發現對於依序呈現

的圖表，人的處理會較快。M. Bétrancourt et al. (2003) 也發現，依序呈現的圖表會產生較高等級的理解能力。

(6) 教學環境

當教師使用電腦技術來支援課堂的教學和學習時，教師可能忙於電子黑板、鍵盤和滑鼠之間，學生的注意力會被教師的行為所分心 (Baloian, Pino, & Hoppe, 2008)。在課堂中團體的表現，也會受注意力現象的影響 (Ferreira & Antunes, 2007)。注意力會被外在的資訊所影響，理想的狀況，這資訊應是教師希望學生集中注意的主題。因此，Baloian et al. (2008) 利用介面設備和工具的整合，讓所有必要互動都在互動白板上，讓教師減少花在次要任務上的時間，則有助於學生注意力的集中。

4. 評量學習的注意力

常見測量注意力方式有三類研究方法：(1) 由觀察者行為來推斷，(2) 心理生理學的技術，(3) 自我報告 (Chaffee & Schleuder, 1986)。然而，要直接測量注意力是很困難的。而在教育上，學習的表現是關注的重點，注意力是影響學習的因素之一，所以常會利用學習的表現來評價注意力的影響。以下就對在多媒體研究上評估注意力的方式，整理如下頁表 13 所示。

表 12 多媒體研究上測量注意力的方法

測量方式	說明	相關研究
學習表現	建立注意力可能會對學習表現有所影響的假設之下，進而由學習的表現上去推斷並解釋注意力所產生的效應，並非是直接測量注意力的方式	Jamet et al. (2008); R. E. Mayer & Moreno (1998); van Merriënboer et al. (2002); Yeung (1999)
感知的心力	感知的心力是一個認知負荷有效的測量，所測量的認知負荷可能同時包含了外在認知負荷和增生認知負荷。當自動的選擇性注意力分配衰退時，個體需要更多資源需求來維持理解，所耗費的心力也較多	McDaniel, Waddill, Finstad, & Bourg (2000); Paas, van Merriënboer, & Adam (1994)
眼球移動	建立在眼球的移動與注意力有關的假設之下，利用眼球追蹤系統來記錄眼睛的移動，以了解視覺注意力的表現和視覺搜尋策略	M Hegarty & Just (1993); Wang, Huang, & Huang (2006)
反應時間	反應時間與注意力的維持期間有關。根據有限認知容量的假設，次要任務的反應時間可測量注意力的強度	Anderson (1982); Hidi (1990, 1995); Reynolds (1992a)

其他相關的研究，亦有學者提出課堂中筆記的圖樣，可當作注意力的一個指標 (Scerbo, Warm, Dember, & Grasha, 1992)；在觀察的研究中，也有把坐立不安、心不在焉、打呵欠、環顧四周等行為當成不專心的指標（見 Forst, 1965; Johnstone & Percival, 1976），但是這些行為也可當成企圖維持注意力的指標 (Wilson & Korn, 2007)。Bligh (2000) 以測量心跳來當作喚起 (arousal) 的指標，認為喚起是屬於注意力的一個成份。

2-3 眼動追蹤技術

「眼動追蹤系統」(Eye-tracker)是結合了攝影機與電腦，蒐集眼球的運動及視線經過所產生的凝視 (fixation)、跳視 (saccade) 等資訊的系統。此技術能夠提供自然且直接的方式來觀察眼睛的行為，並且不受到實驗作業所要求的策略影響，可提高實驗結果的外在效度 (external validity) (李培榮，2008)。再者，眼動追蹤系統在擷取資料的時間點和空間性，也較其它研究技術來得精細 (柯華葳等人，2005)。因此，目前眼動追蹤技術已廣泛被使用在神經科學、心理學、工業工程、人因工程、行銷/廣告和電腦科學等領域的研究上 (Duchowski, 2002)。

在心理上的研究認為，眼睛的凝視軌跡是直接反映個體注意力分佈與認知策略的重要指標 (Just & Carpenter, 1976; Williams et al., 2003)。而本研究除了傳統紙筆的學習測驗之外，試著另外以客觀且直接的方式來探究學習者注意力分佈和學習過程的處理狀況，因此運用眼動追蹤技術記錄受試者眼球移動。

本節分別就眼球運動機制、測量眼動的方式、眼球運動指標和相關的眼動研究，來探討眼動追蹤技術之相關理論基礎。

2-3-1 眼球運動的機制

實驗心理學家 Treicher 證實，人類從外界獲得的訊息，約 83% 是透過視覺認的傳遞而來的，因此眼睛是獲得外界訊息最重要的器官。眼球追蹤技術是測量記錄眼球的運動情形，其設計原理與眼睛的生理機制和運動特性息息相關，以下就對人類的視覺系統和眼球運動的分類加以說明。

1. 人類的視覺系統

人的眼睛常被稱為「世界最差的照相機」，因為眼球的天生畸型 (spherical aberrations)，會讓水晶體 (lens) 邊緣地區產生分光 (prismatic) 效應；對於短波長的光折射程度會比長波長的光要多，造成著色的色差 (chromatic aberrations)，還有視野的曲率，也會造成平的物體會變成曲的圖像。儘管如此，人眼天生有降低以上效應的機制，例如：虹膜 (iris) 可以停止、限制邊緣區域進入的光線，以減少眼球畸型的效應；眼睛可聚焦產生中間波長的圖像形狀，以

克服著色的色差；視網膜 (retina) 能夠彎曲，以補償和調整視野的曲率問題 (Duchowski, 2003)。人的眼睛構造，圖 6 所示。

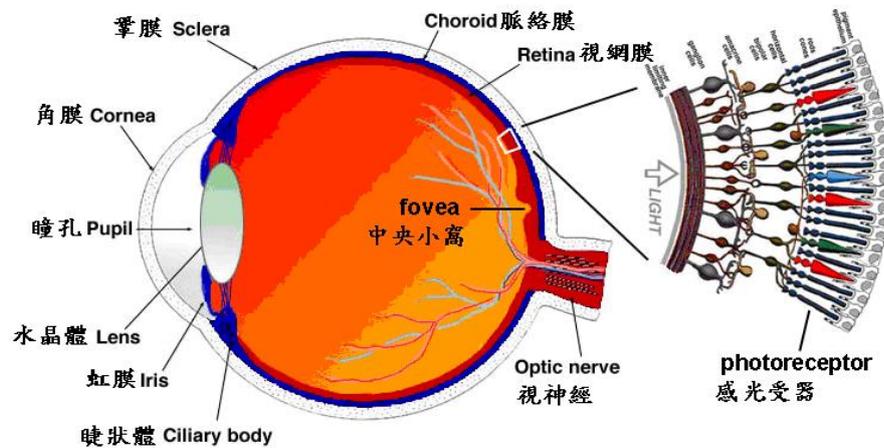


圖 6 眼球構造圖

修改自 <http://retina.umh.es/Webvision/imageswv/Sagschem.jpeg>

人眼所能看到的光線波長僅 400~700nm。當可見光進入眼睛後，光線經由角膜 (cornea) 的折射，穿過水樣液 (aqueous humor)、瞳孔 (pupil) 和水晶體 (lens) 等構造，落在視網膜上，於是在視網膜的中央小窩 (fovea) 和附近區域產生影像，開始產生視覺的感知。

視網膜中包含了許多對光敏感的感光受器 (photoreceptor)，這些感光受器是組成視覺知覺的第一步。感光受器位在視網膜上的最外層，可以有效率地產生的神經訊號，經由節細胞 (ganglion cell) 的軸突所集結成視束 (optic tract)，形成視神經 (optic nerve)，再將訊號送出到側膝核 (lateral geniculate nucleus, LGN)，引導到腦中更深的視覺中心，如圖 7 所示。

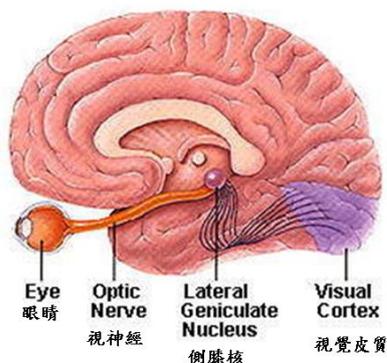


圖 7 視覺傳遞路徑

修改自 <http://tw.myblog.yahoo.com/tmc701038/article?mid=1280&prev=1288&next=-1>

感光受器可依其功能分為錐狀細胞 (cone) 和桿狀細胞 (rod) 兩種。錐狀細胞是對於較亮的和彩色的光較為敏感，主要負責白天的視覺；桿狀細胞對微暗的和無色的光較為敏感，主要負責夜間的視覺。由於錐狀細胞和桿狀細胞在視網膜上分佈不均勻，因此造成視網膜上不同位置的視覺敏銳度不同。最高視覺敏銳度的區域是在注視點中心 2° 的範圍內，中央小窩的視野約涵蓋注視點為中心 5° 的視角，而周邊的視野約可達到 80° 的視角 (Duchowski, 2003; 蔡介立、顏妙璇、汪勁安, 2005)。

由光線落在視網膜上不同位置所產生的視覺感知，可大致畫分為中央小窩 (fovea) 視覺和周邊 (periphery) 視覺兩種。由於中央小窩聚集高密度的錐狀細胞，因此中央小窩的視覺對於色彩、對比的敏感度較為敏銳、能進行閱讀文字、精確識別圖像的細節，視覺注意力的運作處理在於辨別所看到的物件是「什麼」(What)；周邊視覺主要的任務是偵測物體運動，這是一種早期的警覺系統發展而來，會對進入視野的移動目標產生警覺，引起視覺注意力去確認目標在「那裡」(Where) (Duchowski, 2003)。

2. 眼球運動的分類

當目光固定在所關注的物體，使之能在視網膜上產生影像的眼球運動稱為凝視 (fixation)。若視覺影像離視覺小窩愈遠，則感知的影像會愈模糊，因此眼球必須經常移動以讓視覺影像能夠投射到視覺小窩上，以產生更佳的視覺連續性、獲得更清楚的物體影像。常見的眼球移動方式包含跳視 (saccade)、追蹤 (smooth pursuit) …等眼球運動，乃是被動眼神經組織所驅使，與視覺的選擇注意力有密切的關係 (Pashler, 1998)。

凝視、跳視和追蹤是基本且較常被分析研究的眼球運動，許多研究者企圖建立這些眼球運動的視覺模型，以進一步對視覺注意力有更多的了解。對於這三個眼球運動，分述如下 (Duchowski, 2003; Jacob & Karn, 2003; Kandel, Schwartz, & Jessell, 2000; Pashler, 1998; Poole & Ball, 2005)：

(1) 凝視 (Fixation)

在統計上，凝視的測量是指範圍是在某處停留 150ms~600ms 的眼睛運動，約佔視覺觀看時間的 90%。當眼球產生凝視運動時，眼球並非靜止不動，而是會持續性的顫動，如：震顫 (tremor)、漂流 (drift) 和微顫動 (microsaccade)。微顫動乃是為維持視覺系統中單細胞 (single-cell) 對於運動敏感性，在空間中隨機地出現 1~2 分視角的振幅變化，以維持視覺的感

知。Graf & Krueger(1989) 認為凝視可依時間的長短分為自願性 (<240ms) 和非自願性 (>320ms) 兩種，然而這樣分類方式的效度仍有待進一步的研究。

(2) 跳視 (Saccade)

跳視的時間範圍約 10ms~100ms，是在不同凝視點之間所使用的移動方式，移動速度可達 800deg/sec。跳視運動可分成自發 (voluntary) 和反射 (reflexive) 移動兩種，也就是眼球可以自發地控制要移動到那裡，或是反射性地被突然出現的刺激所吸引。其中，自發性的移動主要是受到大腦認知系統的所控制，會因應外界的刺激和情境而產生的眼球移動。

在跳視發生前需要一段時間的潛伏期 (saccade latency)，此時期非常短，因此受試者能夠很快地準備好眼睛的移動。但在跳視的過程中，視覺輸入的敏感性會降低，產生視覺抑制現象 (saccadic suppression)。跳視運動與視野中特定的位置有關，可能會受到先前刺激位置資訊的影響。許多的研究認為，執行跳視之前，注意力已先移轉到預定的目的地上，稱為命令移動假說 (Mandatory Shift Hypothesis)。

(3) 追蹤運動 (Smooth Pursuit)

追蹤運動是讓眼睛可以追蹤某個正在移動的刺激，通常速度約 20~30deg/sec，最大值不超過 100deg/sec。追蹤運動的啟動，通常是有刺激在視野中慢慢地漂移，雖然開始可能不是自願的，但是仍會受到意識的預期所主導，因此物件必須先被注意到，才會被追蹤。

其他常見的眼球移動方式，還有讓眼睛可以在不同距離 (遠方或近處) 聚焦以維持眼睛定位的輻輳運動 (vergence movement)；保持視覺平衡的前庭視覺運動 (vestibulo-ocular movements)；當頭部持續的移動時可讓影像仍落在中央小窩上的視運動 (optokinetic movements) 等。

2-3-2 測量眼動的方式

近三十年來，隨著測量眼動方法和技術的改良，使得眼球追蹤技術在各領域逐漸蓬勃發展起來 (Rayner, 1998)。現今測量眼動的方式已大大減低其侵略性的缺點，並且隨著電腦科技的發展，在測量的精確度和方便性也都大幅地提升，並且提供分析軟體，以協助實驗後資料的分析處理。目前在認知神經科學領域用來測量眼球移動的方法，主要可分為五種 (Duchowski, 2003; 蔡介立等人, 2005)：

(1) 視訊式眼動追蹤器 (Video-Based Eye-Tracker)

受試者需要帶上一個帽子，上頭有攝影機，可實際拍攝眼球的位置，測量瞳孔的移動，以計算眼球的移動。屬非侵入的測量方式，有很好的時間和空間解析度。但若實驗時間太久，長時間戴著帽子，受試者容易感覺疲累。

(2) 鞏膜搜尋線圈法 (Scleral Search Coil)

受試者戴上感應線圈特製成的隱形眼鏡，利用電磁感應的原理來測量眼球移動，記錄磁通量的變化以了解眼球運動的狀況。此方法雖然有優良的空間和時間的解析度，但是屬於侵入式的測量方式。

(3) Purkinje Image 眼動儀 (DPI Tracker)

由於眼球各組織的折射率不同，光源在角膜前後方與水晶體前後方所反射出來的四組影像稱為 Purkinje-images，如下頁圖 8 所示。由於第二個和第三個 Purkinje-image 的反射量太小，DPI 主要是利用第一個和第四個 Purkinje-image 來偵測眼球運動的方向。DPI 屬於非侵入式的測量方式，且被認為提供的時間和空間解析度最高。

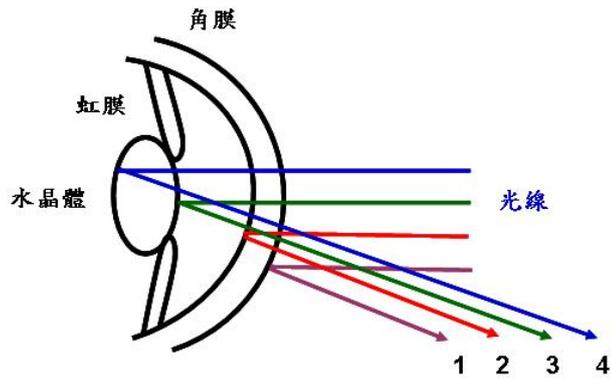


圖 8 Purkinje-images

(4) 紅外線眼動圖法 (Infra-red Oculography, IROG)

將數個紅外線光源 LED 及紅外線接收器架構在一起，以固定角度照射虹膜四周，利用紅外線光源在眼角膜邊緣的反射差異，接收器將反射的紅外光轉成電流訊號，以判斷眼球運動狀況。此方法亦屬於非侵入式，有良好的空間解析度，測量範圍也很廣。

(5) 瞳孔中心角膜反光點法 (Pupil Center Corneal Reflection, PCCR)

現今多數的眼動追蹤系統都是利用此方法來測量眼睛的注視點位置 (point of regard, POR) (Poole & Ball, 2005)。這些追蹤儀器的設備包含桌上型電腦和紅外光攝影機及圖像處理軟體。當紅外光射入眼睛後，由於瞳孔和虹膜對於紅外光的反射度程度不同，會造成瞳孔特別明亮，產生亮瞳 (bright pupil) 的效應，而角膜反射則是較小且銳利的閃光。圖像處理軟體會辨認了瞳孔的中心和角膜反射的位置，測量出介於它們之間的向量，並且進一步以三角演算，以計算出注視點的所在，如圖 9 所示。

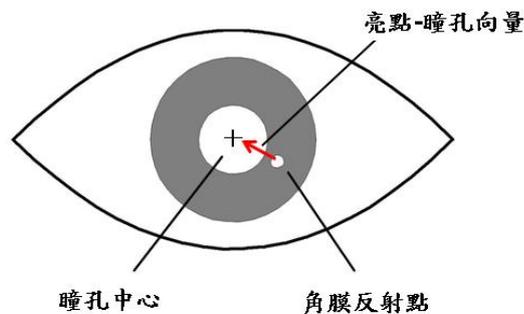


圖 9 眼球對紅外線的反射
資料來源：修改自 Poole & Ball, 2005

眼動追蹤系統除了能精確記錄眼球轉動的角度，亦能計算出所對應的刺激位置，因此大部分視訊式 (video-based) 的眼動追蹤系統都需要有校正程序。校正時，系統會把一系列簡單的刺激 (如：點) 依序呈現在螢幕上，通常這些點會出現在觀看角度相當極端的區域 (如左上、右上、左下、右下)，以提供夠大的座標區域系統 (Duchowski, 2003)。一般實驗大多使用九點校正程序 (9 point calibration)，亦可採 3 點、5 點或是 13 點。校正點數愈多則估算出的眼睛凝視位置愈精確，但花費時間也愈久 (蔡介立等人, 2005)。

另一個在分析眼動資料時所要考量的是眼動追蹤系統的取樣率，雖然取樣率愈高，對於所計算的凝視時間也就會愈精確 (蔡介立等人, 2005)，但一般而言 60hz 的採樣率對實用性研究來說已是足夠的，但對於閱讀研究來說，則至少需要 500hz 以上的取樣率 (Poole & Ball, 2005)。

綜上所述，雖然眼動技術的進步，其便利性和精確性已大大提高，但是仍有一些目前尚待克服的問題：

(1) 處理資料的困難 (Labor-Intensive Data Extraction)

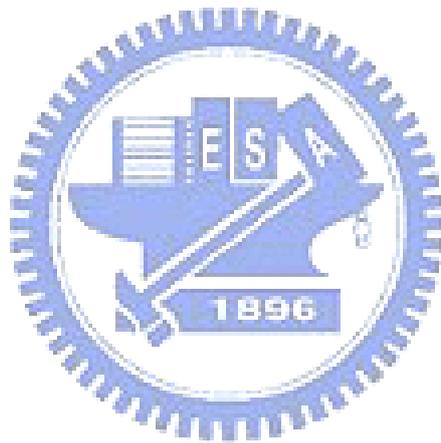
雖然目前眼動追蹤系統雖有提供分析的軟體，但是由於現代電腦介面具有動態的本質，例如捲軸視窗、彈出訊息、動態圖片、使用者啟動物件的移動和瀏覽等。因此必須將路徑的變化保留在電腦顯示器上，才較能夠知道受試者觀看的是什麼，然後進行一個畫面一個畫面地對應影片來編碼，非常耗費人力 (Jacob & Karn, 2003)。

(2) 資料解釋的困難 (Difficulties in Data Interpretation)

在實證研究上，缺乏強而有力的理論或假說去驅動眼動追蹤的資料分析 (Jacob & Karn, 2003)。有些資料分析可能是基於認知理論或設計假說，以由上而下 (top-down) 的方式進行；或者完全基於對資料的觀察，不以預期的理論去解釋眼睛運動與認知活動的關係，以由下而上 (bottom-up) 的方式進行 (見 Goldberg, Stimson, Lewenstein, Scott & Wichansky, 2002)。雖然許多研究上會使用各種的眼動指標來分析解釋資料，但是這些指標並沒有標準的術語、定義和門檻的設定 (Poole & Ball, 2005)。

除此之外，有約 10~20% 受試者會有無法被追蹤到眼動的問題 (Jacob & Karn, 2003)，例如眯眯眼、睫毛太長、鏡框反光、配戴特殊隱形眼鏡、斜視...等，若事

先將這些受試者排除，則可能會影響抽樣的公平性。雖然目前眼動追蹤技術對於以上的部分問題已漸能克服，但是還有一些原因不明情況，使得部分受試者仍無法偵測到眼球移動，或是眼動資料的品質不佳。尤其台灣的近視比例很高，因此系統無法追蹤到眼動的受試者的比例也較高。



2-3-3 眼球運動指標

凝視 (fixation) 和跳視 (saccade) 是最主要使用在眼動追蹤研究上的眼球運動資料 (Poole & Ball, 2005)，但是要進一步了解人類複雜的視覺過程所隱含的意義，必須進一步分析由凝視和跳視所衍生的眼動指標，如注視 (gaze) 和視線軌跡 (scanpath) 等。而瞳孔的大小和眨眼的比率，亦有人運用於眼動追蹤的研究上。

一般探討閱讀歷程所使用的眼動指標，又把凝視時間依凝視次數、是否第一次經過 (first-pass) 加以細分為「第一凝視時間」(first fixation duration)、「單次凝視時間」(single fixation duration)、「向前移動的凝視時間」(forward fixation duration)，以及「往回移動後的凝視時間」(backward fixation duration)……等 (Inhoff & Radach, 1998)。而一般其它的實用性研究，如傳播、人因工程、圖片辨識等，其認知歷程與閱讀時較不同，因此常使用分析的眼動指標也略有不同。本研究的素材為多媒體的教學設計，欲探討不同的教學設計對減少視覺搜尋和引導注意力的影響，就相關眼動的指標說明如下：

1. 凝視次數 (Number of Fixations)

在人因介面的實用研究上認為，全部的凝視次數被認為和搜尋的效率沒有太大的關聯，可能是因為呈現元素的安排不當而造成有效率的搜尋較少 (Goldberg & Kotval, 1999)；凝視次數的多寡與個體需要處理的成份個數有關，為期較長的任務通常需要較多的凝視次數 (Goldberg & Kotval, 1999; Jacob & Karn, 2003)；在某個特定區域上若有較多的凝視次數，表示對觀看者來說，這個特定區域是更顯而易見的區域，或是較重要的區域 (Poole & Ball, 2005)。

依情境脈絡的不同，對於凝視次數也有不同的解釋 (Poole & Ball, 2005)。在編碼任務 (encoding task) 的情況，例如：瀏覽網頁時若在某個特定區域的高凝視頻率，可能代表該區域是有較高興趣的目標；對於新聞報導中的照片凝視次數較多，可能表示目標是較複雜、較難編碼，需要處理較多次 (Jacob & Karn, 2003; Just & Carpenter, 1976)。在搜尋任務 (searching task) 的情況，單一凝視的次數很多，或是產生一團凝視，通常表示對所要確認目標項目有高度不確定

(Jacob & Karn, 2003)。

在影像 (scene) 觀看的研究上認為，全部凝視次數可指出畫面中那個部份被感知為重要的，並且可能與如何被編碼到長期記憶有關 (Henderson & Hollingworth, 1998)。在建構心智表徵的科學教學研究上，凝視次數通常代表是注意力的集中，得到愈高凝視次數的區域，就是愈感興趣的區域 (Patrick, Carter, & Wiebe, 2005)；如果讀者本身偏好左方的圖片，則對於左方圖片的凝視次數也會增加 (Schnotz & Bannert, 2003)。在幾何圖形的辨識上，提高凝視次數有助於改善幾何圖形的再認績效 (曹曉華、曹立人、馬恭湘, 2005)。

2. 凝視時間 (Fixation Duration)

在心理學的研究認為，凝視的期間是與所花費的處理時間息息相關 (Just & Carpenter, 1976)。凝視期間的長短，可能反映出訊息外在的複雜程度，或是受試者處理訊息內涵的深度。當外界影像訊息量愈複雜，凝視時間也會愈長 (Mackworth & Morandi, 1967; Baker & Leob, 1973; Antes, 1974)；當對凝視目標進行更深入的思索時，則對該目標的凝視時間也愈長 (Salvucci & Anderson, 1998)。在影像觀看的研究也符合心理學上的看法，認為凝視時間可指出獲取資訊過程的認知複雜度 (cognitive complexity) (Henderson & Hollingworth, 1998)。

在人因介面的實用研究上，較長的凝視時間表示取出資訊的困難較高，或是該目標在某些方面是較吸引人的 (Goldberg & Kotval, 1999; Just & Carpenter, 1976)。短時間的凝視之外部呈現，會比與長時間的凝視之外部呈現較具有意義 (Goldberg & Kotval, 1999)。

3. 首視點時間 (Time to First Fixation)

首視點時間可當作搜尋效率的重要指標。對物件或區域的產生第一凝視的時間若是很快速，表示該物件或是區域是有較引人注意的特質 (Jacob & Karn, 2003)。在幾何圖形的辨識研究上認為，首視點時間的長短對於圖形辨識績效並沒有顯著影響 (曹立人, 2000)。

4. 凝視的空間密度 (Fixation Spatial Density)

在某個區域凝視空間密度與該區所佔的凝視比率有關。在網頁設計上的研究認為，如果凝視的點是集中在一個小區域，表示專注而且效率高的搜尋，若是均

勻伸展的凝視點則反映出分佈廣且無效率的搜尋 (Cowen, Ball, & Delin, 2002)。在建構心智表徵的科學教學研究上認為，凝視的比率可解釋注意力分佈的情況 (張格瑜, 2008)。

5. 平均凝視時間 (Fixation Duration Mean)

平均凝視時間是指目標的凝視時間除以凝視總數。在人因介面的實用研究認為，若是目標區的平均凝視時間較低，則表示搜尋效率較低 (Goldberg & Kotval, 1999)。在影像觀看的研究上認為，讀者對觀看位置偏好，會影響平均的凝視時間 (Schnotz & Bannert, 2003)。在閱讀歷程的研究發現，英文閱讀時，眼球每次在英文字上停留的凝視時間約為 150ms~500ms，平均為 250ms (Rayner, 1998)；而在中文閱讀時，對中文字的平均凝視時間約 220~230ms (Inhoff & Radach, 1998; 蔡介立, 2000)。

除了上述的眼動指標外，尚有其它與凝視相關的眼動指標，因與本研究較無相關，因此未加以說明。除了凝視之外，跳視、注視和視線軌跡相關的眼動指標也常使用在各研究上，詳細資料可參考 Poole & Ball (2005) 的介紹。

如上一小節所述，對於眼動指標的解釋是眼動研究上的一大難題。不僅需要仔細針對不同情境來解釋眼動指標的意義，並且各領域對於指標意義的看法也有些微並不同。若要再進一步探討眼動指標所反映出的心理意義，具體確定指出那個眼動結果所代表是那個認知歷程的作用，似乎是非常困難的，還有待於更多的研究著重於眼動指標對心理意義的解釋，證明某個歷程作用與眼動指標的關係。除此之外，對於凝視的時間設計門檻，各個研究也不盡相同，就會產生難以互相比較的問題，因此眼動指標的標準化也是未來重要研究的課題 (Poole & Ball, 2005; 李培榮, 2008)。

2-3-4 相關的眼動研究

眼動追蹤技術運用在心理學上的研究沿用已久，在1920年之前的研究已發現基本眼動的現象，如視覺抑制（saccadic suppression）、潛伏期（saccade latency）、知覺廣度大小（perceptual span）…等；1920~1950年代的眼動研究著重在應用層面的探討，但仍較少利用眼動資料推測認知的過程。1970年開始至今，由於眼動紀錄系統的改良，加上電腦技術的發展，使得眼動追蹤系統可更方便精確地蒐集、分析大規模的數據（Rayner, 1998）。然而，此項技術在多媒體學習的研究上仍屬於起步階段，是另一種新穎的研究工具。

Slykhuis, Wiebe, & Annetta (2005) 認為，眼球追蹤技術是了解文字和圖像的獲得（acquisition）及整合（integration）更佳的研究方法，能夠記錄學習者觀看教材時，眼球注視點在時間上和空間中的移動情形。而本研究的素材屬於課堂教學導向的多媒體教學設計，以視覺的呈現幾何圖形和文字，並且以聽覺呈現解說的過程內容，讓受試者跟隨視覺和聽覺引導來進行學習。茲將相關的眼動研究說明如下：

1. 圖形辨識

圖形是由顏色、形狀、質地（紋路）所構成，能夠攜帶大量訊息的視覺材料。人類對圖形的感知過程，Marr的視覺計算理論（computational theory of vision）與Treisman, Sykes and Gelade的注意力的特徵整合理論（feature integration theory of attention），都認為視覺過程先經由特徵（邊界、顏色、材料、大小…等）的收集後，接著進行特徵在空間上相對位置的組合編碼，然後進入記憶系統（李玉琇、蔣文祁(譯)，2005）。

人類對圖形的辨識過程是屬於主動的認知過程，涉及由下而上（bottom-up）與由上而下（top-down）二種處理方式：先從辨識圖形的細微開始，再進行細節的知覺加工，而後知覺整體圖形，屬於由下而上的處理；透過記憶與經驗及知識等高層運作機制，最後始獲得圖形的細微特徵，屬於由上而下的處理。

關於圖形基本屬性之研究，對於移動中的圖形，顏色辨識處理會較形狀的辨識容易；顏色辨識需要的再認時間較長，其次是材質和形狀的辨識（丁錦紅、林仲賢，2000）。對於圖形形狀的辨識，人較會優先處理有規律形式的圖形而非不

規則的圖形 (Feldman, 2007)。學習者會使用圖像裡的一些特徵，如：顏色、形狀、複雜度等來理解該圖像。其中，圖像的顏色和形狀對理解程度之影響，遠大於擬真程度 (複雜度)(Patrick et al., 2005)。除了圖形的屬性 (形狀、顏色、亮度對比…等)、圖形的呈現方式 (移動、旋轉…等)、圖形本身所攜帶的信息，還有觀看者的記憶，都會影響到圖形的辨識 (張俊杰，2008；曹曉華、曹立人，2005)。

關於圖形的觀看部位之研究，如果該圖形落於視野中小於 5 度的情形，眼睛會注視圖形的重心 (center of gravity)；但是若圖形大小超過視野 5 度時，注視重心會被破壞，注視點會沿著輪廓線進行移動 (Rayner, 1998)。觀看不規則的幾何圖形時，首視點坐落在圖形的輪廓上會較坐落在中央、邊或角等的機率為大，其次是落在某個角或隨機位置 (曹立人，2000)。在進行圖形辨識的認知過程之前，需要花費約 200ms 進行對圖形邊界的搜尋集結作業 (Feldman, 2007)。

2. 文字和圖片

許多的研究者使用眼動追蹤系統來研究觀看文字和圖片的情形 (M. Hegarty et al., 1991; Rayner et al., 2001)。閱讀文字時的眼睛移動的掃視幅度 (saccade amplitude) 與平均凝視時間，會比觀看圖片時要小而短，並且閱讀文字時的視線動向較有方向性 (由左至右、由上至下)，但觀看圖片時就沒有了 (Henderson & Hollingworth, 1999)。

關於圖文的相關位置，在充分閱讀之下，圖片置左或置右並不顯著影響文字區塊的凝視分佈。但是圖片置左時會使得圖片本身較圖片置右時，獲得更多且短暫的凝視落點，因此圖片置左時的確較容易吸引視線的短暫停駐 (平均凝視時間較短)(唐大崙、莊賢智，2005)。

3. 語音

語音是影響眼動移動的一個重要因素。語音不但會影響對於文字資訊的獲得，而且能改變注意力 (凝視) 在文字和圖像之間的分佈，造成眼球移動的改變 (Kalyuga et al., 1999; Martin, Wogalter, & Forland, 1988)。在觀看科學照片類型和語音講述的教學研究上，語音的效果雖在前五秒影響不大，但是在全部時間而言，會影響學習者的觀看步調 (Slykhuis et al., 2005)。在傳播的研究上也顯示，讀者觀看廣告時的企圖和實驗指導語，會影響讀者對於廣告的注意力分佈 (Rayner et al., 2001)。

4. 受試者因素

受試者因素，如個人的先備經驗、知識、偏好、習慣等也是另一個影響眼動移動的重要因素。個人的閱讀策略與知識經驗，會使得瀏覽圖片或閱讀文字時，每個人凝視時間與凝視位置並不完全相同 (Hyona, Lorch, & Kaakinen, 2002)。不同先備知識的學生觀看圖片的模式不同，建構心智表徵的方式也不同 (Cook, Carter, & Wiebe, 2008)。國內對於不同學科背景的受試者觀看動畫教學的注意力分佈和概念建構的研究，也有類似的結果 (徐國銘，2006；張格瑜，2008；蔡金成，2007)。

綜上所述，現今的眼動研究在心理學相關領域發展較為成熟，應用在英文閱讀上的研究也期來已久，但是在其它領域上的研究，如人因工程和實用性研究 (Poole & Ball, 2005)、中文素材的閱讀理解的研究 (李培榮，2008) 等，仍屬於在初期階段。在教學方面的研究，以科學教育領域的領域較多，大多著重在表徵的建構、先備知識…等方面的研究。在數學教育的相關眼動研究，應用在判斷國小學童之數感發展 (Schneider et al., 2008)、數學課本插圖的編排 (韓玉昌、任桂琴，2003) 等，但是以課堂教學之教學設計的眼動研究非常少，有待未來更多的研究投入。

本研究認為，眼動追蹤技術可以提供另一個精準且直接的測量方法來評估教學的設計。一般的學習測驗所評量的是學習後的整體結果，但是對於學習過程所發生什麼狀況，並無法清楚了解究竟是那個環節出了問題而影響了測驗的結果。但是眼動追蹤系統會記錄整個學習過程中受試者所有的眼動情形，透過受試者視覺表現和注意力分佈狀況，依時間性和空間性來分析，能讓研究者更清楚且方便評價某個設計之良窳，以改進教材的設計方式。

