

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班
碩士論文

指導教授：楊芳瑩 博士

分析真實教室環境中
多媒體教材之閱讀歷程

An Eye Tracking study of Learning with
the Multimedia Presentation in a Real
Classroom

研究生：簡婉如

中華民國 102 年 5 月

誌謝

這兩年過得真是漫長有如進入沒有出口的迷宮，直到完成論文那刻外面世界變化有如滄海桑田般，但是研究正如精神時光屋，一夕間使我成長了不少，更重要的是啟發我對科學的興趣，實則獲益匪淺。

誠摯的感謝指導教授楊芳瑩博士。在碩班其間從老師身上學習到不少的東西，更難忘老師悉心的教導並隨時指點我正確的研究方向使我獲益匪淺，其中包含學習謹慎的邏輯思考以及做人處事的態度，而老師對學問的嚴謹使我重新認識研究的價值。

當然研究室裡共同的生活點滴更不可忘記，一起在短短的幾天內收集完繁瑣的眼動儀數據，彼此在學術上的切磋使我們都沉醉在眼動儀的世界，你們的陪伴讓這兩年的研究生活變得絢麗多彩不再孤噪乏味。

非常感謝靜文姐幫忙、可愛的小草、易儒學長、堯琮學長、又亭學姐、怡君學姐不厭其煩的指出我研究中的缺失，且總能在我迷惘時為我解惑，感謝好同伴家綺在旁的精神陪伴，更恭喜我們順利走過這研究生活，都要往自己的夢想更進一步。

最後，謹以此文獻給我最愛的爸爸、媽媽、哥哥。我的媽媽真的很感謝您！一路求學生涯沒有妳的支持和無條件付出，我的人生不會過的這麼美麗又充實。感謝邱邱在背後的默默支持更是我前進的動力，沒有邱邱的體諒、包容，相信這兩年的生活將是很不一樣的光景。

摘要

由於多媒體工具與網際網路蓬勃發展，使得知識的擷取管道變得更為便利，不論是教師的教學教材或評量工具的選擇都更加多元化，然而，多數的多媒體學習研究於實驗室中進行，對於學生如何閱讀課室中多媒體圖文，是否與實驗室結果一致？且圖文閱讀歷程又如何與先備知識交互作用？這些問題仍有待進一步的釐清。

本研究主要是透過「眼球追蹤」方法，紀錄受試者在真實教室環境中，閱讀多媒體恐龍教學教材時的視覺注意歷程。研究方法主要是將恐龍投影片主要分為標題、文字、圖片三類區域，然後利用「眼球追蹤儀」紀錄學生於這些區域的視覺注意歷程，並進一步比較分析區域間的視覺注意力之分配情況，以及視覺注意力與學生背景之關係。眼動資料的分析指標包括：凝視整頁區域、標題區域、文字區域及圖片區域的「全凝視時間」(Total fixation duration)、「平均凝視時間」(Average fixation duration)、「區域內分配時間百分比」(Percent time spent in zone)等。本研究使用SPSS 19 軟體搭配依據理解測驗結果的分組，進行描述性統計、同質性檢定與單因子變異數分析(ANOVA)。

結果發現，地科相關背景學生在文字部份所花費的凝視時間普遍比圖片部份高。同時也具有較多的圖文交互閱讀次數。相較於地科背景學生，非地科背景學生置於圖片的視覺注意力較高，也較易受圖片線索的影響而增加閱讀注意力。

關鍵字：圖文閱讀、多媒體教學環境、眼球追蹤、閱讀歷程

Abstract

Because of the blooming multimedia and internet, teaching and learning materials have become more and more diverse. For educators, how students learn with and acquire from the multimedia materials is always a focus of discussion. However, most of the studies about multimedia learning have progressed under the laboratory environments not in the real classrooms. Consequently, to promote multimedia learning, whether the results of students' learning with multimedia materials in the laboratory settings would be the same as in the real classroom needs to be examined thoroughly.

This study employed the eye-tracking method to examine university students' eye movement patterns when they were asked to view a multimedia presentation on the topic of "dinosaur" in a real classroom. The presentation projected on a big screen for the study consisted of 12 different text-picture PowerPoint (PPT) slides. To analyze students' eye movement patterns, each PPT slide was further divided into three regions of interest (ROIs) including title, text, and picture ROIs. The eye movement data in these ROIs were recorded by the FaceLAB eye tracker. The eye movement measures examined in the study include: total fixation duration, average fixation duration, and percent time spent in zone. Statistical analyses, such as descriptive statistics, and one way ANOVA with homogeneity test were conducted. Correlations between subjects' attention distribution and their background knowledge were also compared. The analyses on the eye movement data revealed the allocations of students' visual attention distributions, the time needed to process various information, and differences in the reading of different PPT slides.

Keywords: Text and picture reading, Multimedia learning environment, Eye movements, Reading comprehension

目錄

目錄	I
圖目錄	IV
表目錄	V
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與待答問題	2
第三節 研究範圍與研究限制	3
第四節 研究的重要性	3
第五節 名詞解釋	4
第二章 文獻探討	6
第一節 多媒體特性與內容	6
一、多媒體的定義	6
二、多媒體圖文整合相關理論	8
(一) 雙重編碼理論(Dual-Coding Theory)	8
(二) 多媒體學習認知理論(Cognitive Theory of Multimedia Learning, CTML)	11
(三) 多媒體學習原則 (Mayer & Moreno, 2003; Mayer2009; 魏筱珊,2011)	13
第二節 多媒體圖文閱讀研究	15
第三節 眼球運動的意義與研究應用	18
一、眼球運動與視覺注意力	18
二、眼球運動的基本測量指標	19
三、眼球追蹤技術與多媒體學習研究	20
第三章 研究方法	23
第一節 研究對象	23
第二節 研究工具	25
一、硬體部份	25
二、閱讀材料部份	27
第三節 資料收集	28
一、眼動儀校正	28
二、恐龍教學 PowerPoint	29
第四節 資料分析	31
一、圖文閱讀歷程分析	31
二、One-way ANOVA 考驗	33
第五節 研究流程	34

一、第一階段：工具準備階段	34
二、第二階段：正式施測階段	34
三、第三階段：:結果分析階段	35
第四章 資料呈現與分析.....	37
第一節 多媒體頁面閱讀歷程分析	37
一、【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】PPT 頁面之整體閱讀表現之表較	37
二、【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】PPT 頁面上之各多媒體區域的閱讀表現之比較	40
三、多媒體頁面閱讀歷程整體分析小結:.....	49
第二節 不同背景學生的閱讀歷程分析比較.....	51
一、【圖系列】的整體閱讀表現之比較.....	51
二、【標記系列】的整體閱讀表現之比較	55
三、【事實圖文系列】的整體閱讀表現之比較	60
四、【理論圖文系列】的整體閱讀表現之比較	70
五、地科和非地科學生於整體閱讀表現之比較小結:.....	79
第三節 「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的閱讀表現之比較	80
一、「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較... ..	80
二、地科與非地科「老師主動」頁面與「學生主動」頁面整體閱讀表現 之比較.....	84
第四節 圖文交互閱讀分析.....	89
一、【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】整體 比較分析	90
二、地科與非地科不同系列交互閱讀比較分析	93
三、「全頁面交互閱讀」次數與「圖文交互閱讀」次數小結	99
第五章 綜合討論.....	100
第一節 研究結果及推論.....	100
一、頁面整體比較之分析:.....	100
二、地科背景與非地科背景整體比較之分析	105
三、「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的整體閱讀比較之分析..	109
四、「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的眼動形式與背景變項之交 叉分析	109
五、「全頁面交互閱讀」總和與「圖文交互閱讀」	110
第二節 研究問題回應與探討	113
一、探討不同背景學生間閱讀多媒體教材視覺歷程是否有差異。	113
二、探討在真實環境中，不同多媒體圖文呈現方式，是否與學生的視覺 歷程形式相關。	114
第三節 在教育上的建議.....	115

第四節 研究限制與未來可能的研究方向.....	116
一、研究限制	116
二、未來可能的研究方向	117
參考文獻	118

圖目錄

圖 2-1.1 多媒體的構成 資料來源：(高新城，2008).....	7
圖 2-1.2 雙重編碼理論圖(資料來源：Paivio,1991).....	8
圖 2-1.3 多媒體學習認知理論(Mayer，2001).....	12
圖 3-2.1 硬體儀器架設示意圖(資料來源: GazeTracker 操作手冊).....	25
圖 3-3.1 儀器與材料呈現.....	30
圖 3-3.2 正式資料收集流程圖	30
圖 3-4.1 資料分析區域.....	32
圖 3-5.1 研究流程圖.....	36

表目錄

表 2-2.1 多媒體學習認知理論的假設(引自 Mayer, 2001, p44)	11
表 3-1.1 受試者相關背景介紹	24
表 3-2.1 研究工具介紹	26
表 3-2.2 恐龍教學 PowerPoint 頁面設計	28
表 3-4.1 本研究之眼動指標	33
表 4-1.1 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在整體閱讀表現	38
表 4-1.2 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在標題區域表現	41
表 4-1.3 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在文字區域表現	44
表 4-1.4 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在圖片區域中的閱讀表現	47
表 4-2.1 地科和非地科學生於【圖系列】的整體閱讀表現之比較	52
表 4-2.2 地科和非地科學生學生於【圖系列】的標題區域閱讀表現之比較	53
表 4-2.3 地科和非地科學生於【圖系列】的圖片區域閱讀表現之比較	55
表 4-2.4 地科和非地科學生於【標記系列】的整體域閱讀表現之比較	57
表 4-2.5 地科和非地科學生於【標記系列】的標題區域閱讀表現之比較	58
表 4-2.6 地科和非地科學生於【標記系列】的文字區域閱讀表現之比較	59
表 4-2.7 地科和非地科學生於【圖系列】的圖片區域閱讀表現之比較	60
表 4-2.8 地科和非地科學生於【事實圖文】的閱讀整體表現之比較	61
表 4-2.9 地科和非地科學生於【事實圖文】的標題區域閱讀表現之比較	63
表 4-2.10 地科和非地科學生於【事實圖文】的文字區域閱讀表現之比較	66
表 4-2.11 地科和非地科學生於【事實圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較	69
表 4-2.12 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的整體閱讀表現之比較	72
表 4-2.13 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的標題區域閱讀表現之比較	74
表 4-2.14 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的文字區域閱讀表現之比較	76
表 4-2.15 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較	78
表 4-3.1 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較	80
表 4-3.2 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較	81
表 4-3.3 地科和非地科學生於「老師主動」頁面和「學生主動」頁面整體閱讀表現之比較	85
表 4-4.1 交互閱讀形式與次數(表格內數字代表平均數)	90
表 4-4.2 【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】交互閱讀	

整體表現之比較	91
表 4-4.3 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、 交互閱讀整體表現之比較.....	94
表 5-1.1 【圖系列】【標記系列】【理論圖文系列】【事實圖文系列】的整體閱讀 比較之分析比較	101
表 5-1.2 交互閱讀(表格內數字代表平均數).....	110
表 5-1.3 地科與非地科不同系列之來回次數(表格內數字為平均數).....	111

第一章 緒論

本章節將簡略描述本研究的「研究背景與動機」、「研究目的與待答問題」、「研究範圍及限制」以及「研究的重要性」，以便於讀者大致理解本研究的主要框架與限制，並於「名詞解釋」一節中解釋說明與本文所使用的相關關鍵詞，並闡述此關鍵詞在本研究上的定義。

第一節 研究背景與動機

現在，由於多媒體工具與網際網路蓬勃發展，使得知識的擷取管道變得更為便利，不論是教師的教學教材或評量工具的選擇都更加多元化，對於學生而言尋求解決問題的管道，不再僅僅限於書本上的文字傳遞，甚至也影響著傳統教室中教學情境的改變。Tabbers (2008)認為多媒體教學相較於傳統教學黑板白字、紙上靜態教材來說，較沒有空間和時間上的限制。Petersen(2003)認為，專家(教師)和科技間的應用，可以提供真實的經驗在教室環境中。然而，教師所使用的多媒體工具雖然可以呈現視覺表徵雖然可以幫助學生學習，但學生卻常不了解教師所提出的表徵所代表的意涵 (Treagust et al., 2003)。Hyönä (2010)指出，由於多媒體在動態介面上容易增加複雜度，過去只能透過人的眼睛來觀察受測者眼球運動的方式。這樣不但有欠客觀且精確度低，也無法掌握眼動反應的歷程變化。但是，隨著眼球追蹤技術更加精確，精確度的問題也慢慢獲得解決。眼球軌跡追蹤技術是透過眼動儀來蒐集受試者眼睛凝視點的資料，經由這些資料的分析可以瞭解受試者閱讀歷程。目前眼動分析大多運用於認知心理學的研究，將眼球追蹤方法與科學教育結合是目前國內外少有之研究方式。本研究的目的是透過眼球追蹤技術，分析真實教室環境中多媒體教材之閱讀歷程。

第二節 研究目的與待答問題

本研究目的在利用眼球追蹤技術，探討台灣北部地區大學生多媒體圖文閱讀歷程，於上述目的與研究動機，本研究所將探討的議題與待答問題如下：

壹、探討不同背景學生間閱讀多媒體教材視覺歷程是否有差異。

一. 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力 (visual attention) 的分配情況為何？

二. 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力 (visual attention) 於圖、文間交互閱讀形式是否有差異？

貳、探討在真實環境中，不同多媒體圖文呈現方式，是否與學生的視覺歷程形式相關。

一. 教師主導的多媒體教材之放映和學生主導的教材放映是否與視覺注意力 (visual attention) 的差異相關？

二. 學生在閱讀多媒體教材中的不同形式照片（如：真實照片、數據圖或概念圖）時，其視覺注意力 (visual attention) 之分配是否有差異？

根據上述的研究問題，本研究提出的研究假設如下：

一、非地科學生閱讀多媒體教材時，其視覺注意力於圖片較高，於文字較低，而地科學生閱讀多媒體教材時，其視覺注意力於文字較高，於圖片較低。

二、地科背景的學生在閱讀多媒體教材上圖文時，產生較非地科背景學生多的交叉閱讀次數。

三、教師主導的多媒體教材放映時，學生的視覺注意力較高。

四、學生在閱讀多媒體教材中不同形式照片時，由於概念圖與數據圖較為複雜與抽象，學生的視覺注意力分配於概念圖與數據圖應較高，於真實照片則較低。

第三節 研究範圍與研究限制

由於受到研究對象以及所設計之研究工具與研究方法的限制，本研究之研究成果在推論上將受到某些條件的影響。茲將本研究的限制範圍列舉如下：

1. 教室環境較難控制，對於學習成果得推論必須較為保守，另外研究只有 22 人，研究結果的可推論程度恐怕較弱，但眼動儀紀錄的是即時的閱讀行為，可提供對學習歷程另一角度的理解。
2. 本研究所使用澳洲 Seeing Machines 公司開發之 FaceLAB 的眼動儀為研究儀器，此系統為雙攝影機、具單紅外光源器並，搭配套裝資料呈現與分析軟體 GazeTracker9.0。由於各眼動儀的基本設定與執行條件有異，不同機器所獲得的資料比對需較為謹慎。

第四節 研究的重要性

以下對本研究的重要性將逐一說明：

1. 台灣現行課室教育使用多媒體為輔助教學工具已很普及，目前以 PowerPoint 居多。不過，研究文獻上鮮少針對多媒體圖文呈現對學習者閱讀歷程的影響做深入探究。本研究嘗試用眼動儀紀錄學生的多媒體教材閱讀歷程，這樣的研究事實上對教師教學非常重要，不但可以幫助教師了解學生的注意力移動狀況，可提供教學者如何引導學生觀看教學材料的相關的訊息。

2. 多數多媒體的學習研究都是在實驗室完成，本研究嘗試將研究環境置於真實教室中，這樣的研究在目前相關研究中，實為少數。
3. 本研究對於受試者的多媒體教材閱讀歷程有眾多的探討與比較，能幫助在教育現場中的教師對課室中科學課程的教與學有所幫助。

第五節 名詞解釋

茲將本研究所涉及之重要名詞與其操作定義，分別解釋說明如下，以協助讀者瞭解並利於此論文之閱讀與瞭解。

1. 多媒體(Multimedia)

Mayer 認為文字和圖片構成多媒體的組合。「文字」指的是一種語言形式：如文字或是口語表達；「圖片」則是一種圖像的形式：如圖片、照片、動畫、影片等。例如 PPT 其功能包含可插入文字、圖片、影像、聲音等及為多媒體的一種。

2. 視覺注意力(Visual attention)

當眼睛自主移動時，會使我們將有限的心理資源專注於某個時間點的訊息和認知歷程上。並且讓個體專注於欲處理的事件，進一步讓我們對該事件進行操弄。(Findlay & Gilchrist, 2003；Land 2007)。

3. 眼球追蹤系統(Eye-tracking)

眼球追蹤系統(Eye-tracking)，即眼動儀，其原理是利用圖像處理技術，並運用高解析度的攝影機，透過捕捉人的眼角膜和瞳孔反射出來的紅外線來紀錄眼球運動。眼動儀所紀錄的眼動模式包含眼球軌跡、凝視點以及凝視時間等。許多文獻都指出眼球追蹤系統(Eye-tracking)為貼近自然狀態的心智量測技術，能完整紀錄眼動資料。

4. 凝視點(Fixation)

Rayner(2009)認為眼球凝視的位置和停留時間，可以反映出大腦認知系統對資訊的選擇與處理的時間，凝視時間的長短可以反應外界訊息的複雜度與內在訊息處理深度。本研究採取的凝視點標準為150 毫秒。

5.圖文交互閱讀

本研究所指的圖文交互閱讀，意即在閱讀的過程中有前一個凝視點落在文字上，下一個凝視點落在圖片上即稱為一次的圖文交互閱讀。反之，若再閱讀過程中有前一個凝視點落在圖片上，下一個凝視點落在文字上，也為一次的圖文交互閱讀。

第二章 文獻探討

本研究所探討的問題主要為閱讀多媒體教材視覺歷程與圖文之間關係，並且以眼動儀紀錄視覺注意力的資訊來做研究，因此在文獻回顧分為三大部分，一是『多媒體特性與內容』、二是『多媒體圖文閱讀研究』，三是『眼球運動的意義與研究應用』。

第一節 多媒體特性與內容

一、多媒體的定義

Mayer(2001；2002)將多媒體定義為:文字(words)與圖像 (pictures)的組合型式。首先 Mayer 認為「文字」指的是教學教材以語言文字的型態(verbal form)呈現，包含著使用口語表達的文字(spoken words)與書寫的視覺文字(printed words)；並提到「圖像」指的是教學教材以圖的型式(pictorial form)呈現，包括靜態圖中 (插圖、座標圖、圖解、照片、地圖)以及動態圖中(動畫、影片)兩種。Clark 和 Lyons(2004)發現在教學上教師們逐漸將數位軟體所能呈現的功能例如靜態 (Static) (如插畫、照片、電腦繪圖)等，或動態圖像 (Dynamic Art) 例如動畫 (animation)、視訊 (video)、虛擬實境 (virtual reality) 納入課堂的教學內，因此對於多媒體的在教學上的定位又更加明確。國內學者陳志寶(2001)指出，多媒體一詞是從 (Media) 演變而來，多媒體是由多種 (Multi) 及媒體 (Media) 兩個字組合而成，之後進而發展出 (Multimedia) 等專屬於多媒體的單字。而高新城(2008)更進一步說明多媒體定義，從以下(圖 2-1.1 多媒體構成) 可知，多媒體 (Multimedia) 乃指一種透過文字 (Text)、圖形 (Graphics)、聲音 (Audio)、動畫 (Animation) 和視訊 (Video) 的組合來呈現的視聽媒介，並藉由電腦或其他電子化、數位化的處理方式來傳送信息。

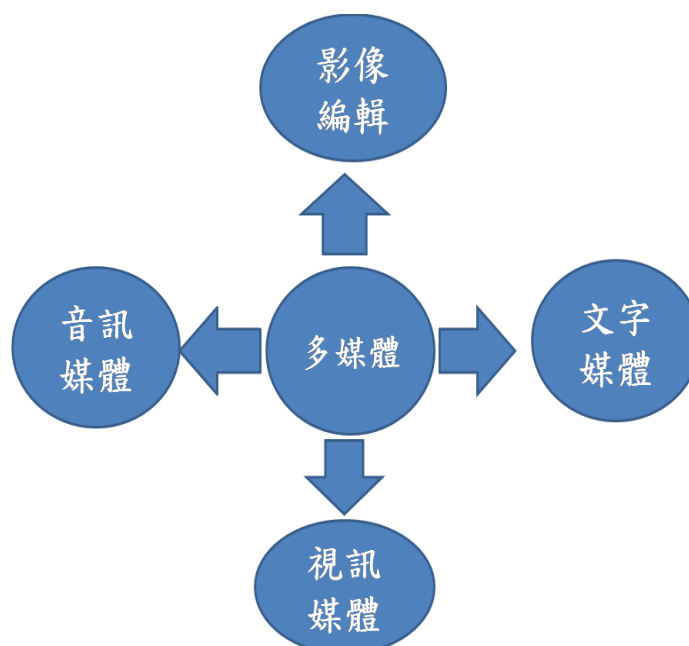


圖 2-1.1 多媒體的構成 資料來源：(高新城，2008)

隨著當數位化學習環境逐漸普及化後，多媒體工具也漸漸大量的應用在教育上。Mayer (2001)指出，當多媒體的訊息為單一形式，例如：圖像與文字的組合，由於視覺感官必須同時接收兩種訊息因此容易產生認知負荷。

Chandler 和 Sweller (1991) 也認為人類具有多種基本感官且可同時接收多種不同訊息，但若同時時間內所接收過多相同類型的訊息，將會反向造成學習者認知上的負荷。但是 Wetzel, Radtke, 和 Stem(1993)的研究指出，傳統的教材內容(文字和圖像)若以多媒體形式來進行教學，對於學習者更有利於學習。而 Sherman 和 Keith(2000)認為，多媒體可以使抽象概念具體化更能吸引學習者的注意力和激起他們的學習動機。綜合以上學者的定義「多媒體」即指聲音、動畫、圖片被組合在一起後進而產生一個人們使用後能與之互動的學習工具(吳瑞源、吳慧敏，2007；陳秀如 2008；Clark& Lyons，2004；Mayer，2001；2002)。

綜合以上的關於多媒體的論點，可以知道多媒體工具在使用上的確可以幫助學習者建構知識，但是也容易使學習者產生學習上的負荷。洪玉華(2010)提到，使用多媒體教材來教學其目的並不在取代傳統教學，而是要藉此提供學生更多的

學習資源，以促進學習成效。而國際科技教育學會(International Technology Education Association, ITEA)對教育上使用多媒體工具更建議為：「多媒體科技或視聽器具等工具，是用來促進教與學的歷程。」科技不斷推陳出新的目的，始終都是為了能促進學習。根據Mayer(2010)指出，目前多媒體在文獻上，大多數主要探討包含(多媒體的教材組合、多媒體版面配置、使用多媒體的學習成效等)，對於多媒體內容中呈現的文字與圖像與學習之間的關係其探討較少，因此，本研究為了瞭解多媒體在文字與圖像的應用，將從多媒體相關理論先行探討，在輔以相關實證研究進行論點支持。

二、 多媒體圖文整合相關理論

(一) 雙重編碼理論(Dual-Coding Theory)

認知心理學家Paivio (1986; 1991) 指出，當人們在進行相關閱讀活動時，透過兩其實是有兩個認知系統進行圖像與文字的轉化、編碼，與處理，這就是著名的雙重編碼 (dual coding theory) 中所提出對訊息接收和處理的重要核心概念。經由以圖2-1.2說明，可更清楚知道人類兩大系統的功能和路徑。

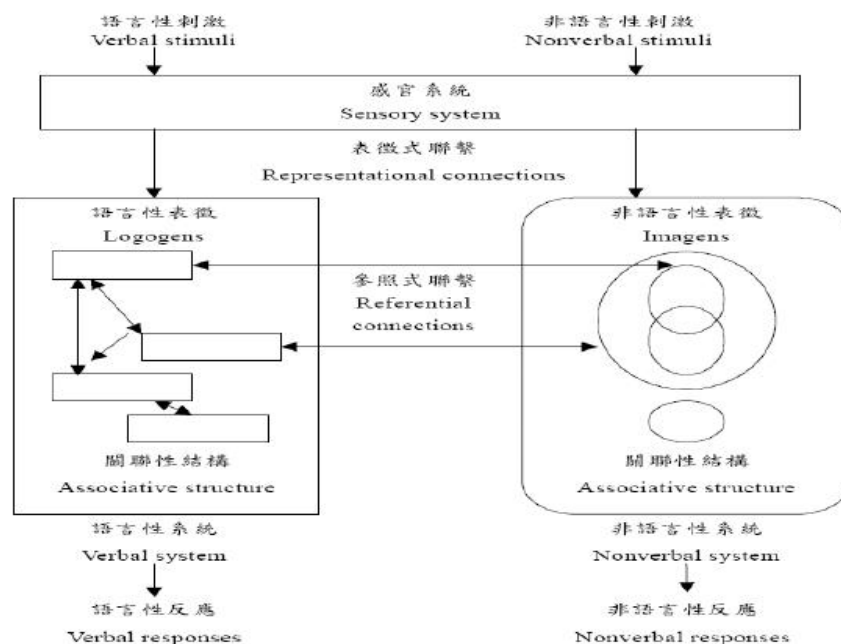


圖 2-1.2 雙重編碼理論圖(資料來源：Paivio,1991)

根據Paivio（1991）的論點，人類的心智結構與訊息處理過程中包含了兩個符號系統（symbolic memory），一是語文系統（verbal system）主要負責與語文有關的訊息。當接受文字與旁白的刺激後，以個別的、循序的、語法的方式來處理和組織訊息，形成語文的心理表徵，並以語文元（logogens）來儲存此類訊息，並儲在文字記憶區中，也就是語文編碼；另一系統是非語文系統（nonverbal system）專門處理視覺影像訊息(例如圖片與動畫)此外也處理著其它訊息(例如視覺、嗅覺、觸覺也就是外觀、聲音、行動與內在感覺等與情緒相關)。此系統主要以整體的、並行的、整合的方式來處理和組織訊息形成視覺的心理表徵，並以圖像元（imagens）為基本單位儲存在圖像記憶區也就是視覺編碼（王司沁，2008）。因此，於訊息處理過程中，個體除了經由語言性刺激（文字、語音），還可以經由非語言性刺激（圖像、動畫）來進行多方面連結。由於此兩個系統可以交錯儲存意義，因此當訊息處理完畢後，即使其中一個系統的編碼有所遺漏，另一個系統仍然可以將訊息的意義記住並幫助記憶的儲存。

Paivio（1991）將學習者對語言性與非語言性訊息的聯繫方式分為三種層次結構的處理運作模式，分別為：

（1）表徵性（representation）運作處理模式：

此模式指外界訊息的刺激能夠透過感官系統，而引起直接表徵或啟動相對應的表徵。也就是說，當語文（例如文字、旁白）刺激進入感官系統後，會與語文系統產生表徵性連結；而非語文（例如圖像、動畫）刺激進入感官系統後，則會與非語文系統產生表徵性連結。也就是藉由聽覺和視覺的組合去瞭解心理的表徵，舉例來說例如，學生被要求記一個句子「小狗在戶外玩球」。如果能將句意轉成心智圖像（mental picture），一幅小狗在戶外玩球圖像被想像，便會將這心智圖像與言語的代碼（the verbal code）做連結（邱惠芬 2003；Gary, 2004）。

（2）關聯性（association）運作處理模式：

Robins 和 Mayer (1993)指出，關聯性聯繫（associative connections）指的是單獨的語言記憶系統或非語言系統內（within system）記憶單元的聯繫，這表示個別的語言系統或非語言系統內的元素具有關聯性聯繫，也就是說，特定的語意會引發某些語意的聯想；而特定的意象會引發某些意象的聯想（林麗娟，1996）。舉例來說在語言性的記憶系統中，「蓮霧」這個詞的語意可以引發「水果」、「黑珍珠」、「屏東特產」等等語意的聯想，在非語言性系統中，亦可以引發許多聯想的意象，例如紅色、樹等等意象。而根據此原則，為了要幫助學習者連貫相關知識，許多教材的設計都會運用文字性或圖示性的類比與比喻以建立關聯性聯繫（Reiber,1994；邱惠芬 2003）。

（3）參照性（referencial）運作處理模式：

此模式是指語言性系統和非語言系統間單位的聯繫，他可以協助學習者創造出意象來對應文字。例如，學習者的記憶中如果有「籃球」這個名詞，以及跟球類相關的意象，它們之間便會產生雙向的參照連結。所以我們應安排適當的訊息呈現方式，以利在學習者訊息編碼的過程中進行語言系統和非語言系統的連結。而電腦多媒體的學習環境，便可以同時提供學習者多種訊息溝通的管道（包含聲音、文字、圖像、動畫）（邱惠芬 2003；柯重吉 2005）。

基於以上三種訊息模式，Paivio 做了一系列關於圖片與文字的研究，其實驗指出人類的圖像系統比語文系統有較好的處理能力，其解釋原因是因為當我們看到一個圖片時，我們會自動的將圖片轉換成語文的方式來處理；但當我們看到一個文字時，卻不會把它轉換成影像的方式。不過 Paivio (1991) 認為當一個觀念的呈現方式是透過這兩種系統同時呈現，會比只利用其中一種呈現方式來的好，也就是說當學習者回想之前的內容時，對文字加圖片的回想能力優於只有文字的回想（將在第二節深入探討）。此外 Paivio (1991) 認為，如果編碼間有強而有力的

參照性鏈結，能幫助學習者建立文字與圖像的認知相關性，進而加深記憶。換言之語文與非語文系統的內涵間必須使讀者易於聯想，兩者之間才可產生補充的效果，就如同數學教材的文字敘述輔以圖形解說，或是圖文對照的生字表，而使讀者易於理解。

(二) 多媒體學習認知理論(Cognitive Theory of Multimedia Learning, CTML)

Paivio的雙重編碼理論(Dual-Coding Theory)已經很明白指出，我們在面對圖文訊息時的編碼與學習的方式不同。所以文字若能與圖像配合，將更能幫助學習者記憶事實或瞭解概念。Mayer (2001, 2003)將多媒體學習定義為利用文字與圖片的學習，而多媒體在學習的過程可視為教學訊息的獲得，或是知識建構的過程，這其中多媒體可視為是傳遞教學訊息的工具，也是幫助學生理解的手段。Mayer並根據多位學者的理論與觀點，提出了多媒體學習的認知理論(Cognitive Theory of Multimedia Learning)其中包含雙軌(dual channels)、有限容量(limited capacity)及主動處理(active processing)等三個假設(請參閱表2-2.1)

表 2-2.1 多媒體學習認知理論的假設(引自 Mayer, 2001, p44)

多媒體認知理論	定義	相關理論
雙通道假設	人類對處理『視覺訊息』和聽覺訊息擁有不同的通道。	源自於雙碼理論。 (Paivio,1986;Baddeley, 1992)
容量限制	人類每一個管道一次所能處理的訊息量有限。	源自於認知負荷理論。 (Baddeley,1992;Chandler&Sweller, 1991)
主動處理	人類藉由注意相關訊息、組織被選擇的訊息成一致的心理表徵，並且將其和其它知識整合來進行主動學習。	源自於訊息處理理論。 (Atkinson&Shiffrin,1968)

1. 雙通道假設(dual channel)：

Mayer(2001)的雙通道假設是指人類對於以視覺呈現的素材及以聽覺呈現的素材有不同的訊息處理管道。這重要觀點說明了人類心智的運作模式是圖形與聲音雙通道並行。雙通道分為兩部分:一個是視覺(圖像)的通道，另一個是聽覺(語言)的通道。首先，當人們接受訊息時，其訊息呈現方式是以插圖、動畫、影片或螢幕文字等傳輸至我們的眼睛時，人類就會開始以視覺管道處理這類訊息；當訊息是以旁白(narration)或非語文的聲音(如狗叫聲)等外在刺激將訊息傳至耳朵時，人類則會開始以聽覺管道處理這類訊息（Paivio,1986；Baddeley,1992；吳瑞源 2006）。如下圖 2-1.2 所示

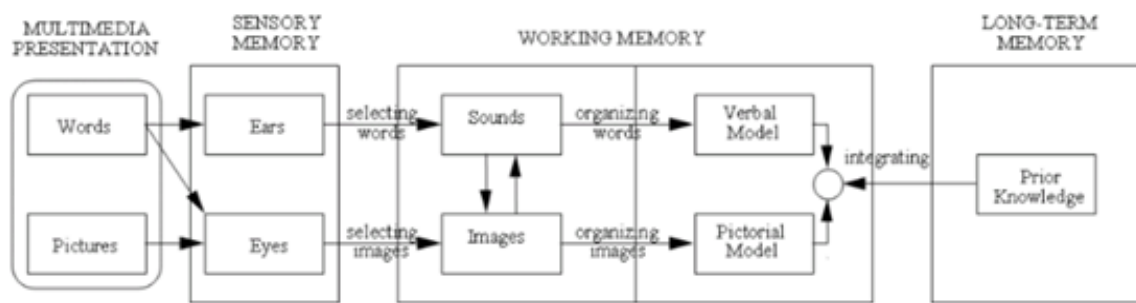


圖 2-1.3 多媒體學習認知理論(Mayer，2001)

圖 2-1.3 呈現了人類資訊處理的系統機制。方塊內表示記憶的儲存的過程，包括感官記憶、工作記憶、和長期記憶三種。圖像到眼睛的箭頭表示圖像被登錄於眼睛；文字到眼睛的箭頭表示書寫文字被登錄於眼睛；文字到耳朵的箭頭表示口語文字被登錄於耳朵(Mayer，2001；吳瑞源，2008)。

Mayer 提到多媒體的資訊呈現方式是以文字和圖像為主，藉由耳朵和眼睛接收訊息(此過程在感官記憶中進行)，學習主要發生在工作記憶，在這個階段中學習者是主動控制的。而學習的認知歷程包含了選擇訊息、組織訊息、整合訊息等過程，這些過程會受到學習者之個別差異的影響，而產生不同樣貌的認知模式。在學習的過程中，個體主動將知識從長期記憶中提取出來，並與工作記憶的知識

整合。然而，在知識提取的過程中亦會受到學習者先備知識的差異所影響。

2. 容量限制(Limited Capacity Assumption)：

人類認知系統的每一個頻道都有容量限制來保留和運作知識。當大量的圖片(或其他的視覺物件)或大量的語言(或其他聲音)在同一時間呈現時，視覺—圖畫的通道將會超載(Mayer，2001；魏筱珊；2011)。

3. 主動處理(Active Processing Assumption)：

當學習者主動參與時，有意義的學習就會發生。認知系統會主動選擇相關的文字與圖片，組織成有條理的圖像和語言模式，且和以前的知識互相整合。也就是說，主動學習的進行可能在同一時間發生在工作記憶區中，並且整合語言與圖像象徵。Mayer 認為良好的多媒體學習環境，可以使學生減少通道的訊息負荷量，容易將所學的知識整合進入學生個人的組織架構之中

根據多媒體認知學習理論，Mayer 也陸續提出了當教師欲進行多媒體教學時，教學設計上應注意的九個多媒體學習原則，以下將逐之探討：

(三) 多媒體學習原則 (Mayer & Moreno，2003；Mayer2009；魏筱珊,2011)