第三章 研究方法

本章共分為六節，將針對研究設計、研究流程、研究對象的選取、研究工具、實驗教材的設計和資料分析方法等，分別敘述說明。

3-1 研究設計

本研究的目的是探討不同的教學設計方式，對於學習者學習過程的學習記憶表現和注意力之影響。針對教材的呈現方式（視覺引導）和解說方式（聽覺引導）的不同，設計出三種的教學方式，研究架構如圖 10 所示。

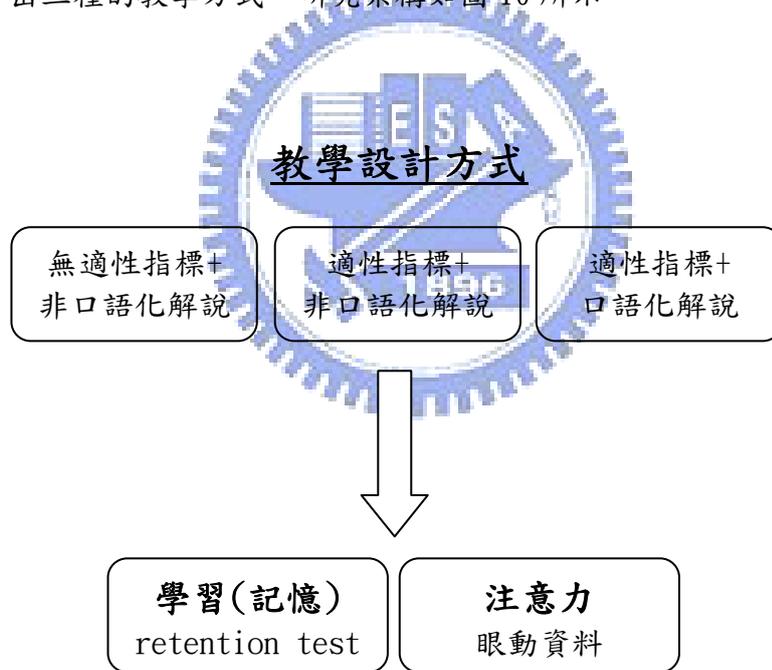


圖 10 研究的架構圖

本研究是利用眼動追蹤系統來記錄學習者在觀看時的眼動相關資料，藉此來探究學習者的注意力分佈和眼球移動的情況，是否有達到減少視覺搜尋，增加注意力引導等作用。本研究為配合眼動追蹤儀為工具所設計的實驗教材，與實際上的教學教材有些不同。使用的教材為事先錄製好的教學影片，而且影片長度僅約 5 分鐘，進行數學题目的講解（解題示範），未包含概念的建構，並非完整的教學過

程，因此僅進行記憶測驗來衡量學習的表現。

本研究中的視覺引導，是指所教材的設計中是否含有適性指標；而聽覺引導是指解說方式是否屬於口語化的解說。由於如果教材中不含適性指標的設計時，則在解說時就無法避免以符號編碼來表示某個物件，就無法達到口語化的解說。因此，必須在教材中含有適性指標設計時，才有辦法進行口語化的解說。所以，本研究所實驗的材料只分為三組，如表 14 所示。

表 13 實驗的分組

	實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3
適性指標	無	有	有
口語化解說	無	無	有

本研究採實驗研究法，將實驗分為三組，自變項、控制變項和應變項，如表 15 所示。

表 14 研究的變項

自變項	控制變項	應變項
無適性指標+非口語解說	上學期數學成績	學習表現(記憶測驗)
有適性指標+非口語解說		注意力的分佈(眼動資料)
有適性指標+有口語解說		

實驗組 1 和實驗組 2 除了教材的視覺引導（是否含有適性指標）不同外，其餘各項皆相同，可比較適性指標對於眼睛移動和學習記憶的影響；實驗組 2 和實驗組 3 除了解說方式不同外（是否為口語化解說），其餘各項皆相同，可比較口語化解說對於眼睛移動和學習記憶的影響。

3-2 研究流程

本研究的流程，如圖 11 所示。

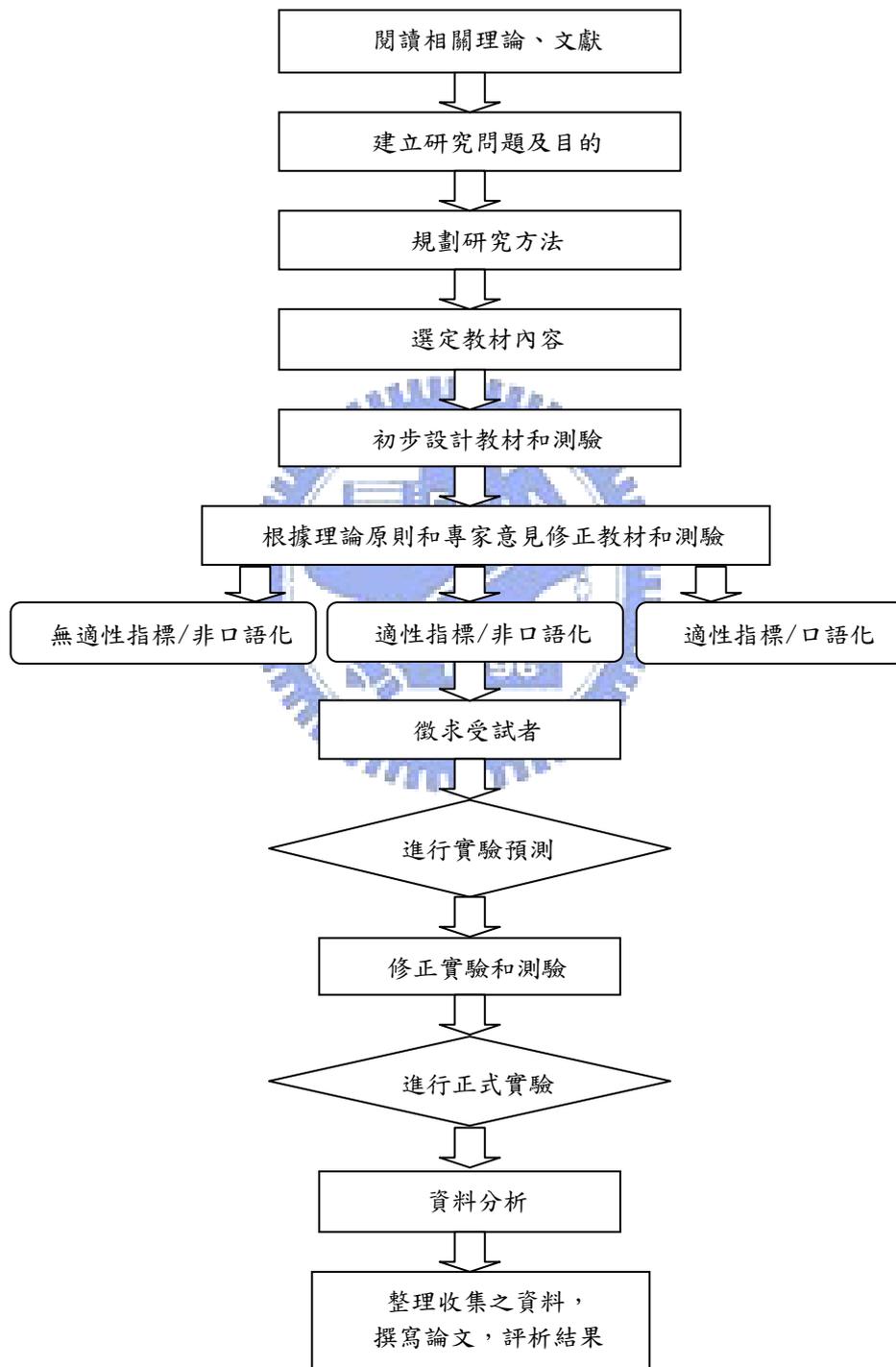


圖 11 研究流程圖

實驗的流程表，如圖 12 所示。

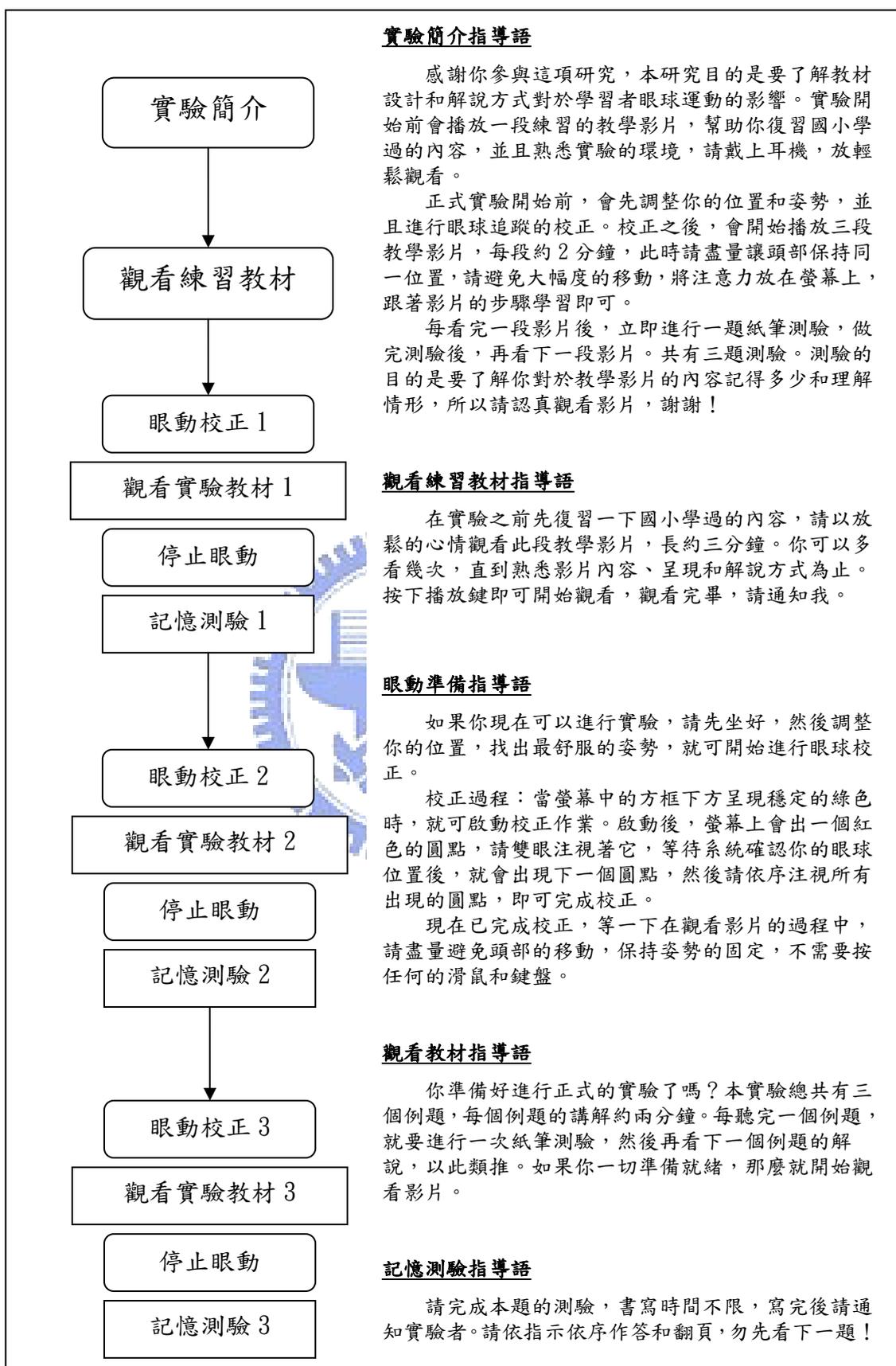


圖 12 實驗流程圖

本研究實驗所進行的地點在交通大學傳播與科技實驗室，必須將受試的學生從原國中接送至交通大學，因此一次只能安排 3~4 位受試者利用非學科課程的時間，以公假方式到實驗室進行實驗。

每次實驗為一人單獨進行，其他受試者在實驗室外等候。實驗開始前會先向受試者說明實驗的簡介，並且告知受試者放輕鬆，不須有壓力，盡力作答即可。說明完後然後請受試者戴上耳機觀看練習的教材（練習教材之說明與內容，請見附錄 3），讓受試者適應實驗室中的環境，降低緊張及新奇等因素，並且確認耳機音量是否適中。

看完練習教材後，即開始進行第一次眼動校正，此時會開啟錄影設備，將整個正式實驗的過程錄影下來。然後開始觀看實驗影片 1，看完後結束眼動記錄，進行學習的記憶測驗 1。紙筆測驗的時間不限，但會將記錄作答時間記錄下來。測驗書寫完後，再開始進行第二次的眼動校正，然後看影片 2，進行測驗 2…以此類推，本實驗共進行三次眼動校正、三次觀看實驗影片和三次的記憶測驗。結束後，受試者將會得到一份禮物作為獎賞。



3-3 研究對象的選取

本研究的教學者是本文的執筆者，具有八年的國中數學教學經驗。受試學生為研究者所任教班級之學生，位於新竹市的某國民中學，全校共有 36 班。因該校七年級的 12 班中含有科學資優班，分散於四個班級中，其餘的 8 個班則依智力測驗成績採 S 型常態編班。本人任教七年級的班級共有三個班級，皆為不含資優生、智力測驗常態編班的班級。

為避免教學者的不同對實驗結果產生影響，本研究所選取的研究對象，皆是從本人所任教的三個班級中（非資優班）徵詢自願者，並且事先對學生和導師詳盡說明和介紹研究目的和實驗的方式（徵求受試者之實驗介紹與說明之簡報，如附錄 1），並且獲得受試者家長和本人的同意（實驗同意書，如附錄 2）。

原徵求到的自願者之受試者共有 37 人，隨機分配到三組之中，然後進行記憶測驗和眼動實驗。實驗後有 8 位受試者的眼動資料品質不佳，刪去這些受試者的資料，最後進行資料分析共有 28 位受試者，12 位是男生，16 位是女生。其中實驗組 1 有 9 位受試者 (N=9)，實驗組 2 有 10 位受試者 (N=10)，實驗組 3 有 9 位受試者 (N=9)。

由於受試者平時的數學成績表現可能會影響學習的表現和眼球移動的情形，因此在實驗結果分析前，將受試者的上學期數學成績當作控制變項，進行單因子變異數分析 (ANOVA)，分析結果如表 16 所示。

表 15 上學期數學成績之描述性統計量與變異數分析表

	組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性
上學期 數學成績	1	9	80.81	11.39	0.003	.997
	2	10	81.05	12.06		
	3	9	80.59	14.66		

各組的上學期的數學成績平數值差不多。單因子變異數分析之 $F_{(2, 25)} = .003$ ， $p = .997 > .05$ ，顯示組間的平均值差異並未達到顯著性。表示各組之間的上學期的數學成績表現相似，因此之後的實驗結果分析，就不須把上學期的數學成績當作共變量 (covariance)。

3-4 研究工具

3-4-1 眼動追蹤系統

本研究是利用眼球追蹤系統 (Eye-tracker)，來記錄受試者眼睛移動的資料，藉此欲了解受試者在觀看教學影片時，注意力分佈的情形。使用「Tobii」T120 之型號的眼球追蹤系統，此系統乃利用瞳孔中心角膜反光點的原理來追蹤眼球運動。此系統可以讓受試者在自然的環境和狀態下，記錄受試者的眼睛移動資料，不需要再另外配戴頭套或是任何限制性器具。該儀器之參數資料，如表 17 所示。

表 16 Tobii T120 之資料

資料	說明
鏡頭	內建 TET Server
影像感應器	高解析廣角捕捉使用者影像
近紅外線	NIR-LEDs 一致光束反映使用者眼球
偵測精準度	0.5°
空間解析度	0.2°
偏移率	0.3°
資料取樣率	60Hz/120Hz
頭動補償範圍	30×22×30cm
視野範圍	36×22×30cm (距螢幕 70cm 測量值)
高頭動速率	每秒 35cm
追蹤恢復期	約 100 毫秒
延滯期間	33 毫秒
最大凝視角度	40°
校正模式	一般模式/幼童模式 (多媒體動畫)
校正點數	2、5、9 點 (可選)

此系統搭配 17 吋的 TFT 液晶顯示器，像素為 1280×1024，並且同時含有記錄受試者面部表情的影像感應器和揚聲器，再配合分析軟體「Tobii Studio」，可

記錄注視點、動態回放和視頻導出，並且能劃分關注區域 (Area of Interest, AOI)，導出熱點圖和數據統計。Tobii 裝置之示意圖，如圖 13 所示。



圖 13 Tobii 裝置示意圖

本研究所採用的校正點數為五點校正，資料取樣率為 120Hz，設定凝視點為受試者視線在螢幕上某一位置停留超過 150ms 以上。因此，本研究所採用之有效凝視時間和次數，均是指 150ms 以上之凝視，150ms 以下之視線停留，則不列入為凝視的資料。

本研究主要探討學習者在不同的教學設計下，學習過程中視覺引導和聽覺引導對於視覺搜尋和注意力分佈的影響，所分析的眼動資料為：首視點時間、凝視時間、凝視次數、凝視時間百分比、凝視次數百分比、每次的凝視時間等。

3-4-2 學習的記憶測驗

由於本研究為搭配眼動追蹤系統的實驗，因此所設計的教材總時間僅約為五分鐘，內容是三個數學三角形角度例題的解說，並非是數學概念的建構。而且因為教學的時間非常短暫，學習者可能無法達到完整的概念建構，因此，本研究並不進行遷移測驗 (transfer test)。本研究的目的是要了解在不同的實驗設計下，學習者對於解說的過程之記憶和理解的情形，所以，僅以記憶測驗 (retention test) 來了解此短暫期間的學習表現 (記憶測驗內容，詳見附錄 4)。

本研究所分析的記憶測驗表現分為兩個部分：正確率和作答時間。

1. 記憶測驗之正確率

記憶測驗的題目和受試者所觀看的影片題目完全相同，答案也完全相同。因為同樣的幾何問題，可能有各種不同的解題方法，但是本研究的目的是希望了解教學的設計是否有助於解說過程的理解和記憶，受試者是否能專心聽懂講解者的解說，因此記憶測驗是要求寫下所聽到的解題方法，而非用自己的方式解題，才能拿到記憶測驗的分數。

測驗的內容主要分為兩個部分，第一部分會要求受試者寫下講解者算出了那些角的度數和順序。答出正確的角之代號，每個得 1 分，多寫則每個扣 1 分，順序正確，再得 1 分。第二部分是要寫下所講解的解題方法之步驟，每個步驟 1 分，知道該題答案，再得 1 分。因此例題 1 的總分是 8 分，例題 2 的總分也是 8 分，例題 3 的總分是 10 分，三題共 26 題，以此來計算出受試者記憶測驗的正確比率。

2. 記憶測驗之作答時間

當受試者聽完某一題的解說後，就馬上完成該題的記憶測驗，但是不限制其作答的時間，受試者可以盡情書寫。由於國中學生對於測驗分數非常介意，因此事先告知受試者盡力作答即可，不會寫也沒有關係，不會受到任何的責備，但是會記錄作答時間，寫完了知會實驗者即可。

題目內容設計完畢，與專家及國中數學科教師討論，委請提供建議，並且請幾位七年級學生進行預先的測試，訪談了解作答感受及想法，再經過多次的討論和修正後，確認最後之測驗內容，建立此測驗之內容效度。

3-5 實驗教材的設計

3-5-1 教材選取的考量

本研究之所選取的實驗材料為國中八年級數學教材內容--三角形內角之解題，其能力指標、細目代碼和所需之先備知識，如表 18 所示。

表 17 選取教材之基本資訊

教材內容	三角形內角例題
能力指標	S-4-1 能根據給定的性質作局部推理
細目代碼	8-s-12 能理解三角形的基本性質
先備知識	三角形內角和(舊知識) 平角的概念(舊知識) 角的數學符號(新知識)

由於受試者為七年級學生，在國中階段尚未學習到幾何部分的課程，而國小已學過三角形的內角和與平角的概念，因此，本研究選取「三角形內角」問題當作實驗的材料的，則受試者皆已有相關先備知識，以避免先備知識對於實驗結果的影響。又由於三角形的「外角定理」受試者並未學過，所以在解題的過程中，也避免使用之，完全以學習者已有的先備知識來進行解說。

3-5-2 練習教材的設計

除了正式的實驗材料，本研究還另外設計練習的教材，放在正式的實驗之前，並且讓受試者在實驗室的環境下觀看（正式實驗前之練習教材說明，請詳見附錄3）。

1. 設計的目的：

- (1) 讓學習者復習與實驗教材相關的舊知識，並且學習所需的新知識，以確定每位學習者在實驗前能具備相同的先備知識。
- (2) 在正式實驗之前播放練習教材讓學習者觀看，藉此讓學習者能夠熟悉實驗的環境，以避免因好奇、緊張等因素，而影響正式實驗的結果。此段的觀看時間，並不列入眼動分析。

2. 教材內容：

教材內容包含三個部分的概念：「平角」、「三角形內角和」、「角的數學符號」。因為受試者為國中七年級學生，本研究所相關的幾何知識為「平角」、「三角形內角和」，這些都是國小已學過的內容。但是，由於國中一年級的數學課程並沒安排幾何的課程內容，為了避免學生因為過久沒有接觸而生疏了，因此在實驗前先復習國小所學過的「平角」、「三角形內角和」的概念。

在幾何題目中常用英文字母的編碼和數學符號來表示某個角，在本實驗中也必須用到這樣的標記方式。但是這樣的標記方式，在國小階段並沒有使用。因此，在實驗前的練習教材內容，也設計了學習「角的數學符號」之教材。藉此，讓學習者能夠學習角的數學符號，建立新的知識。

3-5-3 教材的基本設計

由於本研究之實驗教材是以課堂教學為導向，但是在實驗室中與實際課堂的教學不同，無法達到師生之間的對話與問答，也沒有同儕之間的互動。因此事先錄製好解說之聲音檔，並且利用 PowerPoint 為平台，輔以外掛軟體「AMA」軟體，設計實驗的材料（教材設計與說明，請見附錄 5）。

實驗教材是由三題「三角形內角」的數學例題所組成，並且把每一個例題獨立錄製成一個 ppt 播放檔，因此三組各三個例題，共有 $3 \times 3 = 9$ 個 ppt 的播放檔。受試者每次觀看完一題的解說，然後完成測驗後，才再看另一題的播放檔。因此，每一組的受試者需要看完三題例題的播放檔，不同組之間的教材設計有不所同，如表 19 所示。

表 18 各組之實驗教材

實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3
非口語化的解說 無適性指標的教材	非口語化的解說 有適性指標的教材	口語化的解說 有適性指標的教材

1. 滑鼠影響之考量

一般在解說或是啟動適性指標的開關，都會移動到滑鼠，受試者就會看到箭頭指標在視線中不斷地出現和移動。關於適性指標的滑鼠啟動位置，通常應在目標物所在的位置（林煜庭，2007）。然而，在滑鼠移動至目標物處時，也會影響觀看者的視線，影響其眼球的移動方式。由於滑鼠指引導效果很強烈，若是「適性指標」的設計再加上箭頭的指標，會對目標物會產生雙重強調的效果，吸引注意力的情形可能更佳，但是因此就無法區分這樣的結果，究竟是「適性指標」的作用還是滑鼠指標的作用？

因為，本研究主要是要探究「適性指標」的設計，對於減少視覺搜尋和注意引導的作用。因此，本實驗所設計的教材，特地把滑鼠的箭頭指標全部分移去，三組的實驗教材皆不含滑鼠的箭頭指標。如此，更能明確探究「適性指標」的視

覺設計，對於眼睛移動和學習記憶的影響。

2. 眼動分析的考量

一般使用 ppt 的教學材料，圖片中所加上動畫是隨著時間堆疊上去的。這樣設計，對於眼動分析是很困難的，因為不知道該在何時切割影片。為了解決這樣的問題，本實驗的教材將同一題的解題，依所講述的概念，編成一個投影片，並且在顯示投影片編號，但是編號的顏色為淡色，以免被受試者察覺到，如圖 14 所示。

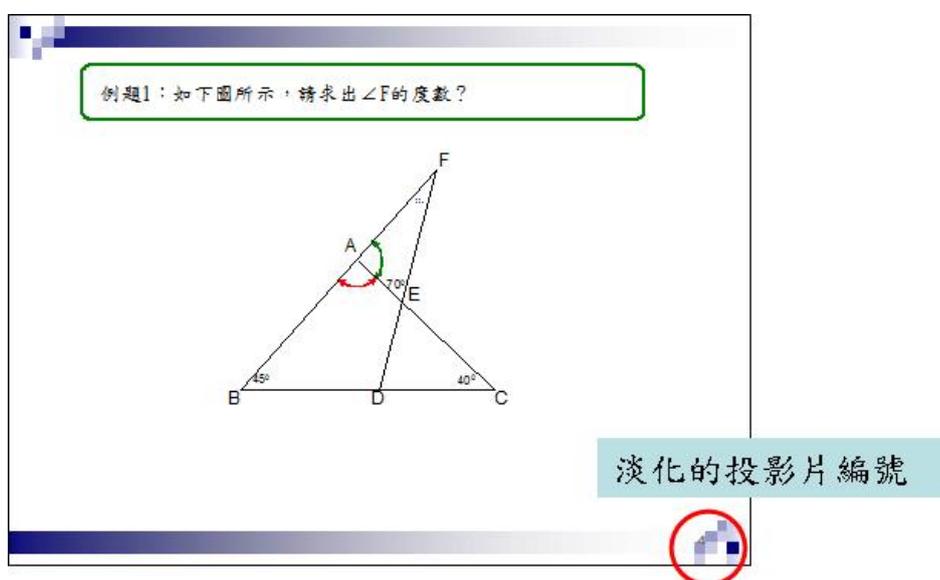


圖 14 投影片編號的設計

每一個投影片，當作一次的眼動試驗，除了講解題目的投影片 1、2，不納入眼動的分析，其他的投影片都當作一次試驗，因此本實驗共有 17 個試驗。每個投影片中以數學概念為切割，本實驗材料的概念為「三角形的內角和」和「平角」。每個概念包含數個動畫（適性指標），請詳見附錄 5。

旁白的講述步調會明顯地影響學習者觀看步調，會影響眼睛移動的結果，尤其是在文字和圖片高度整合的情形 (Wiebe & Annetta, 2008)。因為本實驗的材料有三組，為了方便分析不同組間之的眼動資料，因此本研究特別控制投影片的播放時間還有教學者的講述，讓各組間所對應的投影片播放時間皆相同。每個投影片的時間和數學概念，如下頁表 20 所示。

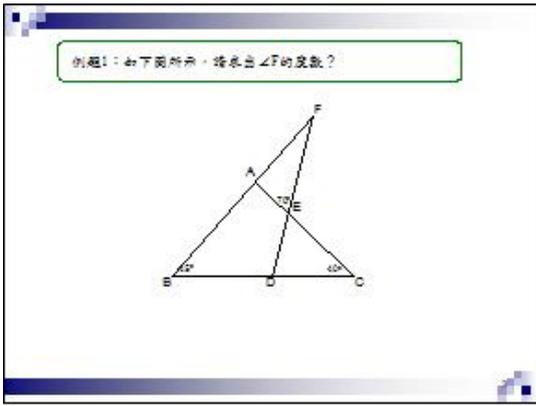
表 19 實驗材料之投影片編號、時間和數學概念

投影片 編號	例題 1		例題 2		例題 3	
	時間(s)	數學概念	時間(s)	數學概念	時間(s)	數學概念
1	3	題目	3	題目	3	題目
2	6.5	題目	7	題目	7	題目
3	11	三角形 內角和	13	平角	12	平角
4	11	平角	11	三角形 內角和	10.5	三角形 內角和
5	14	三角形 內角和	14.5	平角	11.5	平角
6	12	平角	13	三角形 內角和	13	三角形 內角和
7	18	三角形 內角和	16	平角	11	平角
8					13	三角形 內角和
9					15	平角

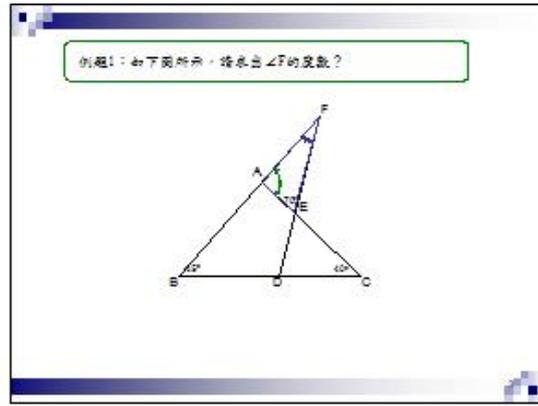
3. 適性指標的設計

本研究在視覺引導方面的設計，主要是針對教材設計是否含有「適性指標」來發展實驗教材，符合多媒體設計的信號原則 (Signaling Principle)。

實驗組 1 和實驗組 2 的實驗教材差別在於，實驗組 1 的教材完全不含適性指標，而實驗組 2 的教材則有適性指標的設計，實驗組 3 的教材視覺設計上與實驗組 2 完全相同。以下頁的圖 15 為例，左圖為實驗組 1 之教材，右圖為實驗組 2、3 之教材，所所有的適性指標設計包含各色角標記和各色三角形出現、度數和角的閃動…等動畫呈現。



實驗組1



實驗組2、3

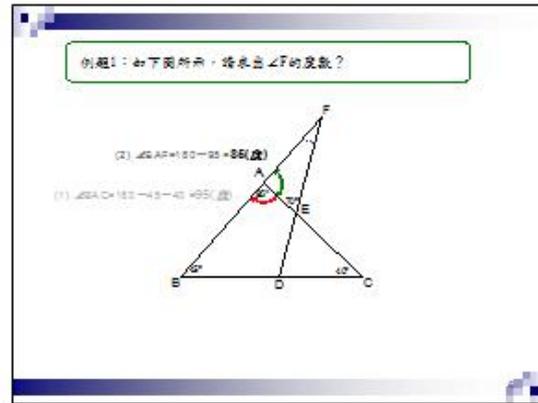
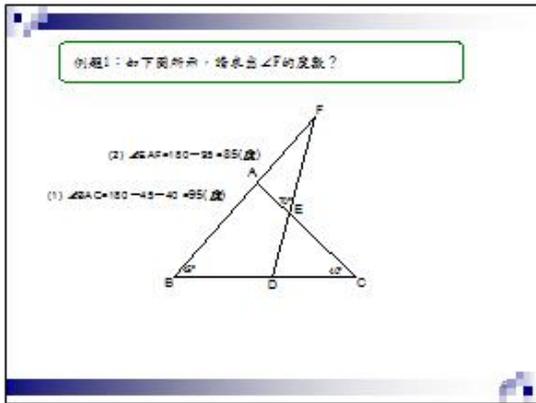


圖 15 實驗組 1 和 2、3 教材畫面示意圖

本實驗材料的解題方法，主要是利用「三角形的內角和」、「平角」這兩個概念與其應用。在解說「三角形的內角和」的部分，適性指標的設計（實驗組 2 和 3），主要利用三角形的突顯和出現，目標角標記的出現，還有角度的閃動，讓學習者能夠知道目標角的位置，並且利用相關資訊，算出目標角的度數，如圖 16 所示。

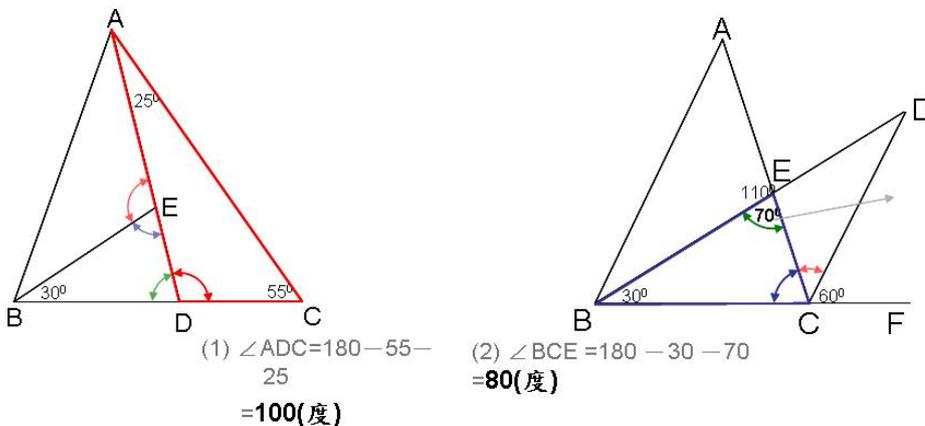


圖 16 「三角形內角和」之適性指標呈現

解說「平角」的部分，適性指標的設計（實驗組 2 和 3），主要是利用角的標記來表示出平角的意涵，然後利用角度和標記的閃動，讓學習者能夠知道目標角的位置，並且利用相關資訊，算出目標角的度數，如圖 17 所示。