1. 多媒體認知原則(multimedia principle):

學生從文字及圖片學習的學習效果比單獨文字學習的學習效果好。

2. 空間接近原則(spatial contiguity principle)

教師使用多媒體教材時畫面呈現應讓相關聯的語詞或圖像鄰近，其呈現的效果，比起間隔一段距離呈現的效果來得好。從多媒體學習認知理論的主動處理(active learning)觀點來看，學習者不單單僅是將訊息儲存於記憶，會主動選擇相關文字及圖片組織成一致性的語文及圖像模式來了解教學內容。

3. 時間接近原則(temporal contiguity principle)

學習者在聽到一句及看到相關聯動畫之間的間隔短，則學習者有機會可以建立文字及圖片之間的連結，因為先出現的訊息會因在很短的時間內消失，導致後來進入的相對應訊息無法和其有效整合，相關的文字與圖形最好能同時呈現，效果比較好。

4. 連貫原則(coherence principle)（亦作一致性原則）

資料呈現要相關，與學習主題無關的文字、圖形與聲音等內容最好不要放入學習內容中。說明要明確肯定，用詞前後一致，圖案與文字要一致。

5. 形式原則(modality principle)（亦作通道原則）

在學習上學生可從動畫搭配口語表達文字中比動畫搭配視覺文字較佳的學習成果，亦即學生在多媒體信息中的文字以口語表達文字呈現時比以視覺文字有較好的學習結果。

6. 多餘效應（redundancy effect）：

當圖片與文字分別都能解釋內容時，若二者同時放置一起，將強迫讀者去建立二者間的關聯，這多此一舉的現象非但不能加強學習效果，反而會造成認知負荷。

7. 個別差異原則(individual difference principle)

每個學習者的特性都不一樣，有的教學設計適用於某些人，對於其他人效果反而不佳。生手在多媒體學習環境中的學習效果，比起專家來得好，因為專家在缺乏足夠的教學指引下，可以使用先備知識來補足教師所沒有提供的教學指引。

8. 分割原則（Segmenting principle）

當多媒體教材被切割成許多小片段時，學習者較能有充裕的時間，從每一個

小片段整合文字與圖像，比起多媒體教材連續性的播放的學習效果來得好。

9. 訊號原則 (signaling principle)

若學習者在閱讀多媒體相關圖文時，若含有可強調教材內容組織的予重點提示(cues)，則學習效果較好，提示引導方式包含：線條、箭號、對比、標記等來引導注意力的方向。De Koning (2010) 利用眼球追蹤法證實了信號提示學習的效果。

多媒體學習研究發展至今，許多學者對於多媒體組合方式，字體大小、顏色亮度、版面設計都有相關探討(e.g. Balluerka, 1995; Schuster及Carlsen, 2009; 洪玉華2010)。但對於多媒體的圖與文字的閱讀理解過程之相關研究相對較少。針對本研究的議題，下一節將介紹目前多媒體圖文閱讀相關研究之趨勢。

第二節 多媒體圖文閱讀研究

早期閱讀行為單純指的是紙本上的閱讀，現在因為多媒體工具的盛行，越來越多的研究者開始分析「利用多媒體工具進行閱讀」之相關議題上。不論傳統的紙本閱讀或使用多媒體工具進行閱讀，文字與圖片仍然是傳遞知識的橋梁。Mayer和Anderson(1992)指出當學習者對於一些抽象觀念如科技(technical)或物理(physical)訊息，適當運用多媒體工具來呈現學習的情境，有助於對現象等概念的理解。根據Clark和Mayer(2003)提到，由於專業領域的概念對於學習者是不容易吸收，因此使用多媒體呈現電流的概念、光的概念等是可以建構學生的知識。但是，國內學者伊彬與林演慶(2006)指出，在過去媒體內容的回憶與辨識成為對學習者評估重要指標(其中包含事後回溯、放聲思考或問卷)，不過常因受試者隱瞞內心真正的想法而得到錯誤的結論。在這個狀況下，有些學者開始探討人們在觀看圖文時的相關行為反應，例如，Yarbus(1967)發現受試者在觀看圖片時並不是漫無目的隨意觀看，而是受到心智動機的驅使產生特定的任務。Loftus

和 Mackworth在(1978)認為，眼球運動是可以觀察與瞭解內在認知過程中，可以反應人們感興趣或困惑的地方，人們也可藉由此機制取得實驗數據加以研究。這似乎說明我們常經由閱讀行為擷取知識或處理訊息且都和眼球運動有關，因此文字與圖片的閱讀歷程對於學習者的學習就變的非常重要。

Najjar (1996)針對多媒體工具的使用在學習上提出兩個重要觀點:第一點，媒體應存在雙重編碼的資訊，整合語言與非語言性（如文字、語音、圖片、動畫等）的多媒體學習方式，較有助於學習者的學習效果。第二點媒體間須有相關性，呈現教材內容時若能同時使用兩種以上的相關性媒體，如文字輔以圖片加以說明，則可使學習者能更加理解學習內容。就雙重編碼理論觀點而言，學習者需要同時使用「語文系統」與「圖像系統」來有效處理資訊，如果能促進此三種鏈結之建立，就能有效提昇學習的成效。Mayer 與 Anderson（1991）將大學生分為兩組，兩組皆看以動畫呈現操作腳踏車打氣筒的動作，一組是文字先於圖片，另一組是文字和圖片同時呈現，結果發現觀看文字和圖片同時呈現的那一組表現較優秀，也有較好的解決問題的能力。兩位學者也提出，同時閱讀文字與圖示的學生在心智模式上，會有整合文字中意義與圖示中意義的過程。另外，Mayer 和 Sims(1994)發現以「圖文整合同時呈現」的教學媒體，學生學習效果較佳。這樣的結果也可以解釋 d'Ydewalle 與 Gielen (1992)研究小孩(5-6 年級)及成人觀看外國電影。首先，Mayer 與 Sims 的研究將受試者分為三組:第一組給予聲音和文字標準原音呈現，第二組僅於字幕上呈現本土語言，聲音是外國語言，第三組則是在字幕上呈現外國語言，但聲音是本土語言。結果發現，第一組聲音和文字標準原音呈現效果較好(圖文同步呈現效果較好)。

雖然如此，Carroll 等學者 (1992)從探討線條漫畫與說明文字為刺激物(Gary Larson 的卡通「Far Side」)的實驗結果發現，受試者的注視會短暫停留在漫畫上，只有少數的證據顯示注視會在文字與圖形間游移，觀看者傾向於閱讀整個文字後，才會回到圖形。若將卡通圖片與文字刺激物依順序呈現：先文字、後圖片，

以及先圖片、後文字作比較，則發現文字吸引較多的注視，有較長的閱讀時間。而不管呈現的順序先後的狀況下，圖片的總偵測時間沒有變異，但如果圖片放在文字後出現，會有較長的注視持續時間(引自伊彬、林演慶 2006)。

Rayner 等研究者(2001)記錄受試者在閱讀印製廣告時的眼動軌跡，有一半的人被告知去注意汽車廣告，而有另一半的人被告知去注意皮膚保養的廣告，結果發現，閱讀者都傾向花更多的時間在看文字比起圖片的部分。雖然，他們花較多的時間觀看被指引的廣告圖片，不過注視持續時間與掃視長度在圖片部分比文字部分來得長，在文字區域則有較多的注視點，受試者也不會在文字與圖畫間頻繁往返，而是傾向於先閱讀標題然後內文最後才是圖片(引自伊彬、林演慶 2006)。Hughes(2003)等人利用眼動儀的研究發現可解釋此論點，在閱讀的時候受試者看文字的時間明顯高於看圖片的時間，此原因說明人們常用文字來定位、建構意義，而用圖片來加強文字意義的連結以及驗證。

不過 Biederman(1987)認為，圖像的優點在於能以較少的時間傳遞比文字更多的訊息，不受限於語言的限制，但是 Weidenmann (1989)指出，良好的圖像設計也不一定能夠輔助學習，這表示圖像的解讀帶有不確定性，所以在引導的效率上也帶有不確定。根據 Mayer(1993)的研究，閱讀者常常容易對圖片所欲表達的意義產生誤解，其原因有三，其一是圖片常常不包含或省略去說明的部份；再者，圖片也常常缺少因果關係的呈現；最後，學生的先備知識不足，也容易造成圖表的誤解。

此外 Nodine, Locher & Krupinski(1993)提到，由於每個人的記憶、經驗與學習環境不同，故解讀訊息的結果會有所差異。專家閱讀過程是三維的，是有深度的、抽象式的處理；生手是二維的視覺觀看模式，是淺面的、具像式的處理。Nodine 等人發現藝術家和未受過訓練者觀看畫作時，專業畫家觀看圖畫時注視持續時間較長，因為專業畫家重視主題物件與背景空間的結構關係；生手觀看時

注視時間較短，眼球運動主要集中在前景或包含最多語義資訊的圖像元素。Hannus 與 Hyönä(1999)更指出在閱讀的過程高能力的學生對於圖文的整合較低能力學生好。陳柏裕(2010)在研究「心臟的結構」「肺循環與體循環」結果發現低先備知識學習者在圖文間的迴視次數高於高先備學習者，但是圖片與文字的連結並沒有顯著在學習上。他認為簡化多媒體內容可幫助低先備知識學習者在圖文之間的整合。

經由上述的文獻回顧，我們可以知道在圖文整合的呈現上對於學生閱讀確實有有助於學生的閱讀理解表現，然而對於學生如何閱讀課室中多媒體圖文？且圖文閱讀歷程又如何與先備知識交互作用？這些問題仍有待進一步的釐清。

第三節 眼球運動的意義與研究應用

一、 眼球運動與視覺注意力

Rizzolatti 等人(1987)認為視覺注意力是跟隨跳躍眼動的計畫執行所產生的，而視覺注意力現象即為眼球運動系統執行跳躍眼動的結果。

Hoffman 和 Subramaniam (1995)提到，視覺注意力和眼球運動系統在功能上的關係是緊密相關的而非獨立運作的兩個系統，因此當我們要執行眼球運動時，無法將視覺注意力和眼球運動分開討論。

Land、Mennie 以及Rusted(1999)認為在我們環境中，例如泡茶或做三明治等日常工作，可以來解釋視覺注意力如何去引導我們操作動作，進而去定位物體、接觸物體，然後完成生活中例行工作。之後他們觀察受測者執行「泡茶」的工作時，是如何進行的，結果發現，當我們要打開水槽旁水龍頭，在茶壺中加入水時，視覺注意力幾乎只會落在水龍頭的開關上，而不會落在水槽邊、水槽下的櫃子上等其它地方，甚至不太可能落在茶壺上或水龍頭的出水口上，表示視覺注意力只專注於被處理的物件上。

Krauzlis (2005) 指出，眼睛會將先前所看的東西整合，之後經由大腦一連串的內在認知系統處理包含(注意力與知覺) 等會形成一種選擇 (deciding making) 或者是驅動力。靠著認知系統內在處理機制，大腦控制著眼睛進行自主式的眼球運動，其為掃視 (saccade) 與追看 (pursuit) 兩種運動模式，來使眼球運動可看到下一個目標物。

Land(2007)指出，當視覺注意力專注於某一物件上時，也同時監控我們對此物件的操弄動作。因此，當我們的視覺注意力集中於某一物件時，通常可以象徵著我們正在處理著這一個物件上的資訊。

綜合上述文獻，視覺注意力與眼球運動的方向是如影隨形，當視覺注意力被某個顯眼事物吸引至一個重要的位置時，緊接著眼球運動就跟著注意力而來，眼球運動和注意力有著密切相關性。認知心理學者們提出視覺注意力的運作歷程是動態且主動的，也就是說，我們並非被動地去看環境中的刺激，而是主動地去搜尋、去注意、去選擇我們需要的相關訊息 (Hayhoe, 2000; Hayhoe & Ballard, 2005; Land & Hayhoe, 2001; Land, Mennie, & Rusted, 1999)。就好比當我們口渴時，會先尋找放在桌上已裝水的杯子，然後伸出手去拿起來喝。這說明視覺注意力與眼球運動和我們日常生活所執行的各種活動息息相關。

二、眼球運動的基本測量指標

Rayner(2009)認為從眼球凝視的位置和停留時間，可以反映出大腦認知系統對資訊的選擇與處理的時間，提到凝視時間的長短可以反應外界訊息的複雜度與內在訊息處理深度。

Reichle 等人(1998)指出，閱讀時，大部分凝視點的凝視時間會在約200 到350毫秒。由於中文與英文的文字結構不同，閱讀文字在中文與英文間也存在著差異，看文字的方式亦不相同。通常閱讀文字具有方向性，「平均凝視時間」約為200-250毫秒；瀏覽圖片則無方向性，「平均凝視時間」約為250-300毫秒 (Rayner

1995；1998；2009)。

國內學者汪勁安(2005)指出，凝視時間反映著個體心智處理歷程的複雜度與深度，因此當凝視位置的改變即反映注意力的改變。而蔡介立（2000）發現中文的文字閱讀「平均凝視時間」約為220 到230 毫秒。

Rayner (1995，1998；2009)指出，「平均凝視時間」可反應出閱讀內容對閱讀者的難易程度，越困難的閱讀內容「平均凝視時間」就愈長，但是Rayner也認為較長的凝視時間可能表示了閱讀過程中有較大量的閱讀處理過程。Rayner(1998；2009)也特別提到關於眼球追蹤技術在眼球上的指標，一般在利用眼動儀資料審視閱讀歷程時主要著重於凝視點的資料。建議眼動研究者在利用眼動追蹤技術研究閱讀時，「平均凝視時間」(Average fixation duration)與「全凝視時間」(Total fixation duration) 等眼動參數都應該被探討。

此外，Reichle 等人(1998)指出，學習者在觀看物體時，眼睛正在進行不同的運動為了讓物體能準確的落在視野中樞並進行高解析的運作。眼球運動基本上都是由「凝視點」(Fixation)和「掃視」(Saccade)反覆交替所組成，如果眼動的位置在一段時間內都聚集在某個區域上，該眼動行為就是凝視(Fixation)；掃視(Saccade)一般認為是眼球視線由前一個凝視點移動到下一個凝視點的動態過程，在掃視的過程中幾乎沒有任何資訊會被擷取。若將一系列凝視落點依時序列出，即形成所謂的視線軌跡(Scan path)，分析這類視覺軌跡的資料可以讓我們進一步了解訊息處理者的訊息處理順序與重點(Rayner& Duffy, 1986)。

三、眼球追蹤技術與多媒體學習研究

即時追蹤紀錄並分析以上介紹之眼球運動模式與軌跡的研究方法稱為：眼球追蹤法。此法目前被廣泛使用在神經科學、心理學、工業工程、人因工程、廣告、電腦科學等領域（Duchowski, 2002）。國內學者唐大崙與張文瑜(2007)認為用眼球追蹤技術來觀測注意力不同於以往的觀測指標是因為眼動具有一「歷程比結果

更為重要的意涵」。並且透過眼球運動可以了解讀者注意力轉移的形式。近幾年來，教育研究常以多媒體當作教學工具，然而，眼球追蹤技術應用在教育上的探討並不普遍。Hyönä (2010)指出，由於多媒體在動態介面上容易增加複雜度，過去只能透過人眼觀察來瞭解眼球運動的方式，不但有欠客觀且精確度低，也無法掌握眼動。不過，隨著眼球追蹤技術更加精確、精密這問題也迎刃而解。針對多媒體學習研究，眼球追蹤技術能蒐集受試者在觀看圖文和閱讀文字的凝視點資料，透過這些資料的紀錄，研究者可以將眾多凝視點透過時間的串連形成凝視軌跡，並拼湊出受試者相關閱讀歷(Rayner,1995；Findlay, & Gilchrist,1998)。

以下將說明近年來眼動儀在多媒體上的相關研究：

Slykhuis等人(2005)根據Pozzer and Roth等人在2003年所分類的四種圖片，裝飾性圖片、說明性圖片、解釋性圖片、描述性圖片，並使用PowerPoint呈現。其實驗分為兩組：一組圖片會有旁白說明文字內容，另一組圖片沒有旁白說明，僅只有文字與圖片一起呈現在PowerPoint上。並使用眼動儀去記錄學生觀看圖片時注意力之分配，此結果發現有旁白時會影響讀者觀看圖或文字的分布，進而影響專注力而改變學生圖文凝視分布，此外結果也發現符合Pozzer and Roth所提出，學生很少將專注力放在圖片上，其實驗最後結果受試者大都分配在文字上。

國內研究者蔡金成(2007)研究對象為 36 位國小的教師，分為科學相關學科背景與非科學相關學科背景兩組，進行「電流概念」主題的動畫教學並使用眼動儀紀錄受試者在動畫教學時注意力的分配，在眼動儀資料雖沒有高度顯著差異，證明注意力分佈與概念建構的程度有密切的關係，卻不同於 Mayer(1999,2001)的相關實驗結果。

Ozcelik 等人(2009)研究顏色編碼(color-coding)對學習是否有幫助，並使用眼動儀去記錄學習者閱讀在多媒體上的注意力分配，研究對象為 52 位大學生並分為兩組，使用兩個電腦屏幕上呈現化學突觸訊號藉由神經傳導物傳遞神經訊號的

過程。第一個屏幕上是有關化學突觸的背景資料，52 位學生都需觀看，第二個屏幕提供了兩種不同的圖片，52 位學生中一組觀看傳統的化學突觸訊號(chemical synapse).圖片但是並未有顏色編碼，另一組所提供的化學突觸訊號(chemical synapse).圖片是有顏色編碼在神經傳遞物質和重要通道，研究結果發現使用顏色編碼在多媒體學習的成效中，對於學習者能更速找到相應的文字和圖片，並使學習者更能有效的注意到有意義的關鍵信息。