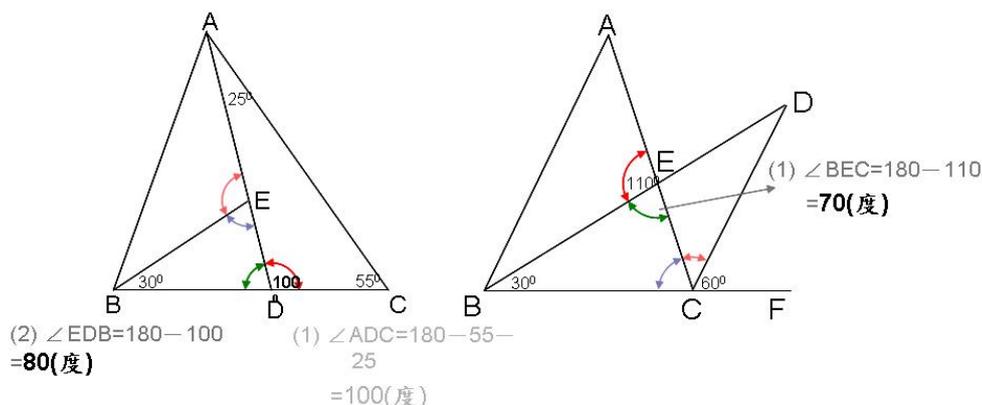


圖 17 「平角」之適性指標呈現

因此，在本實驗教材中所使用到的「適性指標」之呈現，主要包含標記、強調、淡出、出現、閃動和消失，其特徵的分類和所使用之教材元件，如表 21 所示。

表 20 教材中所使用的適性指標

動畫	適性指標的特徵分類	教材元件
標記 (mark)	FORM-Added marks 替目標物外加標記	角的標記
強調 (highlight)	COLOR-Hue 運用不同色相之策略，突顯目標物	紅、藍、綠色角的標記 紅、藍、綠色三角形
淡出 (fading)	COLOR-Intensity 暫時不需要的舊訊息，減弱其色彩強度	角的標記淡去 文字的淡去
出現 (onset)	MOTION-New object-[onset] 目標物是突然出現的新物件	角的出現 三角形的出現 度數的出現 文字的出現 綠色圖出現
閃動(flicker)	MOTION-Flicker 目標物在畫面中閃爍	度數的閃動 角的標記閃動
消失 (offset)	MOTION-New object-[offset] 已不需要之舊訊息使之消失	角的記號消失 三角形的消失

4. 口語化解說的設計

本研究在聽覺引導方面的設計，主要是針對解說方式是為「口語化」來錄製解說的聲音檔，符合多媒體設計之個人化原則 (Personalization Principle)。

實驗組 2 和實驗組 3 的實驗教材差別在於，實驗組 2 的解說方式為非口語化，為利用文字編碼來表示某個物件，而實驗組 3 的解說方式則為口語化解說，使用突顯的特徵來取代文字編碼。實驗組 1 的解說方式則與實驗組 2 完全相同。例子如圖 18 所示。

例題 1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

非口語化解說	口語化解說
<p>角 EAF 和角 BAC 正好形成平角， 所以還要先求出 角 BAC 的度數</p>	<p>綠色角和紅色角正好形成平角， 所以我們選得算出 紅色角的度數</p>

圖 18 非口語化解說與口語化解說的設計

為了減少講述步調對於眼睛移動的影響，本研究的教材設計特別精準控制解說的步調，讓不同組之間，所對應的投影片之播放時間完全相同，因此，每一段非口語化和口語化的解說內容和時間會大致相同。但是，兩者的主要差別在於是以文字編碼來表示某個幾何物件，還是以突顯特徵來表示物件，目的是要了解文字編碼的解說是否會對學習者的學習和觀看的過程產生影響。

5. 其他設計原則

本實驗之教材有聲音、文字和圖片，亦屬於多媒體教材的一種，因此在教材設計時，亦參考 Mayer (2009) 所提出的多媒體設計原則。除了前面所提到的信號原則和個人化原則，其他還有用到設計原則說明如下：

(1) 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)

文字算式會出現在目標角的附近，或是以箭頭協助指引，符合空間接近原則。如圖 19 所示。

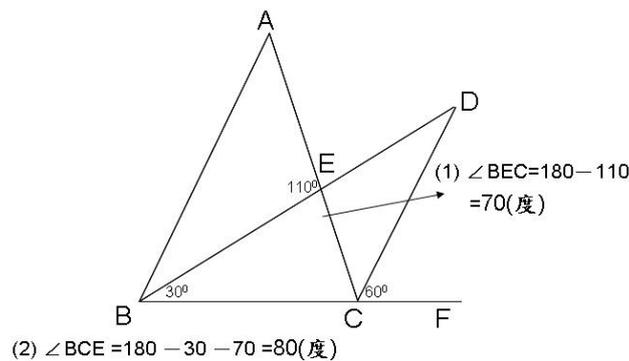


圖 19 符合空間接近原則的設計

(2) 時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)

圖像出現後，相關的聲音用詞也立即隨後出現，符合時間接近原則。如圖 20 所示。

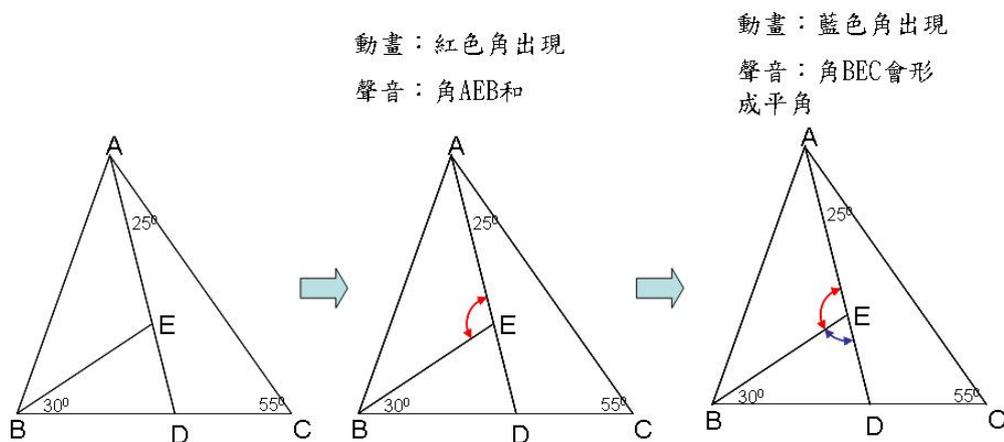


圖 20 符合時間接近原則的設計

(3) 累贅原則 (Redundancy Principle)

文字算式和其口述文字的呈現方式，採取口述文字說完後，文字算式才出現在教材中，不讓兩者同時出現，符合累贅原則。避免讓書寫的文字和口述的文字同時出現時，刻意將時間錯開，那麼學習者就不會同時在同一個管道中處理文字訊息，就不會造成認知處理超過負荷的情況。

(4) 分割原則 (Segmentation Principle)

每個例題的講解依說明的過程和解題的步驟，分成好幾個片段，每一個片段製作成一個投影片，符合分割原則，如圖 21 所示。例題一的解說共分為五個步驟，例題二亦有五個步驟，例題三則有七個步驟。

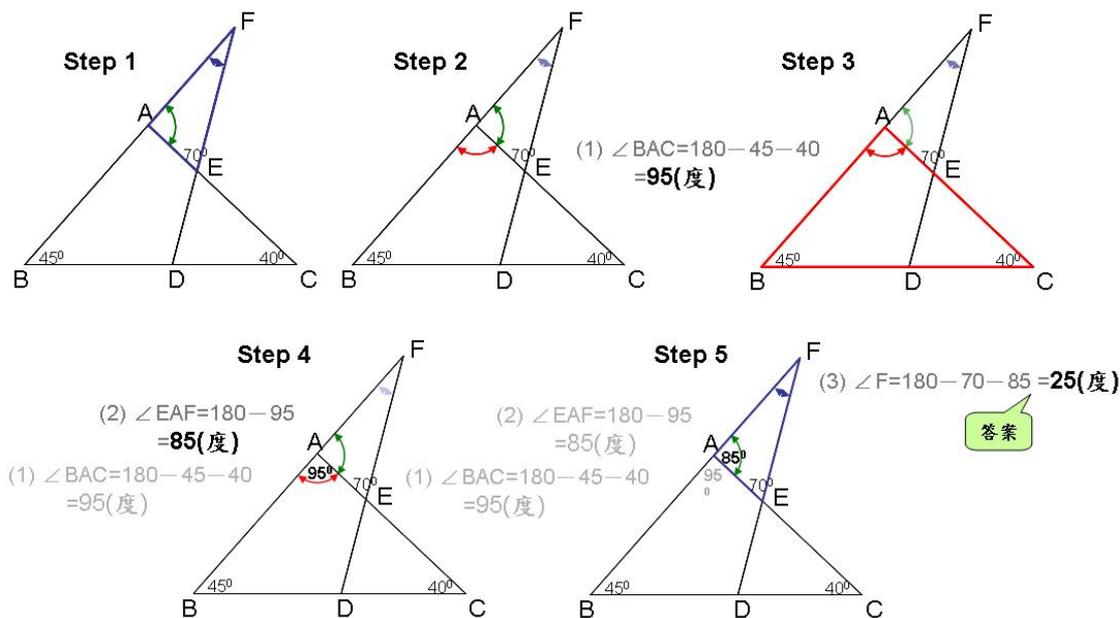


圖 21 符合分割原則的設計(例題 1)

3-6 資料分析方法

本研究期間所搜集的資料，包括：記憶測驗之正確率和作答時間，還有眼球移動資料，如首視點時間、凝視時間、凝視次數…等。

當測驗結束後，開始進行資料的整理與分析。利用 Tobbi Studio、記憶測驗搜集資料，並且使用 Microsoft Excel 和 SPSS 12.0 中文視窗的統計軟體作為資料分工具。

本研究探討不同的教學設計對於學習者的眼睛移動和學習的記憶表現之影響。因此使用單因子變異數分析 (ANOVA)，將組別當作固定因子，把每組的每個獨立測量當作受試者間的因子，這些獨立測量是指記憶測驗的正確率和作答時間、眼動指標的分析 (包含凝視時間、凝視次數、首視點時間…等)。若符合同質性檢定的假設，事後的檢定則採 Scheffe 法進行分析；若是不符合同質性，則用 Tamhane 檢定進行事後之分析。

根據 Newman-Keuls 測驗，本研究所採用之 ANOVA 的顯著水準分為為 .05、.01 和 .001 三個等級。



第四章 研究結果與討論

本章主要依據文獻，探討記憶測驗和眼球追蹤記錄資料所收集的研究結果，共分為三節：第一節為記憶測驗表現的分析，第二節為眼球移動資料的分析，第三節為結果摘要，分敘如下。

4-1 記憶測驗表現的分析

本研究以三角形內角题目的解題進行記憶測驗，針對 28 位國中七年級生，依據不同的教學設計分成三組進行施測，總分 26 分，分析受試者答題時的正確率和作答的時間。正確率者愈高表示其理解和學習的情況愈好，因此記憶測驗的表現較佳，作答的時間愈短，表示回憶的速度愈快，則亦代表記憶的表現較佳。

1. 統計資料的分析

在正確率的表現上，實驗組 3 的正確率最高，平均為 92.74%，實驗組 1 的正確率最低，平均為 53.42%。變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 7.362$ ， $p = .003 < .05$ ，組間達到非常顯著差異；在記憶測驗的作答時間上，實驗組 2 的作答時間最短，平均為 257.40 秒，而實驗組 1 的作答時間最長，平均為 492.11 秒。變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 7.139$ ， $p = .004 < .05$ ，組間亦達到非常顯著差異。資料如表 22 所示。

表 21 記憶測驗表現之描述性統計量和變異數分析

	組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
正確率	1	9	53.42	29.88	7.362	.003**	.371(1)
	2	10	83.08	23.37			
	3	9	92.74	10.26			
作答時間	1	9	492.11	198.40	7.139	.004**	.363(1)
	2	10	257.40	110.68			
	3	9	288.78	111.74			

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$ ，medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$ ，large(l): $.14 \leq \eta^2$

由於兩者的 F 檢定組間都達到顯著差異，再進一步進行事後的檢定分析(Post Hoc)。Levene 同質性檢定的結果，正確率之 F 值為 3.218，p 值為 .057 > .05，而作答時間 Levene 檢定之 F 值為 1.358，p 值為 .276 > .05，兩者都符合同質性的假設。因此，再以 Scheffe 法，進行多重比較，結果如表 23 所示。

表 22 記憶測驗之正確率和作答時間的多重比較：Scheffe 法

依變數	(I) 組別	(J) 組別	平均差異		
			(I-J)	標準誤	顯著性
正確率	1	2	-29.657	10.438	.030*
	2	3	-9.659	10.438	.656
	3	1	39.316	10.709	.005**
作答時間	1	2	234.711	66.586	.006**
	2	3	-31.378	66.586	.895
	3	1	-203.333	68.316	.023*

註：*p < .05，**p < .01，***p < .001

事後的比較結果，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間，在記憶測驗的正確率和作答時間，都有達到顯著差異的水準，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間的正確率表現和作答時間，並沒有顯著差異。

2. 說明

(1) 記憶測驗的正確率

記憶測驗的正確率之變異數分析結果，組間達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對受試者記憶測驗的正確率產生影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），正確率的表現最好，而無適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），正確率最低，如下頁圖 22 所示。

進一步進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計之記憶測驗的正確率，會顯著高於沒有適性指標的設計（實驗組 2 > 實驗組 1，p = .030 < .05），大約高了 29.66%；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，記憶測驗的正確率，非常顯著高於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 > 實驗組 1，p = .005 < .01），大約高了 39.32%。由此可知，含有適性指標的教學設計對於記憶測驗的正確率有顯著的幫助。但是，同樣在含有適性指標設計的情況下，口語化的解說方式對於記憶表現的正確率影響未達到顯

著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .656$ ），顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於正確率的影響作用並不明顯，也就是幾何物件的解說是否以英文符號編碼，對於記憶測驗的正確率，並沒有產生顯著影響。

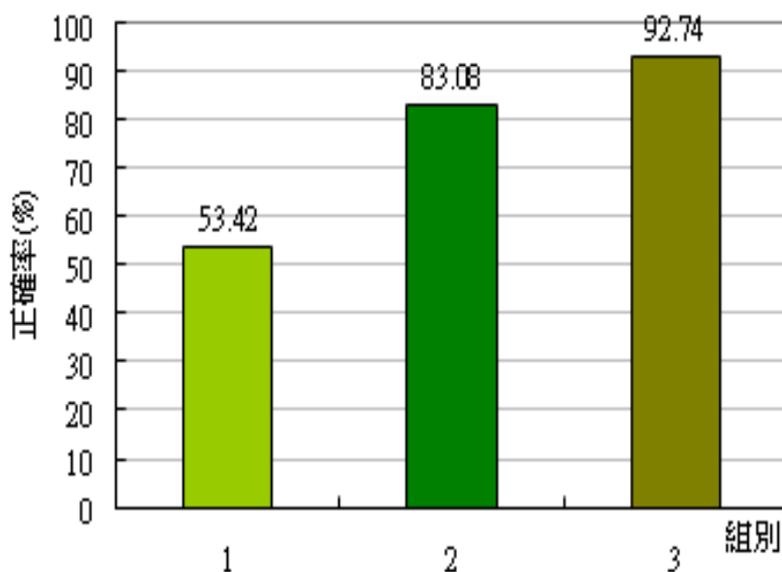


圖 22 記憶測驗的正確率之長條圖

(2) 記憶測驗的作答時間

記憶測驗的作答時間之變異數分析結果，組間達到有顯著差異，顯示不同的教學設計方式會影響受試者記憶測驗的作答時間。適性指標加上非口語化解說的教學設計方式（實驗組 2），作答時間最短，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），則需要較長的作答時間，如下頁圖 23 所示。

進一步進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計之記憶測驗作答時間，非常顯著地比沒有適性指標的設計要快很多（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .006 < .01$ ），平均約快了 234.71 秒；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，記憶測驗的作答時間也顯著低於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 1 > 實驗組 3， $p = .023 < .05$ ），平均也約快 203.33 秒。由此可知，含有適性指標的教學設計對於記憶測驗的作答時間有顯著的幫助，可讓受試者不需花費很多心力去回想學習的內容，因此能較快地回憶並且完成測驗。但是，同樣在含有適性指標設計的情況下，口語化的解說方式對於記憶表現的作答時間影響未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .895$ ），顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於作答時間的影響作用並不明顯，也就是幾

何物件的解說是否以英文符號編碼，對於記憶測驗的作答時間，並沒有產生顯著影響。

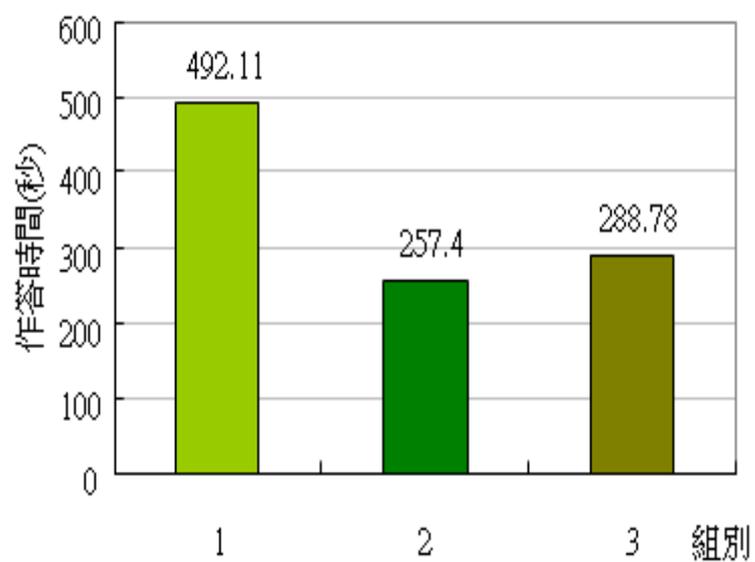


圖 23 記憶測驗的作答時間之長條圖



4-2 眼球移動的資料分析

本節主要分析探討 28 位受試者在觀看不同教學設計時的眼球移動資料，包含：首視點時間 (time to first fixation)、凝視時間 (fixation duration)、凝視次數 (number of fixations)、凝視時間的百分比、凝視次數的百分比、每次試驗的凝視時間百分比、每次試驗的凝視次數百分比、每次凝視的時間 (fixation duration mean) 和凝視的空間密度 (fixation spatial density)。藉著這些眼動資料，來探討不同的教學設計對於受試者的視覺搜尋、注意力分佈情況是否會產生影響。眼球移動資料的說明如表 24 所示：

表 23 所使用之眼球移動資料的說明

眼球移動資料	說 明
首視點時間	從試驗開始到達適性指標區產生第一次凝視所需之時間
凝視時間	試驗期間某個目標區所有凝視時間的總和
凝視次數	試驗期間某個目標區所有凝視次數的總和
凝視時間百分比	某個目標區的凝視時間總和除以全部區的凝視時間總和
凝視次數百分比	某個目標區的凝視時間總和除以全部區的凝視時間總和
每次試驗 凝視時間百分比	每個投影片 (試驗) 中目標區的凝視時間除以該投影片的總凝視時間
每次試驗 凝視次數百分比	每個投影片 (試驗) 中目標區的凝視次數除以該投影片的總凝視次數
每次凝視時間	某個目標區的凝視時間總和除以該區的凝視次數總和
凝視的空間密度	以熱區 (hot point) 圖顯示某投影片上該組所以受試者凝視時間與空間分佈的情形

本研究的實驗材料分為三個例題的講解，每個例題再依學習概念製作成 7~9 個投影片。其中，每個例題前二個投影片為顯示題目，不列入眼動分析，其餘的 17 個投影片，每個當作一個眼動資料的切割片段，共有 17 個眼動片段進行分析。每個眼動片段當中再畫分為不同的關注區 (area of interest)，利用分析軟體

「Tobbi Studio」來分析首視點的時間、凝視時間和凝視次數等資料，欲以科學數據來證明適性指標和口語化解說對於受試者的視覺搜尋、注意力分佈會產生影響。各投影片的關注區劃分，請詳見附錄 7。

本研究所分析的關注區包含：「適性指標區」、「英文字區」、「計算式區」，還有「整個投影片區」。各關注區的範圍，如下頁圖 24 所示。

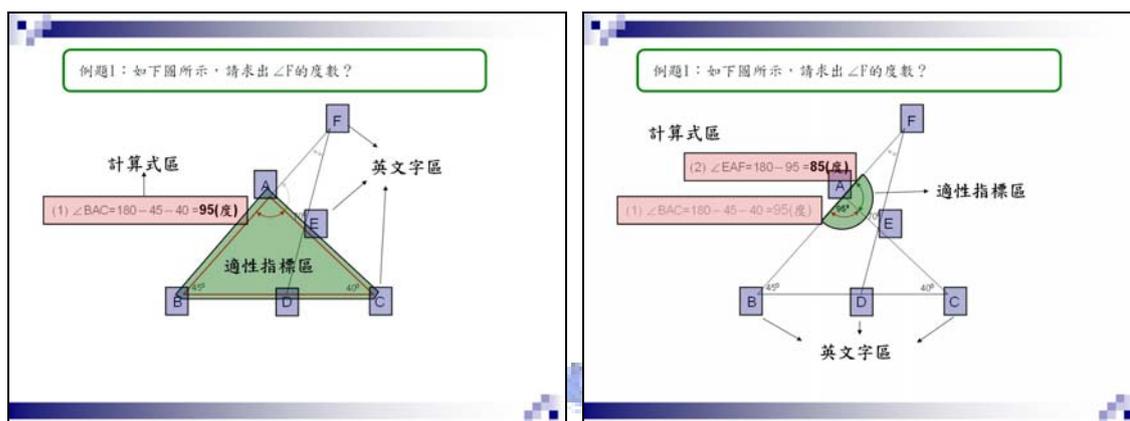


圖 24 眼動資料之關注區範圍示意圖

(1) 適性指標區

適性指標區是指該投影片中適性指標主要所操弄的區域，也是與當下解說內容相關的區域。即教學者會透過口述的引導，希望受試者能夠處理和注意的區域。此區依據所要處理的數學概念，可分為三角形內角和及平角兩種，因此每個投影片的適性指標區域不盡相同。

(2) 英文字區

英文字區是指該投影片中所有英文字標示區域的總和，藉此來探討對幾何物件以英文字編碼的解說方式，是否會影響對英文字的觀看情形。本實驗材料有三個例題，每個例題中各個投影片的英文字區是完全相同的。

(3) 計算式區

計算式區是指該投影片中所有數學計算式子之區塊的總和。因著教學的過程，有的投影片中完全沒有計算式，有的會有 1~4 個計算式，因此各個投影片的計算區數目不盡相同。此區並非是本研究希望受試者所觀看的區域，如果教學設計愈佳時，受試者從解說適性指標所獲得的資

訊，就足夠了解如何解題，因此，對於計算式觀看的依賴，應會較低。

(4) 整個投影片區

整個投影片區包含該個投影片的全部區域，藉著收集受試者觀看該投影片時所有的凝視時間和凝視次數總和，可用來計算其他關注區所佔的凝視時間和凝視次數的比例。

由於每個投影片（試驗）的時間並不相同，所以眼動的片段長度也不盡相同，較難以片段為單位相互比較凝視時間和凝視次數。但是各組相對應的投影片時間為一樣，而且各組的整個實驗時間是相同的，因此計算 17 個片段中某個關注區的凝視時間和凝視次數總和，當作整個實驗的凝視時間和凝視次數資料。

然而在每次試驗時間不同的情況之下，比較凝視時間和凝視次數的百分比更具有意義。本研究使用兩種方式來計算凝視時間和凝視次數的百分比：

- (1) 以整個實驗為單位，計算 17 個投影片中目標區的凝視時間和凝視次數的總和，佔全部投影片所有凝視時間和凝視次數的比例。
- (2) 以每個投影片（試驗）為單位，計算該試驗中目標區的凝視時間和凝視次數佔該試驗全部凝視時間和凝視次數的比例，然後再算出 17 個試驗的平均值。

由於首視點時間是計算每個投影片開始播放到在適性指標區產生第一次凝視所需要的時間，因此以 17 個片段的平均首視點時間，當作受試者的首視點時間資料。

4-2-1 適性指標區之首視點時間

適性指標區是本研究所以視覺或是聽覺操弄希望受試者觀看的區域，因此受試者能夠愈快注意到此區，很快地產生第一次凝視，表示此區的設計較吸引人，且有助於減少視覺搜尋的時間，則就能有更多的資源，隨著受試者的解說進行更進一步的處理。

1. 適性指標區之首視點時間的統計資料分析

在適性指標區的首視點時間，實驗組 3 的時間最短，平均為 1.00 秒，實驗組

1 的時間最長，平均為 2.82 秒。進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 24.157$ ， $p = .000 < .001$ ，在正確率的表現上，組間達到非常顯著的差異。資料如表 25 所示。

表 24 適性指標區的首視點時間之描述性統計量和變異數分析

	組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
適性指標區 首視點時間	1	9	2.82	0.89	24.157	.000***	.659(1)
	2	10	1.19	0.49			
	3	9	1.00	0.35			

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size，small(s)： $.01 \leq \eta^2 < .06$ ，medium(m)： $.06 \leq \eta^2 < .14$ ，large(l)： $.14 \leq \eta^2$

由於 F 檢定組間達到顯著差異，進一步進行事後的檢定分析 (Post Hoc)。同質性 Levene 檢定之 F 值為 3.543，p 值為 .044 < .05，並不符合同質性的假設。因此，再以 Tamhane 檢定，進行事後分析的多重比較，結果如表 26 所示。

表 25 適性指標區之首視點時間的多重比較：Tamhane 檢定

依變數	(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
適性指標區 首視點時間	1	2	1.636	0.335	.001**
	2	3	0.192	0.194	.707
	3	1	-1.828	0.320	.000***

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後的比較結果，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間，都達到非常顯著的差異水準，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間的正確率表現和作答時間，並沒有達到顯著差異。

2. 說明

適性指標區的首視點時間之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區的首視點時間產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式 (實驗組 3)，產生第一次凝視所需的時間最短，而無適性指標且非口語化解說的教學設計方式 (實驗組 1)，產生第一次凝視所需的時間最長，如圖 25 所示。

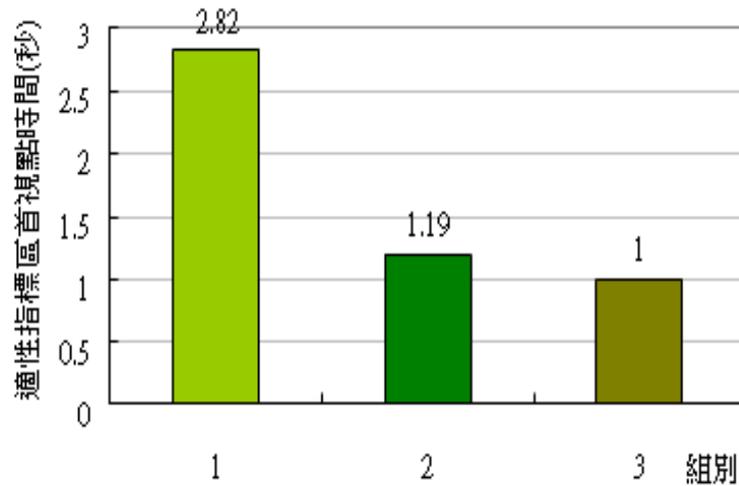


圖 40 適性指標區首視點時間的長條圖

進一步進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計之適性指標區的首視點時間，非常顯著地快於沒有適性指標的設計（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .001 < .01$ ），大約快了 1.63 秒；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，其首視點時間也快於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），達到非常顯著的水準，大約快了 1.82 秒。由此可知，含有適性指標的教學設計對於適性指標區的首視點時間有顯著的幫助，能夠更快地產生該區的第一次凝視。雖然適性指標加上口語化解說的首視點時間表現最好，但是和適性指標加上非口語化解說的設計之間，並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .707$ ），顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於適性指標區的首視點時間之影響作用並不明顯，也就是幾何物件的解說是否以英文符號編碼，對於適性指標區的首視點時間並沒有產生顯著影響。

4-2-2 凝視時間

本研究在適性指標區配合解說的過程和內容操弄視覺或聽覺的引導，在理想的狀況下，受試者必須在此區會有較多的認知處理，因此需要有較多的凝視時間；而英文字區和計算式區並非是要受試者注意的區域，因此凝視時間應該會較短才是。由於每個試驗的時間不同，因此難以相互比較，然而整個實驗的時間是相同的，因此以整個實驗為單位，進行凝視時間總和的比較。

1. 凝視時間的統計資料分析

在適性指標區的凝視時間，實驗組 2 最長，平均為 119.35 秒，實驗組 1 的時間最短，平均為 66.20 秒，變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 16.383$ ， $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文字區的凝視時間，實驗組 1 最長，平均為 17.20 秒，實驗組 3 的時間最短，平均為 11.13 秒，變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 2.039$ ， $p = .151 > .05$ ，組間沒有顯著的差異；在計算式區的凝視時間，實驗組 1 最長，平均為 47.18 秒，實驗組 3 的時間最短，平均為 22.20 秒，變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 14.494$ ， $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在整個投影片區的凝視時間，實驗組 2 最長，平均為 191.28 秒，實驗組 3 的時間最短，平均為 181.26 秒，變異數分析之 $F_{(2, 25)} = 0.347$ ， $p = .710 > .05$ ，組間沒有達到顯著的差異。資料如表 27 所示。

表 26 凝視時間之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
凝視時間	適性指標區	1	9	66.20	15.78	16.383	.000***	.567(1)
		2	10	119.35	24.24			
		3	9	118.19	26.50			
	英文字區	1	9	17.20	5.15	2.039	.151	.140(1)
		2	10	15.99	8.90			
		3	9	11.13	5.30			
	計算式區	1	9	47.18	13.17	14.494	.000***	.534(1)
		2	10	24.69	11.37			
		3	9	22.20	7.29			
整個投影片區	1	9	190.01	32.26	0.347	.710	.027(s)	
	2	10	191.28	22.92				
	3	9	181.26	28.96				

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size，small(s)： $.01 \leq \eta^2 < .06$ ，medium(m)： $.06 \leq \eta^2 < .14$ ，large(l)： $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，所有區域的凝視時間皆沒有達到顯著差異，符合同質性的假設，如表 28 所示。

表 27 凝視時間之同質性檢定

		Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
凝視 時間	適性指標區	0.934	2	25	.406
	英文字區	2.332	2	25	.118
	計算式區	0.631	2	25	.540
	整個投影片區	0.560	2	25	.578

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

以 Scheffe 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 29 所示。

表 28 凝視時間的多重比較：Scheffe 檢定

依變數		(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
凝視 時間	適性指標區	1	2	-53.146	10.435	.000***
		2	3	1.157	10.435	.994
		3	1	51.989	10.706	.000***
	英文字區	1	2	1.213	3.116	.927
		2	3	4.864	3.116	.313
		3	1	-6.077	3.197	.185
	計算式區	1	2	22.485	5.013	.001**
		2	3	2.498	5.013	.884
		3	1	-24.983	5.143	.000***
	整個投影片區	1	2	-1.267	12.919	.995
		2	3	10.019	12.919	.743
		3	1	-8.752	13.255	.806

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後的比较結果，在適性指標區的凝視時間，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間，達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在英文字區的凝視時間，兩兩比較都沒有達到顯著差異；在計算式區的凝視時間，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在整個投影片區的凝視時間，各組之間都沒有達到顯著差異。

2. 說明

各關注區凝視時間的結果，如圖 26 所示，進一步說明如下：

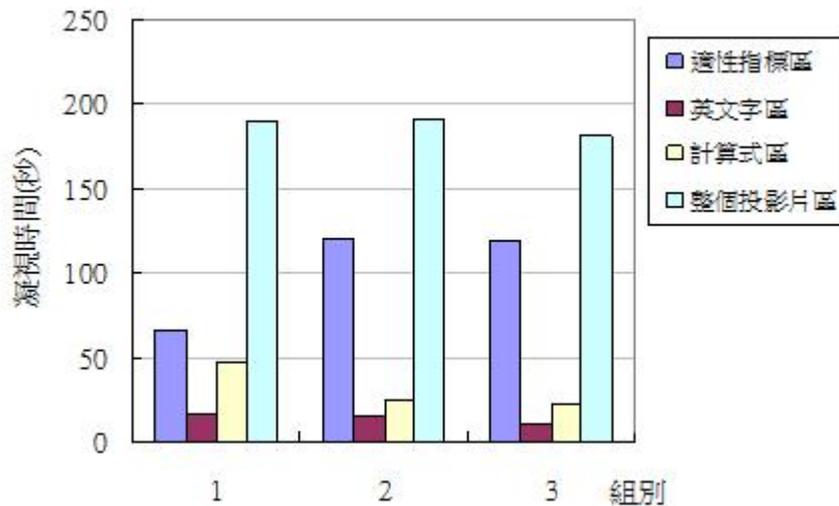


圖 26 各關注區凝視時間的長條圖

(1) 適性指標區之凝視時間

適性指標區的凝視時間之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區的凝視時間產生顯著的影響。適性指標加上非口語化解說的教學設計方式（實驗組 2），產生的凝視時間總和最長，而無適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），產生的凝視時間總和最短。

進一步進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計，在適性指標區的凝視時間，會非常顯著多於沒有適性指標的設計（實驗組 2 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約多了 53.15 秒；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在適性指標區的凝視時間也非常顯著地多於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約多了 51.99 秒。由此可知，含有適性指標的教學設計對於適性指標區的凝視時間有顯著的幫助，能夠產生較長的凝視時間。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .994$ ），兩者的凝視時間差不多，顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於適性指標區的凝視時間之影響作用並不明顯，也就是幾何物件的解說是否以英文符號編碼，對於適性指標區的凝視時間並沒有產生顯著影響。

(2) 英文字區之凝視時間

英文字區的凝視時間之變異數分析結果，組間並未達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對英文區的凝視時間產生影響並不明顯。

雖然適性指標加上非口語化解說的教學設計方式，比起其他兩種的設計方式，在英文區產生的凝視時間最短（實驗組 1 > 實驗組 3， $p = .185 > .05$ ，實驗組 2 > 實驗組 3， $p = .313 > .05$ ），也就是有口語化的解說，雖然會減少對於英文字的凝視時間，但是還沒有達到顯著的作用。在非口語化的解說情況下，無論是否為適性指標的設計，對於英文字的凝視時間情形較相似（實驗組 1 > 實驗組 2， $p = .927$ ），會產生較高的凝視時間。

(3) 計算式區之凝視時間

計算式區的凝視時間之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對計算式區的凝視時間產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），產生的凝視時間總和最長，而無適性指標且非口語化解說的教學設計方式，產生的凝視時間總和最長（實驗組 1）。

進一步進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計之計算式區的凝視時間，非常顯著地少於沒有適性指標的設計（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .001 < .01$ ），大約減少 22.49 秒；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在計算式區的凝視時間會非常顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約減少了 24.98 秒。由此可知，含有適性指標的教學設計對於計算式區的凝視時間有顯著的影響，能夠減少對該區的凝視時間。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .884$ ），兩者的凝視時間差異不大，顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於減少計算區的凝視時間之影響並不明顯，也就是幾何物件的解說是否以英文符號編碼，對於計算區的凝視時間並沒有產生顯著影響。

(4) 整個投影片區之凝視時間

整個投影片區的凝視時間之變異數分析結果，組間並沒有達到顯著差異，三組的整個投影片區的凝視時間之平均數也很相近，顯示不同的教學設計方式對整個投影片區的凝視時間並不會產生影響，各組的整個投影片區凝視時間表現情形差不多。

4-2-3 凝視次數

解說的內容和適性指標主要都是發生在適性指標區，因此受試者在此區需要較多的注意和處理，凝視次數會較多；英文字區和計算式區並非是要受試者注意的區域，若受試者若能從適性指標區足夠獲得資訊，就會減少在此兩區的處理，則凝視次數應該會較少。由於每個試驗的時間不同，因此難以相互比較，然而整個實驗的時間是相同的，因此以整個實驗為單位，進行凝視次數總和的比較。

1. 凝視次數的統計資料分析

在適性指標區的凝視次數，實驗組 3 最多，平均為 188.56 次，實驗組 1 的次數最少，平均為 114.67 次，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 6.634$ ， $p = .005 < .01$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文區字的凝視次數，實驗組 1 最多，平均為 42.22 次，實驗組 3 的次數最少，平均為 25.11 次，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 4.554$ ， $p = .021 < .05$ ，組間達到顯著的差異；在計算式區的凝視次數，實驗組 1 最多，平均為 77.11 次，實驗組 2 的次數最少，平均為 51.80 次，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 5.951$ ， $p = .008 < .01$ ，組間達到非常顯著的差異；在整個投影片區的凝視次數，實驗組 1 最多，平均為 367.22 次，實驗組 2 的次數最少，平均為 300.30 次，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 1.446$ ， $p = .255 > .05$ ，組間沒有達到顯著的差異。資料如表 30 所示。

表 29 凝視次數之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
凝視次數	適性指標區	1	9	114.67	25.41	6.634	.005**	.347(1)
		2	10	141.20	36.47			
		3	9	188.56	61.71			
	英文字區	1	9	42.22	12.02	4.554	.021*	.267(1)
		2	10	27.10	14.93			
		3	9	25.11	12.33			
	計算式區	1	9	77.11	13.93	5.951	.008**	.323(1)
		2	10	51.80	19.78			
		3	9	52.22	19.42			
整個投影片區	1	9	367.22	74.58	1.446	.255	.104(m)	
	2	10	300.30	66.52				
	3	9	339.22	112.81				

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size，small(s)： $.01 \leq \eta^2 < .06$ ，medium(m)： $.06 \leq \eta^2 < .14$ ，large(l)： $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，適性指標區和全部區的凝視次數達到顯著差異，並不符合同質性的假設，所以以 Tamhane 法進行事後的檢定；英文字區和計算式區的凝視次數符合同質性的假設，因此以 Scheffe 法進行事後的檢定。同質性檢定的資料，如表 31 所示。

表 30 凝視次數之同質性檢定

	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
凝視 次數	適性指標區	10.303	2	.001**
	英文字區	0.895	2	.421
	計算式區	0.336	2	.718
	整個投影片區	4.292	2	.025*

註：*p < .05，**p < .01，***p < .001

以 Scheffe 法和 Tamhane 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 32 所示。

表 31 凝視次數的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定

依變數	(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	
凝視 次數	適性指標區 Tamhane 檢定	1	2	-26.533	14.310	.227
		2	3	-47.356	23.584	.186
		3	1	73.889	22.247	.021*
	英文字區 Scheffe 法	1	2	15.122	6.080	.063
		2	3	-1.989	6.080	.948
		3	1	-17.111	6.238	.037*
	計算式區 Scheffe 法	1	2	25.311	8.265	.019*
		2	3	-0.422	8.265	.999
		3	1	-24.889	8.480	.025*
整個投影片區 Tamhane 檢定	1	2	66.922	32.565	.160	
	2	3	-38.922	43.088	.765	
	3	1	-28.000	45.078	.906	

註：*p < .05，**p < .01，***p < .001

事後的比较結果，在適性指標區的凝視次數，只有實驗組 1 和實驗組 3 之間，達到顯著的差異，實驗組 1 和實驗組 2、實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在英文字區的凝視次數，只有實驗組 1 和實驗組 3 之間，達到顯著的差異，實驗組 1 和實驗組 2、實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在計算式區的凝視次數，實驗組 1 和實驗組 2、實驗組 1 和實驗組 3 之間達到顯著的差異，但是實驗組

2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在整個投影片區的凝視次數，各組之間都沒有達到顯著差異。

2. 說明

各關注區凝視次數的結果，如圖 27 所示，進一步說明如下：

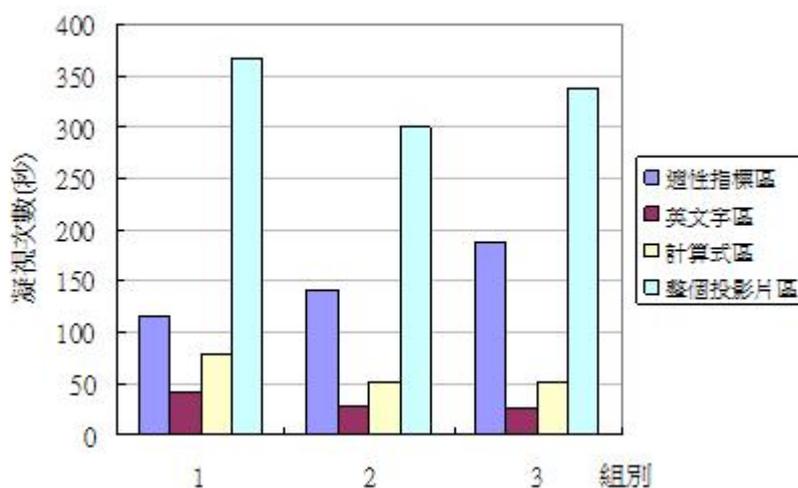


圖 27 各關注區凝視次數的長條圖

(1) 適性指標區之凝視次數

適性指標區的凝視次數之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區的凝視次數產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），會有最多的凝視次數，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），產生的凝視次數最少。

以 Tamhane 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在適性指標區的凝視次數，會顯著地多於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 > 實驗組 1, $p = .021 < .05$ ），大約多了 73.89 次。在非口語化解說的情況下，加上適性指標，對於適性指標區的凝視次數的影響並不顯著（實驗組 2 > 實驗組 1, $p = .227$ ）；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於適性指標區的凝視次數的影響也不明顯（實驗組 3 > 實驗組 2, $p = .186$ ）。由此可知，適性指標必須加上口語化解說的教學設計，對於適性指標區的凝視次數，才會顯著地增加。

(2) 英文字區之凝視次數

英文字區的凝視次數之變異數分析結果，組間達到顯著差異，顯示不同的

教學設計方式會對英文字區的凝視次數產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），產生的凝視次數最少；而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），產生的凝視次數最多。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在英文字區的凝視次數，會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .037 < .05$ ），大約減少了 17.11 次。在非口語化解說的情況下，加上適性指標後，對英文字區的凝視次數的影響僅接近顯著而已（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .063$ ）；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於英文字區的凝視次數的影響不明顯，兩者的凝視次數差不多（實驗組 3 > 實驗組 2， $p = .948$ ）。由此可知，適性指標必加上口語化解說的教學設計，才會顯著地減少英文字區的凝視次數。

（3）計算式區之凝視次數

計算式區的凝視次數之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對計算式區的凝視次數產生顯著的影響。適性指標加上非口語化解說的教學設計方式（實驗組 2），產生的凝視次數最少，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），產生的凝視次數最多。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之教學設計之計算式區的凝視次數，顯著少於沒有適性指標的設計（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .019 < .05$ ），大約減少 25.31 次；適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在計算式區的凝視次數也會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .025 < .01$ ），大約減少了 24.89 次。由此可知，含有適性指標的教學設計對於計算式區的凝視次數有顯著的影響，能夠減少對該區的凝視次數。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同，對於計算式的凝視次數幾乎沒有影響，兩者的表現差不多（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .999$ ），顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於減少計算區的凝視次數並沒有影響。

（4）整個投影片區之凝視次數

整個投影片區的凝視次數之變異數分析結果，組間並沒有達到顯著差異，三組的整個投影片區的凝視次數之平均數雖有不同，但是兩兩比較也都沒有達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式對整個投影片區的凝視時間並不會產生影響。

4-2-4 凝視時間百分比

由於受試者個人的視線軌跡並不相同，有的凝視點短而多，有的凝視點長而少，這些個人因素會影響眼動資料的結果，單單比較凝視時間可能不夠完備。而本研究各組之間整個投影片區的凝視總時間沒有達到顯著差異，因此進一步以整個投影片區的凝視時間當作分母，計算其他區域的所佔的凝視時間百分比，進行分析比較。某區的凝視時間比例可代表受試者注意力分佈的情形。本研究認為良好的教學設計，在適性指標區應獲得較多的注意和處理，因此會有較高的凝視時間比例才是；而英文字區和計算式區並不是要受試者注意的區域，凝視時間的比例應較低。

1. 凝視時間百分比的統計資料分析

在適性指標區的凝視時間百分比，實驗組 3 最高，平均為 64.72%，實驗組 1 的百分比最低，平均為 34.52%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 63.087$, $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文字區的凝視時間百分比，實驗組 1 最高，平均為 9.02%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 6.21%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 1.683$, $p = .206 > .05$ ，組間沒有顯著的差異；在計算式區的凝視時間百分比，實驗組 1 最高，平均為 24.66%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 12.11%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 16.784$, $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異。資料如表 33 所示。

表 32 凝視時間百分比之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
凝視時間 百分比	適性指標區	1	9	34.52	4.18	63.087	.000***	.835(1)
		2	10	61.99	7.57			
		3	9	64.72	6.63			
	英文字區	1	9	9.02	1.93	1.683	.206	.119(m)
		2	10	8.55	4.78			
		3	9	6.21	2.95			
	計算式區	1	9	24.66	6.12	16.784	.000***	.573(1)
		2	10	12.93	5.71			
		3	9	12.11	3.09			

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$, medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$, large(l): $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，英文字區的凝視時間百分比不符合同質性的假設，因此進行 Tamhane 法的事後檢定；適性指標區和計算式區的凝視時間百分比皆符合同質性的假設，因此以 Scheffe 法進行事後檢定。同質性檢定的資料，如表 34 所示。

表 33 凝視時間百分比之同質性檢定

		Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
凝視時間 百分比	適性指標	1.640	2	25	.214
	英文字	3.797	2	25	.036*
	計算式	1.637	2	25	.215

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

以 Scheffe 法和 Tamhane 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 35 所示。

表 34 凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定

依變數		(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
凝視時間 百分比	適性指標區 Scheffe 法	1	2	-27.464	2.917	.000***
		2	3	-2.737	2.917	.649
		3	1	30.201	2.993	.000***
	英文字區 Tamhane 檢定	1	2	0.473	1.644	.989
		2	3	2.338	1.805	.515
		3	1	-2.811	1.176	.092
	計算式區 Scheffe 法	1	2	11.731	2.379	.000***
		2	3	0.811	2.379	.944
		3	1	-12.543	2.440	.000***

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後的比较結果，在適性指標區的凝視時間百分比，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間，達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在英文字區的凝視時間百分比，兩兩比較都沒有達到顯著差異；在計算區式的凝視時間百分比，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異。

2. 說明

各組凝視時間的百分比結果，如圖 28 所示，進一步說明如下：

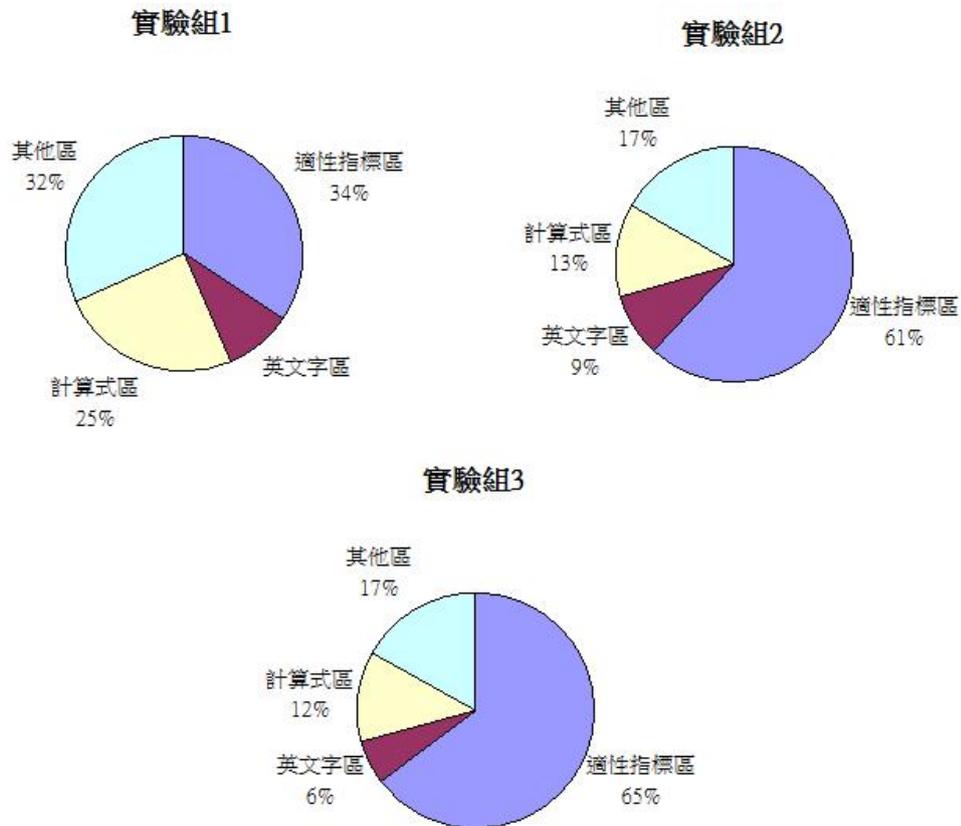


圖 28 各組凝視時間百分比之圓形圖

(1) 適性指標區之凝視時間百分比

適性指標區的凝視時間百分比之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區的凝視時間比例產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），有最高的凝視時間比例，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），凝視時間的比例最低。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較，在非口語化解說的情況下，含有適性指標的教學設計，適性指標區的凝視時間比例，會顯著高於沒有適性指標的設計（實驗組 2 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約提高了 27.47%；適性指標再加上口語化解說的教學設計，凝視時間的比例也顯著地高於無適性指標加上非口語化的教學設計（實驗組 3 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約提高了 30.2%。由此可知，含有適性指標的教學設計，會顯著地提高適性指標區的

凝視時間比例。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .649$ ），兩者的凝視時間比例差不多，顯示此時口語化解說對於適性指標區的凝視時間比例並無明顯影響。

（2）英文字區之凝視時間百分比

英文字區的凝視時間百分比之變異數分析結果，組間並未達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對英文區的凝視時間百分比產生影響並不明顯。以 Tamhane 法進行事後比較，雖然適性指標加上口語化解說的設計方式，比起其他兩種的設計方式，在英文區產生的凝視時間百分比最低（實驗組 1 > 實驗組 3， $p = .092 > .05$ ，實驗組 2 > 實驗組 3， $p = .515 > .05$ ），但是還沒有達到顯著的作用。在非口語化的解說情況下，無論是否含有適性指標，在英文字的凝視時間比例差不多（實驗組 1 > 實驗組 2， $p = .989$ ），都有較高的凝視時間比例。

（3）計算式區之凝視時間百分比

計算式區的凝視時間百分比之變異數分析結果，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對計算式區的凝視時間百分比會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3）的凝視時間比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的設計方式（實驗組 1）的凝視時間比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之設計，在計算式區的凝視時間比例，顯著地低於沒有適性指標的設計（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約減少 11.73%；適性指標再加上口語化解說的設計，凝視時間比例也顯著地少於無適性指標加上非口語化的教學設計（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約減少 12.55%。由此可知，含有適性指標的教學設計，能夠顯著減少對於計算式區的凝視時間比例有顯著。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .884$ ），兩者的凝視時間比例差異不大，顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於減少計算式區的凝視時間比例之影響並不明顯。

4-2-5 凝視次數百分比

由於各組間的整個投影片區之凝視次數並未達到顯著差異，並且考量眼動軌跡具有個別差異性的因素，進一步計算目標區的凝視次數百分比，以了解注意力處理的分佈情形。本研究認為良好的教學設計，在適性指標區應會有較高的處理比例，因此凝視次數比例會較高，而英文字區和計算式區並非是要受試者注意的區域，因此凝視次數的比例應較低。

1. 凝視次數百分比的統計資料分析

在適性指標區的凝視次數百分比，實驗組 3 最高，平均為 56.01%，實驗組 1 的百分比最低，平均為 31.35%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 51.145$ ， $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文字區的次數百分比，實驗組 1 最高，平均為 11.61%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 7.09%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 3.587$ ， $p = .043 < .05$ ，組間達到顯著的差異；在計算式區的凝視次數百分比，實驗組 1 最高，平均為 21.50%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 15.62%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 3.827$ ， $p = .035 < .05$ ，組間達到顯著的差異。資料如表 36 所示。

表 35 凝視次數百分比之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
凝視次數 百分比	適性指標區	1	9	31.35	3.79	51.145	.000***	.804(1)
		2	10	46.89	5.80			
		3	9	56.01	5.77			
	英文字區	1	9	11.61	3.57	3.587	.043*	.223(1)
		2	10	8.80	4.56			
		3	9	7.09	2.19			
	計算式區	1	9	21.50	4.15	3.827	.035*	.234(1)
		2	10	17.21	5.14			
		3	9	15.62	4.62			

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$, medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$, large(l): $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，皆未達到顯著差異，表示符合同質性檢定的假設，

資料結果如表 37 所示。

表 36 凝視時間百分比之同質性檢定

		Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
凝視次數百分比	適性指標	0.594	2	25	.560
	英文字	1.969	2	25	.161
	計算式	0.619	2	25	.547

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

以 Scheffe 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 38 所示。

表 37 凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定

依變數		(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
凝視次數百分比	適性指標區	1	2	-15.535	2.404	.000***
		2	3	-9.118	2.404	.003**
		3	1	24.652	2.467	.000**
	英文字區	1	2	2.812	1.663	.258
		2	3	1.709	1.663	.596
		3	1	-4.521	1.706	.045*
	計算式區	1	2	4.295	2.149	.157
		2	3	1.586	2.149	.764
		3	1	-5.882	2.205	.044*

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後的比较結果，適性指標區的凝視次數百分比，兩兩比較都有達到非常顯著的差異；英文字區的凝視次數百分比，只有實驗組 1 和實驗組 3 之間有達到顯著差異；計算式區的凝視次數百分比，也只有實驗組 1 和實驗組 3 之間達到顯著的差異。

2. 說明

各組凝視次數的百分比結果，如圖 29 所示，進一步說明如下：

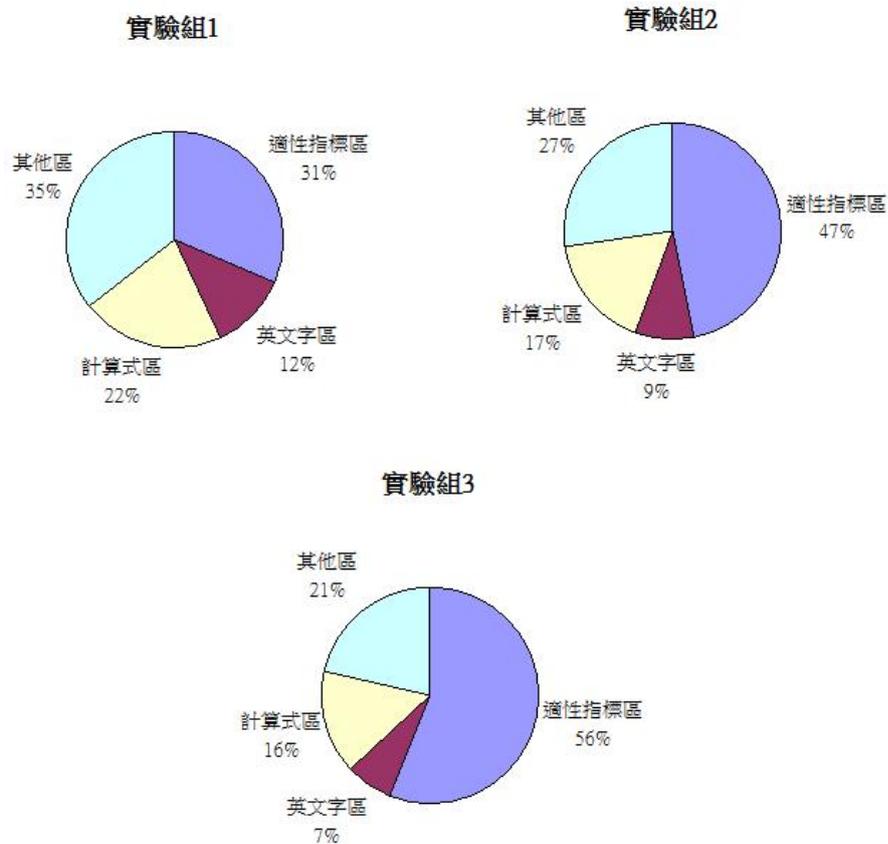


圖 29 各組凝視次數百分比

(1) 適性指標區之凝視次數百分比

適性指標區的凝視次數百分之變異數分析結果，組間達到非常顯著的差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區的凝視次數比例產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說（實驗組 3）的凝視次數比例最高，無適性指標且非口語化解說（實驗組 1）的凝視次數比例最低。

事後的分析比較，在非口語化解說的情況下，含有適性指標的教學設計，凝視次數比例，會顯著高於沒有適性指標的設計約 15.54%（實驗組 2 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ）；在含有適性指標的情況下，有口語化的解說之凝視次數的比例也會顯著提高約 9.12%（實驗組 3 > 實驗組 2， $p = .003 < .01$ ）；適性指標再加上口語化解說的設計方式，凝視次數的比例也顯著地高於無適性指標加上非口語化的教學設計，達 24.66%（實驗組 3 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ）。由此可知，含有適性指標的教學設計以及口語化的解說方式，都有

助於提高適性指標區的凝視次數比例。

(2) 英文字區之凝視次數百分比

英文字區的凝視次數百分比之變異數分析結果，組間達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對英文區的凝視次數百分比會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），凝視次數比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），凝視次數的比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在英文字區的凝視次數比例，會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1, $p = .045 < .05$ ），大約減少了 4.52%。在非口語化解說的情況下，加上適性指標後，對英文字區的凝視次數比例的影響不顯著（實驗組 2 < 實驗組 1, $p = .258$ ）；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於英文字區的凝視次數比例的影響也不明顯（實驗組 3 < 實驗組 2, $p = .596$ ）。由此可知，適性指標必加上口語化解說的教學設計，才會顯著地減少英文字區的凝視次數比例。

(3) 計算式區之凝視次數百分比

計算式區的凝視次數百分比之變異數分析結果，組間達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對計算式區的凝視次數百分比會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3）的凝視次數比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1）的凝視次數比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在計算區的凝視次數比例，會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形（實驗組 3 < 實驗組 1, $p = .044 < .05$ ），大約減少了 5.88%。在非口語化解說的情況下，加上適性指標後，對計算式區的凝視次數比例的影響不顯著（實驗組 2 < 實驗組 1, $p = .157$ ）；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於計算式區的凝視次數比例的影響也不明顯（實驗組 3 < 實驗組 2, $p = .764$ ）。由此可知，適性指標必加上口語化解說的教學設計，才會顯著地減少計算式區的凝視次數比例。

4-2-6 每次試驗的凝視時間百分比

由於每個試驗（投影片）的時間不同，比較凝視時間百分比會比凝視時間更具有意義，藉此可了解在每個試驗當中目標區對於眼球移動的影響。在每個試驗當中，某區的凝視時間比例可代表受試者在該投影片中注意力分佈的情形。本研究認為良好的教學設計，在適性指標區應獲得較多的注意和處理，因此會有較高的凝視時間比例才是；而英文字區和計算式區並不是要受試者注意的區域，凝視時間的比例應較低。

1. 每次試驗之凝視時間百分比的統計資料分析

在適性指標區的每次試驗之凝視時間百分比，實驗組 3 最高，平均為 64.99%，實驗組 1 的百分比最低，平均為 34.90%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 54.810$, $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文字區每次試驗的凝視時間百分比，實驗組 1 最高，平均為 9.77%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 6.83%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 1.460$, $p = .251 > .05$ ，組間沒有顯著的差異；在計算式區每次試驗的凝視時間百分比，實驗組 1 最高，平均為 38.89%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 18.73%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 14.789$, $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異，資料如表 39 所示。因為有些投影片中並沒有計算式區，在本節的分析中並未納入分析，所以相較於 4-2-4 節（整個實驗的凝視時間比例）的結果，會有較高的比例。

表 38 每次試驗的凝視時間百分比之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
適性指標區	1	9	34.90	4.50	54.810	.000***	.814(1)	
	2	10	62.07	7.87				
	3	9	64.99	7.29				
每次試驗 凝視時間 百分比	英文字區	1	9	9.77	1.460	.251	.105(m)	
	2	10	8.90	5.16				
	3	9	6.83	3.08				
計算式區	1	9	38.89	10.89	14.789	.000***	.542(1)	
	2	10	20.09	9.37				
	3	9	18.73	5.24				

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$, medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$, large(l): $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，英文字區每次試驗的凝視時間百分比不符合同質性的假設，因此進行 Tamhane 法的事後檢定；適性指標區和計算式區每次試驗的凝視時間百分比皆符合同質性的假設，因此以 Scheffe 法進行事後檢定。同質性檢定的資料，如表 40 所示。

表 39 每次試驗凝視時間百分比之同質性檢定

		Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
每次試驗	適性指標	1.512	2	25	.240
凝視時間	英文字	3.407	2	25	.049*
百分比	計算式	1.486	2	25	.245

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

以 Scheffe 法和 Tamhane 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 41 所示。

表 40 每次試驗凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定和 Tamhane 檢定

依變數		(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
每次試驗 凝視時間 百分比	適性指標區 Scheffe 法	1	2	-27.170	3.109	.000***
		2	3	-2.919	3.109	.648
		3	1	30.089	3.190	.000***
	英文字區 Tamhane 檢定	1	2	0.868	1.781	.951
		2	3	2.070	1.928	.657
		3	1	-2.938	1.251	.098
	計算式區 Scheffe 法	1	2	18.802	4.067	.000***
		2	3	1.352	4.067	.946
		3	1	-20.155	4.173	.000***

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後的比较結果，在適性指標區每次試驗的凝視時間百分比，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間，達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異；在英文字區每次試驗的凝視時間百分比，兩兩比較都沒有達到顯著差異；在計算區式每次試驗的凝視時間百分比，實驗組 1 和實驗組 2 之間、實驗組 1 和實驗組 3 之間達到非常顯著的差異，但是實驗組 2 和實驗組 3 之間並沒有顯著差異。

2. 說明

各組每次試驗之凝視時間的百分比結果，如圖 30 所示。不同的教學設計對於每次試驗的凝視時間百分比的影響，與以整個實驗為單位為之凝視時間百分比的結果（4-2-4 節的分析），幾乎相同，進一步說明如下：

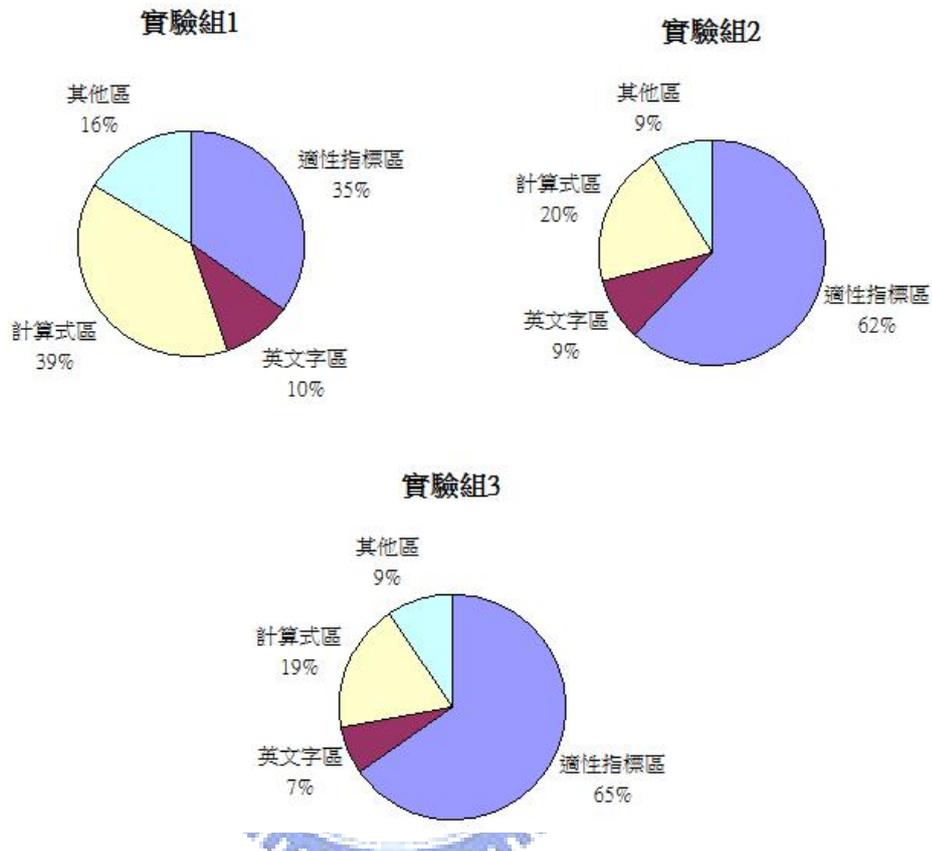


圖 30 各組每次試驗的凝視時間百分比之圓形圖

(1) 每次試驗的適性指標區之凝視時間百分比

適性指標區每次試驗的凝視時間百分比，組間達到非常顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區每次試驗的凝視時間比例產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3），有最高的凝視時間比例，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式（實驗組 1），凝視時間的比例最低。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較，在非口語化解說的情況下，含有適性指標的教學設計，適性指標區每次試驗的凝視時間比例，會顯著高於沒有適性指標的設計（實驗組 2 > 實驗組 1, $p = .000 < .001$ ），大約提高了 27.17%；適性指標再加上口語化解說的教學設計，每次試驗凝視時間的比例也顯著地高

於無適性指標加上非口語化的教學設計（實驗組 3 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約提高了 30.09%。由此可知，含有適性指標的教學設計，會顯著地提高適性指標區每次試驗的凝視時間比例。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .648$ ），兩者的凝視時間比例差不多，顯示此時口語化解說對於適性指標區每次試驗的凝視時間比例並無明顯影響。

（2）每次試驗的英文字區之凝視時間百分比

英文字區每次試驗的凝視百分比之結果顯示，組間並未達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對英文區每次試驗的凝視時間百分比產生影響並不明顯。以 Tamhane 法進行事後比較，雖然適性指標加上口語化解說的設計方式，在英文區產生每次試驗的凝視時間百分比最低（實驗組 1 > 實驗組 3， $p = .098 > .05$ ，實驗組 2 > 實驗組 3， $p = .657 > .05$ ），但是還沒有達到顯著的作用。在非口語化的解說情況下，無論是否含有適性指標，在英文字每次試驗的凝視時間比例差不多（實驗組 1 > 實驗組 2， $p = .951$ ），都有較高的凝視時間比例。

（3）每次試驗的計算式區之凝視時間百分比

計算式區每次試驗的凝視時間百分比之分析結果，組間有非常顯著的差異，不同的教學設計會對計算式區每次試驗的凝視時間比例會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式（實驗組 3）的凝視時間比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的設計方式（實驗組 1）的凝視時間比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，在非口語化解說的情況下，含有適性指標之設計，在計算式區每次試驗的凝視時間比例，顯著地低於沒有適性指標的設計（實驗組 2 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約減少 18.80%；適性指標再加上口語化解說的設計，每次試驗的凝視時間比例也顯著地少於無適性指標加上非口語化的教學設計（實驗組 3 < 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ），大約減少 20.16%。由此可知，含有適性指標的教學設計，能夠顯著減少對於計算式區每次試驗的凝視時間比例有顯著。在同樣含有適性指標的設計下，解說方式的不同並未達到顯著差異（實驗組 2 和實驗組 3， $p = .946$ ），兩者幾乎相同，顯示在有適性指標的教學設計時，口語化解說對於減少計算式區每次試驗的凝視時間比例之影響並不明顯。

4-2-7 每次試驗之凝視次數百分比

由於每個試驗（投影片）的時間不同，比較凝視次數百分比會比凝視次數更具有意義，藉此可了解在每個試驗當中目標區對於眼球移動的影響。本研究認為良好的教學設計，在適性指標區應會有較高的處理比例，因此凝視次數比例會較高，而英文字區和計算式區並非是要受試者注意的區域，因此凝視次數的比例應較低。

1. 每次試驗之凝視次數百分比的統計資料分析

在適性指標區每個試驗的凝視次數百分比，實驗組 3 最高，平均為 57.43%，實驗組 1 的百分比最低，平均為 32.31%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 53.855$, $p = .000 < .001$ ，組間達到非常顯著的差異；在英文字區每個試驗的次數百分比，實驗組 1 最高，平均為 11.15%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 6.85%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 3.645$, $p = .041 < .05$ ，組間達到顯著的差異；在計算式區每個試驗的凝視次數百分比，實驗組 1 最高，平均為 36.65%，實驗組 3 的百分比最低，平均為 23.81%，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 7.255$, $p = .003 < .01$ ，組間達到顯著的差異。資料如表 42 所示。因為有些投影片中並沒有計算式區，在本節的分析中並未納入分析，所以相較於 4-2-5 節（整個實驗的凝視次數比例）的結果，會有較高的比例。