De Koning 等人(2010)在一項研究學習者在學習心臟血管系統，並搭配動畫呈現頁面，研究目的是探討視覺注意力是如何分配在動畫頁面上且是否有認知負荷產生，過程中受試者的眼球反應會使用眼動儀做記錄。而在主要結構心臟動畫頁面，其實驗分為三組，第一組並沒有標記訊號(cueing)做引導，第二組有標記訊號(cueing)引導，第三組除了標記號(cueing)外還會再進入心臟主題時，給予其餘線索，研究結果證明標記訊號(cueing)是可以引起學習者去注視，且也會降低認知負荷。

經由上述的文獻回顧，我們可以知道眼動儀在多媒體上的研究大都注重多媒體工具與我們視覺注意力的影響，然而，多數的多媒體學習研究於實驗室中進行，對於學生如何閱讀課室中多媒體圖文並未深入去探討，是否與實驗室結果一至？且圖文閱讀歷程又如何與先備知識交互作用？這些問題仍有待進一步的釐清。本研究嘗試透過眼球追蹤技術，探究科學學習者視覺注意力分配與其知識程度間（以背景知識為指標）的關連，以釐清先備知識於多媒體學習中所具有的角色。

第三章 研究方法

本研究主要探討的研究問題：

壹、探討不同背景學生間閱讀多媒體教材視覺歷程是否有差異。

一. 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力(visual attention)的分配情況為何？

二. 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力(visual attention)於圖、文間交互閱讀形式是否有差異？

貳、探討在真實環境中，不同多媒體圖文呈現方式，是否與學生的視覺歷程形式相關。

一. 教師主導的多媒體教材之放映和學生主導的教材放映是否與視覺注意力(visual attention)的差異相關？

二. 學生在閱讀多媒體教材中的不同形式照片（如：真實照片、數據圖或概念圖）時，其視覺注意力(visual attention)之分配是否有差異？

本章共分為五節，根據本研究探討的研究目的與研究問題，以下將呈現本研究之設計與工具使用，並細分為「研究對象」、「研究設計」、「研究流程」、「研究工具」、「資料處理與分析」等逐項作詳細說明。

第一節 研究對象

本研究的實驗受試者主要以台灣北部國立大學學生為研究對象，此次的施測環境為在真實教學環境下進行。由於本研究主要探討大學學生在課室中觀看

多媒體圖文之間閱讀歷程，因此並選定大學通識課中的學生為施測對象，大一8人、大三6人、大四6人、碩士3人，本次研究資料蒐集時間由 2011年六月中一直至2012十月底資料蒐集完畢。為避免影響學生正常上課，因此利用學生可自行前往的時間進行施測，正式施測時間為2011六月23，24兩天，2012十月10，19兩天。

自願參與研究之大學生為23人。經整理，當天眼睛狀況包含(近視度數較高、閃光度數較高、...等因素)兩人未通過眼動儀校正，實際通過眼動儀校正而完成眼動資料蒐集者21人，本次實驗眼動儀校正成功率約為91%，測試眼球追蹤資料有效樣本21人中，地科系學生總共佔11人，分別為:大一8人、大四2人、碩士1人；非地科系學生總共佔10人，分別為:大三5人，大四3人，碩二2人。(請詳見表3-1.1)

表 3-1.1 受試者相關背景介紹

背景	大一	大三	大四	碩一	碩二	合計
地科系	8	0	2	1	0	11
非地科系	0	5	3	0	2	10

第二節 研究工具

一、硬體部份

本研究室使用澳洲Seeing Machine公司發展的Face LAB眼球追蹤儀。硬體方面使用兩台Dell 筆記型電腦、一台眼動儀、一台受試者使用螢幕與滑鼠以及螢幕切換器。筆記型電腦中，一台作為眼動資料收集端，與眼動儀連接，利用Face LAB 4.5 作校正；另一台為文本資料展示端，利用網頁與眼動資料蒐集軟體GazeTracker 呈現文本資料，並以GazeTracker 紀錄，兩台筆記型電腦以網路跳線連接以便資料傳輸，如圖3-2.1 所示。

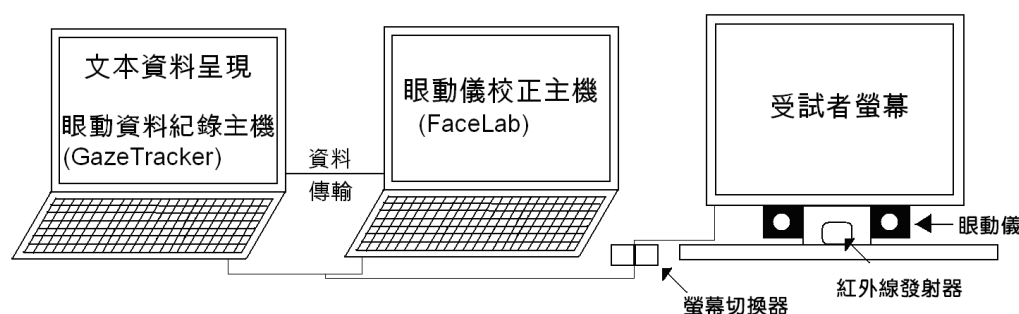


圖 3-2.1 硬體儀器架設示意圖(資料來源: GazeTracker 操作手冊)

Face LAB 取樣率為60HZ（每秒取樣60 次），其具有紅外線裝置精靈，讓攝影機（Sony FCB-EX480B）於三個不同方式下設定，能提供精確凝視的紅外線裝置位置控制，以提高凝視追蹤的精確度。Face LAB 使用焦點成像技術，在研究中可以容許受試者頭部做垂直及平行的移動 ± 25 mm，仍保持凝視追蹤能力；瞳孔角膜模式，在採樣率60 Hz 下可達0.01 度的高解析度。此儀器運用單紅外光源器，施測過程中僅以紅外線照射虹膜，反射至雙攝影機進行紀錄，不對受試者施以紅外線以外的任何限制，提供一個可以在最接近自然閱讀的姿勢，進行頭部姿勢校正結束後、研究者會在後方使用眼動儀隨時受測者的眼球運動、凝視點以及凝視時間等資料的蒐集。眼球路徑和眼球凝視時間。

配合本研究教學實驗將 Face LAB 眼動儀連接到 panasonic 投影機 PT-LB60U，投影機螢幕解析度設定為 1024x768。然後透過投影機，將教學材料投影至 4.6 公尺前的 190 x150cm 之大螢幕上，以模擬教室真實狀況，眼動儀則置於離受試者約 70 公分處。

表 3-2.1 研究工具介紹

項目	眼球追蹤儀(Eye-tracker)
實驗設備	Pitotech代理(Eye-tracker)
軟體系統	搭載faceLAB Seeing Machines4.5
追蹤模式	追蹤瞳孔模式
校正模式	9宮格校正(Calibration)
紀錄訊息	凝視注視次數、總凝視時間、平均凝視時間等
投影螢幕	
螢幕	190 x150cm
電腦主機	
FaceLab電腦	擷取大量眼動資料以及監看受試者眼球運動型態。
GazeTracker電腦	實驗資料展示
眼動儀其他配備	
Flea 攝影機(數位式攝影機)	以紅外線照射虹膜，反射至雙攝影機進行紀錄
panasonic投影機PT-LB60U	
亮 度	光感應自動調整 3200lm 流(max3800)
解 析 度	1024x768 (可支援至 1600 x 1200)
元 件	LCD Panel (Aspect Ratio4:3)
色 彩	全彩(1677萬色)
尺 寸	297x65x210mm
使用電源	AC 100V~240V , 50/ 60Hz

二、閱讀材料部份

本研究之恐龍教學PowerPoint經由兩位科學教育中地球科學領域專家，進行設計與審查。此教學內容如以下(表3-2.2)之說明，總共呈現15張PowerPoint頁面，各頁面呈現的圖片大部分是真實圖片，此實驗教學教材內容，按期圖文形式可分為四類。

- (一) 【圖系列】：此系列沒有標題與內文只有真實圖片(如「骨骼」；有標題沒有內文如「腳印」與「便便」等頁面)。
- (二) 【事實圖文系列】：此系列有標題、內文與圖片(如「巢穴」、「恐龍蛋」、怎知恐龍存在「化石」、「化石與骨骼」、「化石與便便」、「化石與恐龍滅絕」。
- (三) 【標記系列】：此系列有標題、內文、與標記圖片，(如「皮膚印痕」、「牙齒頁面」)。
- (四) 【理論圖文系列】：此系列有標題、內文、圖片(如「理論圖一」、「理論圖二」、「理論圖三」)。

本研究用的多媒體教材為美國微軟所開發的 Microsoft Office PowerPoint 此軟體已開發到 2010。根據 Pozzer& Roth(2003)指出，PowerPoint 和教科書角色是相同的，不過 PowerPoint 有更多的是傳統教科書無法取代的能力，如以下說明：

1. PowerPoint 更多情況下充滿傳統教科書的腳色，更可被用來傳遞單獨的教學內容。
2. PowerPoint 文字和圖片有交互作用可傳達給讀者。

PowerPoint 文字和圖片形式都可放很近，同一頁，同一章,當 PowerPoint 圖片多，文字就可精簡；反之文字多，圖片就可精簡。

表 3-2.2 恐龍教學 PowerPoint 頁面設計

頁面	圖片	文字	標記	學生主動	老師主動	圖片類型
恐龍真相						
怎麼知道恐存在						
化石	●	●			●	真實圖片
化石與骨骼	●	●			●	真實圖片
化石與便便	●	●			●	真實圖片
化石與恐龍滅絕	●	●			●	真實圖片
骨骼	●			●		真實圖片
牙齒	●	●	●	●		真實圖片
腳印	●			●		真實圖片
巢穴	●	●		●		真實圖片
恐龍蛋	●	●		●		真實圖片
糞便	●				●	真實圖片
齒痕	●	●			●	真實圖片
皮膚印痕	●	●	●		●	真實圖片
理論圖一	●	●				概念圖
理論圖二	●	●				概念圖
理論圖三	●	●				數據圖

第三節 資料收集

本研究透過投影機頁面呈現方式，將恐龍教學PowerPoint呈現於頁面上。正式資料收集的流程大致分為兩個部份：眼動儀校正、進行恐龍教學PowerPoint教學之眼動資料紀錄、儀器與材料之呈現(如圖3-3.1) 所示。本節將就兩個部份的內容分別說明如下：

一、 眼動儀校正

FaceLab 4.6 眼球追蹤儀的記錄方式是利用高解析度攝影機，記錄眼睛（瞳孔）的影像的移動，本研究採取的凝視點標準為150毫秒，所使用的眼球追蹤儀不需要穿戴其它不舒服或限制的護目鏡、電線或其他感測裝置。此為雙攝影機施

測過程中僅以紅外線照射虹膜，反射至雙攝影機進行紀錄。並提供一個可以在最接近自然閱讀的環境，之後將進行頭部姿勢以及九宮格校正(Calibration)，螢幕上的正中間、上下左右、左上左下、右上右下等九宮格的位置會隨機出現一個圓圈當作凝視點，受試者必須保持凝視在出現的圓圈上，接著在記錄受試者眼動時即可計算出在每個時間點凝視位置對應到螢幕上的確切位置。進行九宮格校正並確認之後，便完成眼動儀校正(如以下圖3-3.2)。

藉由蒐集眼球運動、凝視點以及凝視時間等資料瞭解受試者閱讀恐龍教學 PowerPoint 的情形。已事先和受試者解說本實驗屬於非侵入式實驗，是屬於相當安全的實驗。基於大學生在法律上已經是獨立個體，採取自願者參加而不另外發放同意書。

二、 恐龍教學 PowerPoint

眼動儀校正後，教師並開始進行恐龍教學 PowerPoint 之課程，課程教學進行大約 20 分鐘。受試者閱讀以投影機所呈現之頁面，過程中持續以 GazeTracker 紀錄眼動資料(如以下圖 3-3.2)。受試者所閱讀的恐龍教學 PowerPoint 之內容，每一頁均只包含一個概念，頁面內容根據恐龍教學 PowerPoint 教材設計包含標題、文字、圖片，但是每張投影片頁面不一定包含標題、文字、圖片（如表 3-2.2 所示）。

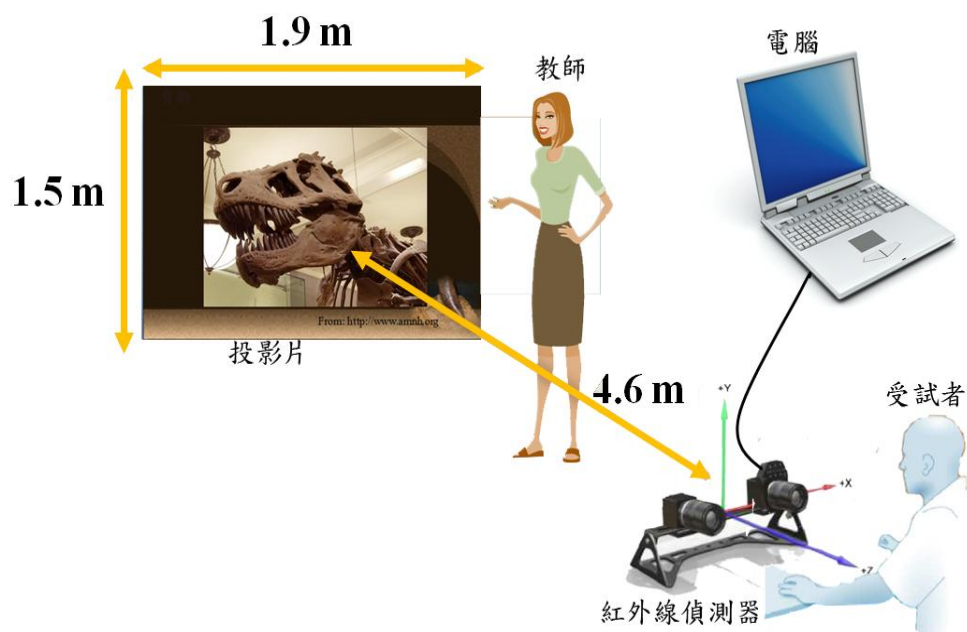


圖 3-3.1 儀器與材料呈現

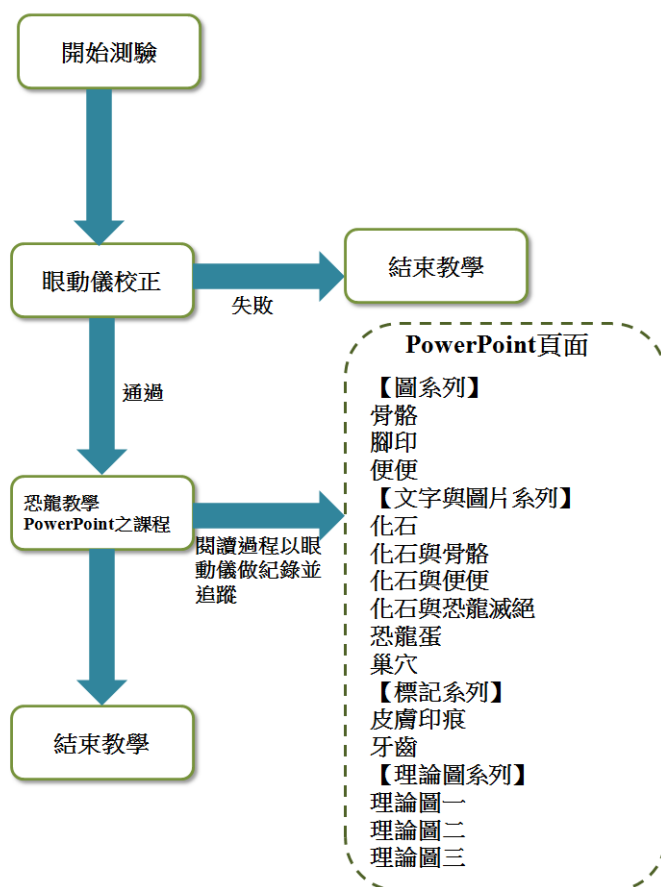


圖 3-3.2 正式資料收集流程圖

第四節 資料分析

本研究主要是透過「眼球追蹤儀」，紀錄受試者在觀看恐龍教學PowerPoint圖文閱讀之眼動表現。主要是將「眼球追蹤儀」輸出的大量眼動資料做分類並且提取研究所需之項目（詳細項目請見表3-4.1），作為恐龍教學PowerPoint閱讀歷程的分析指標，並且將恐龍投影片主要分為標題、文字、圖片三類區域，並進一步分析區域間的視覺注意力之分配狀況，包括凝視整頁區域、標題區域、文字區域及圖片區域的「全凝視時間」(Total fixation duration)、「平均凝視時間」(Average fixation duration)、「區域內分配時間百分比」(Percent time spent in zone)等。

一、圖文閱讀歷程分析

眼動資料的處理是透過分割、擷取、分類並且提取研究所需之項目。依據【恐龍教學PowerPoint】的圖文編排，將PPT頁面切割為：標題、文字、圖片三類資料分析區域(如圖3-4.1)，然後由GazeTracker 9 資料分析軟體計算出閱讀者凝視整頁區域、標題區域、文字區域及圖片區域的「全凝視時間」(Total fixation duration)、「平均凝視時間」(Average fixation duration)、「區域內分配時間百分比」(Percent time spent in zone)等眼動指標。眼動指標相當多樣化，可以反應不同的處理歷程。FaceLAB 眼動儀所呈現的分析測量指標不少，包含各式眼動測量指標及頭部移動變化等。本研究主要分析眼睛凝視相關的測量資料（如表3-4.1 本研究之眼動指標），以及透過計算找出之「圖文交互閱讀」次數。