表 41 每次試驗的凝視次數百分比之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
適性指標區		1	9	32.31	3.84	53.855	.000***	.812(1)
		2	10	49.30	5.52			
		3	9	57.43	6.08			
每次試驗 凝視次數 百分比	英文字區	1	9	11.15	3.18	3.645	.041*	.226(1)
		2	10	8.57	4.37			
		3	9	6.85	2.17			
計算式區		1	9	36.65	9.42	7.255	.003**	.367(1)
		2	10	25.14	7.39			
		3	9	23.81	6.74			

註：1. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$, medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$, large(l): $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，皆未達到顯著差異，表示符合同質性檢定的假設，

資料結果如表 43 所示。

表 42 每次試驗凝視時間百分比之同質性檢定

		Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
每次試驗	適性指標	0.481	2	25	.624
凝視次數	英文字	1.939	2	25	.165
百分比	計算式	0.167	2	25	.847

註：*p < .05，**p < .01，***p < .001

以 Scheffe 法，進行事後分析的多重比較，結果如表 44 所示。

表 43 每次試驗凝視時間百分比的多重比較：Scheffe 檢定

依變數		(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
每次試驗 凝視次數 百分比	適性指標區	1	2	-16.983	2.411	.000***
		2	3	-8.136	2.411	.009**
		3	1	25.120	2.473	.000***
	英文字區	1	2	2.581	1.565	.275
		2	3	1.726	1.565	.553
		3	1	-4.307	1.606	.042*
	計算式區	1	2	11.511	3.636	.015*
		2	3	1.330	3.636	.935
		3	1	-12.840	3.730	.008**

註：*p < .05，**p < .01，***p < .001

事後的比较結果，適性指標區每次試驗的凝視次數百分比，兩兩比較都有達到非常顯著的差異；英文字區每次試驗的凝視次數百分比，只有實驗組 1 和實驗組 3 之間有達到顯著差異；計算式區每次試驗的凝視次數百分比，實驗組 1 和實驗組 2、實驗組 1 和實驗組 3 之間都有達到顯著的差異。

2. 說明

各組每次試驗凝視次數的百分比結果，如圖 31 所示。不同的教學設計對於每次試驗的凝視次數百分比的影響，與以整個實驗為單位為之凝視時間百分比的結果（4-2-4 節的分析），大致相同。但是在計算式區的凝視次數比例之影響，每次試驗資料的結果更為顯著，進一步說明如下：

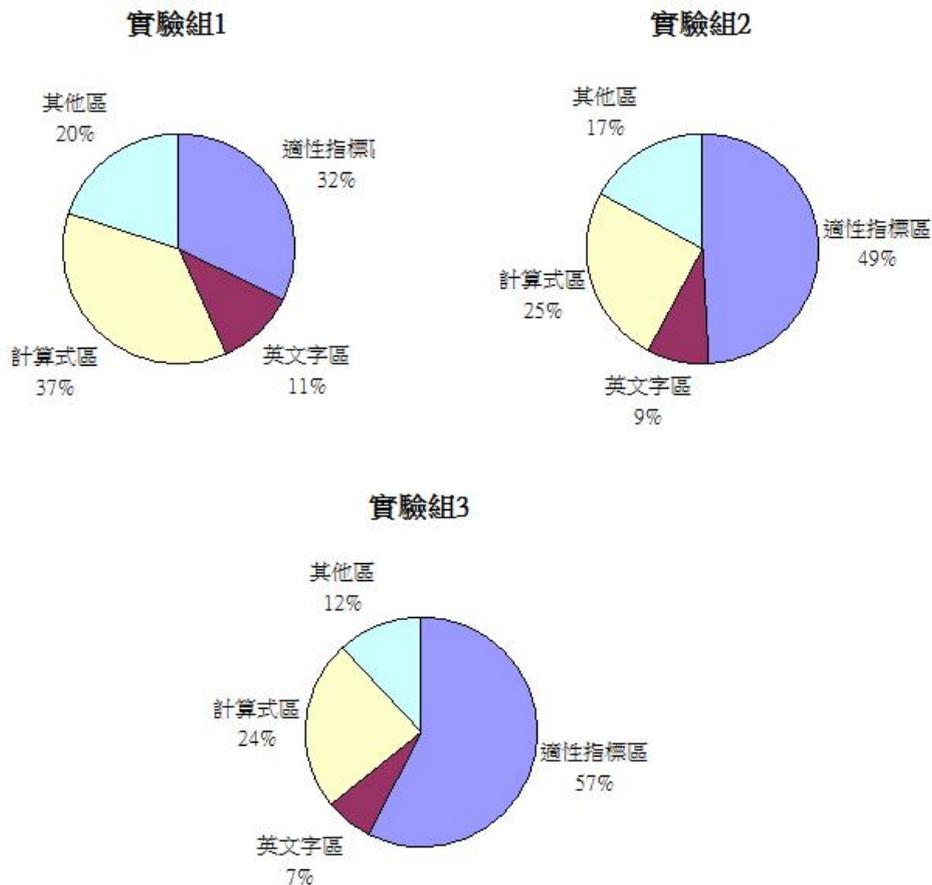


圖 31 各組每次試驗的凝視次數百分比

(1) 每次試驗的適性指標區之凝視次數百分比

適性指標區每次試驗的凝視次數百分之變異數分析結果，組間達到非常顯著的差異，顯示不同的教學設計方式會對適性指標區每次試驗的凝視次數比例產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說（實驗組 3）的凝視次數比例最高，無適性指標且非口語化解說（實驗組 1）的凝視次數比例最低。

事後的分析比較，在非口語化解說的情況下，含有適性指標的教學設計會顯著高於沒有適性指標的設計約 16.99%（實驗組 2 > 實驗組 1， $p = .000 < .001$ ）；在含有適性指標的情況下，有口語化的解說會顯著提高約 8.13%（實驗組 3 > 實驗組 2， $p = .009 < .01$ ）；適性指標再加上口語化解說的設計方

式，會高於無適性指標加上非口語化的教學設計達 25.12% (實驗組 3 > 實驗組 1, $p = .000 < .001$)。由此可知，含有適性指標的教學設計以及口語化的解說方式，都有助於提高適性指標區每次試驗的凝視次數比例。

(2) 每次試驗的英文字區之凝視次數百分比

英文字區每次試驗的凝視次數百分比之結果，組間達到顯著差異，不同的教學設計方式會對英文區每次試驗的凝視次數百分比會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式 (實驗組 3) 凝視次數比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式 (實驗組 1) 凝視次數的比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，在英文字區的凝視次數比例，會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形 (實驗組 3 < 實驗組 1, $p = .042 < .05$)，大約減少了 4.30%。在非口語化解說的情況下，加上適性指標後，對英文字區的凝視次數比例的影響不顯著 (實驗組 2 < 實驗組 1, $p = .275$)；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於英文字區的凝視次數比例的影響也不明顯 (實驗組 3 < 實驗組 2, $p = .553$)。由此可知，適性指標必加上口語化解說的教學設計，才會顯著地減少英文字區的凝視次數比例。

(3) 每次試驗的計算式區之凝視次數百分比

計算式區每次試驗的凝視次數百分比之變異數分析結果，組間達到顯著差異，顯示不同的教學設計方式會對計算式區每次試驗的凝視次數百分比會產生顯著的影響。適性指標加上口語化解說的教學設計方式 (實驗組 3) 的凝視次數比例最低，而沒有適性指標且非口語化解說的教學設計方式 (實驗組 1) 的凝視次數比例最高。

以 Scheffe 法進行事後的分析比較發現，適性指標再加上口語化解說的教學設計方式，會顯著地少於沒有適性指標和沒有口語化的教學情形 (實驗組 3 < 實驗組 1, $p = .008 < .01$)，大約減少了 12.84%。在非口語化解說的情況下，加上適性指標後，對計算式區的凝視次數比例也會降低約 11.51% (實驗組 2 < 實驗組 1, $p = .015 < .05$)；在含有適性指標設計情況下，口語化解說對於計算式區每次試驗的凝視次數比例的影響顯著 (實驗組 3 < 實驗組 2, $p = .935$)。由此可知，適性指標的教學設計，有助於減少計算式區每次試驗的凝視次數比例。

4-2-8 每次凝視時間

每次凝視時間即平均凝視時間，與認知處理的程度有關，如果愈複雜愈深的認知處理，可能每次凝視時間會較長。因此良好之教學設計，在適性指標區應會有較長的每次凝視時間，而在英文字區和計算區處的會有較短的每次凝視時間。

1. 每次凝視時間的統計資料分析

適性指標區的每次凝視時間，實驗組 2 最高，平均為 0.93 秒，實驗組 1 的最低，平均為 0.61 秒，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 2.552$, $p = .098 > .05$ ，組間並未達到顯著差異；英文字區的每次凝視時間，實驗組 2 最高，平均為 0.63 秒，實驗組 1 最低，平均為 0.43 秒，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 2.305$, $p = .121 > .05$ ，組間沒有顯著的差異；計算式區的每次凝視時間，實驗組 1 最高，平均為 0.62 秒，實驗組 3 最低，平均為 0.46 秒，進行變異數分析 $F_{(2, 25)} = 2.647$, $p = .091 > .05$ ，組間未達到顯著的差異。資料如表 45 所示。

表 44 每次凝視時間之描述性統計量和變異數分析

		組別	個數	平均數	標準差	F 檢定	顯著性	effect size
每次 凝視時間	適性指標區	1	9	0.61	0.21	2.552	.098	.170(1)
		2	10	0.93	0.42			
		3	9	0.70	0.29			
	英文字區	1	9	0.43	0.13	2.305	.121	.156(1)
		2	10	0.63	0.26			
		3	9	0.49	0.20			
	計算式區	1	9	0.62	0.19	2.647	.091	.175(1)
		2	10	0.49	0.13			
		3	9	0.46	0.16			

註：1. * $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$ ，medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$ ，large(l): $.14 \leq \eta^2$

進行同質性的 Levene 檢定，皆未達到顯著差異（適性指標區 $p = .211$ ；英文字區 $p = .159$ ；計算式區 $p = .859$ ），因此以 Scheffe 法進行事後的比較分析，結果如下頁表 46 所示。

表 45 每次凝視時間的多重比較：Scheffe 檢定

依變數	(I) 組別	(J) 組別	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	
每次 凝視時間	適性指標區	1	2	-0.323	0.148	.114
		2	3	0.231	0.148	.312
		3	1	0.091	0.152	.836
	英文字區	1	2	-0.197	0.095	.138
		2	3	0.141	0.095	.351
		3	1	0.056	0.098	.847
	計算式區	1	2	0.135	0.075	.215
		2	3	0.029	0.075	.925
		3	1	-0.165	0.077	.120

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

事後兩兩比較的結果，在適性指標區、英文字區和計算式區的每次的凝視時間，都沒有達到顯著差異。

2. 說明

適性指標區、英文字區和計算式區的每次的凝視時間，變異數分析的結果，組間都沒有達到顯著差異，顯示不同的設計方式對於適性指標區、英文字區和計算式區的每次的凝視時間，並沒有顯著的影響。

事後比較分析的結果，兩兩之間也都沒有達到顯著的差異，顯示無論是適性指標的設計或是口語化的解說，對於適性指標區、英文字區和計算式區的每次的凝視時間的影響效果不顯著。

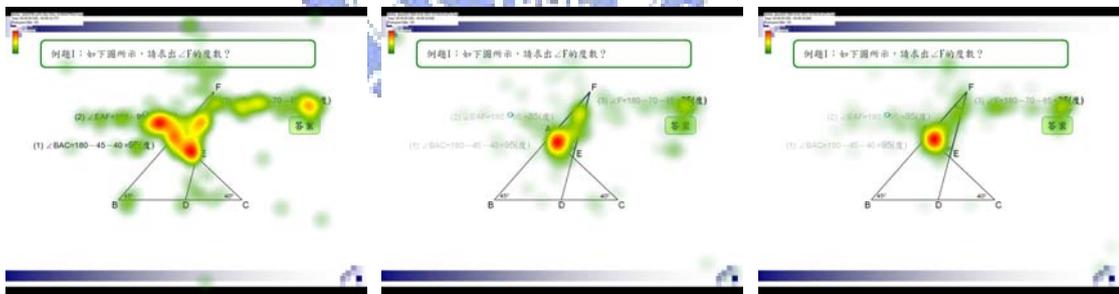
4-2-9 凝視的空間密度

在某區域的凝視空間密度與該區所佔的凝視比率有關。良好的教材設計之凝視點應會有較集中在某些區域的現象，而若是畫面呈現均勻伸展的凝視點，則認為是較無效率的搜尋。

本研究利用眼動追蹤系統的分析軟體「Tobbi Studio」，呈現各組每個投影片中所有受試者的凝視資料之熱區 (hot point) 圖，以分析不同教學設計所產生的凝視空間密度狀況，見附錄 6。

由各組各投影片的熱區圖之觀察可發現，實驗組 1 的熱區圖之凝視點明顯較均勻伸展，分佈空間較廣；而實驗組 2 和 3 的熱區圖則較為類似，都有凝視點集中的凝視點，如圖 32 所示。顯示，含有適性指標的設計，注意力較為專注且搜尋較有效率；適性指標加上口語化解說的設計，似乎凝視的空間密度表現稍佳一些，但是差異不大；而未含適性指標的設計則顯著凝視點的分佈較為分散。

➤ 學習概念：三角形內角和



➤ 學習概念：平角



第 1 組

第 2 組

第 3 組

圖 32 各組凝視空間密度的示意圖

4-3 結果摘要

將研究各組的統計資料和 ANOVA 的結果，整理如表 47 所示。

表 46 統計資料總表

依變項	平均數			ANOVA P 值	effect size (η^2)	
	實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3			
記憶測驗	正確率(%)	53.42	83.08	92.74	.003**	.371(1)
	作答時間(s)	492.11	257.40	288.78	.004**	.363(1)
首視點	適性指標區(s)	2.82	1.19	1.00	.000***	.659(1)
凝視時間	適性指標區(s)	66.20	119.35	118.19	.000***	.567(1)
	英文字區(s)	17.20	15.99	11.13	.151	.140(1)
	計算式區(s)	47.18	24.69	22.20	.000***	.534(1)
	整個投影片區(s)	190.01	191.28	181.26	.710	.027(s)
凝視次數	適性指標區(次)	114.67	141.20	188.56	.005**	.347(1)
	英文字區(次)	42.22	27.10	25.11	.021*	.267(1)
	計算式區(次)	77.11	51.80	52.22	.008**	.323(1)
	整個投影片區(次)	367.22	300.30	339.22	.255	.104(m)
凝視時間 百分比	適性指標區(%)	34.52	61.99	64.72	.000** *	.835(1)
	英文字區(%)	9.02	8.55	6.21	.206	.119(m)
	計算式區(%)	24.66	12.93	12.11	.000***	.573(1)
凝視次數 百分比	適性指標區(%)	31.35	46.89	56.01	.000** *	.804(1)
	英文字區(%)	11.61	8.80	7.09	.043*	.223(1)
	計算式區(%)	21.50	17.21	15.62	.035*	.234(1)
每次試驗 凝視時間 百分比	適性指標區(%)	34.9	62.07	64.99	.000** *	.814(1)
	英文字區(%)	9.77	8.90	6.83	.251	.105(m)
	計算式區(%)	38.89	20.09	18.73	.000***	.542(1)
每次試驗 凝視次數 百分比	適性指標區(%)	32.31	49.3	57.43	.000** *	.812(1)
	英文字區(%)	11.15	8.57	6.85	.041*	.226(1)
	計算式區(%)	36.65	25.14	23.81	.003*	.367(1)
每次 凝視時間	適性指標區(s/次)	0.61	0.93	0.70	.098	.170(1)
	英文字區(s/次)	0.43	0.63	0.49	.121	.156(1)
	計算式區(s/次)	0.62	0.49	0.46	.091	.175(1)

註：1.*p < .05, **p < .01, ***p < .001

2. effect size, small(s): $.01 \leq \eta^2 < .06$, medium(m): $.06 \leq \eta^2 < .14$, large(l): $.14 \leq \eta^2$

將研究各組的進行事後分析比較結果，整理如表 48 所示。

表 47 事後分析結果的總表

		事後比較分析之 p 值		
依變項		組 1v. s. 組 2	組 2v. s. 組 3	組 1v. s. 組 3
記憶測驗	正確率	.030*	.656	.005**
	作答時間	.006**	.895	.023*
首視點	適性指標區	.001**	.707	.000***
凝視時間	適性指標區	.000***	.994	.000***
	英文字區	.927	.313	.185
	計算式區	.001**	.884	.000***
	整個投影片區	.995	.743	.806
凝視次數	適性指標區	.227	.186	.021*
	英文字區	.063	.948	.037*
	計算式區	.019*	.999	.025*
	整個投影片區	.160	.765	.906
凝視時間百分比	適性指標區	.000***	.649	.000***
	英文字區	.989	.515	.092
	計算式區	.000***	.944	.000***
凝視次數百分比	適性指標區	.000***	.003**	.000***
	英文字區	.258	.596	.045*
	計算式區	.157	.764	.044*
每次試驗凝視時間百分比	適性指標區	.000***	.648	.000***
	英文字區	.951	.657	.098
	計算式區	.000***	.946	.000***
每次試驗凝視次數百分比	適性指標區	.000***	.009**	.000***
	英文字區	.275	.553	.042*
	計算式區	.015*	.935	.008**
每次凝視時間	適性指標區	.114	.312	.836
	英文字區	.138	.351	.847
	計算式區	.215	.925	.120

註：* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

1. 適性指標的影響

比較實驗組 1 和實驗組 2 的結果，在非口語化解說的情況下，含有適性指標的教學設計，在學習的記憶表現上，有助於提高正確率和降低作答的時間；在眼球移動的表現上，能夠更快地在適性指標區產生第一次的凝視；在適性指標區的凝視時間、整體和每次試驗的凝視時間百分比、整體和每次試驗的凝視次數百分比都會顯著地提高；在計算式區的凝視時間、凝視次數、整體和每次試驗凝視時間百分比、每次試驗的凝視次數百分比都會顯著地降低；在英文字區的各项眼球移動表現，作用不明顯；在整個投影片區的凝視時間和凝視次數，差異不大。

2. 口語化解說的影響

比較實驗組 2 和實驗組 3 的結果，在同樣含有適性指標的情況下，若解說方式變為口語化的解說，也就是以英文符號編碼來解說幾何物件的教學設計，在學習的記憶表現和各區的眼球移動表現，沒有達到顯著差異，僅在適性指標區整體和每次試驗的凝視次數百分比，有顯著地提高。

3. 適性指標加上口語化解說的影響

比較實驗組 1 和實驗組 3 的結果，含有適性指標加上口語化解說的教學設計，在學習的記憶表現上，有助於提高正確率和降低作答的時間；在眼球移動的表現上，能夠更快地在適性指標區產生第一次的凝視；在適性指標區的凝視時間、凝視次數、整體和每次試驗的凝視時間百分比、整體和每次試驗的凝視次數百分比都會顯著地提高；在英文字區的凝視次數、整體和每次試驗的凝視次數百分比都會顯著地降低；在計算式區的凝視時間、凝視次數、整體和每次試驗的凝視時間百分比、整體和每次試驗的凝視次數百分比都會顯著地降低；在整個投影片區的凝視時間和凝視次數，差異不大。

第五章 結果與建議

本研究的目的是在了解數學幾何課程的課堂教學時，不同的教材設計方式和解說方式，對於學習者在學習過程的眼動行為和學習後的記憶表現之影響。透過眼動追蹤系統的觀察和記錄，以及學習後的記憶測驗等資料，進行量化的分析，最後根據研究的結果提出相關的結論與建議。本章共分為五節，第一節根據第四章資料分析的結果提出研究結論；第二節為綜合討論；第三節說明研究貢獻；第四節為研究建議；第五節為未來研究方向。

5-1 研究結論

綜合第四章的資料分析和根據研究的問題，本研究得到以下的結論：

1. 適性指標的教學設計有助於提升學習過程的記憶表現；口語化解說的設計並沒有產生作用。
2. 適性指標的教學設計能夠減少視覺搜尋的時間；口語化解說的設計並沒有產生作用。
3. 適性指標的教學設計夠提高對適性指標區的注意力分佈，達到引導注意力的作用；口語化解說的設計並沒有產生作用。
4. 適性指標加上口語化解說的教學設計，能夠減低對幾何物件中的編碼之觀看次數。

5-2 綜合討論

本節進一步根據研究的結論和發現，與其他相關的研究結果相互比較，綜合說明如下：

1. 學習的記憶表現

含有適性指標的教學設計有較高正確率和較短的作答時間，由此可知適性指標的教學設計有助於提升學習過程的記憶表現，與林煜庭對於適性指標的研究結果一致（林煜庭，2007），也符合多媒體信號原則的相關研究，有助於減低認知的負荷，提升學習的了解程度（Mautone & Mayer, 2001; R. E. Mayer, 2005; Stull & Mayer, 2007）；然而，適性指標若再加上口語化解說的教學設計，在正確率和作答時間的表現並沒有顯著更加優異，研究結果並不符合多媒體學習的個人化原則之研究（Mayer et al., 2004; Moreno & Mayer, 2000, 2004）。理論上口語化的解說方式應可達到個人化原則的效用，可幫助學習者有更深入的了解。然而，為了方便眼動實驗的進行和分析，本研究在設計教材時，必須精確控制每個投影片的時間，因此每頁的解說時間差不多，造成口語化的解說除了對於幾何物件沒有以英文字母來編碼，其餘的解說內容差異不大（見附錄 5），所以口語化解說的作用不明顯。

2. 視覺搜尋的表現

由每個投影片的適性指標區產生第一次凝視所需要的時間，可表示受試者搜尋到目標的速度是較為快速，因此首視點的時間可作搜尋效率的重要指標（Jacob & Karn, 2003）。含有適性指標的設計，會較快地對於適性指標區的產生第一次的凝視，印證了適性指標具有「減少視覺搜尋」的作用，符合其他適性指標的研究結果（林煜庭，2007; 廖子慧，2009）。再從各組的凝視空間密度（熱區圖）來看，適性指標的設計之凝視點的分佈相對地較為集中，亦再次印證適性指標的設計搜尋是較有效率的（Cowen et al., 2002）。然而適性指標再加上口語化解說的教學設計，雖然能夠最快地看到適性指標區，但是並沒有達到顯著加乘的作用，原因可能就如同前面所敘述的，本研究所設計的兩種解說方式差異性不夠大，再者，本研究的教材內容和圖形較為簡單，因此一般的解說方式可能較足夠應付了。

3. 注意力引導的表現

各研究對於凝視次數和凝視時間的解釋差異性大，應審慎考量情境脈絡的情況而定 (Poole & Ball, 2005)。本研究的目的希望受試者能夠觀看到適性指標區所含有的訊息，並且聽從解說的引導，組織和整合適性指標區的相關訊息，加以思考，推理出進一步的結果。因此必須在適性指標區有較多的凝視次數和凝視時間才是 (Just & Carpenter, 1976; Patrick et al., 2005; Salvucci & Anderson, 1998)。本研究的結果，含有適性指標的設計，對於適性指標區的總凝視時間和總凝視次數都有明顯地提高，表示學習者能夠跟從視覺和聽覺的引導，在適性指標區得到較多的注意和處理，可證實適性指標具有「引導注意力」的作用，符合其他適性指標的研究結果 (林煜庭, 2007; 廖子慧, 2009)。再從凝視時間和凝視次數的比例，可了解注意力分佈的情形 (張格瑜, 2008)，含有適性指標的設計會顯著提高適性指標區觀看時間和次數的比例，減低對於計算式觀看的依賴，對於非目標區的觀看比例也會降低，則表示注意力較為集中。

適性指標若再加上口語化的解說，雖然有最高的凝視時間和次數，亦達到有「引導注意力」的作用，但是並沒有達到加乘的效果，僅在適性指標區的凝視次數比例上，達到顯著的效果。口語化解說的教學設計，有助於提升在適性指標區的凝視次數比例，產生較短暫而多次的凝視，所以在凝視時間比例上並沒有較顯著；在其他的眼動資料結果並不明顯，原因可能如上所述，本研究所設計的兩種解說方式差異性不夠大，還有研究的教材內容和圖形不夠複雜。這樣的結果也可能表示，視覺的引導 (適性指標) 對於眼球移動的作用，會比聽覺引導 (口語化解說) 的影響重要多了。

4. 編碼的觀看情形

口語化的解說方式，是不以英文字母對幾何物件編碼的解說方式，因此特別關注在英文字區的眼動情形，以了解口語化解說的作用。雖然口語化解說的教學設計，減低英文字區的凝視時間和凝視時間百分比之作用不夠明顯，但是會明顯降低英文字區的凝視次數和凝視次數百分比。由此可知，一般的幾何解說方式，受試者會有觀看英文字編碼來確認幾何物件的現象，可能因此會造成較多資源的耗費在此處理上；而口語化的解說方式會減少對於英文字的觀看和處理次數，那麼受試者就能夠有更多的資源去處理其他的訊息。由於本研究的教材較為簡單，因此雖然有出現口語化解說的作用，但是不是非常顯著，因此在記憶測驗的表現上，沒有達到加乘的作用。

5. 其他的研究發現

關於每次凝視時間的研究，在英文字閱讀時，每次凝視時間平均為 250ms (Rayner, 1998)，而中文字閱讀時，每次凝視時間約 220~230ms (Inhoff & Radach, 1998; 蔡介立, 2000)，兩者相差不大。然而本研究分析不同關注區的每次凝視時間發現，不同的教學設計在同個區域的每次凝視時間表現差不多，沒有達到顯著差異。適性指標區的平均每次凝視時間為 610ms~930ms，英文字區為 430ms~630ms，計算式區則為 460ms~620ms，相較於閱讀研究結果的時間為長。可能表示在較高階的認知歷程（學習）時，眼睛每次處理的時間會較長，凝視時間與獲取資訊過程的認知複雜程度有關 (Henderson & Hollingworth, 1998)。



5-3 研究貢獻

基於本研究的結果和討論，可提出幾個本研究的貢獻，說明如下：

1. 運用眼動資料的分析，直接印證適性指標具引導學習者視覺搜尋和注意力的作用，可作為以教學者引導學習之教學設計的重要參考。
2. 由實驗資料發現，受試者有觀看幾何圖像中編碼的現象。一般的解說方式，學習者會耗費較多的時間和資源於處理編碼和編碼所代表的物件時，則可能造成工作記憶處理超過負荷，若是以口語化的解說方式，則有助於減少編碼的觀看處理。
3. 由學習者的記憶表現和眼動資料發現，視覺引導（適性指標）的作用比聽覺引導（解說方式）的影響要大得多，符合視覺為人類最主要且重要的訊息處理管道之看法（Just & Carpenter, 1976），所以教材設計者需要注意視覺設計的呈現狀況。
4. 本研究的實驗教材的設計和進行方式，可作為未來相關眼動研究的重要參考。由於運用眼動追蹤系統探究數學課堂教學之教材設計，目前尚未發現公開具體的文獻。因此，本研究除了依據一般的多媒體設計原則和本實驗的自變項設計實驗教材，並且改進先前研究實驗時間過長的缺點，考量讓眼動實驗過程能更加嚴謹等因素，讓眼動資料的結果更容易處理和分析。

5-4 研究建議

本研究是以三角形內角和題目的解說為主要教學內容，進行眼動實驗的設計。研究過程雖非盡善盡美，仍有一些待改進之處，但是實驗結果符合預期，研究經驗具有分享的價值。本節依據研究的結論和過程，提出以下的建議，可供未來有志從事眼動教學研究者之參考：

1. 眼動追蹤系統可作為展現學習歷程的工具

眼動追蹤系統能夠直接記錄學習過程的所有眼球移動，了解那些訊息是學習者較感興趣的或是處理較多的，可讓教材設計者更清楚了解在教學的過程中設計方式是否有達到作用，是一個客觀且直接的測量方式，可更廣泛應用於教學設計的研究上。

2. 選取的受試者人數應比預期人數多出 20~30%

Jacob & Karn (2003) 的研究顯示約 10~20% 的受試者，眼動追蹤系統會無法追蹤到其眼球的移動。除此之外，尚有一些因素，也會造成眼動資料品質不佳的情況。例如：配戴眼鏡、假性近視、眼睛大小、睫毛長度…等。

對於有眼睛疾病的受試者，如斜視，可在實驗前事先排除，然而其他問題的受試者，則較不易事先知道。由於台灣學生配戴眼鏡的比例較高，鏡框太小或是特殊鏡片都可能影響眼動資料的擷取。一般的研究建議可讓受試者配戴隱形眼鏡，但是國中生使用隱形眼鏡者非常少，此方法較不可行。再者，國中生假性近視者的比例也高，有的尚未配戴眼鏡，可能會眯著眼觀看而影響眼動資料的品質。除此之外，眼睛太小、睫毛太長、還有其他不明原因的受試者，都有可能發生無法追蹤到眼球移動的現象。

除了考量眼睛的因素之外，對於有過動傾向、缺乏耐性的學生，也較不適合進行眼動實驗。由以上種種因素，造成本研究無效的眼動資料受試者約佔 24% (包含無法通過眼動校正，以及眼動品質較不佳者)，比起國外研究結果的 10~20% 較高。因此若是以國中生作為眼動實驗的受試對象時，建議所徵求的受試者數目應要比目標受試人數高 20~30% 以上為佳，如此最後才能有足夠的有效的樣本數。

3. 受測地點和人力資源的考量

(1) 受試者應投以平安保險

由於需要把受試者從該國中接送到交通大學的實驗室中進行實驗，必須事先徵得家長、老師和受試者的同意，並且要考量交通往來以及安全的問題，對於受試學生應該加以投保平安保險。

(2) 應以團隊的方式進行眼動實驗

由於本人獨自進行實驗，礙於人力的限制，每次車程最多只能接送四名學生，大大影響本研究的受試者總數。獨自一人進行眼動的研究實在很吃力，建議能夠研究團隊的方式進行，則在交通接送、眼動實驗進行、事後的訪談…等，人力的運用可更為彈性，實驗進行可更有效率。

(3) 整個實驗的進行期間應要集中

由於國中的數學課程進度是有時間性的，太過於冗長的實驗期間可能會耽誤到教學的進度，因此實驗進行若能夠集中完成較佳。本研究是在學期中進行實驗，由於國中生課後補習的比例較高，願意假日進行實驗的學生比例低，並且考量不耽誤正常課程進度，僅能利用連續兩節非學科課的時間進行實驗，大大地限制了實驗時間的安排，讓整個實驗進行的期間變得冗長。時間和人力的限制，造成本研究受試者不夠多和實驗進行困難。因此建議可利用寒暑假或是假日舉辦營隊的方式徵求受試者，在進行營隊課程的同時，一面抽出學生進行眼動實驗，則可達到集中實驗期間的目的。

(4) 實驗地點應便於施測的進行

之前已提到，由於實驗地點並不在國中校園之內，因而衍生出許多交通、人力和時間配置等的問題。若是實驗室的地點能讓受試者隨時進行施測，則這些問題就可迎刃而解。目前的眼動追蹤儀器已具備可移動性，能夠將眼動追蹤機器設備架設到受試學校中來進行實驗。然而儀器設備相當貴重，相關的監視設備也不少，頻頻搬動容易耗損，須審慎加以考量。另一個解決方案則是在實驗室所在的大學舉辦營隊，讓受試者的活動地區與實驗室地點接近，如此不僅能夠獲得足夠的受試者數量，也可讓實驗進行更順暢。

(5) 應注意受試者對於實驗過程的保密問題

由於受試者並非在同一天完成測驗，而且每次僅一位受試者進行施測，所有的受試者無法在同一時間完成實驗，因此必須注意實驗過程的保密問題。先完成實驗的受試者可能會告知未受試者實驗的內容和過程，對於之後的實驗進行會有所影響，必須特別囑咐學生對於實驗內容和過程應嚴加保密。

4. 教學設計的考量

由於太長的眼動實驗時間會累積過多的眼動資料，則會有難以分析和處理的問題。再者，幾何教學的教材具有空間重疊訊息的特性，隨著時間點的不同，當下所出現的訊息也不同，如此的設計對於眼動分析是很困難的。因此在教材設計之時，應該注意以下幾點：

(1) 每次教學的時間不宜過長

之前的研究顯示，12 分鐘的眼動教學教材就會造成國中學生出現分心、較沒有耐性的情況（廖子慧，2009）。由於眼動實驗的環境和實驗的教學環境是有很大的差別，少了與同儕和教學者的即時互動，受試者僅是一直盯著螢幕進行學習，太長時間的眼動實驗，要國中生保持耐性和專注力，實為不易。因此，本研究的眼動實驗時間全部約五分多鐘，並且分成三次進行（每次僅約一分多鐘），就沒有發現學習者出現沒有耐性的情況。

(2) 依出現的學習概念順序，將教材切割成更小的學習單位

在教學畫面中，所加上的動畫是隨著時間堆疊上去的，為了要區分在某個區域中究竟是在看那個訊息，應加以考量時間的因素。可依出現的學習概念之順序，將教材加以分割成更小的學習單位，並將每個學習單位設計成一個投影片，當作眼動資料的一個片段（trial）。每一頁的投影片上可顯示其頁碼，並且將頁碼淡化置於較隱密的角落，以便於之後眼動資料的切割。以學習概念的劃分方式，不僅符合多媒體設計的分割原則，也讓每個片段的時間較不會太長（10~18 秒），讓研究者更能切確知道眼睛當下究竟是在看那個訊息。

(3) 各組相對應之投影片的時間應要相同

由於不同的觀看時間，眼球移動的狀況也會不同，則各組之間的眼動資料

會變得難以相互比較。對於不同組別的實驗材料，眼動資料切割的每個片段的時間應該控制為相同，如此較能夠精準比較每個學習單位的設計狀況。所以在教材設計之初，應好好考量適性指標的呈現時間和解說的長度，以達到各組相對應的投影片之時間能夠保持相同。