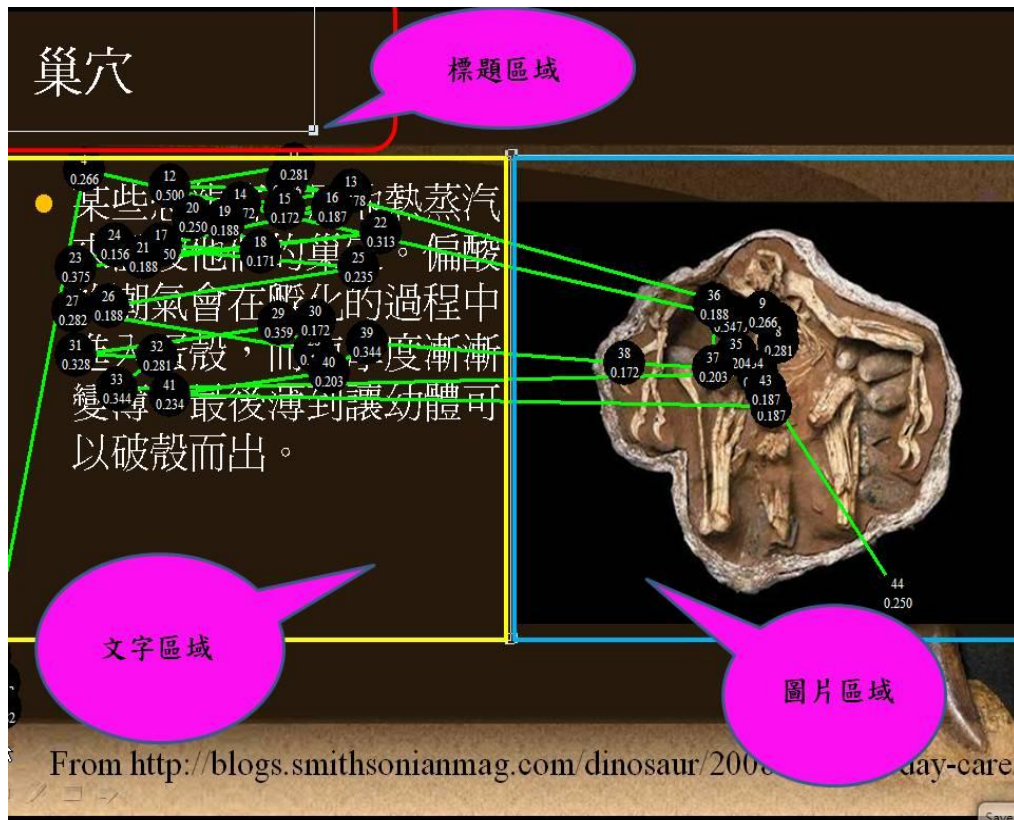


圖 3-4.1 資料分析區域

表 3-4.1 本研究之眼動指標

原文	中文	眼動指標意義
Total time shown	投影片放映 總時間	投影片放映時記錄的時間。
Total time tracked	眼球追蹤總 時間	眼動儀紀錄閱讀歷程的總時間。
Total fixation duration	全凝視時間	眼動儀判讀為凝視的總時間。
Average fixation duration	平均凝視時 間	凝視點平均時間。
Percent time spent in zone	區域內時間 百分比	同一畫面內，該區塊所花的時間 百分比。
Percent time fixated related to total fixation duration	區域內時間 總凝視時間 百分比	同一畫面內，該區塊總凝視時間 百分比。
圖文交互閱讀部分		
Scanning	全頁面交互 閱讀次數	閱讀者眼球的凝視點於標題區 域、文字區域，及圖片部份間掃 讀的總次數。
Scanning	圖文交互閱 讀次數	閱讀者眼球的凝視點，在文字區 域與圖片區域間掃讀的次數。

二、 One-way ANOVA考驗

針對每位受試者總共十五個頁面的眼動資料Excel 檔案匯出。匯出後的資料再擷取每個頁面的六項眼動測量資料做統整分析。本研究將所蒐集的眼動資料分為地科學生與非地科學生，之後以SPSS 19 (Statistical Package the Social Science) 統計軟體進行量化的分析。分析內容包含利用單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 以了解背景變項 (地科學生與非地科學生) 於各多媒體區域 (LookZone)，包含標題區域、文字區域、圖片區域，以及圖文交互閱讀次數的效應。分析過程包括將十五個頁面每個由眼動儀資料中提取的眼動測量變數，亦即(表3-4.1)所示的八個變數進行變異數同質性檢定，以確定地科學生與非地科

學生可視為不同的群組。隨後再進一步使用單因子變異數分析（One-way ANOVA）來判斷兩組間的變數是否達到顯著差異。

第五節 研究流程

本研究之研究流程分為:研究準備階段「文獻蒐集與工具之設計階段」、「正式施測階段」、完成階段「眼動儀數據結果分析階段」等三階段進行，此將研究流程依階段性發展分述如下：

一、第一階段：工具準備階段

（一） 工具準備與確定主題階段執行期間為一百年六月至一百零一年十月底（如圖3-5.1）所示。

（二） 選定研究材料之領域與範圍：本研究為頂尖大學計畫中的子項目，目的為了解學生真實課室中多媒體材料閱讀行為。選定大學通識課之學生為施測對象，恐龍教學PowerPoint教材則由兩位科學教育中地球科學領域專家進行設計。

二、第二階段：正式施測階段

本研究正式施測階段之執行期間為一百年六月至一百零一年十月底，施測主要流程(如圖3-5.1)。本研究是在教室進行實驗教學施測，因此在設置儀器時較為麻煩，由於眼動儀是一系列的儀器組(詳見第二節研究工具)，在施測前研究者需將儀器架設。於實驗教學正式開始之前，研究者會進行簡單步驟說明，施測時間總共約二十分鐘，眼動儀校正時間為五分鐘，教師教學為十五分鐘。施測之前需先進行眼動儀的校正，以確保眼動儀在進行資料收集時是能抓到受試者的眼球的移動反應。此校正是透過攝影機對受試者進行臉部特徵追蹤，透過faceLAB系統所提供之工具，讓受試者的凝視點與眼動儀同步，如此一來，即可透過凝視點的

追蹤紀錄來瞭解受試者的凝視點位置。若是未能通過眼動儀之校正，意味著眼動儀所偵測到的凝視點與受試者本身之凝視點不同，意即宣告此受試者無法進行接下來的實驗。通過校正後，隨即開始進行恐龍教學PowerPoint。

之後正式進行試測時，使用投影機將恐龍教學PowerPoint內容投射在190x150cm之大螢幕上，螢幕距離受試者為4.6公尺，教師位置會站在螢幕左邊。為便利於眼動儀收測紀錄和研究者能隨時觀察學生(受試者)上課表現，研究者坐在受試者左方，與受試者距離100公分。

三、第三階段：:結果分析階段

結果分析階段執行期間為二零一一年一月至二零一一年七月。主要工作內容為「眼動資料分析」和「撰寫論文」兩大主要工作(請參考圖3-5.1)。本階段針對所蒐集的眼動資料進行處理並分析，並且著手撰寫研究論文內容。在資料處理與分析的部份，研究者首先將所擷取的恐龍教學PowerPoint將文字部份與圖片部份分區塊處理，隨後利用GazeTracker 將每個區域的眼動資料匯出，提取所需要的資料後，依照受試者測驗結果分為地科學生與非地科學生。之後研究者並以SPSS 19 (Statistical Package the Social Science)統計軟體進行量化的分析，此階段期間經過不斷與指導教授討論，最後提出研究結果與建議，並完成論文報告。

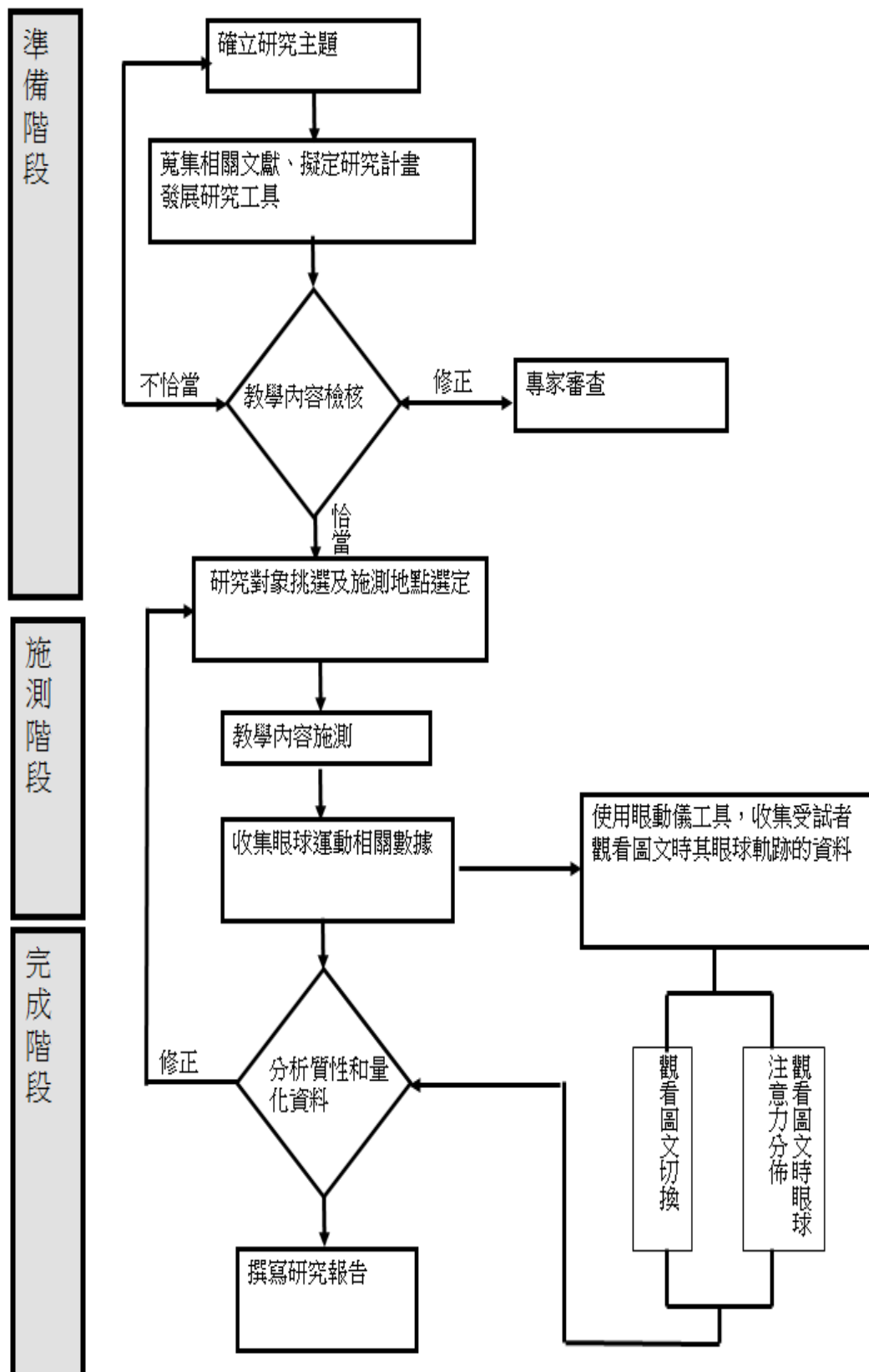


圖 3-5.1 研究流程圖

第四章 資料呈現與分析

本章將把研究者於研究進行後所得的結果一一呈現，共包括四節，第一節：「多媒體頁面閱讀歷程分析」，第二節：「不同背景學生的閱讀歷程分析比較」，第三節：「『學生主動』頁面與『老師主動』頁面之閱讀歷程分析比較」，第四節：「圖文交互閱讀分析」。

第一節 多媒體頁面閱讀歷程分析

本研究以二十一位大學生(包含大學以上)為樣本，其中十一位學科背景是地科相關科系，十位學科背景是非地科相關科系。本研究的施測資料為【恐龍真相】教學 PowerPoint 共計十五個頁面，每個頁面區分標題區域、文字區域與圖片區域，做為資料分析區域，此外，根據各頁面的圖文組成性質，分為【圖系列】、【標記系列】、【事實圖文系列】、【理論圖文系列】等 PPT 系列作為資料呈現架構。以下針對所有受試者在不同系列 PPT 頁面上之不同閱讀區域的凝視資料、圖文交互閱讀情況，逐一說明。

一、【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】PPT 頁面之整體閱讀表現之表較

本研究二十一位受試者閱讀十五個 PPT 頁面的各眼動指標，如「投影片放映總時間」、「眼球追蹤總時間」、「全凝視時間」、「平均凝視時間」及相關標準差等，列於下表 4-1.1 a,b。「投影片放映總時間」指標項目以【事實圖文系列】之「恐龍蛋」頁面最高，最低是在【事實圖文系列】之「化石與便便」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面最高，最低是在【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標項目以【標記系列】

之「皮膚印痕」頁面最高，最低是在【事實圖文系列】之「化石與便便」頁面；
「平均凝視時間」指標項目以【事實圖文系列】「化石與便便」頁面最高，最低是【事實圖文系列】「化石」頁面最低。

表 4-1.1a 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在整體閱讀表現 (表內數據為各眼動指標的平均值，標準差則列於括弧中)

分類	頁面名稱	投影片放映總時間(秒) (Total time shown)	眼球追蹤總時間(秒) (Total time tracked)	全凝視時間(秒) (Total fixation duration)	平均凝視點時間(毫秒) (Average fixation duration)
圖系列	腳印	62.57 (26.70)	27.72 (12.87)	20.40 (10.15)	292 (35)
	便便	45.80 (15.06)	25.06 (11.61)	16.79 (9.38)	269 (35)
	骨頭	54.37 (17.78)	24.55 (10.66)	16.74 (8.12)	277 (28)
	此系列平均	54.24 (19.8)	25.77 (11.69)	17.97 (9.21)	279 (32.66)
標記系列	牙齒	38.54 (16.76)	22.27 (8.02)	14.47 (5.81)	271 (39)
	皮膚印痕	50.22 (11.95)	37.41 (10.45)	25.77 (8.53)	274 (25)
	此系列平均	44.38 (14.35)	29.84 (9.23)	20.12 (7.17)	272 (32)
理論圖文系列	理論圖一	18.84 (8.95)	12.39 (5.38)	8.52 (3.95)	286 (52)
	理論圖二	27.21 (5.80)	18.27 (4.90)	12.53 (3.87)	274 (32)
	理論圖三	24.95 (10.09)	13.39 (5.02)	9.07 (3.99)	269 (34)

分類	頁面 名稱	投影片放映 總時間(秒) (Total time shown)	眼球追蹤總 時間(秒) (Total time tracked)	全凝視時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視點 時間(毫秒) (Average fixation duration)
	此系列平 均	23.66 (8.28)	14.68 (5.1)	10.04 (3.93)	276 (39)

表 4-1.1b 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在整體閱讀表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面 名稱	投影片放 映總時間 (秒) (Total time shown)	眼球追蹤 總時間 (秒) (Total time tracked)	全凝視時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視 時間 (毫秒) (Average fixation duration)
事實 圖 文 系 列	化石	20.19 (7.80)	8.93 (4.67)	5.99 (3.36)	255 (31)
	化石與骨 骼	13.63 (7.59)	11.20 (6.40)	8.54 (5.08)	305 (43)
	化石與便 便	8.66 (5.09)	7.15 (4.33)	4.93 (3.02)	262 (37)
	化石與恐 龍滅絕	18.10 (13.64)	9.82 (7.07)	6.50 (5.23)	280 (48)
	巢穴	37.42 (13.20)	24.96 (7.12)	16.43 (5.90)	257 (27)
	恐龍蛋	66.33 (15.47)	38.67 (10.03)	24.12 (7.38)	258 (19)
	齒痕	41.66 (8.70)	30.82 (8.87)	20.66 (6.92)	265 (26)
	此系列 平均	29.42 (11.24)	18.79 (6.92)	12.45 (5.27)	268 (33)

二、【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】PPT 頁面上之各多媒體區域的閱讀表現之比較

(一) 標題區域

如下表 4-1.2 a,b 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以【圖系列】的「便便」頁面最高，最低是在【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面，「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以【事實圖文系列】之「化石」頁面最高，最低是【事實圖文系列】之「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標項目以【圖系列】的「便便」頁面最高，最低是在【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面，「平均凝視時間」指標項目以【事實圖文系列】之「化石與骨骼」頁面最高，最低是在【標記系列】之「皮膚印痕」頁面。

表 4-1.2a 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在標題區域表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面 名稱	區域內分配 時間百分比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內總凝 視時間百分 比 (%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視 時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視 時間 (毫秒) (Average fixation duration)
圖 系 列	腳印	1.01 (1.04)	2.54 (2.75)	0.51 (.57)	245 (114)
	便便	3.36 (2.87)	6.31 (6.70)	0.90 (0.95)	221 (79)
	此系列 平均	2.18 (1.95)	4.42 (4.72)	0.70 (0.76)	233 (96.5)
標 記 系 列	牙齒	1.07 (1.78)	1.76 (3.07)	0.20 (.33)	254 (115)
	皮膚印 痕	1.05 (2.00)	1.75 (4.01)	0.31 (.52)	168 (117)
	此系列 平均	1.06 (1.89)	1.75 (3.54)	0.25 (0.42)	211 (116)
理 論 圖 文 系 列	理論圖 一	0.76 (1.79)	0.56 (1.26)	0.04 (0.09)	171 (22)
	理論圖 文二	0.73 (0.97)	1.13 (2.02)	0.10 (0.19)	228 (42)
	理論圖 文三	1.22 (1.46)	1.58 (2.70)	0.13 (0.23)	200 (52)
	此系列 平均	0.90 (1.32)	1.09 (1.99)	0.13 (0.17)	182 (57)