5. 眼動實驗進行的考量

除了上述考量眼動分析的教材設計方式，在進行眼動的實驗時，尚有一些須注意的因素，提出建議如下：

1. 將教學分段進行多次眼動實驗，並且每次都進行眼動校正

教學影片的眼動實驗，除了要考量實驗時間不宜太長的因素，亦將整個教學分成段來進行多次的眼動實驗，並且建議每次都要進行一次眼動的校正，如此不僅可避免觀看太久而出現眼動資料下偏的現象（蔡介立等人，2005），受試者也可得到適時休息，更能維持耐性專注觀看。

2. 眼動追蹤系統應要同時錄製影像和聲音

在教材設計的研究上，除了視覺設計的呈現之外，尚有教學者的講述聲音，因此語音對於眼球移動影響的分析也非常重要。眼動追蹤系統如果能夠同時將影像和聲音都錄製下來，研究者不僅可根據影像畫面來當作切割眼動資料的依據，亦可依據聲音的段落當作切割資料的單位，進行更多的研究分析。由於眼動設備功能的愈加完善，資料分析也愈加便利，善用這些功能，未來的研究運用可以更加寬廣。

5-5 未來研究方向

本研究為利用眼動追蹤系統進行教材設計的研究，以驗證適性指標的設計和口語化解說方式對於學習記憶表現和眼球移動的影響，屬於初探性的研究，因此仍有許多不完備之處，有待未來更多進一步的相關研究之發展。因此針對未來相關的研究方向，提出以下建議。

1. 解說方式的研究

本研究的結果已初步證實口語化的解說方式，會影響對符號編碼的觀看次數，然而口語化解說對於學習的記憶表現和其他眼球移動的作用似乎不夠明顯，誠如前面所述的，可能是本研究的設計仍有不夠完備之處，因此不能就此否定口語化解說的影響。未來研究可選擇更為複雜的幾何題目或是教材畫面，設計更加符合「對話式」且避免對幾何物件以符號編碼的解說方式，進一步探討口語化解說方式的影響情況。

2. 適性指標的研究

本研究主要是以學習概念，來劃分每個例題講解的學習片段，然後進行眼動的分析。然而每個片段當中可能包含好幾個適性指標，對於個別適性指標的作用情況如何，並不清楚。未來的研究可針對每種適性指標設計進行更細緻的眼球移動研究，以分析各種適性指標的作用效力、時間持續性、空間運用狀況等，探討適性指標更佳的使用方式。

3. 學習主題的研究

本研究僅針對國中幾何領域中的三角形內角題目進行研究，然而，不同的幾何圖形所適用的適性指標設計可能不太相同，因此未來的研究範圍可再對其他幾何領域的主題，如圓、幾何證明、相似形、平行四邊形、三角形的三心…等的進行教材的設計和眼球移動研究。

不同專業領域的知識結構、專業用語和呈現方式，在認知處理上有所不同，

因此適性指標和口語化解說會有不同的影響。其他數學領域的學習主題，如：數量、代數、統計與機率等，與幾何領域有著不同的專業用語，並且有的主題並非以圖像為主（如：代數），或是使用的圖像也並非幾何圖形，口語化解說和所呈現的適性指標也會與幾何教學有些不同，因此可再深入進行相關研究。其他結合圖文教學的學科領域，如物理、生物、化學，所使用的圖像和專業用語也可能很不相同，適性指標和口語化解說的影響會是如何，都有待未來更多研究的探討。

4. 教學過程的研究

本研究僅進行講解題目時的學習狀況和眼球移動之研究，然而完整的教學過程尚有引起動機、概念建立、問題討論、學生練習…等部分的學習情況，本研究並沒有進行這方面的探討。所以，在其他學習情況下的眼動行為究竟如何，尤其是數學概念建立時的學習過程，值得未來進一步的研究。

5. 學習歷程的研究

教學的過程是建立在貼近學習者的學習過程的處理軌跡和心智模型的假設之下，然而這樣的假設是否真的符合實際的狀況呢？目前對於人類在學習歷程建立心智模型的狀況，了解仍很不足夠，而眼動追蹤系統能夠記錄過程中的眼動情形，為分析和展現學習歷程的良好工具之一。未來的研究可進一步利用眼動追蹤系統去探討學習的歷程，並且以學習測驗的結果加以比較，探究兩者之間的關聯性。

6. 眼動指標的研究

眼動指標的詮釋仍是眼動研究上的一大難題，雖然眼動研究目前已廣泛運用於各領域中，但許多領域上的研究仍是屬於起萌的階段，並且眼動指標尚未完全標準化，眼動指標與相關心理認知歷程的研究亦尚未發展完全，這些都有待未來更多的研究進行，讓研究者能夠對於不同的歷程的眼動行為有更多的了解，則更有助於眼動追蹤技術在實用性研究上的運用。

參考文獻

1. 中文部分

- 丁錦紅、林仲賢 (2000)。圖形顏色,形狀及質地特徵特性的研究。心理學報, 32(3), 253-257。
- 李玉琇、蔣文祁(譯)(2005)。Robert J. Sternberg 原著。認知心理學(Cognitive psychology)。台北: 雙葉書廊。
- 李培榮 (2008)。由眼動資料探討中文成語詞及組合詞在心理辭典中的表徵方式。國立政治大學心理學研究所碩士論文。
- 林煜庭 (2007)。適性指標: 多媒體學習中一種基於視覺認知理論的引導方式。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 邱建偉 (2005)。在數學簡報系統上設計數學教材之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 柯華葳、陳明蕾、廖家寧 (2005)。詞頻、詞彙類型與眼球運動型態: 來自篇章閱讀的證據。中華心理學刊, 47(4), 381-398。
- 唐大崙、莊賢智 (2005)。由眼球追蹤法探索電子報版面中圖片位置對注意力分佈之影響。廣告學研究, 24, 89-104。
- 徐國銘 (2006)。運用眼球追蹤技術是探討國小教師對熱傳遞概念之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程碩士論文。
- 張俊杰 (2008)。平面圖形特徵與呈現因素對圖形辨識與眼動影響之研究。私立銘傳大學設計管理研究所碩士論文。
- 張格瑜 (2008)。運用眼動儀探討不同學科背景大學生之細胞擴散和滲透作用時的心智表徵建構。國立交通大學教育研究所碩士論文。
- 曹立人 (2000)。不規則幾何圖形識別的取樣首視點研究。心理學報, 23(6), 690-693。
- 曹曉華、曹立人 (2005)。不規則幾何圖形識別取樣特徵的眼動研究。心理學報, 37(006), 748-752。
- 曹曉華、曹立人、馬恭湘 (2005)。認知方式對不規則幾何圖形識別績效影響的眼動研究。人類工效學, 11(3), 9-12。
- 陳明璋 (2005)。數學簡報系統 mathps。陳明璋主編。萬腦奔騰數學網(第三輯)。新竹市: 交通大學理學院網路學習碩士專班。
- 陳明璋 (2008)。一個以授課為導向之數位教材計及展演環境-Activate Mind Attention(AMA)。國民教育月刊。
- 廖子慧 (2009)。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。
- 蔡介立 (2000)。從眼動控制探討中文閱讀的訊息處理歷程: 應用眼動誘發呈現技術之系列研究。國立政治大學心理學研究所博士論文。
- 蔡介立、顏妙璇、汪勁安 (2005)。眼球移動測量及在中文閱讀研究之應用。應用

心理研究，28，91-104。

蔡金成 (2007)。運用眼球追蹤法探討國小科學與非科學教師在電流動畫中的注意力分佈與其概念之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習學程士論文。

韓玉昌、任桂琴 (2003)。小學一年級數學新教材插圖效果的眼動研究。Acta Psychology Sinica，35(6)，818-822。

2. 英文部分

Anderson, R. C. (1982). Allocation of attention during reading. In Flamer & W. Kintsch (Eds.), *Discourse processing* (pp. 292-305). New York: North-Holland.

Atkinson, C., & Mayer, R. E. (2004). *Five ways to reduce PowerPoint overload: E-Book*, Los Angeles, CA: Sociable Media.

Atkinson, R. K. (2002). Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 416-427.

Bétrancourt, M., Dillenbourg, P., & Montarnal, C. (2003). Computer technologies in powerful learning environments: the case of using animated and interactive graphics for teaching financial concepts. In E. D. Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle & J. v. Merriënboer (Eds.), *Unrevealing basic components and dimensions of powerful learning environments* (pp. 143-157). Oxford: Elsevier.

Bétrancourt, M. B., A., & Faure, A. (2001). Sequential display of pictures and its effect on mental representations. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen & A. Biarreau (Eds.), *Multimedia learning: Cognitive and instructional issues* (pp. 112-118). Amsterdam: Elsevir Science.

Baloian, N., Pino, J. A., & Hoppe, H. U. (2008). Dealing with the students' attention problem in computer supported face-to-face lecturing. *Educational Technology & Society*, 11(2), 192-205.

Brünken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.

Chaffee, S. H., & Schleuder, J. (1986). Measurement and effects of attention to media news. *Human Communication Research*, 13(1), 76-107.

Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.

Chen, M. J., & Tan, N. C. (2007). A study of interactive mathematical environments for teacher with trigger-based animation. Paper presented at the Asian Technology Conference in Mathematics.

Cook, M., Carter, G., & Wiebe, E. N. (2008). The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge. *International Journal of*

- Science Education, 30(2), 239-261.
- Cowen, L., Ball, L. J., & Delin, J. (2002). An eye movement analysis of web page usability. *People and Computers*, 317-336.
- Craig, S. D., Gholson, B., & Driscoll, D. M. (2002). Animated pedagogical agents in multimedia educational environments: Effects of agent properties, picture features, and redundancy. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 428-434.
- Dodd, D. H., & White, R. M. (1980). *Cognition, mental structures and processes*. Boston: Allyn and Bacon.
- Duchowski, A. T. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 34(4), 455-470.
- Duchowski, A. T. (2003). *Eye tracking methodology: Theory and practice*. Secaucus, NJ: Springer-Verlag New York.
- Feldman, J. (2007). Formation of visual "objects" in the early computation of spatial relations. *Perception & Psychophysics*, 69(5), 816.
- Ferreira, A., & Antunes, P. (2007, 06). On the need for a framework for attentive groupware systems. Paper presented at the 1st Workshop on Adaptation and Personalization in Social Systems: Groups, Teams, Communities, Corfu, Greece.
- Gerjets, P., & Scheiter, K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational Psychologist*, 38(1), 33-41.
- Goldberg, J. H., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: Methods and construct. *International journal of industrial ergonomics*, 24(6), 631-645.
- Graf, W., & Krueger, H. (1989). Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data. Paper presented at the Proceedings of the third international conference on human-computer interaction, Vol.1 on Work with computers: organizational, management, stress and health aspects.
- Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1991). Diagrams in the comprehension of scientific texts. *Handbook of reading research*, 2, 641-668.
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32(6), 717-742.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1998). Eye movements during scene viewing: An overview. *Eye guidance in reading and scene perception*, 269-293.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1999). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, 50(1), 243-271.
- Hidi, S. E. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60, 549-571.
- Hidi, S. E. (1995). A reexamination of the role of attention in learning from text.

- Educational Psychology Review, 7(4), 323-350.
- Hillstrom, A. P. (2000). Repetition effects in visual search. *Perception & Psychophysics*, 62(4), 800-817.
- Hillyard, S. A., & Hansen, J. C. (1986). Attention: Electrophysiological approaches. In M. G. Coles, E. Donchin & S. W. Porges (Eds.), *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications*. New York: Guilford Press.
- Hyona, J., Lorch, R. F., & Kaakinen, J. K. (2002). Individual differences in reading to summarize expository text: Evidence from eye fixation patterns. *Journal of Educational Psychology*, 94(1), 44-55.
- Inhoff, A. W., & Radach, R. (1998). Definition and computation of oculomotor measures in the study of cognitive processes. *Eye guidance in reading and scene perception*, 1–28.
- Jacob, R. J. K., & Karn, K. S. (2003). Commentary on Section 4. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *The Mind's Eyes: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movements*. Oxford: Elsevier Science.
- Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 18(2), 135-145.
- Jaspers, F. (1991). The relationship: Sound-image. *International Journal of Instructional Media*, 18(2), 161-174.
- Jeung, H. J., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychology*, 3, 329-343.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(4), 351-371.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. New York: McGraw-Hill.
- Mann, B. L. (1995a). Enhancing educational software with audio: Assigning structural and functional attributes from the SSF model. *British Journal of Educational Technology*, 26(1), 16-29.
- Mann, B. L. (1997). Shifting attention in multimedia: Stochastic roles, design principles and the SSF model. *Innovations in Education and Training International*, 34(3), 174-187.
- Martin, R. C., Wogalter, M. S., & Forland, J. G. (1988). Reading comprehension in the presence of unattended speech and music. *Journal of memory and language(Print)*, 27(4), 382-398.

- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377-389.
- 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., Fennell, S., Farmer, L., & Campbell, J. (2004). A personalization effect in multimedia learning: Students learn better when words are in conversational style rather than formal style. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 389-395.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). Split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 312-320.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
- McDaniel, M. A. (1984). The role of elaborative and schema processes in story memory. *Memory and Cognition*, 12(46-51).
- McDaniel, M. A., Waddill, P. J., Finstad, K., & Bourg, T. (2000). The effects of text-based interest on attention and recall. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 492-502.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 724-733.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2004). Personalized messages that promote science learning in virtual environments. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 165-173.
- Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319-334.
- Nathan, M. J., Kintsch, W., & Young, E. (1992). A Theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.
- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of

- cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430.
- Pashler, H. E. (1998). *The psychology of attention*. London: MIT Press.
- Patrick, M., Carter, G., & Wiebe, E. (2005). Visual representations of DNA replication: Middle grades students' perceptions and interpretations. *Journal of Science Education & Technology*, 14(3), 353-365.
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61-86.
- Poole, A., & Ball, L. J. (2005). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 221-219). Hershey, PA: Idea Group.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(3-25).
- Quilici, J. L., & Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88, 144-161.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
- Rayner, K., Rotello, C. M., Stewart, A. J., Keir, J., & Duffy, S. A. (2001). Integrating text and pictorial information: Eye movements when looking at print advertisements. *Journal of Experimental Psychology Applied*, 7(3), 219-226.
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist*, 38(1), 15-22.
- Reynolds, R. E. (1992a). Selective attention and prose learning : Theoretical and empirical research. *Educational Psychology Review*, 4(4), 345-391.
- Rieber, L. P. (1991). Effects of visual grouping strategies of computer-animated presentations on selective attention in science. *Etr&D-Educational Technology Research and Development*, 39(4), 5-15.
- Salvucci, D. D., & Anderson, J. R. (1998). Tracing eye movement protocols with cognitive process models. In *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 923-928). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scerbo, M. W., Warm, J. S., Dember, W. N., & Grasha, A. F. (1992). The role of time and cuing in a college lecture. *Contemporary Educational Psychology*, 17, 312-328.
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., et al. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school

- children's developing number sense. *Cognitive Development*, 23(3), 424-437.
- Schnotz, W. (2002). Commentary: Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101-120.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156.
- Schroeder, E., & Grabowski, B. (1995). Patterns of exploration and learning with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 13(4), 313-335.
- Shirey, L. L., & Reynolds, R. E. (1988). Effect of interest on attention and learning. *Journal of Educational Psychology*, 80, 159-166.
- Slykhuis, D., Wiebe, E., & Annetta, L. (2005). Eye-tracking students' attention to powerpoint photographs in a science education setting. *Journal of Science Education & Technology*, 14(5/6), 509-520.
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808-820.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Science*, 12(257-258).
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295-312.
- Sweller, J. (2009,03). Element interactivity as the basic mechanism of intrinsic, extraneous and germane cognitive load. Paper presented at the 3rd International Cognitive Load Theory Conference, Heerlen, the Netherlands.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of experimental psychology. General*, 119(2), 176-192.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424-436.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- van Merriënboer, J. J. G., Schuurman, J. G., de Croock, M. B. M., & Paas, F. (2002). Redirecting learners' attention during training: effects on cognitive load, transfer test performance and training efficiency. *Learning and Instruction*, 12(1), 11-37.
- Wang, T. Y., Huang, H. C., & Huang, H. S. (2006). Design and implementation of cancellation tasks for visual search strategies and visual attention in school children. *Computers & Education*, 47(1), 1-16.
- Wiebe, E., & Annetta, L. (2008). Influences on Visual Attentional Distribution in

- Multimedia Instruction. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 17(2), 259-277.
- Williams, L. M., Loughland, C. M., Green, M. J., Harris, A. W. F., & Gordon, E. (2003). Emotion perception in schizophrenia: an eye movement study comparing the effectiveness of risperidone vs. haloperidol. *Psychiatry research*, 120(1), 13-27.
- Wilson, K., & Korn, J. H. (2007). Attention during lectures: Beyond ten minutes. *Teaching of Psychology*, 34(2), 85-89.
- Wright, P., Hull, A., & Black, D. (1990). Integrating diagrams and text. *The Technical Writing Teacher*, 17, 244-254.
- Yeung, A. S. (1999). Cognitive load and learner expertise: Split-attention and redundancy effects in reading comprehension tasks with vocabulary definitions. *Journal of Experimental Education*, 67(3), 197-217.



附錄

附錄1 徵求受試者之實驗介紹與說明

為了讓學生和導師對於本研究的實驗過程和流程能夠有所了解，因此在徵求受試者之前，利用簡報來說明研究的目的是和實驗進行方式，以期能夠增加學生參與實驗的意願。

<h3>研究說明</h3> <ul style="list-style-type: none">● 研究目的： 了解「教材設計」對「學生服務」過程的影響● 實驗地點： 逢甲大學圖書館研究室 (本人會親自到場，並且提供必要協助， 參與學生以「公假」計之，不會影響出勤率)● 實驗時間： 以(非學期)課餘時間為主，課餘時間為輔(做學後或例假日)● 進行方式： 每次約30-40位同學一樣參與，請定時的時間和日期再參加！	<h3>實驗進行說明</h3> 
--	---

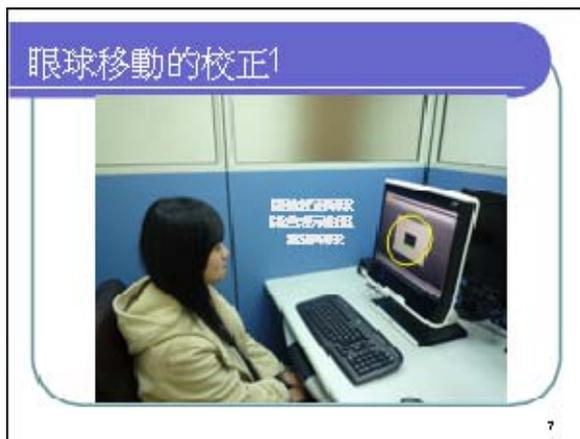
說明研究的目的、實驗地點、實施時間和進行方式。

說明實驗進行，並不會對受試者造成任何傷害，只需要戴上耳機聆聽並且觀看影片。

<h3>實驗設備簡介</h3> 	<h3>眼動實驗步驟</h3> <ol style="list-style-type: none">1.  請要別著以舒適姿勢入座。2.  開啟 Toosii Studio 軟體，點選 Start record 按鈕。3.  眼點校正：五點標準校正程序4.  觀看實驗內容。
---	---

說明實驗的設備，就如同一般電腦螢幕，只是下方有錄影和追蹤眼動的裝置

說明眼動實驗的進行步驟



說明眼動校正時所看到的視窗



說明校正時所看到的畫面(紅點)



播放含有眼動軌跡的影片，以讓學生了解眼動資料記錄後的結果。



附錄 2 實驗說明與同意書

親愛的 貴 家長您好：

本人為該班之數學任課教師，目前在交通大學修習數位學習碩士學位，研究內容為「數學教材設計與教學」，關注在多媒體的教材設計(Power-Point 為主)對於學習的影響。研究之教材為國中數學之幾何內容，研究之對象為國中學生。在此，誠摯地邀請貴子弟能夠協助參與本研究進行，感謝您對於發展多媒體教學能出一份力！

學生參與之部分，說明如下：

實施過程	1. 學生坐在電腦前觀看多媒體教材的同時，眼動儀記錄學生眼睛在螢幕上的注視點。 2. 看完教材後，進行紙筆測驗。 (過程中，完全不會對學生造成任何傷害，也不需要配戴任何東西)
實施時間	一人約 20 分鐘。 (利用非學科的課程，或課後時間，以不耽誤學校課業和活動為主要考量，並給予「公假」，不會影響出缺席)
進行地點	交通大學傳播研究室 (本人會親自接送，並且投保平安保險)

同意參與研究者，可獲得獎勵品一份，以表達本人之謝意；對於不願意參與的學生，也不會有任何影響和責難，請不同擔心！

本人已於課堂中向學生說明整個流程，並且也會先知會導師和任課老師。所有參與者的個人姓名會以代號表示之，個人資料也會予以完善保存和保護，不會挪為他用。若您還有疑問，亦可來電向本人詢問。

不論您同意與否，在此仍衷心地感謝您的協助！ 祝安！

光武國中數學教師 李鈴茹敬上

電話：5773934 轉 21

「數學教材設計與教學」研究之參與同意書

本人 同意 不同意 協助參與李鈴茹教師之「數學教材設計與教學」的研究。

家長簽名：_____日期：_____

學生簽名：_____日期：_____

※如果您同意，請勾選可參與之時間(不同意者，則不須勾選)

利用午修、非學科課程時間

放學後第八節課時間

星期六上午

星期六下午

星期日上午

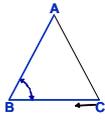
星期日下午(可

複選)

附錄 3 正式實驗前之練習教材說明

<p>平角</p> <ul style="list-style-type: none"> 什麼是平角？ <p>∴平角等於 <u>180</u> 度</p> <ul style="list-style-type: none"> 如果兩個角形成一個平角 → 兩角和=180度 <p style="text-align: right;">6</p>	<p>平角</p> <ul style="list-style-type: none"> 例題 <p style="text-align: right;">7</p>
<p style="text-align: center;">復習舊知識：平角概念</p>	<p style="text-align: center;">平角的練習題</p>
<p>三角形的內角和</p> <ul style="list-style-type: none"> △ABC <ul style="list-style-type: none"> 三角形的內角和是 <u>180</u> 度 <p style="text-align: right;">8</p>	<p>三角形的內角和</p> <ul style="list-style-type: none"> 例題 <p style="text-align: right;">9</p>
<p style="text-align: center;">復習舊知識：三角形內角和</p>	<p style="text-align: center;">三角形內角和的練習題</p>
<p>角的數學符號</p> <ul style="list-style-type: none"> 藍色的角可記作 (1) $\angle B$ 或 <p style="text-align: right;">10</p>	<p>角的數學符號</p> <ul style="list-style-type: none"> 藍色的角可記作 (1) $\angle B$ 或 (2) $\angle ABC$ 或 <p style="text-align: right;">11</p>
<p style="text-align: center;">學習新的知識：介紹角的數學符號 1</p>	<p style="text-align: center;">介紹角的數學符號 2</p>

角的數學符號

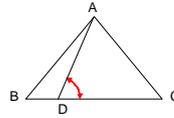


- 藍色的角可記作
- (1) $\angle B$ 或
- (2) $\angle ABC$ 或
- (3) $\angle CBA$

12

介紹角的數學符號 3

角的數學符號

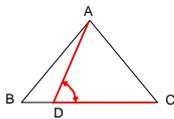


- 紅色的角可記作
- ~~$\angle D$~~
- 應記作

13

介紹角的數學符號 2

角的數學符號

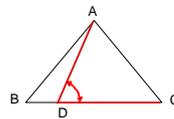


- 紅色的角可記作
- ~~$\angle D$~~
- 應記作 $\angle ADC$
- 或

14

介紹角的數學符號 4

角的數學符號



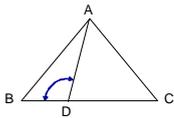
- 紅色的角可記作
- ~~$\angle D$~~
- 應記作 $\angle ADC$
- 或
- $\angle CDA$

15

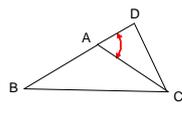
介紹角的數學符號 5

角的數學符號

• 練習一



藍色的角可記作
 $\angle ADB$ 或 $\angle BDA$ 。



紅色的角可記作
 $\angle DAC$ 或 $\angle CAD$ 。

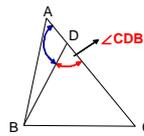
16

練習題 1

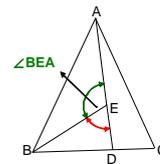
角的數學符號

• 練習二

$\angle CDB$ 是那個角？



$\angle BEA$ 是那個角？



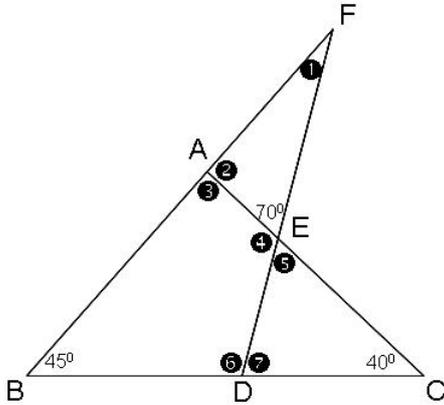
17

練習題 2

附錄 4 學習記憶測驗(retention test)

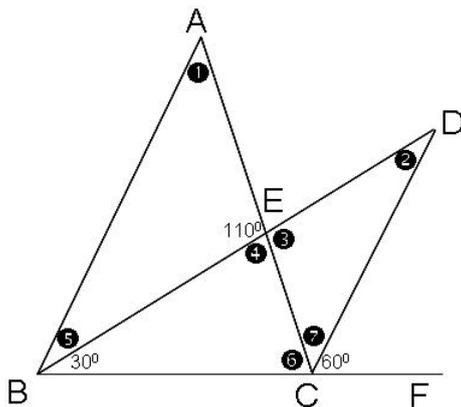
班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？



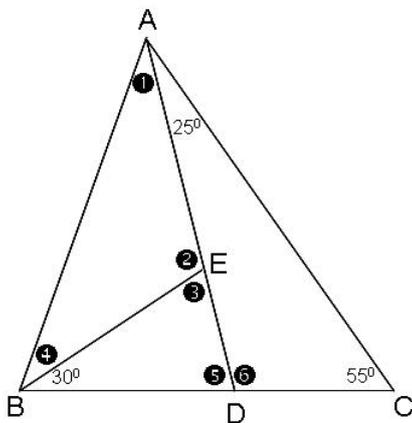
- 在例題 1 的解說中，「依序」算出來那些角的度數？_____ (請填數字代號，並且由先寫到後)
- 寫下每個步驟的計算過程和答案
 步驟(1)：_____
 步驟(2)：_____
 步驟(3)：_____
- 所以，例題 1 的答案是_____

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？



- 在例題 2 的解說中，「依序」算出來那些角的度數？_____ (請填數字代號，並且由先寫到後)
- 寫下每個步驟的計算過程和答案
 步驟(1)：_____
 步驟(2)：_____
 步驟(3)：_____
- 所以，例題 2 的答案是_____

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？



- 在例題 3 的解說中，「依序」算出來那些角的度數？_____ (請填數字代號，並且由先寫到後)
- 寫下每個步驟的計算過程和答案
 步驟(1)：_____
 步驟(2)：_____
 步驟(3)：_____
 步驟(4)：_____
- 所以，例題 3 的答案是_____

附錄 5 實驗教材的設計與說明

本實驗教材為三題例題的講解，內容為「三角形內角」的例題，能力指標與細目代碼如下：

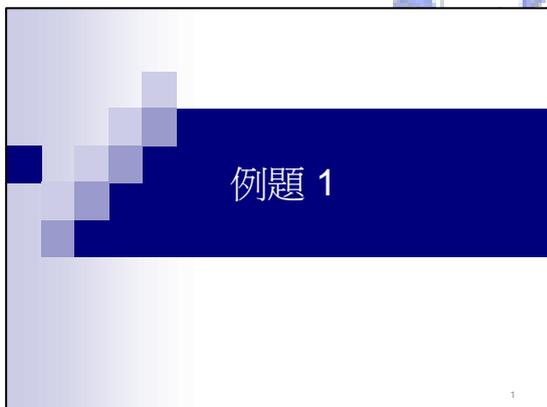
能力指標	S-4-1 能根據給定的性質作局部推理
細目代碼	8-s-12 能理解三角形的基本性質

一、例題 1

1. 投影片個數：7 個
2. 總時間：75.5 秒

1. 投影片 1

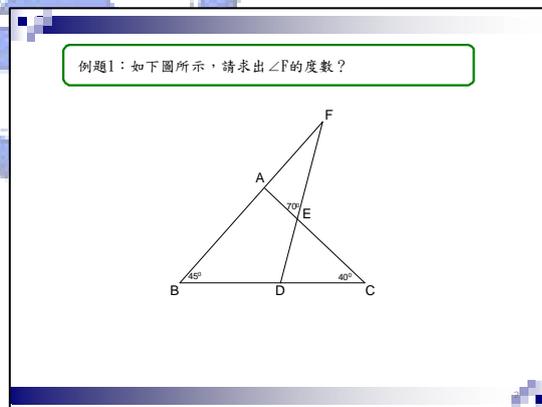
(1) 教材畫面



- (2) 時間：3 秒
- (3) 動畫：無
- (4) 聲音：例題 1

2. 投影片 2

(1) 教材畫面



- (2) 時間：6.5 秒
- (3) 動畫：無
- (4) 聲音：如下圖所示，請求出角 F 的度數

投影片 1 和 2 為題目介紹，視覺呈現和解說方式，三組皆相同，這兩個投影片的眼動資料不納入分析。

3. 投影片 3

(1) 時間：11 秒

(2) 學習概念：三角形的內角和

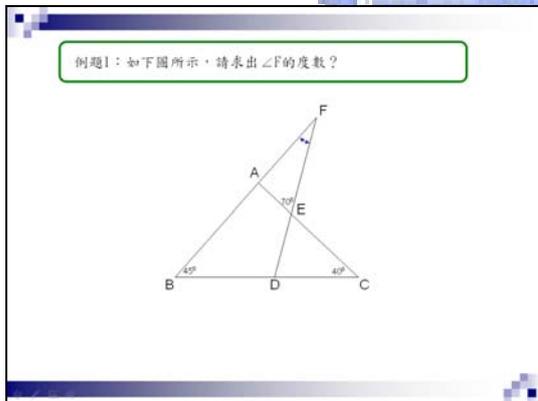
(3) 教學目標：能依題目所要求的目標角和題目所給的條件，觀察出必須先求 $\triangle AEF$ 的另一個內角-- $\angle EAF$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

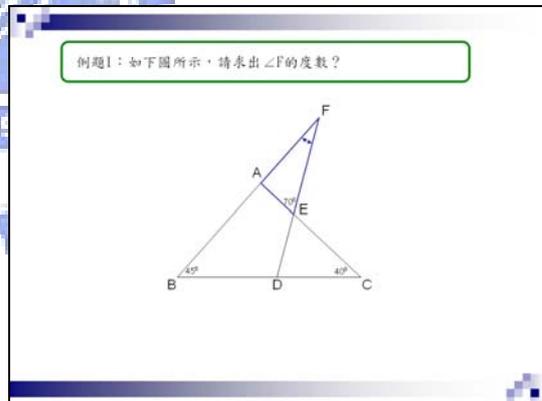
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	藍色角出現 藍色三角形出現 綠色角出現	FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset] COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

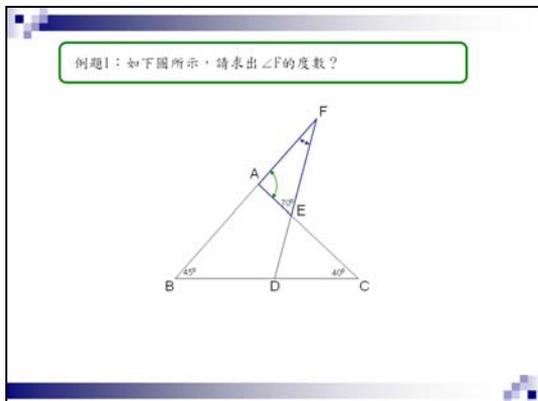
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先以藍色角的符號標記標出題目要求的角 F 之位置，然後出現三角形 AEF 的藍色標記，使用相同的顏色以達到群化的效果，藉此讓學習者觀察出角 F 是屬於三角形 AEF 之中。
- ② 在解說的同時，也讓學習者觀察在三角形 AEF 之中，已經知道有一個內角為 70 度，但是另一個內角的度數不知道，並且用綠色角的符號標記標出角 FAE 的位置，讓學習者才察覺必須先求出角 FAE，才能算出題目的答案。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
因為角 F 就是三角形 AEF 的內角 ，所以需要先求出 角 EAF 的度數	因為藍色角 就是藍色三角形的內角 ，所以我們要先算出 綠色角的度數



4. 投影片 4

(1) 時間：11 秒

(2) 學習概念：平角

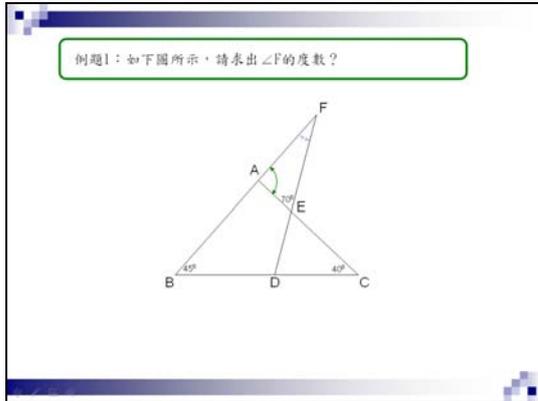
(3) 教學目標：能依平角的性質，推理出要求出 $\angle EAF$ 則必須先算出 $\angle BAC$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

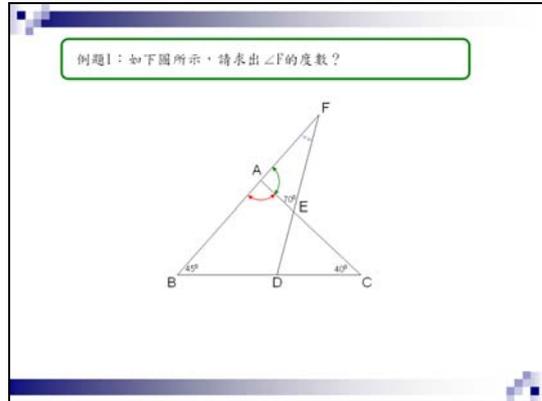
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	藍色角淡去 藍色三角形消失 紅色角出現 紅色角閃動	COLOR-Intensity MOTION-New object-[offset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

①



②



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將角 F 的標記淡化，因為接下來的解說雖然與角 F 無關，但是在整個解題過程中是重要的訊息，因此淡化之，不僅可以避免干擾正要處理的訊息，亦能留下解題的軌跡。
- ② 讓藍色的 AEF 三角形消失，只留下綠色的角 EAF，因為接下來是要處理平角的問題，因此將不必要的訊息排除。
- ③ 留下綠色角 EAF 和出現紅色角 BAC，是希望學習者能夠觀察到兩者正好形成平角，若要計算出角 EAF，則必須利用平角的性質，先求出角 BAC 的度數。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2	實驗組 3
非口語化解說	口語化解說
角 EAF 和角 BAC 正好形成平角，所以還要先求出	綠色角和紅色角正好形成平角，所以我們還得算出
角 BAC 的度數	紅色角的度數

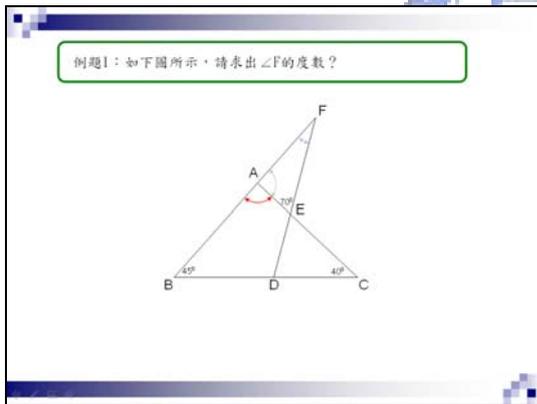
5. 投影片 5

- (1) 時間：14 秒
- (2) 學習概念：三角形的內角和
- (3) 教學目標：能依題目所給的條件，利用三角形內角和公式，計算 $\angle BAC$ 的度數
- (4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

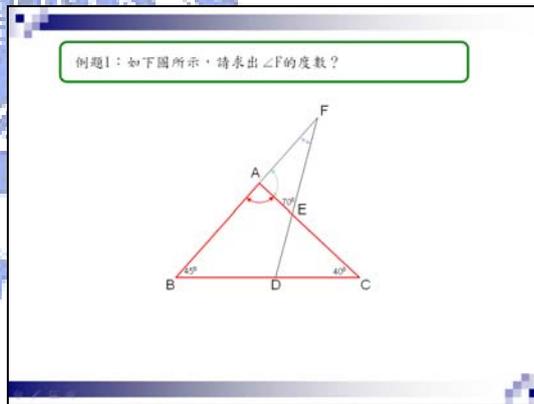
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	綠色角淡化 紅色三角形出現 紅色角閃動 「 45° 」、「 40° 」閃動 文字出現	COLOR-Intensity COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

- (5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

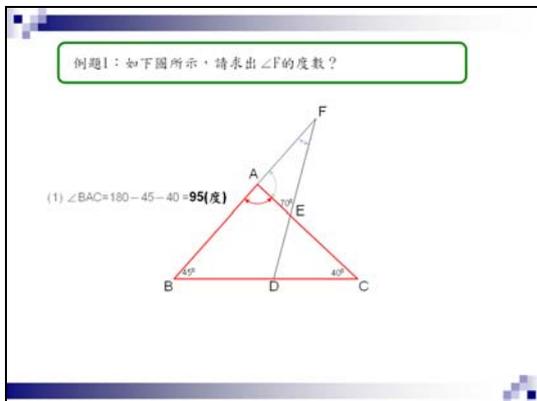
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將角 EAF 的標記淡化，留下角 BAC 的標記，讓學習者能夠專心觀察那些訊息是與角 BAC 有相關的。由於角 EAF 與作答的過程有關，因此僅淡化。
- ② 紅色三角形 ABC 出現，與角 BAC 使用相同的顏色，欲達到群化的效果，讓學習者能夠覺得兩者是有關係的，進而觀察到角 BAC 就是三角形 ABC 的內角，由於題目已標出其他內角的度數，所以利用三角形內角和公式，即可計算出角 BAC 的度數。
- ③ 當學習者在思考計算角 BAC 的過程中，「 45° 」、「 40° 」會閃動，以提醒學習者此兩個內角的度數。
- ④ 當學習者在思考角 BAC 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 BAC 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就可不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
而角 BAC 就是三角形 ABC 的內角， 所以它的度數就是 180 減 45 減 40 等於 95 度	而紅色角剛好是紅色三角形的內角， 所以它的度數就是 180 減 45 減 40 等於 95 度

6. 投影片 6

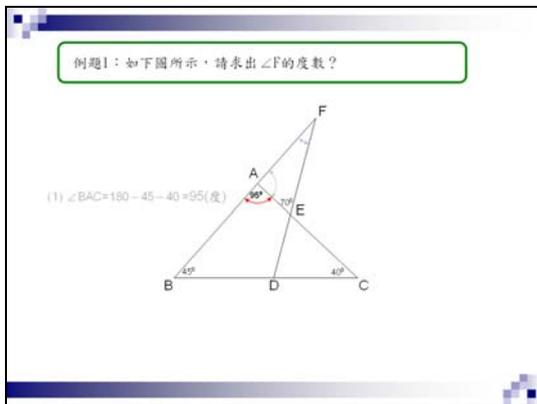
- (1) 時間：12 秒
- (2) 學習概念：平角
- (3) 教學目標：能由 $\angle BAC$ 的度數和平角的性質，計算出 $\angle EAF$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

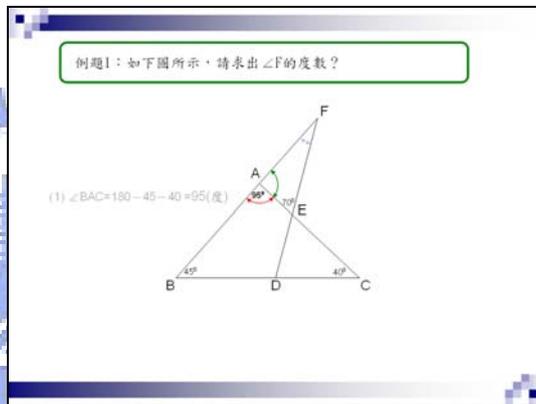
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	紅色三角形消失 文字淡去 「95°」出現 綠色角出現 「95°」閃動 文字出現	MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

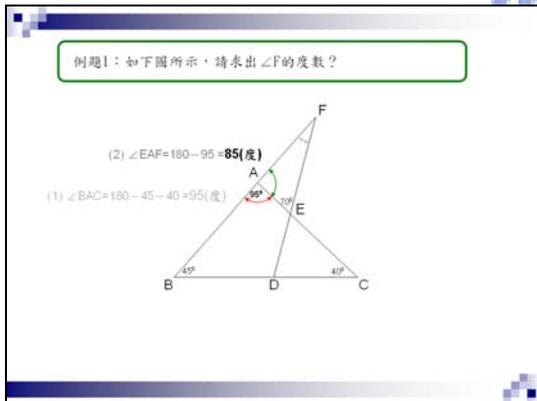
①



②



③



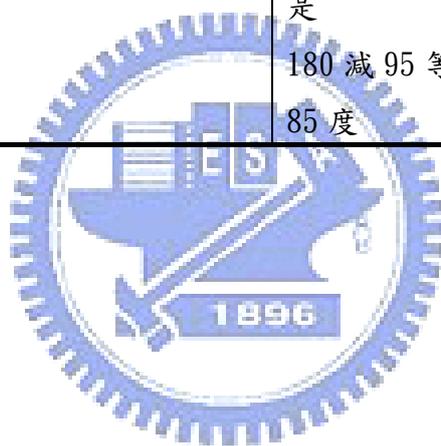
(6) 畫面設計說明：

- ① 讓紅色三角形 ABC 消失，以排除不相干的訊息。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。

- ③ 留下紅色角 BAC 的標記，並且出現計算出的角度度數，然後出現綠色角 EAF 的標記，讓學習能觀察出兩個角正好形成一個平角，並且依據平角的公式，就可計算出角 EAF 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 EAF 的過程中，「95°」會閃動，以提醒學習者角 EAF 和「95°」是互補的。
- ⑤ 當學習者在思考角 EAF 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 EAF 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
因為角 BAC 是 95 度，那麼，角 EAF 就是 180 減 95 等於 85 度	因為紅色角是 95 度，那麼，綠色角就是 180 減 95 等於 85 度



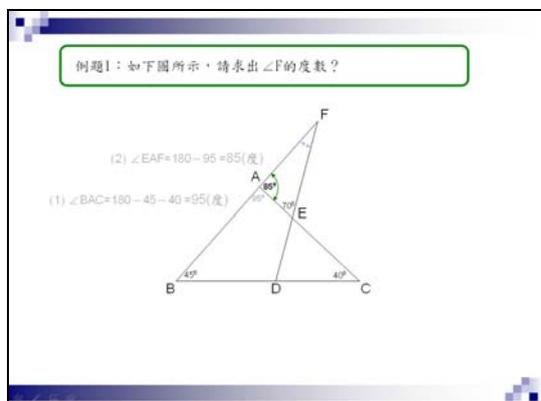
7. 投影片 7

- (1) 時間：18 秒
- (2) 學習概念：三角形內角和
- (3) 教學目標：能由 $\angle EAF$ 的度數和三角形內角和的公式，計算出本題的答案
- (4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

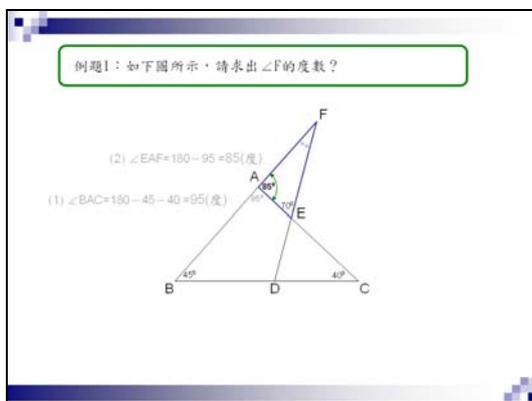
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現 綠色圖出現	文字和「95°」淡去 紅色角消失 「85°」出現 藍色三角形出現 藍色角出現 「70°」、「85°」閃動 文字出現 綠色圖出現	COLOR-Intensity MOTION-New object-[offset] MOTION-New object-[onset] COLOR-Hue+MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset] MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

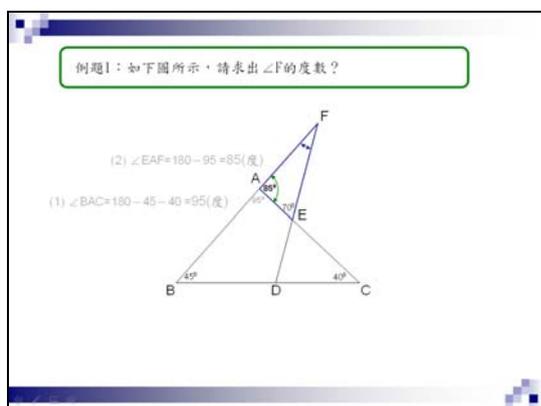
①



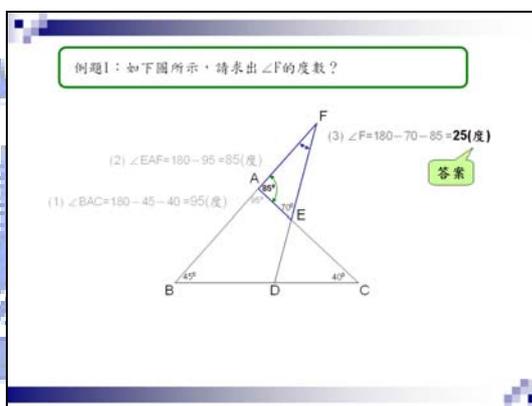
②



③



④



(6) 畫面設計說明：

- ① 讓紅色角 BAC 消失，以排除不相干的訊息。但是保留此角的度數，僅將其淡化之，以留下解題的痕跡。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下綠色角 EAF 的標記，並且出現計算出的角度度數，然後出現藍色三角形 AEF，讓學習能觀察出角 EAF 是三角形 AEF 的一個內角，並且依據三角形內角和的公式，就可計算出角 F 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 F 的過程中，「70⁰」、「85⁰」會閃動，以提醒學習者其他兩個內角的度數。
- ⑤ 當學習者在思考角 F 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 F 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就可不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

⑥ 最後出現綠色圖，以強調本題的答案為何，加強學習者的印象。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
最後再看到三角形 AEF，所以 由此可知，角 F 的度數是 180 減 70 減 85 等於 25 度 因此，這題的答案就是 25 度	最後再看到藍色三角形，所以 我們就知道藍色角的度數是 180 減 70 減 85 等於 25 度 因此，這題的答案就是 25 度

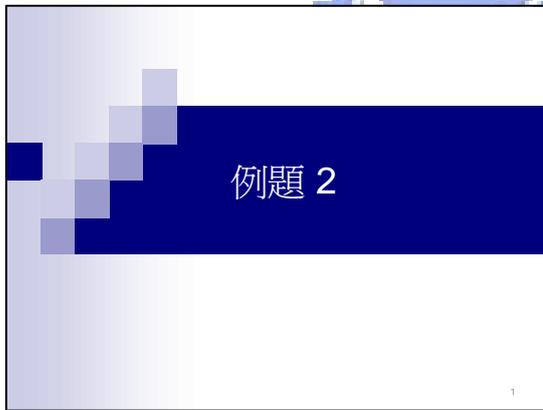
二、例題 2

1. 投影片個數：7 個

2. 時間：77.5 秒

1. 投影片 1

(1) 教材畫面：



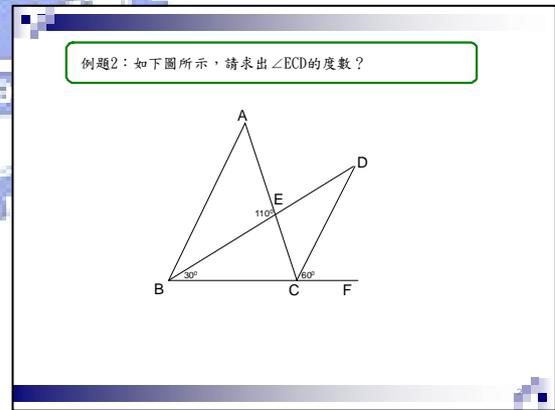
(2) 時間：3 秒

(3) 動畫：無

(4) 聲音：例題 2

2. 投影片 2

(1) 教材畫面：



(2) 時間：7 秒

(3) 動畫：無

(4) 聲音：如下圖所示，請求出角 ECD 的度數

投影片 1 和 2 為題目介紹，視覺呈現和解說方式，三組皆相同，這兩個投影片的眼動資料不納入分析。

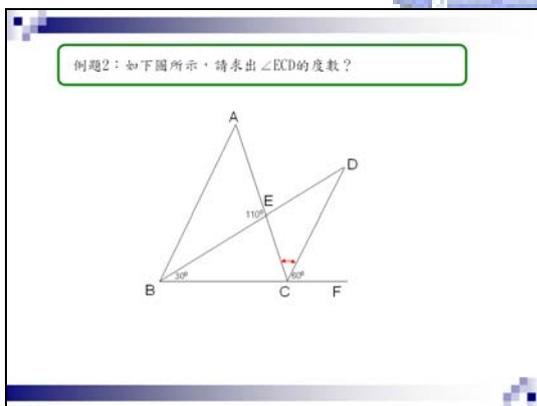
3. 投影片 3

- (1) 時間：13 秒
- (2) 學習概念：平角
- (3) 教學目標：能依題目所要求的目標角和題目所給的條件，以及平角的性質，觀察出必須先計算出 $\angle BEC$ 的度數
- (4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

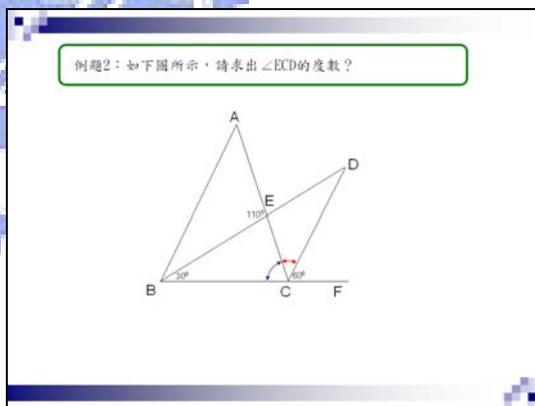
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	紅色角出現	FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset]
	藍色角、綠色角出現	FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset]
	藍色角閃動	MOTION-Flicker

- (5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

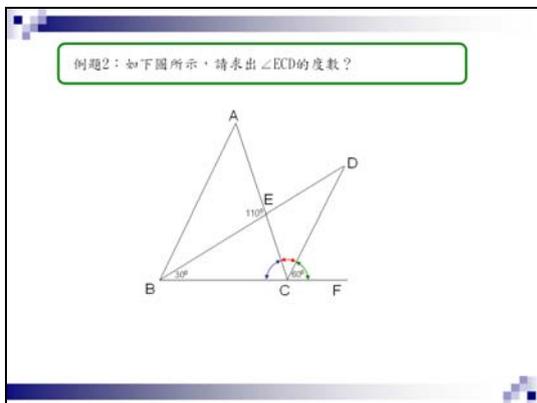
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先以紅色角的符號標記標出題目要求的角 ECD 之位置，然後出現角 BCE 的藍色標記和角 DCF 的綠色標記，讓學習者能夠察覺到此三個角正好形成一個平角。
- ② 藍色角 BCE 閃動是要提醒學習者，如果要求出角 ECD 的度數，則必須先算出角 BCE 的度數

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
因為角 ECD 和角 BCE 還有角 DCF，會形成平角，所以，就要先求出角 BCE 的度數	因為，紅色角和藍色角還有綠色角，會形成平角，所以，我們要先算出藍色角度數



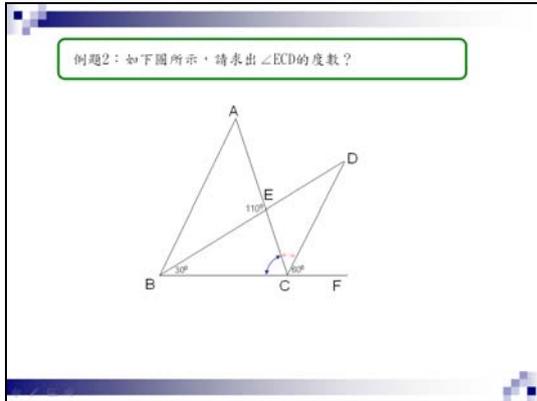
4. 投影片 4

- (1) 時間：11 秒
- (2) 學習概念：三角形的內角和
- (3) 教學目標：能依題目所給的條件和三角形內角和的性質，推理出要算出 $\angle BEC$ 的度數則必須先計算出 $\angle BEC$ 的度數
- (4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

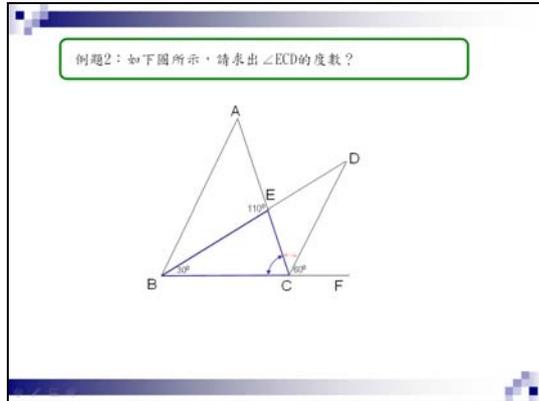
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	紅色角淡去， 綠色角消失 藍色三角形出現 綠色角出現	COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

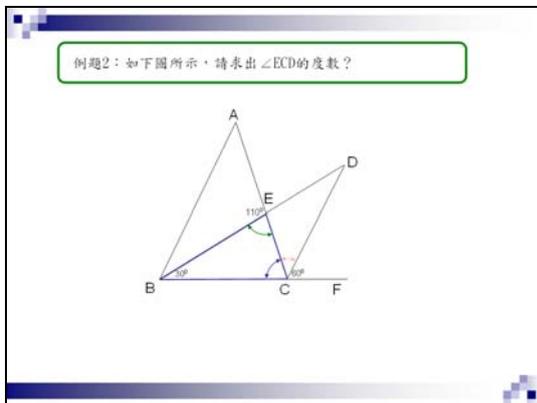
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將角 ECD 的標記淡化，因為接下來的解說雖然與角 ECD 無關，但是在整個解題過程中是重要的訊息，因此淡化之，不僅可以避免干擾正要處理的訊息，亦能留下解題的軌跡。
- ② 讓綠色角 DCF 消失，只留下藍色的角 BCE，因為接下來是要處理三角形內角和的問題，因此將不必要的訊息排除。
- ③ 藍色三角形 BCE 出現，和角 BCE 為相同的顏色，以達到群化的效果，讓學習者察覺到角 BCE 是三角形 BCE 的一個內角。
- ④ 綠色角 BEC 出現，讓學習者能夠觀察到角 BEC 也是三角形 BCE 的一個內角，若要計算出角 BCE，則必須利用三角形內角和的公式，先求出角 BEC 的度數。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
而角 BCE 是三角形 BCE 的內角，因此，還要求出角 BEC 的度數	而藍色角是藍色三角形的內角，因此，我們還要算出綠色角的度數

5. 投影片 5

(1) 時間：14.5 秒

(2) 學習概念：平角

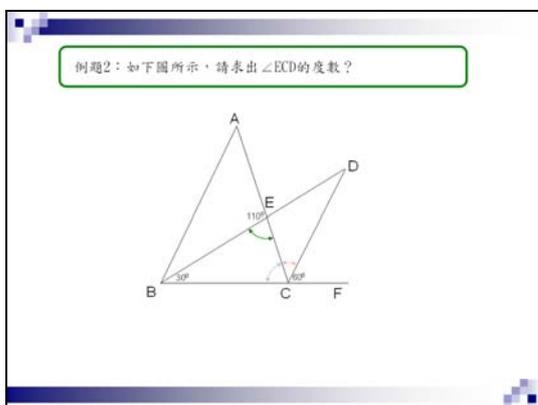
(3) 教學目標：能依題目所給的條件和平角的性質，計算出 $\angle BEC$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

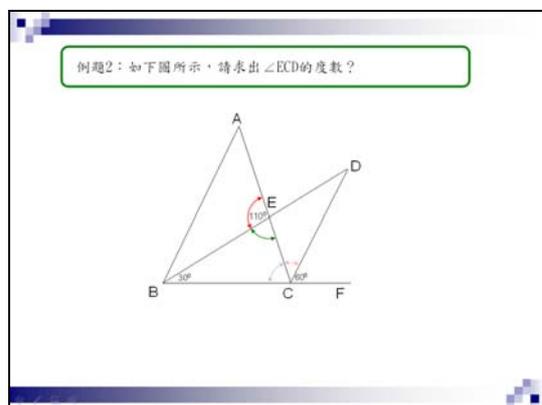
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	藍色三角形消失 藍色角淡去 紅色角出現 綠色角閃動 「110°」閃動 文字出現	MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

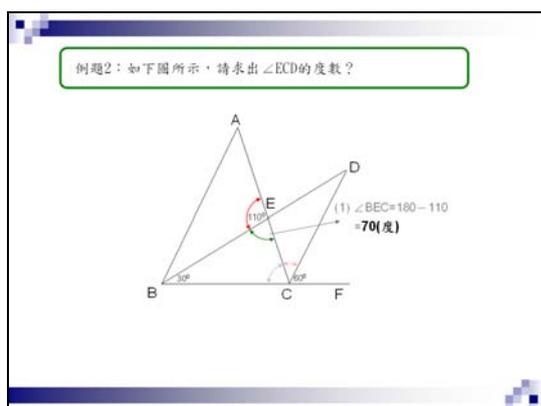
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將藍色三角形 BCE 消失，讓不相關的訊息消失，使學習者能夠專心觀察那些訊息是與角 BEC 有相關的。
- ② 將藍色角 BCE 的標記淡化，因為接下來的解說雖然與角 BCE 無關，但是在整個解題過程中是重要的訊息，因此淡化之，不僅可以避免干擾正要處理的訊息，亦能留下解題的軌跡。
- ③ 紅色角 AEB 出現，和之中留下的綠色角 BEC 的標記，希望學者能觀察到兩個角正好會形成平角。
- ④ 綠色角 BEC 的閃動，是提醒學習者由題目的資料，而用平角的性質，就可計算出角 BEC 的度數。
- ⑤ 當學習者在思考角 BCE 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且箭頭指引，符合空間接近原則。留下計算式的訊息，學習者可以驗證所算出的答案是否正確，並且能不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
角 BEC 和角 AEB，會形成平角，所以就知道 角 BEC 是 180 減 110 等於 70 度	綠色角和紅色角，會形成平角，所以就 可算出 綠色角是 180 減 110 等於 70 度

6. 投影片 6

(1) 時間：13 秒

(2) 學習概念：三角形的內角和

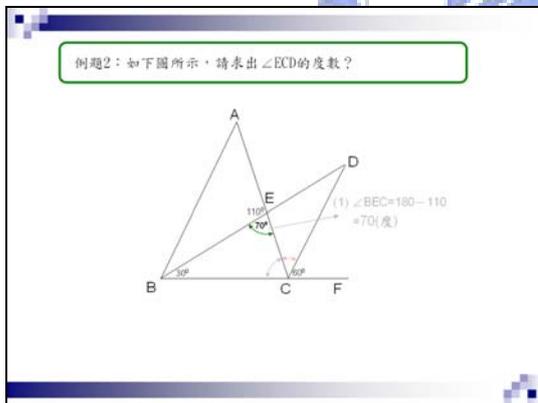
(3) 教學目標：能由 $\angle BEC$ 的度數和三角形內角和的性質，計算出 $\angle BCE$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

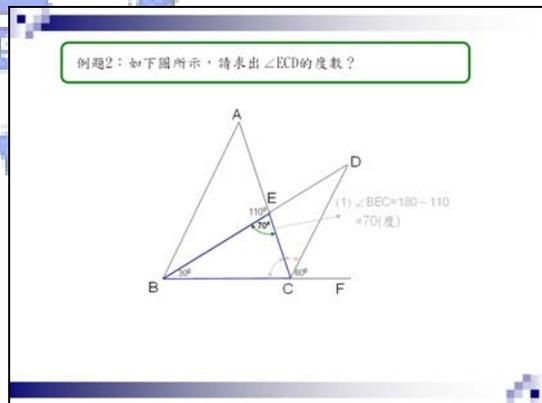
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	紅色角消失 文字淡去 「70°」出現 藍色三角形出現 藍色角出現 「30°」、「70°」閃動 文字出現	MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

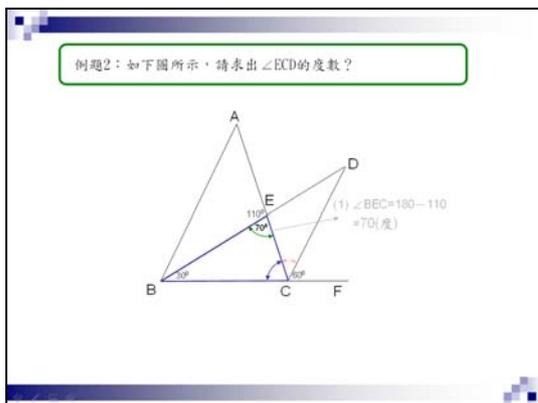
①



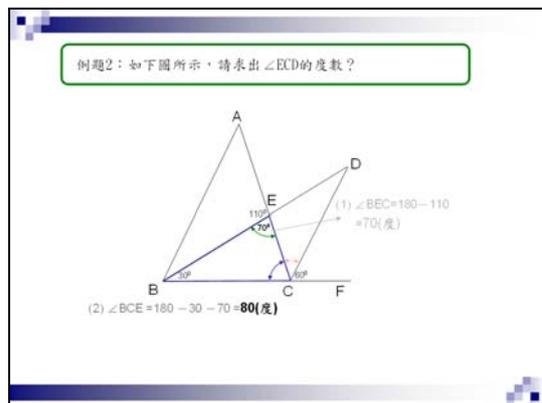
②



③



④



(6) 畫面設計說明：

- ① 讓紅色角 AEB 消失，以排除不相干的訊息。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下綠色角 BEC 的標記，並且出現計算出的角度度數，然後出現藍色三角形 BCE 和藍色角 BCE 的標記，以達到群化的作用，讓學習能觀察出這些角都是三角形 BCE 的內角，並且依據三角形內角和公式，就可計算出角 BCE 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 BCE 的過程中，「 30° 」、「 70° 」會閃動，以提醒學習者三角形 BCE 的內角度數。
- ⑤ 當學習者在思考角 BCE 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 BCE 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就可不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
然後再看到三角形 BEC，那麼角 BCE 就會是 180 減 30 減 70 等於 80 度	然後再看到藍色三角形，那麼藍色角就會是 180 減 30 減 70 等於 80 度

7. 投影片 7

- (1) 時間：16 秒
- (2) 學習概念：平角
- (3) 教學目標：能由 $\angle BCE$ 的度數和平角的性質，計算出本題的答案

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現 綠色圖出現	綠色角和藍色三角形消失 文字和「70°」淡去， 「80°」出現 紅色角和綠色角出現 紅色角閃動 「80°」、「60°」閃動 文字出現 綠色圖出現	MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset] MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

①

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 = 70$ (度)

(2) $\angle BCE = 180 - 30 - 70 = 80$ (度)

②

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 = 70$ (度)

(2) $\angle BCE = 180 - 30 - 70 = 80$ (度)

③

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 = 70$ (度)

(2) $\angle BCE = 180 - 30 - 70 = 80$ (度)

(3) $\angle ECD = 180 - 80 - 60 = 40$ (度)

答案

(6) 畫面設計說明：

- ① 讓綠色角 BEC 和藍色三角形 BCE 消失，以排除不相干的訊息。但是保留角 BEC 的度數，僅將其淡化，以留下解題的痕跡。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下藍色角 BCE 的標記，並且出現計算出的度數，然後出現紅色角 ECD 和綠色角 DCF，讓學習能觀察出此三個角會形成一個平角，並且依據平角的性質，就可計算出角 ECD 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 ECD 的過程中，「 80° 」、「 60° 」會閃動，以提醒學習者這兩個角度數。
- ⑤ 當學習者在思考角 ECD 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且以箭頭指引，符合空間接近原則。留下計算式的訊息，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確，並且能不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。
- ⑥ 最後出現綠色圖，以強調本題的答案為何，加強學習者的印象。

(7) 解說方式：

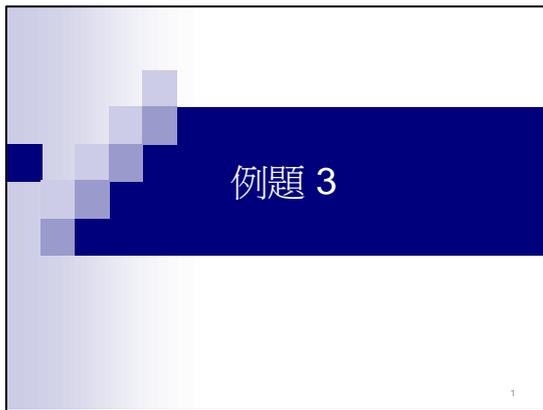
實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
所以，由此可知 角 ECD 的度數是 180 減 80 減 60 等於 40 度 因此，這題的答案就是 40 度	所以，就可知道 紅色角的度數是 180 減 80 減 60 等於 40 度 因此，這題的答案就是 40 度

三、例題 3

1. 投影片個數：9 個
2. 時間：92 秒

1. 投影片 1

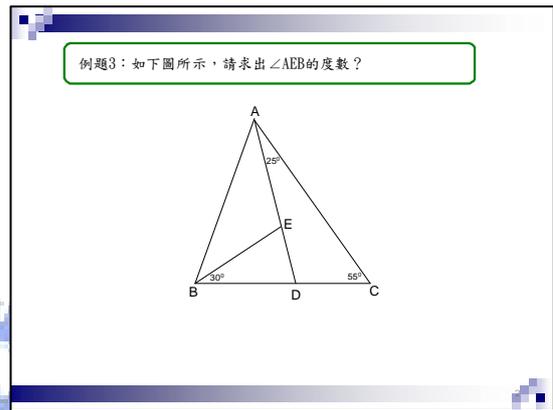
(1) 教材畫面：



- (2) 時間：3 秒
- (3) 動畫：無
- (4) 聲音：例題 3

2. 投影片 2

(1) 教材畫面：



- (2) 時間：7 秒
- (3) 動畫：無
- (4) 聲音：如下圖所示，請求出角 AEB 的度數

投影片 1 和 2 為題目介紹，視覺呈現和解說方式，三組皆相同，這兩個投影片的眼動資料不納入分析。

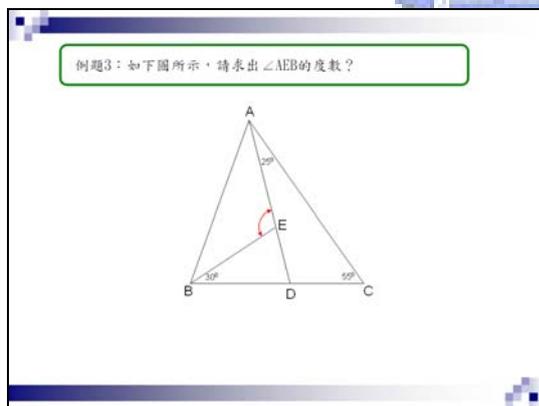
3. 投影片 3

- (1) 時間：12 秒
- (2) 學習概念：平角
- (3) 教學目標：能依題目所要求的目標角和題目所給的條件，以及平角的性質，觀察出必須先計算出 $\angle BED$ 的度數
- (4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