表 4-1.2b 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在標題區域表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面 名稱	區域內分配 時間百分比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內總凝 視時間百分 比 (%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視 時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視 時間 (毫秒) (Average fixation duration)
事實圖文系列	化石	4.15 (4.76)	8.54 (9.64)	0.52 (0.73)	231 (58)
	化石與 骨骼	1.15 (2.78)	1.58 (4.94)	0.10 (0.28)	309 (73)
	化石 與便便	0.38 (1.08)	0.25 (1.18)	0.00 (.03)	172 (註一.)
	化石 與恐龍 滅絕	0.58 (1.34)	1.32 (3.59)	0.10 (0.32)	280 (70)
	巢穴	0.71 (.99)	1.04 (1.78)	0.16 (0.28)	208 (82)
	恐龍蛋	0.70 (.89)	1.54 (2.13)	0.33 (0.43)	175 (131)
	齒痕	1.78 (2.89)	2.93 (6.48)	0.47 (0.82)	243 (83)
	此系列 平均	1.35 (2.10)	2.45 (4.24)	0.24 (0.41)	195 (71)

註一:依變數「平均凝視時間(毫秒)」的組別少於兩組。未計算統計量。

註二:骨骼投影片並未設計有標題區域。

(二) 文字區域

如下表 4-1.3 a,b 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以【事實圖文系列】的「巢穴」頁面最高，最低是【事實圖文系列】的「化石與骨骼」頁面；而在「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以【事實圖文系列】的「巢穴」頁面最高，最低是【標記系列】的「牙齒」頁面；「全凝視時間」指標項目以【標記系列】之「皮膚印痕」，頁面最高，最低是【事實圖文系列】的「化石」頁面；「平均凝視時間」指標項目以【事實圖文】之「化石與骨骼」頁面最高，最低是【事實圖文】的「化石」頁面。

表 4-1.3a 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在文字區域表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面名稱	區域內分配時間百分比(%) (Percent time spent in zone)	區域內時間總凝視時間百分比(%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視時間(秒) (Total fixation duration)	平均凝視時間(毫秒) (Average fixation duration)
標記系列	牙齒	14.24 (10.47)	21.96 (15.79)	2.82 (1.90)	244 (45)
	皮膚印痕	43.67 (15.72)	57.69 (19.08)	15.19 (7.39)	267 (29)
	此系列平均	28.95 (13.09)	39.52 (17.43)	9.00 (4.64)	255 (37)
理論圖文系列	理論圖一	24.89 (17.14)	37.87 (27.39)	3.77 (3.60)	260 (70)
	理論圖二	37.92 (13.15)	57.36 (19.98)	7.09 (3.15)	265 (35)
	理論圖三	20.15 (9.52)	40.93 (22.96)	3.53 (2.01)	278 (48)
	此系列平均	27.65 (13.27)	45.38 (23.44)	4.79 (2.74)	267 (51)

表 4-1.3b 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在文字區域表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面名稱	區域內分配時間百分比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內時間總凝視時間百分比 (%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視時間(毫秒) (Average fixation duration)
事實圖文系列	化石	13.47 (13.02)	28.77 (20.94)	1.84 (1.73)	236 (47)
	化石與骨骼	40.87 (21.98)	51.15 (27.16)	4.28 (2.50)	362 (90)
	化石與便便	NO DATA	NO DATA	NO DATA	NO DATA
	化石與孔龍滅絕	37.68 (34.12)	56.39 (31.19)	3.17 (2.66)	283 (94)
	巢穴	42.17 (19.80)	57.53 (20.82)	10.15 (5.12)	256 (34)
	恐龍蛋	28.28 (12.50)	48.39 (17.70)	11.87 (6.06)	253 (33)
	齒痕	42.39 (16.92)	55.39 (20.52)	12.27 (6.59)	254 (29)
	此系列平均	34.14 (19.72)	43.59 (46.11)	7.26 (4.11)	274 (54)

(三) 圖片區域

如下表 4-1.4 a,b,c 得知，各頁面之圖片中，「區域內分配時間百分比」指標項目以【圖系列】的「骨骼」頁面最高，最低是【事實圖文系列】之「化石與骨骼」頁面；而「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以「腳印」頁面最高，最低是「化石與骨骼」頁面；「全凝視時間」指標項目以【圖系列】「腳印」頁面最高，最低是【事實圖文系列】「化石與骨骼」頁面；「平均凝視時間」指標項目以【理論圖文】頁面「理論圖二」頁面最高，最低是【事實圖文】「化石與恐龍滅絕」頁面。

表 4-1.4a 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在圖片區域中的閱讀表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面 名稱	區域內分 配 時間百分 比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內時間 總凝視時間 百分比(%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視 時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視 時間 (毫秒) (Average fixation duration)
圖 系 列	腳印	34.53 (17.30)	75.38 (18.35)	16.35 (9.57)	296 (46)
	便便	39.84 (17.88)	67.30 (13.62)	12.83 (18.23)	274 (43)
	骨頭	40.52 (17.58)	85.06 (16.32)	14.32 (8.09)	273 (33)
	此系列平 均	38.29 (17.72)	53.38 (16.09)	14.5 (11.96)	281 (40)
標 記 系 列	牙齒	34.00 (14.89)	59.10 (17.09)	8.98 (5.53)	287 (52)
	皮膚印痕	20.32 (10.89)	29.49 (15.13)	7.87 (5.22)	286 (48)
	此系列 平均	27.16 (12.89)	41.79 (16.11)	8.42 (5.37)	286 (50)

表 4-1.4b 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在圖片區域中的閱讀表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面名稱	區域內分配時間百分比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內時間總凝視時間百分比 (%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視時間 (毫秒) (Average fixation duration)
理論圖文系列	理論圖一	36.53 (26.47)	47.62 (27.87)	3.70 (2.21)	289 (59)
	理論圖二	21.38 (10.50)	31.83 (14.58)	4.13 (2.67)	299 (57)
	理論圖三	25.56 (20.19)	41.10 (20.65)	4.09 (3.42)	272 (41)
	此系列平均	27.82 (31.37)	40.18 (2.10)	3.97 (2.76)	286 (52)

表 4-1.4c 【圖系列】、【標記系列】、【理論圖文系列】與【事實圖文系列】等頁面的在圖片區域中的閱讀表現 (表內數據為各眼動指標的平均值與標準差則列於括弧中)

分類	頁面名稱	區域內分配時間百分比 (%) (Percent time spent in zone)	區域內時間總凝視時間百分比 (%) (Percent time fixated related to total fixation duration)	全凝視時間 (秒) (Total fixation duration)	平均凝視時間 (毫秒) (Average fixation duration)
事實圖文系列	化石	19.10 (11.64)	47.96 (19.01)	2.90 (1.87)	268 (47)
	化石與骨骼	3.24 (2.91)	3.93 (4.33)	0.35 (0.33)	262 (74)
	化石與便便	3.46 (10.19)	4.20 (13.43)	0.20 (0.62)	212 (28)
	化石與恐龍滅絕	5.91 (10.57)	11.25 (18.54)	0.72 (1.04)	160 (46)
	巢穴	15.19 (8.91)	25.30 (14.24)	3.97 (2.33)	274 (46)
	恐龍蛋	20.74 (6.61)	36.81 (11.29)	8.74 (3.41)	259 (25)
	齒痕	17.45 (10.94)	26.68 (15.32)	5.04 (2.74)	293 (52)
	此系列平均	12.15 (8.82)	52.04 (13.73)	3.13 (1.76)	244 (57)

三、多媒體頁面閱讀歷程整體分析小結:

根據表 4-1.1~4-1.4，眼動指標：「區域內分配時間百分比」、「區域內時間總

凝視時間百分比」、「全凝視時間」與「平均凝視時間」，在標題區域、文字區域、圖片區域閱讀歷程分析結果小結如下：

（一）標題區域

從系列平均數來分析，標題區域的「區域內分配時間百分比」指標項目以【圖系列】最高，【理論圖文系列】最低；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以【圖系列】最高，以【理論圖文系列】最低；「全凝視時間」指標項目以【圖系列】最高，最低是在【理論圖文系列】；「平均凝視時間」指標項目則以【圖系列】最高，最低是在【理論圖文系列】。

（二）文字區域

從系列平均數來看，文字區域的「區域內分配時間百分比」指標項目以【事實圖文系列】最高，【理論圖文系列】最低；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以【理論圖文系列】最高，【標記系列】最低；「全凝視時間」指標項目以【標記系列】最高，【理論圖文系列】最低；「平均凝視時間」指標項目則以【事實圖文系列】最高，【標記系列】最低。

（三）圖片區域

圖片區域的「區域內分配時間百分比」指標項目，平均以【圖系列】最高，【事實圖文系列】最低；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以【圖系列】最高，【理論圖文系列】最低；「全凝視時間」指標項目以【圖系列】最高，【理論圖文系列】最低；「平均凝視時間」指標項目則以【標記系列】和【理論圖文系列】最高，【事實圖文系列】最低。

第二節 不同背景學生的閱讀歷程分析比較

一、【圖系列】的整體閱讀表現之比較

如下表 4-2.1 所示，「投影片放映總時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低是地科學生的「骨骼」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低則是非地科學生的「骨骼」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生之「骨骼」頁面；「平均凝視時間」指標項目以「腳印」頁面最高（地科學生和非地科學生在此項目是相同），最低是非地科學生的「便便」頁面。

表 4-2.1 地科和非地科學生於【圖系列】的整體閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景 (人數)	平均數	標準差	F 值
骨骼	投影片放映總時間(秒)	地科 (11)	50.90	17.70	0.87
		非地科 (10)	58.20	17.99	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 (11)	26.70	11.69	0.93
		非地科 (10)	22.19	9.41	
	全凝視時間 (秒)	地科 (11)	18.75	8.81	1.44
		非地科 (10)	14.54	7.06	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 (11)	280	26	0.85
		非地科 (10)	270	31	
腳印	投影片放映總時間(秒)	地科 (11)	55.72	18.97	1.56
		非地科 (10)	70.10	32.62	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 (11)	28.35	28.35	0.05
		非地科 (10)	27.04	27.04	
	全凝視時間 (秒)	地科 (11)	20.82	10.24	0.03
		非地科 (10)	19.93	10.58	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 (11)	290	32	0.00
		非地科 (10)	290	40	
便便	投影片放映總時間(秒)	地科 (11)	51.43	17.39	3.66+
		非地科 (10)	39.60	9.31	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 (11)	26.57	14.23	0.38
		非地科 (10)	23.39	8.29	
	全凝視時間 (秒)	地科 (11)	18.21	11.27	0.51
		非地科 (10)	15.22	7.02	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 (11)	260	33	0.01
		非地科 (10)	270	40	
		非地科 (10)	270	40	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(一)【圖系列】的標題區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.2 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以非地科的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生的「腳印」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」

指標項目以非地科學生的「便便」頁面最高，最低是非地科學生的「腳印」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科的「便便」頁面最高，最低是非地科學生的「腳印」頁面；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生的「腳印」頁面。

表 4-2.2 地科和非地科學生學生於【圖系列】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
腳印	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	1.35	1.16	2.66
		非地科 10	0.64	0.77	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.67	0.63	1.48
		非地科 10	0.36	0.47	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	3.31	2.82	1.83
		非地科 10	1.71	2.56	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	290	100	4.51+
		非地科 10	180	100	
便便	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	3.29	3.14	0.01
		非地科 10	3.44	2.72	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.96	1.15	0.08
		非地科 10	0.84	0.72	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	5.45	5.87	0.37
		非地科 10	7.27	7.72	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	200	89	1.11
		非地科 10	243	62	

註一:骨骼投影片並未設計有標題區域。

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(二) 【圖系列】的圖片區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.3 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生觀看「骨骼」頁面最高，最低是非地科學生的「骨骼」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生的「便便」頁面；「區域內時

間總凝視時間百分比」指標項目以地科學生的「骨骼」頁面最高，最低是非地科學生的投影片頁面「便便」最低；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生的「骨骼」頁面。

表 4-2.3 地科和非地科學生於【圖系列】的圖片區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景（人數）	平均數	標準差	F 值
骨骼	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	48.00	19.19	5.00+
		非地科 10	32.30	11.61	
	全凝視時間（秒）	地科 11	15.92	8.86	0.90
		非地科 10	12.55	7.19	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	85.97	16.89	0.07
		非地科 10	84.05	16.53	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	291	49	1.20
		非地科 10	300	45	
腳印	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	36.49	15.36	0.28
		非地科 10	32.37	19.83	
	全凝視時間（秒）	地科 11	16.47	9.66	0.00
		非地科 10	16.23	9.99	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	74.29	19.96	0.07
		非地科 10	76.57	17.40	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	291	49	0.17
		非地科 10	300	45	
便便	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	39.92	17.58	0.00
		非地科 10	39.76	19.16	
	全凝視時間（秒）	地科 11	14.52	10.97	0.72
		非地科 10	10.97	7.56	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	77.06	13.77	2.30
		非地科 10	64.73	22.75	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	271	35	0.10
		非地科 10	277	52	

+表示接近（ $0.10 > p > 0.05$ ）

二、【標記系列】的整體閱讀表現之比較

如下表 4-2.4 所示，「投影片放映總時間」指標項目以非地科學生的「皮膚

印痕」頁面最高，最低是地科學生的「牙齒」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以非地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是地科學生的「牙齒」頁面「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是地科學生的「牙齒」頁面；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是非地科學生的「皮膚印痕」頁面與「牙齒」頁面。

表 4-2.4 地科和非地科學生於【標記系列】的整體域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
皮膚印痕	投影片放映總時間(秒)	地科 11	47.52	14.02	1.19
		非地科 10	53.20	8.96	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	35.34	11.51	0.90
		非地科 10	39.69	9.18	
	全凝視時間(秒)	地科 11	24.91	9.21	0.22
		非地科 10	26.73	8.09	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	281	31	1.43
		非地科 10	267	17	
牙齒	投影片放映總時間(秒)	地科 11	26.58	9.84	27.06
		非地科 10	51.70	12.24	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	19.37	7.47	3.36+
		非地科 10	25.46	7.72	
	全凝視時間(秒)	地科 11	12.73	5.56	2.18+
		非地科 10	16.38	5.75	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	274	37	0.16
		非地科 10	267	43	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(一) 【標記系列】的標題區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.5 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以非地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是地科學生的「皮膚印痕」頁面，「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是「皮膚印痕」頁面與「牙齒」頁面(此兩頁面，地科學生與非地科學生眼動數據是相同的)；「平均凝視時間」指標項目以非地科學生的「牙齒」頁面最高，最低是地科學生的「皮膚印痕」頁面。

表 4-2.5 地科和非地科學生於【標記系列】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景（人數）	平均數	標準差	F 值
皮膚印痕	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	0.58	1.01	1.26
		非地科 10	1.56	2.68	
	全凝視時間（秒）	地科 11	0.20	0.39	1.07
		非地科 10	0.44	0.63	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	1.02	2.24	0.75
		非地科 10	2.56	5.36	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	203	145	0.54
		非地科 10	300	105	
牙齒	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	1.43	2.25	0.94
		非地科 10	0.67	1.02	
	全凝視時間（秒）	地科 11	0.20	0.31	0.00
		非地科 10	0.21	0.37	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	2.19	3.64	0.42
		非地科 10	1.30	2.41	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	206	18	2.25
		非地科 10	314	163	

（二）【標記系列】的文字區域之閱讀表現之比較

如下表 4-2.6 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生在「皮膚印痕」頁面上的表現最高，最低是非地科學生在「牙齒」頁面上的表現；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是「牙齒」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，以非地科學生的「牙齒」頁面最低；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「皮

膚印痕」頁面最高，最低是非地科學生的「牙齒」頁面。

表 4-2.6 地科和非地科學生於【標記系列】的文字區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
皮膚印痕	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	48.68	11.55	2.52
		非地科 10	38.16	18.34	
	全凝視時間(秒)	地科 11	16.93	8.10	1.29
		非地科 10	13.27	6.38	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	66.11	11.30	5.50+
		非地科 10	48.44	22.04	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	282	27	7.73+
		非地科 10	251	22	
牙齒	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	20.31	9.99	0.12+
		非地科 10	17.57	6.18	
	全凝視時間(秒)	地科 11	3.51	1.81	3.42+
		非地科 10	2.05	1.79	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	27.65	13.84	3.35+
		非地科 10	15.69	6.07	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	248	52	0.17+
		非地科 10	239	36	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(三)【標記系列】的圖片區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.7 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生的「牙齒」頁面最高，最低是地科學生的「皮膚印痕」頁面；「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「牙齒」頁面最高，最低是地科學生的「皮膚印痕」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以非地科學生的「牙齒」頁面最高，最低是地科學生的「皮膚印痕」頁面；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「牙齒」頁面最高，最低是非地科學生的「牙齒」頁面。

表 4-2.7 地科和非地科學生於【圖系列】的圖片區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景 (人數)	平均數	標準差	F 值
皮膚印痕	區域內分配時間百分比 (%)	地科 11	17.42	8.15	1.69
		非地科 10	23.51	12.98	
	全凝視時間 (秒)	地科 11	6.10	3.45	2.92
		非地科 10	9.82	6.27	
	區域內時間總凝視時間百分比 (%)	地科 11	24.74	11.61	2.44
		非地科 10	34.72	17.36	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 11	289	58	0.08
		非地科 10	283	38	
牙齒	區域內分配時間百分比 (%)	地科 11	38.68	12.46	2.44
		非地科 10	28.85	16.25	
	全凝視時間 (秒)	地科 11	7.53	4.44	1.65
		非地科 10	10.58	6.37	
	區域內時間總凝視時間百分比 (%)	地科 11	58.63	13.30	0.01
		非地科 10	59.62	21.25	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 11	297	54	0.82
		非地科 10	276	51	