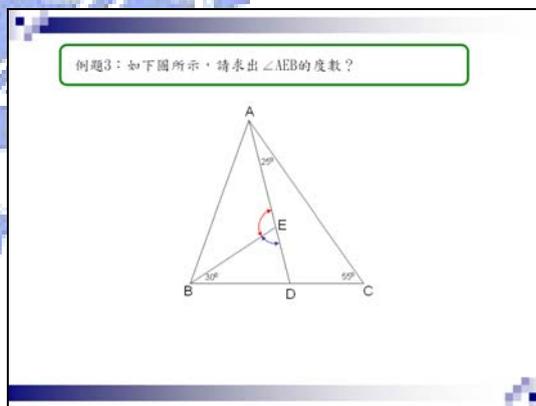
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	紅色角出現 藍色角出現 藍色角閃動	FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker

- (5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

①



②



- (6) 畫面設計說明：

- ① 先以紅色角的符號標記標出題目要求的角 AEB 之位置，然後出現角 BED 的藍色標記，讓學習者能夠察覺到此三個角正好形成一個平角。
- ② 藍色角 BED 閃動是要提醒學習者，如果要求出角 AEB 的度數，則必須先算出角 BED 的度數

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
因為角 AEB，和角 BED 會形成平角，所以，需要先求出角 BED 的度數	因為紅色角，和藍色角會形成平角，所以，我們要先算出藍色角的度數

4. 投影片 4

(1) 時間：10.5 秒

(2) 學習概念：三角形的內角和

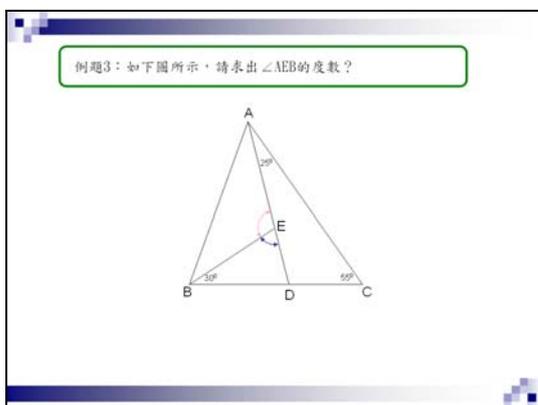
(3) 教學目標：能依題目所給的條件和三角形內角和的性質，推理出要算出 $\angle BED$ 的度數則必須先計算出 $\angle BDE$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

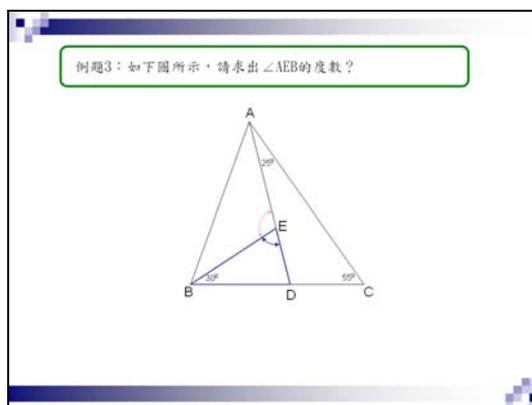
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	紅色角淡去 藍色三角形出現 綠色角出現	COLOR-Intensity COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

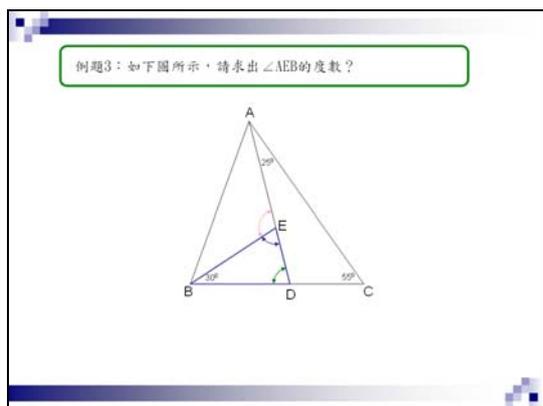
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將角 AEB 的標記淡化，因為接下來的解說雖然與角 AEB 無關，但是在整個解題過程中是重要的訊息，因此淡化之，不僅可以避免干擾正要處理的訊息，亦能留下解題的軌跡。
- ② 藍色三角形 BDE 出現，和角 BED 為相同的顏色，以達到群化的效果，讓學習者察覺到角 BED 是三角形 BDE 的一個內角。
- ③ 綠色角 BDE 出現，讓學習者能夠觀察到角 BDE 也是三角形 BDE 的一個內角，若要計算出角 BED，則必須利用三角形內角和的公式，先求出角 BDE 的度數。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
角 BED 是三角形 BED 的內角，因此，還需要求出角 BDE 的度數	藍色角是藍色三角形的內角，因此，我們還要算出綠色角的度數

5. 投影片 5

(1) 時間：11.5 秒

(2) 學習概念：平角

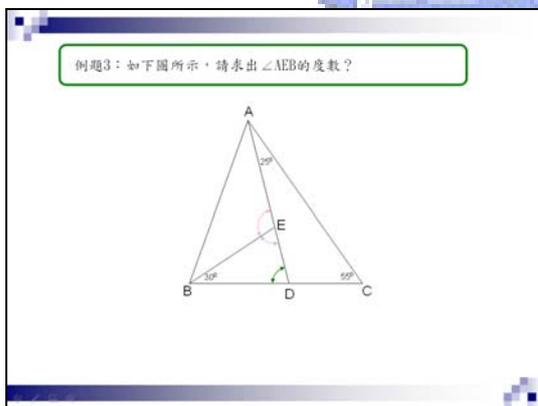
(3) 教學目標：能依平角的性質知道要求出 $\angle BDE$ 的度數，則必須先計算出 $\angle ADC$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

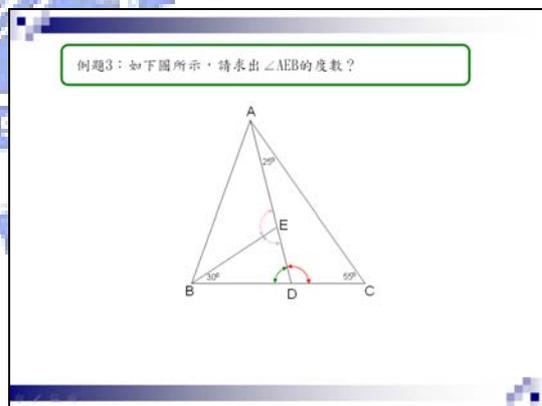
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
無	藍色三角形消失 藍色角淡去 紅色角出現 紅色角閃動	MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity FORM-Added marks+ COLOR-Hue + MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

①



②



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將藍色角 BED 的標記淡化，因為接下來的解說雖然與角 BED 無關，但是在整個解題過程中是重要的訊息，因此淡化之，不僅可以避免干擾正要處理的訊息，亦能留下解題的軌跡。
- ② 讓藍色的 BDE 三角形消失，只留下綠色的角 BDE，因為接下來是要處理平角的問題，因此將不必要的訊息排除。
- ③ 留下綠色角 BDE 和出現紅色角 ADC，是希望學習者能夠觀察到兩者正好形成平角，若要計算出角 BDE，則必須利用平角的性質，先求出角 ADC 的度數。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
而角 BDE 和角 ADC 會形成平角，那麼，還需要知道角 ADC 的度數	而綠色角和紅色角會形成平角，那麼，我們還需知道紅色角的度數

6. 投影片 6

(1) 時間：13 秒

(2) 學習概念：三角形的內角和

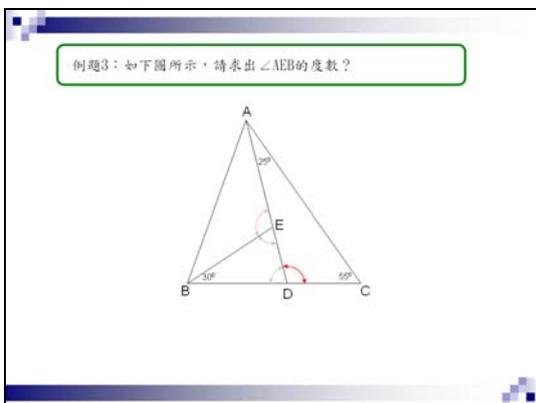
(3) 教學目標：能依題目所給的條件，利用三角形內角和公式，計算 $\angle ADC$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

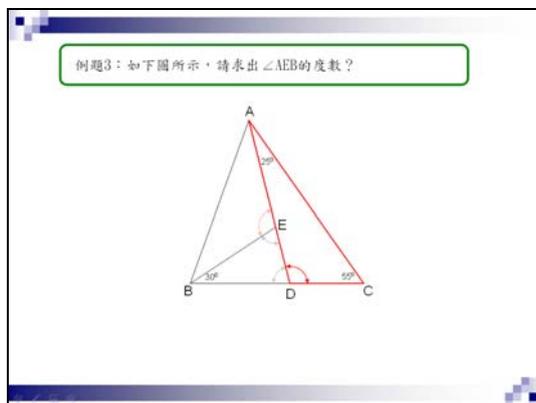
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	綠色角淡去 紅色三角形出現 紅色角閃動 「 55° 」、「 25° 」閃動 文字出現	COLOR-Intensity COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

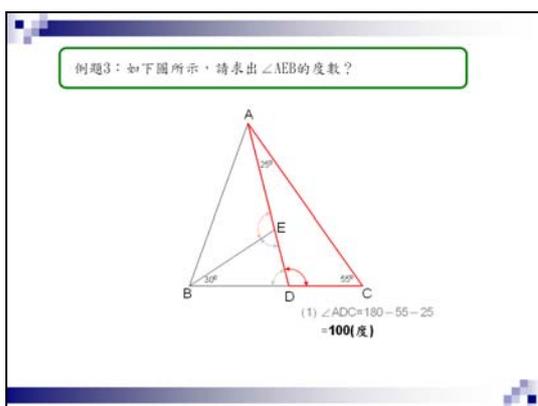
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 先將角 BDE 的標記淡化，留下角 ADC 的標記，讓學習者能夠專心觀察那些訊息是與角 BAC 有相關的。由於角 BDE 與作答的過程有關，因此僅淡化之。
- ② 紅色三角形 ADC 出現，與角 ADC 使用相同的顏色，欲達到群化的效果，讓學習者能夠覺得兩者是有關係的，進而觀察到角 ADC 就是三角形 ADC 的內角，由於題目已標出其他內角的度數，所以利用三角形內角和公式，即可計算出角 ADC 的度數。
- ③ 當學習者在思考計算角 ADC 的過程中，「 55° 」、「 25° 」會閃動，以提醒學習者此兩個內角的度數。
- ④ 當學習者在思考角 ADC 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 ADC 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就可不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
因為角 ADC 就是三角形 ADC 的內角，所以它的度數就是 180 減 55 減 25 等於 100 度	因為紅色角就是紅色三角形的內角，所以它的度數就是 180 減 55 減 25 等於 100 度

7. 投影片 7

(1) 時間：11 秒

(2) 學習概念：平角

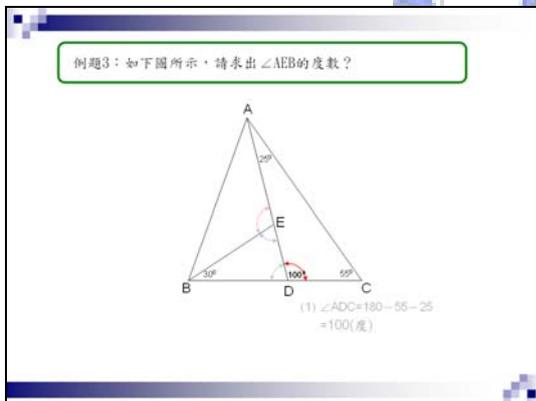
(3) 教學目標：能由 $\angle ADC$ 的度數和平角的性質，計算出 $\angle BDE$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

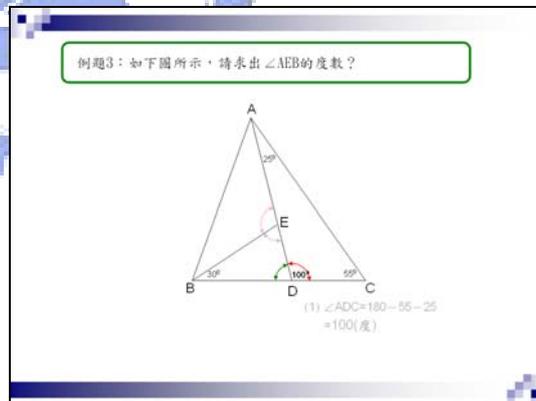
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	紅色三角形消失 文字淡去 「 100° 」出現 綠色角出現 綠色角閃動 「 100° 」閃動 文字出現	MOTIOM-New object-[offset] COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

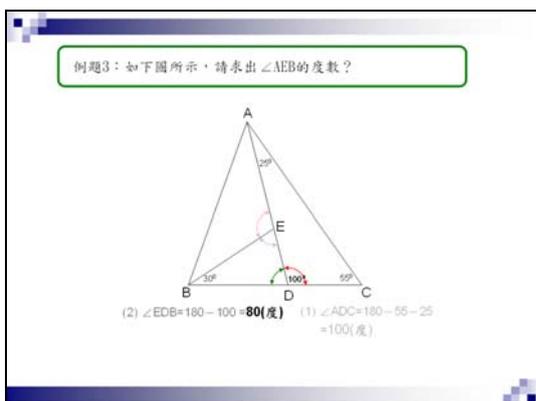
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 讓紅色三角形 ADC 消失，以排除不相干的訊息。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下紅色角 ADC 的標記，並且出現計算出的度數，然後出現綠色角 ADB 的標記，讓學習能觀察出兩個角正好形成一個平角，並且依據平角的公式，就可計算出角 ADB 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 ADB 的過程中，「 100° 」會閃動，以提醒學習者角 ADB 和「 95° 」是互補的。
- ⑤ 當學習者在思考角 ADB 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且是以空間接近原則，計算式出現在接近角 ADB 的位置，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確。除此之外，留下計算式的訊息，學習者就可不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
角 ADC 是 100 度，那麼 角 EDB 就是 180 減 100 等於 80 度	紅色角是 100 度，那麼 綠色角就是 180 減 100 等於 80 度

8. 投影片 8

- (1) 時間：13 秒
- (2) 學習概念：三角形的內角和
- (3) 教學目標：能由 $\angle BDE$ 的度數和三角形內角和的性質，計算出 $\angle BED$ 的度數

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現	紅色角消失 「100°」淡去 文字淡去 「80°」出現 藍色三角形出現 藍色角出現 「30°」、「80°」閃動 文字出現	MOTIOM-New object-[offset] COLOR-Intensity COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] COLOR-Hue+ MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

①

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(2) $\angle EDB=180-100=80$ (度) (1) $\angle ADC=180-55-25=100$ (度)

②

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(2) $\angle EDB=180-100=80$ (度) (1) $\angle ADC=180-55-25=100$ (度)

③

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(2) $\angle EDB=180-100=80$ (度) (1) $\angle ADC=180-55-25=100$ (度)

④

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(3) $\angle BED=180-30-80=70$ (度)

(2) $\angle EDB=180-100=80$ (度) (1) $\angle ADC=180-55-25=100$ (度)

(6) 畫面設計說明：

- ① 讓紅色角 ADC 消失，以排除不相干的訊息。但是保留此角的度數，僅將其淡化之，以留下解題的痕跡。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下綠色角 BDE 的標記，並且出現計算出的角度度數，然後出現藍色三角形 BDE，讓學習能觀察出角 BDE 是三角形 BDE 的一個內角，並且依據三角形內角和的公式，就可計算出角 BED 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 BED 的過程中，「 30° 」、「 80° 」會閃動，以提醒學習者其他兩個內角的度數。
- ⑤ 當學習者在思考角 BED 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且使用箭頭指引，符合空間接近原則。留下計算式的訊息，可讓學習者驗證所算出的答案是否正確，並且能夠不必一直在心中保留口述文字的內涵，可減少工作記憶處理的負擔。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
再看到三角形 BDE，因此角 BED 就是 180 減 30 減 80 等於 70 度	再看到藍色的三角形，因此藍色角就是 180 減 30 減 80 等於 70 度

9. 投影片 9

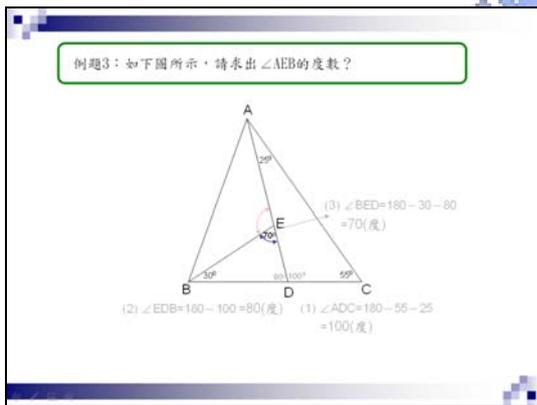
- (1) 時間：15 秒
- (2) 學習概念：三角形內角和
- (3) 教學目標：能由 $\angle BED$ 的度數和平角的性質，計算出本題的答案

(4) 視覺呈現(適性指標的說明)：

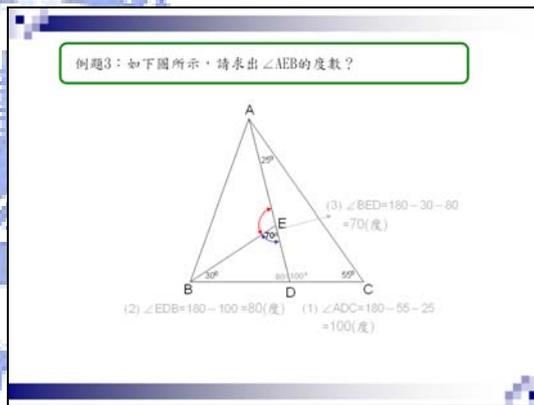
實驗組 1 動畫	實驗組 2、3 動畫	適性指標的分類特徵
文字出現 綠色圖出現	藍色三角形消失 綠色角消失 文字和「80°」淡去， 「70°」出現 紅色角出現 紅色角閃動 「70°」閃動 文字出現 綠色圖出現	MOTION-New object-[offset] MOTION-New object-[offset] COLOR-Intensity MOTION-New object-[onset] FORM-Added marks+ COLOR-Hue +MOTION-New object-[onset] MOTION-Flicker MOTION-Flicker MOTION-New object-[onset] MOTION-New object-[onset]

(5) 實驗組 2、3 之教材動態畫面示意圖：

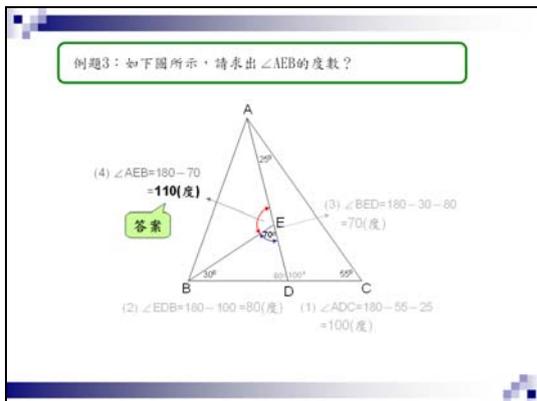
①



②



③



(6) 畫面設計說明：

- ① 讓綠色角 BDE 和藍色三角形 BDE 消失，以排除不相干的訊息。但是保留角 BDE 的度數，僅將其淡化，以留下解題的痕跡。
- ② 讓之前的計算式淡化，因為接下來的教學雖然與此計算式無關，但是在整個教學的過程當中，計算式是作答過程的一部分，具有其意義，因此保留於畫面中。
- ③ 留下藍色角 BDE 的標記，並且出現計算出的度數，然後出現紅色角 AEB，讓學習能觀察出此兩個角會形成一個平角，並且依據平角的性質，就可計算出角 AEB 的度數。
- ④ 當學習者在思考計算角 AEB 的過程中，「 70° 」會閃動，以提醒學習者角 AEB 是和「 70° 」互為補角。
- ⑤ 當學習者在思考角 AEB 的計算結果時，然後才出現計算式的答案，並且以箭頭指引，符合空間接近原則。留下計算式的訊息，讓學習者可以驗證所算出的答案是否正確，並且能不必一直在心中保留口述文字的內容，減少工作記憶處理的負擔。
- ⑥ 最後出現綠色圖，以強調本題的答案為何，加強學習者的印象。

(7) 解說方式：

實驗組 1、2 非口語化解說	實驗組 3 口語化解說
由此可知 角 AEB 的度數是 180 減 70 等於 110 度 所以，本題的答案就是 110 度	由此可知 紅色角的度數是 180 減 70 等於 110 度 所以，本題的答案就是 110 度

附錄 6 各組凝視的空間密度之比較

--熱區圖(Hot point)

影片 1

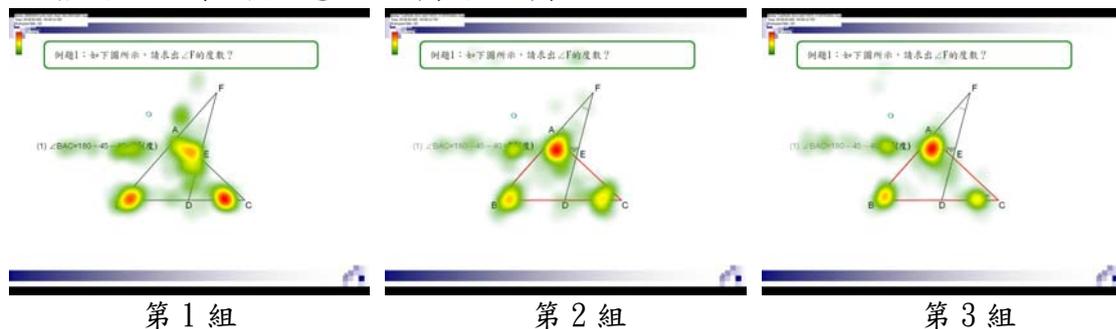
投影片 3：學習概念--三角形內角和



投影片 4：學習概念--平角



投影片 5：學習概念--三角形內角和



投影片 6：學習概念--平角

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 1 組

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 2 組

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 3 組

投影片 7：學習概念--三角形內角和

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 1 組

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 2 組

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

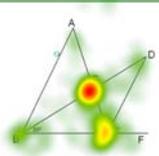
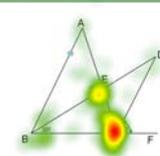
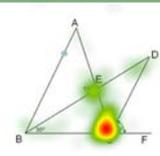
(1) $\angle B = 30^\circ$, $\angle C = 45^\circ$
 (2) $\angle EAF = 180^\circ - 95^\circ = 85^\circ$ (度)

第 3 組

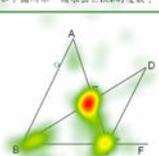
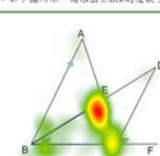
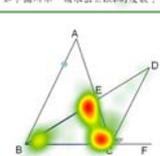


影片 2

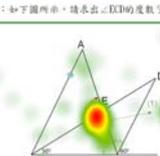
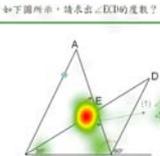
投影片 3：學習概念--平角

<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 4：學習概念--三角形內角和

<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 5：學習概念--平角

<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 	<p>例題2：如下圖所示，請求出$\angle EFD$的度數？</p> 
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 6：學習概念--三角形內角和

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

(2) $\angle B = 140^\circ$, $\angle C = 70^\circ$, $\angle A = 110^\circ$

第 1 組

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

(2) $\angle B = 90^\circ$, $\angle C = 70^\circ$, $\angle A = 110^\circ$

第 2 組

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

(2) $\angle B = 80^\circ$, $\angle C = 30^\circ$, $\angle A = 100^\circ$

第 3 組

投影片 7：學習概念--平角

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

(2) $\angle B = 90^\circ$, $\angle C = 100^\circ$, $\angle A = 90^\circ$

第 1 組

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

(2) $\angle B = 90^\circ$, $\angle C = 100^\circ$, $\angle A = 90^\circ$

第 2 組

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle EFD$ 的度數？

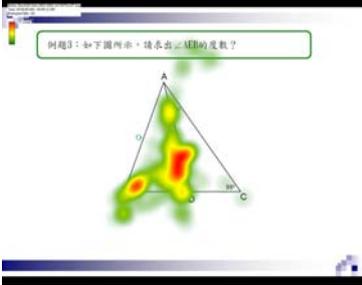
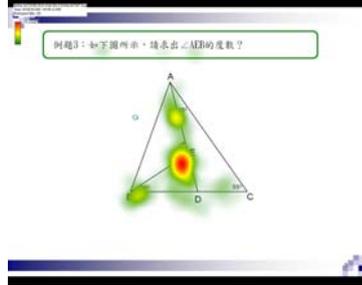
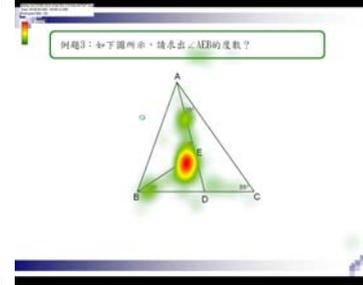
(2) $\angle B = 90^\circ$, $\angle C = 100^\circ$, $\angle A = 90^\circ$

第 3 組

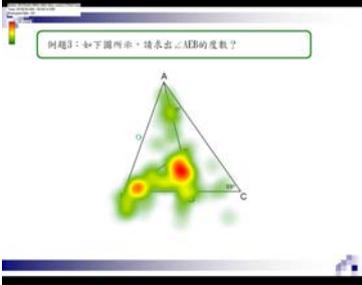
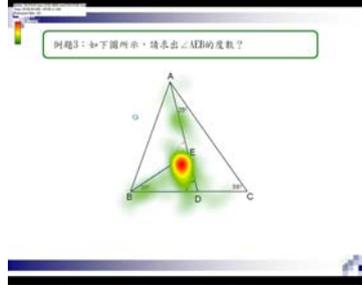
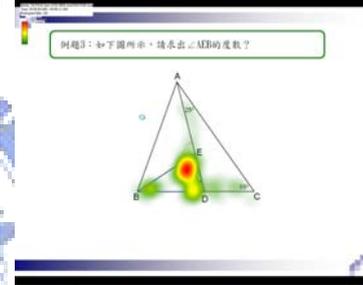


影片 3

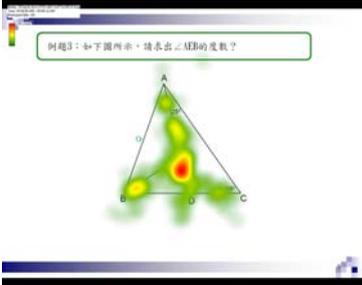
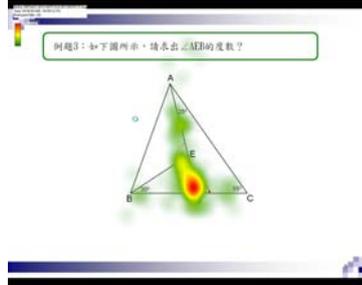
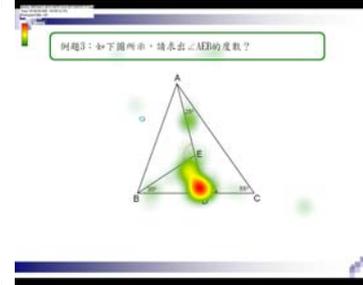
投影片 3：學習概念--平角

 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 4：學習概念--三角形內角和

 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 5：學習概念--平角

 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>	 <p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 6：學習概念--三角形內角和

<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 7：學習概念--平角

<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 8：學習概念--三角形內角和

<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 115^\circ - 25^\circ = 90^\circ$ (度)</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

投影片 9：學習概念--平角

<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>	<p>例題3：如下圖所示，請求出$\angle AEB$的度數？</p> <p>(1) $\angle AEB = 180^\circ - 30^\circ - 25^\circ = 125^\circ$ (度)</p>
第 1 組	第 2 組	第 3 組

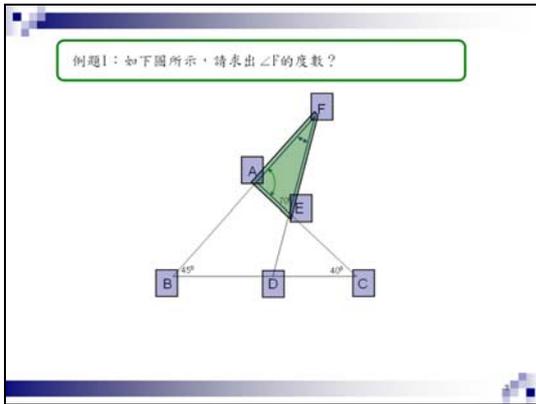
附錄 7 各投影片的 eye-tracking 關注區域之劃分

說明：

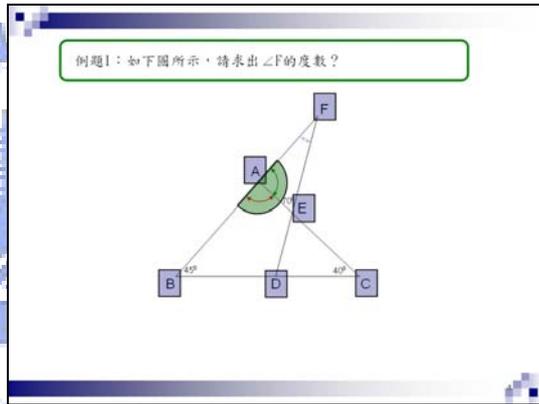
1. 以下圖中，綠色區塊為適性指標區、藍色區塊為英文字區、紅色區塊為計算式區。
2. 由於每個例題的投影片 1、2 為題目，因此不納入眼動的分析資料。
3. 例題 1 的第 3~7 個投影片、例題 2 的第 3~7 個投影片和例題 3 的第 3~9 個投影片，共有 17 個投影片。每個投影片當作一個眼動資料切割的片段，進行眼動分析。

一、 例題 1

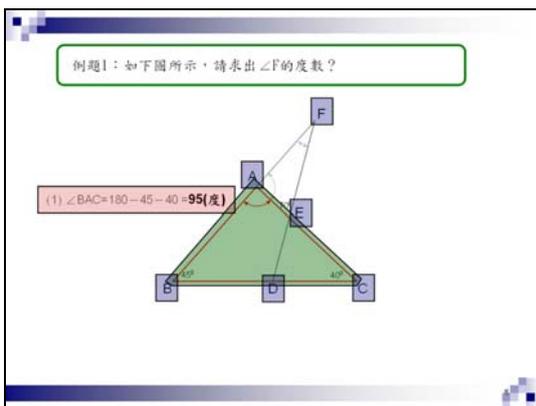
投影片 3



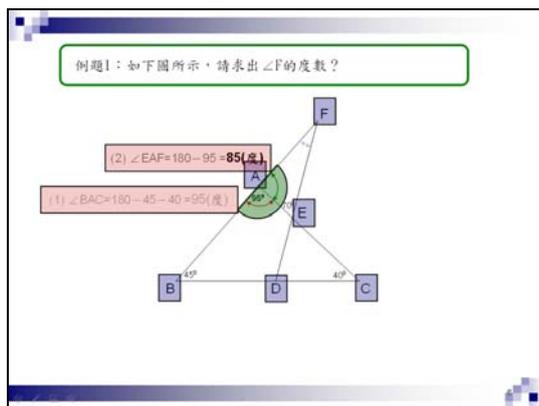
投影片 4



投影片 5



投影片 6



投影片 7

例題1：如下圖所示，請求出 $\angle F$ 的度數？

(1) $\angle BAC = 180 - 45 - 40 = 95$ (度)

(2) $\angle EAF = 180 - 95 = 85$ (度)

(3) $\angle F = 180 - 70 - 85 = 25$ (度)

答案

二、例題 2

投影片 3

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

投影片 4

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

投影片 5

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 - 40 = 70$ (度)

投影片 6

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 - 40 = 70$ (度)

(2) $\angle BCE = 180 - 30 - 70 = 80$ (度)

投影片 7

例題2：如下圖所示，請求出 $\angle ECD$ 的度數？

(1) $\angle BEC = 180 - 110 - 70 = 70$ (度)

(2) $\angle BCE = 180 - 30 - 70 = 80$ (度)

(3) $\angle ECD = 180 - 80 - 60 = 40$ (度)

答案

三、例題 3

投影片 3

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

投影片 4

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

投影片 5

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

投影片 6

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(1) $\angle ADC = 180 - 55 - 25 = 100$ (度)

投影片 7

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(2) $\angle EDB = 180 - 100 = 80(\text{度})$

(1) $\angle ADC = 180 - 55 - 25 = 100(\text{度})$

投影片 8

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(3) $\angle BED = 180 - 30 - 80 = 70(\text{度})$

(2) $\angle EDB = 180 - 100 = 80(\text{度})$

(1) $\angle ADC = 180 - 55 - 25 = 100(\text{度})$

投影片 9

例題3：如下圖所示，請求出 $\angle AEB$ 的度數？

(4) $\angle AEB = 180 - 70 = 110(\text{度})$

答案

(3) $\angle BED = 180 - 30 - 80 = 70(\text{度})$

(2) $\angle EDB = 180 - 100 = 80(\text{度})$

(1) $\angle ADC = 180 - 55 - 25 = 100(\text{度})$