三、【事實圖文系列】的整體閱讀表現之比較

如下表 4-2.8 a,b 所示，「投影片放映總時間」指標項目以地科學生的「恐龍蛋」頁面最高，最低是非地科學生的「化石與便便」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以地科學生的「恐龍蛋」頁面最高，最低是非地科學生的「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「恐龍蛋」頁面最高，最低是地科學生的「化石」頁面；「平均凝視時間」指標項目以非地科學生的「化石與骨骼」，最低是非地科學生的「化石」頁面。

表 4-2.8a 地科和非地科學生於【事實圖文】的閱讀整體表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
化石	投影片放映總時間(秒)	地科 11	23.81	9.02	6.311++
		非地科 10	16.20	3.35	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	11.96	4.19	17.850+++
		非地科 10	5.60	2.34	
	全凝視時間(秒)	地科 11	8.08	3.17	15.255
		非地科 10	3.69	1.64	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	264	24	2.352
		非地科 10	244	35	
化石與骨骼	投影片放映總時間(秒)	地科 11	14.21	9.29	0.129
		非地科 10	13.00	5.59	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	11.73	8.27	0.156
		非地科 10	10.61	3.78	
	全凝視時間(秒)	地科 11	9.00	6.37	0.185
		非地科 10	8.02	3.40	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	302	47	0.045
		非地科 10	307	41	
化石與便便	投影片放映總時間(秒)	地科 11	11.18	4.55	7.453+
		非地科 10	5.90	4.28	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	8.88	4.37	4.270+
		非地科 10	5.25	3.58	
	全凝視時間(秒)	地科 11	6.31	3.37	5.975++
		非地科 10	3.41	1.68	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	266	38	0.299
		非地科 10	257	36	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

表 4-2.8b 地科和非地科學生於【事實圖文】的閱讀整體表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
化石與恐龍滅絕	投影片放映總時間(秒)	地科 11	24.83	14.81	7.424++
		非地科 10	10.70	7.33	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	12.80	7.74	4.930++
		非地科 10	6.53	4.64	
	全凝視時間(秒)	地科 11	8.74	5.99	5.064++
		非地科 10	4.04	2.85	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	289	52	0.798
		非地科 10	270	43	
巢穴	投影片放映總時間(秒)	地科 11	42.54	13.29	3.984
		非地科 10	31.80	11.14	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	28.41	4.80	7.051+
		非地科 10	21.16	7.52	
	全凝視時間(秒)	地科 11	18.98	4.76	5.225+
		非地科 10	13.62	5.95	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	262	23	0.938
		非地科 10	251	30	
恐龍蛋	投影片放映總時間(秒)	地科 11	67.63	14.80	0.157
		非地科 10	64.90	16.86	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	39.67	10.26	0.220
		非地科 10	37.57	10.19	
	全凝視時間(秒)	地科 11	25.92	7.23	1.385
		非地科 10	22.15	7.40	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	261	18	0.392
		非地科 10	258	19	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

(一) 【事實圖文系列】的標題區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.9 a,b,c 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生的「化石」頁面最高，最低是非地科學生的「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「化石」頁面最高，最低是非地科學生的「化石與骨骼」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以非地科學生的「化石」頁面最高最低是非地科學生的「化石與骨骼」頁面，「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「化石與恐龍滅絕」頁面最高，最低是非地科學生的「巢穴」頁面。

表 4-2.9a 地科和非地科學生於【事實圖文】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景（人數）	平均數	標準差	F 值
化石	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	4.33	4.34	0.02
		非地科 10	3.96	5.42	
	全凝視時間（秒）	地科 11	0.69	0.91	1.27
		非地科 10	0.33	0.45	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	6.95	7.04	0.61
		非地科 10	10.28	12.05	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	217	54	1.14
		非地科 10	251	63	
化石與骨骼	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	0.05	0.13	4.107+
		非地科 10	2.35	3.76	
	全凝視時間（秒）	地科 11	0.00	0.00	3.35
		非地科 10	0.21	0.39	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	0.00	0.00	2.56
		非地科 10	3.32	6.91	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	註三		
		非地科 10			

表 4-2.9b 地科和非地科學生於【事實圖文】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景 (人數)	平均 數	標準差	F 值
化石與便便	區域內分配時間百分比 (%)	地科 11	0.69	1.45	1.96
		非地科 10	0.04	0.15	
	全凝視時間 (秒)	地科 11	0.01	0.05	0.90
		非地科 10	0.00	0.00	
	區域內時間總凝視時間百分比 (%)	地科 11	0.49	1.63	0.90
		非地科 10	0.00	0.00	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 11	297	75	0.20
		非地科 10	277	69	
化石與恐龍滅絕	區域內分配時間百分比 (%)	地科 11	0.66	1.36	0.08
		非地科 10	0.49	1.39	
	全凝視時間 (秒)	地科 11	0.15	0.41	0.48
		非地科 10	0.05	0.17	
	區域內時間總凝視時間百分比 (%)	地科 11	1.41	3.48	0.01
		非地科 10	1.23	3.89	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 11	300	81	0.29
		非地科 10	280	55	
巢穴	區域內分配時間百分比 (%)	地科 11	0.92	1.22	1.05
		非地科 10	0.47	0.64	
	全凝視時間 (秒)	地科 11	0.22	0.35	1.16
		非地科 10	0.09	0.17	
	區域內時間總凝視時間百分比 (%)	地科 11	1.19	1.86	0.15
		非地科 10	0.87	1.76	
	平均凝視時間 (毫秒)	地科 11	213	96	0.06
		非地科 10	197	59	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

表 4-2.9c 地科和非地科學生於【事實圖文】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
恐 龍 蛋	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	0.78	0.88	0.16
		非地科 10	0.62	0.94	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.36	0.43	0.06
		非地科 10	0.31	0.46	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	1.54	2.44	0.00
		非地科 10	1.53	1.93	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	216	108	1.56
		非地科 10	200	149	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(二)【事實圖文系列】的文字區域閱讀表現之比較

如下 4-2.10 a,b 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以非地科學生的「化石與便便」頁面最高，最低是非地科學生的「化石」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「恐龍蛋」頁面最高，最低是非地科學生的「化石」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以地科學生的「化石與便便」頁面最高，最低是非地科學生的「化石與便便」頁面，「平均凝視時間」指標項目以非地科學生的「化石與便便」頁面最高，最低是非地科學生的「化石」頁面。

表 4-2.10a 地科和非地科學生於【事實圖文】的文字區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
化石	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	20.30	14.85	8.87+ +
		非地科 10	5.94	3.44	
	全凝視時間(秒)	地科 11	2.92	1.77	14.81+ +
		非地科 10	0.67	0.51	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	38.00	23.11	5.48+ +
		非地科 10	18.62	12.76	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	257	45	5.93+ +
		非地科 10	211	36	
化石與骨骼	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	42.81	25.97	0.17
		非地科 10	38.74	17.74	
	全凝視時間(秒)	地科 11	4.29	2.69	0.00
		非地科 10	4.26	2.43	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	51.93	31.59	0.01
		非地科 10	50.30	23.00	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	343	88	0.95
		非地科 10	383	93	
化石與便便	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	57.84	22.83	0.86
		非地科 10	79.60	74.02	
	全凝視時間(秒)	地科 11	5.11	2.92	6.87+ + +
		非地科 10	2.38	1.57	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	78.53	17.66	0.53
		非地科 10	69.62	36.08	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	273	47	0.00
		非地科 10	274	35	

表 4-2.10b 地科和非地科學生於【事實圖文】的文字區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
化石與恐龍滅絕	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	27.04	17.92	2.39
		非地科 10	49.37	44.06	
	全凝視時間(秒)	地科 11	4.42	3.09	6.36
		非地科 10	1.80	1.10	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	54.02	21.91	0.12
		非地科 10	59.00	40.17	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	296	65	0.39
		非地科 10	269	120	
巢穴	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	46.98	18.20	1.38
		非地科 10	36.88	21.05	
	全凝視時間(秒)	地科 11	12.69	4.35	7.46++
		非地科 10	7.36	4.57	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	66.01	12.40	4.49++
		非地科 10	48.21	24.67	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	257	26	0.00
		非地科 10	255	42	
恐龍蛋	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	31.79	13.61	1.90
		非地科 10	24.41	10.48	
	全凝視時間(秒)	地科 11	14.43	5.90	4.89+ +
		非地科 10	9.07	5.11	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	55.49	15.66	4.33+ +
		非地科 10	40.58	17.15	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	265	24	2.98
		非地科 10	241	38	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

(三)【事實圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.11 a, b 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以非地科學生的「恐龍蛋」頁面時最高，最低是非地科學生於「化石與便便」頁面上；「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「恐龍蛋」頁面時最高，最低是地科學生的「化石與便便」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以非地科學生的「化石」頁面時最高，最低是地科學生的「化石與便便」頁面；「平均凝視時間」指標項目以地科學生的「巢穴」頁面時最高，最低是地科學生的「化石與恐龍滅絕」頁面。

表 4-2.11a 地科和非地科學生於【事實圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
化石	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	19.09	5.89	0.00
		非地科 10	19.10	16.20	
	全凝視時間(秒)	地科 11	3.59	2.02	3.43+
		非地科 10	2.15	1.43	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	41.64	17.33	2.77
		非地科 10	54.90	19.16	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	270	46	0.03
		非地科 10	266	51	
化石與骨骼	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	3.23	2.82	.00
		非地科 10	3.26	3.16	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.33	0.30	0.06
		非地科 10	0.37	0.39	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	3.79	4.62	0.02
		非地科 10	4.08	4.22	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	261	63	0.00
		非地科 10	264	92	
化石與便便	區域內分配時間百分比(%)	地科 11	2.30	2.18	0.28
		非地科 10	4.73	14.90	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.12	0.20	0.30
		非地科 10	0.28	0.89	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	2.42	3.67	0.39
		非地科 10	6.15	19.44	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	210	32	0.03
		非地科 10	217	0	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

表 4-2.11b 地科和非地科學生於【事實圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較

頁 面	眼動指標 項目	背景（人 數）	平均數	標準差	F 值
化 石 與 恐 龍 滅 絕	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	5.34	5.72	0.06
		非地科 10	6.53	14.52	
	全凝視時間（秒）	地科 11	.92	1.16	0.85
		非地科 10	.50	.88	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	12.57	18.92	0.11
		非地科 10	9.80	19.03	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	164	135	0.73
		非地科 10	200	124	
巢 穴	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	14.27	4.25	0.23
		非地科 10	16.19	12.41	
	全凝視時間（秒）	地科 11	4.62	2.31	1.82
		非地科 10	3.27	2.25	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	24.61	10.29	0.05
		非地科 10	26.06	18.21	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	28	36	1.30
		非地科 10	261	55	
恐 龍 蛋	區域內分配時間百分比（%）	地科 11	19.27	7.04	1.16
		非地科 10	22.37	6.03	
	全凝視時間（秒）	地科 11	8.52	3.0	0.09
		非地科 10	8.99	3.97	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	33.93	11.74	1.48
		非地科 10	39.98	10.47	
	平均凝視時間（毫秒）	地科 11	256	27	0.29
		非地科 10	262	23	

四、【理論圖文系列】的整體閱讀表現之比較

如下表 4-2.12 所示「投影片放映總時間」指標項目以非地科學生的「理論圖二」頁面時最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以非地科學生的「理論圖二」頁面時最高，最低是非地科學生的「理論

圖一」頁面，「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「理論圖二」頁面時最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「平凝視時間」指標項目以非地科學生的「理論圖一」頁面時最高，最低是非地科學生的「理論圖三」頁面。

表 4-2.12 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的整體閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
理論圖一	投影片放映總時間(秒)	地科 11	20.89	8.08	1.21
		非地科 10	16.60	9.74	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	14.73	5.71	5.33+ +
		非地科 10	9.81	3.73	
	全凝視時間(秒)	地科 11	10.42	3.81	6.84+ +
		非地科 10	6.44	3.05	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	308	55	4.74+ +
		非地科 10	262	39	
理論圖二	投影片放映總時間(秒)	地科 11	24.78	4.80	4.86+ +
		非地科 10	29.90	5.82	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	17.75	5.23	0.25
		非地科 10	18.85	4.73	
	全凝視時間(秒)	地科 11	12.37	3.42	0.04
		非地科 10	12.71	4.50	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	270	.03	.38
		非地科 10	260	.02	
理論圖三	投影片放映總時間(秒)	地科 11	28.36	11.11	2.88
		非地科 10	21.20	7.69	
	眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	13.18	3.74	0.03
		非地科 10	13.61	6.36	
	全凝視時間(秒)	地科 11	8.95	2.39	0.01
		非地科 10	9.19	5.39	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	280	37	2.44
		非地科 10	257	27	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

(一) 【理論圖文系列】的標題區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.13 所示「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖二」；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「平均凝視時間」以非地科學生的「理論圖二」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖一」頁面。

表 4-2.13 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的標題區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
理論圖一	區域內時間百分比(%)	地科 11	1.17	2.27	1.22
		非地科 10	0.31	0.98	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.04	0.08	0.08
		非地科 10	0.03	0.10	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	0.72	1.32	0.33
		非地科 10	0.39	1.25	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	171	27	0.00
		非地科 10	172	28	
理論圖二	區域內時間百分比(%)	地科 11	1.07	1.20	2.99
		非地科 10	0.36	0.46	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.18	0.24	3.94+
		非地科 10	0.0	0.07	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	1.74	2.53	2.30
		非地科 10	0.45	0.97	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	213	40	2.71
		非地科 10	265	21	
理論圖三	區域內時間百分比(%)	地科 11	1.38	1.53	0.27
		非地科 10	1.04	1.42	
	全凝視時間(秒)	地科 11	0.17	0.27	0.74
		非地科 10	0.08	0.17	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	2.30	3.45	1.73
		非地科 10	0.78	1.26	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	215	21	3.44
		非地科 10	200	119	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

(二) 【理論圖文系列】的文字區域的閱讀表現之比較

如下表 4-2.14 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以地科學生的「理論圖二」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「全凝視時間」指標項目以地科學生的「理論圖二」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是非地科學生的「理論圖一」頁面；「平均凝視時間」以地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖二」與「理論圖三」頁面。

表 4-2.14 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的文字區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
理論圖一	區域內時間百分比(%)	地科 11	32.18	17.17	5.02++
		非地科 10	16.87	13.73	
	全凝視時間(秒)	地科 11	5.75	3.76	10.10+++
		非地科 10	1.60	1.76	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	48.61	26.59	4.10+
		非地科 10	26.05	24.19	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	295	60	7.60++
		非地科 10	216	59	
理論圖二	區域內時間百分比(%)	地科 11	45.34	9.28	11.01+++
		非地科 10	29.76	12.15	
	全凝視時間(秒)	地科 11	8.18	3.17	3.04+
		非地科 10	5.89	2.80	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	65.44	13.13	4.42++
		非地科 10	48.47	22.99	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	272	39	0.92
		非地科 10	257	29	
理論圖三	區域內時間百分比	地科 11	21.48	9.36	0.43
		非地科 10	18.68	9.98	
	全凝視時間(秒)	地科 11	4.45	1.95	6.07
		非地科 10	2.51	1.62	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	51.05	20.68	5.48++
		非地科 10	29.80	20.83	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	296	48	3.71+
		非地科 10	257	40	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

++表示顯著 $p < 0.05$

+++表示顯著 $p < 0.01$

(三) 【理論圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較

如下表 4-2.15 所示，「區域內分配時間百分比」指標項目以非地科學生的「理論一」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖三」頁面；「全凝視時間」指標項目以非地科學生的「理論圖三」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖三」頁面；「區域內時間總凝視時間百分比」指標項目以非地科學生的「理論圖一」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖二」頁面；「平均凝視時間」以地科學生的「理論圖二」頁面最高，最低是地科學生的「理論圖三」頁面。

表 4-2.15 地科和非地科學生於【理論圖文系列】的圖片區域閱讀表現之比較

頁面	眼動指標 項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
理論圖一	區域內時間百分比(%)	地科 11	31.30	23.01	0.89
		非地科 10	42.28	29.97	
	全凝視時間(秒)	地科 11	3.64	1.36	0.01
		非地科 10	3.75	2.96	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	41.85	25.01	0.99
		非地科 10	53.97	30.75	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	306	58	0.21
		非地科 10	270	57	
理論圖二	區域內時間百分比(%)	地科 11	18.52	6.13	1.79
		非地科 10	24.54	13.49	
	全凝視時間(秒)	地科 11	3.30	.96	2.42
		非地科 10	5.05	3.61	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	27.44	7.35	2.22
		非地科 10	36.65	19.05	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	310	74	0.75
		非地科 10	288	28	
理論圖三	區域內時間百分比(%)	地科 11	18.40	11.59	3.22+
		非地科 10	33.43	25.01	
	全凝視時間(秒)	地科 11	3.18	1.77	1.65
		非地科 10	5.08	4.53	
	區域內時間總凝視時間百分比(%)	地科 11	3.18	1.77	2.22
		非地科 10	5.08	4.53	
	平均凝視時間(毫秒)	地科 11	269	39	0.12
		非地科 10	275	45	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$)

五、地科和非地科學生於整體閱讀表現之比較小結：

由上述的比較分析可發現：

【圖系列】之閱讀整體表現在「投影片放映總時間」指標項目以「便便」頁面有達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)，而在標題區域中閱讀表現以「平均凝視時間」指標項目以「腳印」頁面有達到達到接近顯著 ($0.05 < p < 0.10$)；在「區域內分配時間百分比」指標項目以「骨骼」頁面達到接近顯著 ($0.05 < p < 0.10$)。

【標記系列】之閱讀整體表現在「眼球追蹤時間」指標項目與「全凝視時間」指標項目以「牙齒」頁面有達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)；而在標題區域中閱讀表現「牙齒」與「皮膚印痕」未達到顯著或接近顯著差異；而在文字區域中閱讀表現在「區域內時間總凝視時間百分比」與「平均凝視時間」指標項目中「牙齒」與「皮膚印痕」頁面有都有達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)，「全凝視時間」指標項目以「牙齒」達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)；而在圖片區域中閱讀表現「牙齒」與「皮膚印痕」未達到顯著或接近顯著差異。

【事實圖文系列】之閱讀整體表現在「投影片放映總時間」指標項目以「化石」頁面與「化石與便便」頁面皆達到顯著差異 ($p < 0.05$)，「眼球追蹤總時間」指標項目 ($p < 0.01$) 達到顯著性；「全凝視時間」指標項目以「化石與便便」頁面達到顯著差異 ($p < 0.05$)；在標題區域中閱讀表現「區域內分配時間百分比」指標項目以「化石與骨骼」頁面達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)；而在文字區域中閱讀表現「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」、「平均凝視時間」指標項目以「化石」頁面達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)「全凝視時間」指標項目以「恐龍蛋」頁面與「巢穴」頁面 ($p < 0.05$)「化石與便便」頁面 ($p < 0.01$) 皆達到顯著性，化石「全凝視時間」(p

<0.05) 皆達到顯著性。

【理論圖文系列】之閱讀整體表現在「眼球追蹤總時間」「全凝視時間」指標項目「區域內時間總凝視時間百分比」「平均凝視時間」皆達到，接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$)。

第三節 「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的閱讀表現之比較

一、「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較

如下表 4-3.1 所示，所有指標在「老師主動」頁面與「學生主動」頁面中做整體比較，「投影片放映總時間」在「老師主動」頁面較低；「全凝視時間」也是在「老師主動」頁面較低，而「平均凝視時間」則差不多。在「學生主動」頁面中，非地科背景學生在「投影片放映總時間」上較地科背景高，但「全凝視時間」較地科背景低，且「平均凝視時間」也是較低的。而「老師主動」頁面上，地科背景學生「投影片放映總時間」比非地科背景學生高，「全凝視時間」依然是非地科背景學生較地科背景學生低，「平均凝視時間」也是非地科背景較低。

表 4-3.1 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較

頁面主動性	受試者背景	投影片放映總時間(秒)	眼球追蹤總時間(秒)	全凝視時間(秒)	平均凝視時間(毫秒)
學生主動	地科	48.68	28.50	19.44	273
	非地科	55.34	26.68	17.32	266
老師主動	地科	33.37	20.42	14.31	274
	非地科	28.78	18.52	12.32	268

如下表 4-3.2 a,b,c 所示，「投影片放映總時間」指標項目以「學生主動」頁面【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面最高，最低是「老師主動」頁面【事實圖

文系列】的「化石與便便」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以「學生主動」頁面【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面最高，最低是「老師主動」頁面【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標以「老師主動」頁面【標記系列】的「皮膚印痕」頁面最高，最低是「老師主動」頁面【事實圖文】的「化石與便便」頁面；「平均凝視時間」指標項目以「學生主動」頁面【圖系列】的「腳印」與【事實圖文系列】的「化石與骨骼」頁面最高，最低是「學生主動」頁面【事實圖文】的系列「巢穴」頁面。

表 4-3.2a 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標項目	人數	平均數	標準差
學生主動	骨骼	投影片放映總時間(秒)	21	54.38	17.79
		眼球追蹤總時間(秒)	21	24.56	10.66
		全凝視時間(秒)	21	16.75	8.12
		平均凝視時間(毫秒)	21	280	29
	腳印	投影片放映總時間(秒)	21	62.57	26.71
		眼球追蹤總時間(秒)	21	27.73	12.87
		全凝視時間(秒)	21	20.40	10.16
		平均凝視時間(毫秒)	21	290	30
	恐龍蛋	投影片放映總時間(秒)	21	66.33	15.47
		眼球追蹤總時間(秒)	21	38.67	10.03
		全凝視時間(秒)	21	24.12	7.38
		平均凝視時間(毫秒)	21	258	10

表 4-3.2b 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標 項目	人數	平均數	標準差
學 生 主 動	巢穴	投影片放映總時間(秒)	21	37.42	13.20
		眼球追蹤總時間(秒)	21	24.96	7.12
		全凝視時間(秒)	21	16.43	5.90
		平均凝視時間(毫秒)	21	257	20
	牙齒	投影片放映總時間(秒)	21	38.54	16.76
		眼球追蹤總時間(秒)	21	22.75	8.02
		全凝視時間(秒)	21	14.47	5.81
		平均凝視時間(毫秒)	21	271	39
老 師 主 動	便便	投影片放映總時間(秒)	21	45.80	15.06
		眼球追蹤總時間(秒)	21	25.06	11.61
		全凝視時間(秒)	21	16.79	9.38
		平均凝視時間(毫秒)	21	270	30

表 4-3.2c 「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標 項目	人數	平均數	標準差
老師 主動	化石	投影片放映總時間(秒)	21	20.19	7.80
		眼球追蹤總時間(秒)	21	8.93	4.67
		全凝視時間(秒)	21	5.99	3.36
		平均凝視時間(毫秒)	21	255	30
	化石與 骨骼	投影片放映總時間(秒)	21	13.63	7.59
		眼球追蹤總時間(秒)	21	11.20	6.40
		全凝視時間(秒)	21	8.54	5.08
		平均凝視時間(毫秒)	21	290	70
	化石與 便便	投影片放映總時間(秒)	21	8.6	5.09
		眼球追蹤總時間(秒)	21	7.15	4.33
		全凝視時間(秒)	21	4.93	3.02
		平均凝視時間(毫秒)	21	260	30
老師 主動	化石與 恐龍滅絕	投影片放映總時間(秒)	21	18.10	13.64
		眼球追蹤總時間(秒)	21	9.82	7.07
		全凝視時間(秒)	21	6.50	5.23
		平均凝視時間(毫秒)	21	280	40
	齒痕	投影片放映總時間(秒)	21	36.45	11.20
		眼球追蹤總時間(秒)	21	22.96	6.10
		全凝視時間(秒)	21	14.43	4.90
		平均凝視時間(毫秒)	21	255	20
	皮膚 印痕	投影片放映總時間(秒)	21	50.22	11.95
		-眼球追蹤總時間(秒)	21	37.41	10.45
		全凝視時間(秒)	21	25.77	8.53
		平均凝視時間(毫秒)	21	274	25

二、地科與非地科「老師主動」頁面與「學生主動」頁面整體閱讀表現之比較

如下表 4-3.3 a,b,c,d 所示，「投影片放映總時間」指標項目以非地科學生的【圖系列】的「腳印」頁面最高，最低是非地科學生的【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面；「眼球追蹤總時間」指標項目以地科學生【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面最高，最低是【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面；「全凝視時間」指標以非地科學生的「皮膚印痕」頁面最高，最低是非地科學生【事實圖文】的「化石與便便」頁面；「平均凝視時間」指標項目以【事實圖文系列】的「化石與骨骼」頁面最高，最低是「學生主動」頁面【事實圖文】的系列「化石」頁面。

表 4-3.3a 地科和非地科學生於「老師主動」頁面和「學生主動」頁面整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
學生主動	骨骼	投影片放映總時間(秒)	地科 11	50.90	17.71	0.87
			非地科 10	58.20	18.00	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	26.71	11.70	0.94
			非地科 10	22.19	9.42	
		全凝視時間(秒)	地科 11	18.76	8.82	1.44
			非地科 10	14.54	7.06	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	283	20	0.85
			非地科 10	271	30	
	腳印	投影片放映總時間(秒)	地科 11	55.73	18.98	1.56
			非地科 10	70.10	32.63	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	28.35	13.41	0.05
			非地科 10	27.04	12.93	
		全凝視時間(秒)	地科 11	20.83	10.25	0.04
			非地科 10	19.93	10.58	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	290	30	0.00
			非地科 10	290	40	
	巢穴	投影片放映總時間(秒)	地科 11	42.54	13.29	3.98 +
			非地科 10	31.80	11.14	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	28.41	4.80	7.05
			非地科 10	21.16	7.52	
		全凝視時間(秒)	地科 11	18.98	4.77	5.22 ++
			非地科 10	13.62	5.95	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	260	20	0.93
			非地科 10	250	30	

++表示顯著 $p < 0.05$

表 4-3.3b 地科和非地科學生於「老師主動」頁面和「學生主動」頁面在整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
學生主動	恐龍蛋	投影片放映總時間(秒)	地科 11	67.63	14.81	0.15
			非地科 10	64.90	16.86	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	39.67	10.23	0.22
			非地科 10	37.57	10.20	
		全凝視時間(秒)	地科 11	25.92	7.23	1.38
			非地科 10	22.15	7.40	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	261	10	0.39
			非地科 10	255	20	
	牙齒	投影片放映總時間(秒)	地科 11	26.58	9.84	1.19
			非地科 10	51.70	12.24	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	19.37	7.47	0.90
			非地科 10	25.46	7.72	
		全凝視時間(秒)	地科 11	12.73	5.56	0.22
			非地科 10	16.38	5.75	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	274	37	1.43
			非地科 10	267	43	
老師主動	齒痕	投影片放映總時間(秒)	地科 11	60.59	13.81	0.23
			非地科 10	62.85	15.76	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	35.68	11.23	0.22
			非地科 10	38.57	10.20	
		全凝視時間(秒)	地科 11	24.90	7.40	1.35
			非地科 10	25.14	8.23	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	256	10	0.45
			非地科 10	262	20	

表 4-3.3c 地科和非地科學生於「老師主動」頁面和「學生主動」頁面在整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
老師主動	便便	投影片放映總時間(秒)	地科 11	51.44	17.39	3.66++
			非地科 10	39.60	9.31	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	26.58	14.24	0.38
			非地科 10	23.40	8.30	
		全凝視時間(秒)	地科 11	18.22	11.27	0.52
			非地科 10	15.23	7.02	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	269	30	0.01
			非地科 10	270	40	
	皮膚印痕	投影片放映總時間(秒)	地科 11	47.52	14.02	27.06
			非地科 10	53.20	8.96	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	35.34	11.51	0.08
			非地科 10	39.69	9.18	
		全凝視時間(秒)	地科 11	24.91	9.21	0.15
			非地科 10	26.73	8.09	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	281	31	0.68
			非地科 10	267	17	
	化石	投影片放映總時間(秒)	地科 11	23.8	9.02	6.31
			非地科 10	16.2	3.35	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	11.9	4.19	17.85
			非地科 10	5.60	2.34	
		全凝視時間(秒)	地科 11	8.08	3.18	15.25++
			非地科 10	3.69	1.65	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	264	20	2.35
			非地科 10	244	30	

++表示顯著 $p < 0.05$

表 4-3.3d 地科和非地科學生於「老師主動」頁面和「學生主動」頁面在整體閱讀表現之比較

主動性	頁面	眼動指標項目	背景(人數)	平均數	標準差	F 值
老師主動	化石與骨骼	投影片放映總時間(秒)	地科 11	14.21	9.29	0.12
			非地科 10	13.00	5.60	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	11.73	8.28	0.15
			非地科 10	10.61	3.79	
		全凝視時間(秒)	地科 11	9.00	6.38	0.18
			非地科 10	8.02	3.41	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	302	47	0.04
			非地科 10	307	41	
	化石與便便	投影片放映總時間(秒)	地科 11	11.18	4.56	7.45
			非地科 10	5.90	4.28	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	8.88	4.38	4.27++
			非地科 10	5.25	3.58	
		全凝視時間(秒)	地科 11	6.31	3.38	5.97
			非地科 10	3.41	1.69	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	266	38	0.29
			非地科 10	257	36	
	化石與恐龍滅絕	投影片放映總時間(秒)	地科 11	24.83	14.81	7.42++
			非地科 10	10.70	7.33	
		眼球追蹤總時間(秒)	地科 11	12.80	7.74	4.930
			非地科 10	6.53	4.64	
		全凝視時間(秒)	地科 11	8.74	5.99	5.06
			非地科 10	4.04	2.85	
		平均凝視時間(毫秒)	地科 11	280	52	0.79
			非地科 10	270	43	

++表示顯著 $p < 0.05$

第四節 圖文交互閱讀分析

本研究的恐龍教學PowerPoint頁面共分為三個區域去探討，標題區域、文字區域、圖片區域。將針對受試者對於此三區所進行的閱讀行為深入了解。「全頁面交互閱讀」次數定義：指閱讀者眼球的凝視點於標題區域、文字區域，及圖片部份間掃讀的總次數。「圖文交互閱讀」次數定義：閱讀者眼球的凝視點，在文字區域與圖片區域間掃讀的次數。

「圖文交互閱讀」定義：指的是受試者在閱讀同一個頁面內容時，對於文字區域與圖片區域有交替閱讀的情形。而本研究更加入受試者在標題區域的閱讀狀況。「全頁面交互閱讀次數」定義：指的是受試者在閱讀同一個頁面內容時，對於標題區域、文字區域與圖片區域有交替閱讀的情形。

研究者對於受試者每一個頁面的「圖文交互閱讀」次數的計算方式為：若閱讀者前一個凝視點出現在文字區域而下一個凝視點出現在圖片區域，則計算為一次的交互閱讀；反之，若前一個凝視點出現在圖片區域而下一個凝視點出現在文字區域，也計算為一次的交互閱讀。「全頁面交互閱讀次數」次數的計算方式為：若閱讀者前一個凝視點出現在標題區域下一個凝視點文字區域或圖片區域則計算為一次的交互閱讀；反之，若前一個凝視點出現在文字區域或圖片區域而下一個凝視點出現在標題區域，也計算為一次的交互閱讀。

一、【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】整體比較分析

從下表 4-4.1 所示，「全頁面交互閱讀」次數最高在【標記系列】頁面上，最低則在【理論圖文系列】上，而「圖文交互閱讀」次數最高的為【標記系列】，最低則是【圖系列】。【標記系列】頁面出現高的交互閱讀，可能是【標記系列】中的視覺線索使圖片訊號與文字文意產生關聯，提升學生尋找兩者的關聯性的意圖，因此，在圖中加註提示記號，可以引導學生的注意力。

表 4-4.1 交互閱讀形式與次數(表格內數字代表平均數)

交互閱讀 頁面系列	全頁面交互閱讀	圖文交互閱讀
圖系列	14.04	0
理論圖文系列	11.74	6.09
事實圖文系列	12.26	4.73
標記系列	19.66	8.38

註：圖系列無文字

如下表4-4.2 a,b,c所示，「全頁面交互閱讀」次數指標項目，最多的為【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面；最少為【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面。「圖文交互閱讀」次數最多的為【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面，最少為【圖系列】的「腳印」、「便便」、「骨骼」頁面。

表 4-4.2a 【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		人數	交互閱讀	平均數	標準差
圖 系 列	腳印	21	全頁面	18.23	10.01
			圖文	0	0
	便便	21	全頁面	15.80	8.59
			圖文	0	0
	骨骼	21	全頁面	8.09	6.16
			圖文	0	0
理 論 圖 文 系 列	理論圖一	21	全頁面	9.66	6.08
			圖文	4.66	3.46
	理論圖二	21	全頁面	13.57	5.64
			圖文	8.61	4.01
	理論圖三	21	全頁面	12.00	5.13
			圖文	5.00	2.79

表 4-4.2b 【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		人數	交互閱讀	平均數	標準差
事實圖文系列	化石	21	全頁面	10.90	6.677
			圖文	5.47	4.26
	化石與骨骼	21	全頁面	7.50	4.54
			圖文	1.55	1.46
	化石與便便	21	全頁面	3.80	4.28
			圖文	0.40	0.94
	化石與恐龍滅絕	21	全頁面	8.70	7.65
			圖文	1.65	2.32
	恐龍蛋	21	全頁面	27.04	12.17
			圖文	12.28	6.74
	巢穴	21	全頁面	15.61	6.14
			圖文	7.00	4.64

表 4-4.2c 【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		人數	交互閱讀	平均數	標準差
標 記 系 列	牙齒	21	全頁面	15.71	7.16
			圖文	5.14	4.86
	皮膚印痕	21	全頁面	23.61	9.74
			圖文	11.61	5.92

二、地科與非地科不同系列交互閱讀比較分析

如下表 4-4.3 a,b,c,d,e 所示，地科學生閱讀【事實圖文系列】「恐龍蛋」頁面時，有最高的「全頁面交互閱讀」次數；而非地科學生閱讀【事實圖文系列】的「化石與便便」頁面時，則產生最少的「全頁面交互閱讀」次數；「圖文交互閱讀」次數，最多為地科學生閱讀【事實圖文系列】的「恐龍蛋」頁面，最少為地科學生閱讀【圖系列】的「腳印」、「便便」、「骨骼」頁面。

表 4-4.3a 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
標 記 系 列	牙齒	地科	全頁面	14.63	9.08	0.51
		非地科	全頁面	16.90	4.40	
		地科	圖文	6.72	6.01	2.65
		非地科	圖文	3.40	2.41	
	皮膚印痕	地科	全頁面	22.36	9.08	0.37
		非地科	全頁面	25.00	10.73	
		地科	圖文	12.81	4.91	0.94
		非地科	圖文	10.30	3.82	

表 4-4.3b 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
圖 系 列	腳印	地科	全頁面	21.54	10.87	2.73
		非地科	全頁面	14.60	7.97	
		地科	圖文	0.00	0.00	0.00
		非地科	圖文	0.00	0.00	
	便便	地科	全頁面	16.36	10.35	0.09
		非地科	全頁面	15.20	6.64	
		地科	圖文	0.00	0.00	0.00
		非地科	圖文	0.00	0.00	
	骨骼	地科	全頁面	9.81	7.67	1.88
		非地科	全頁面	6.20	3.35	
		地科	圖文	0.00	0.00	0.00
		非地科	圖文	0.00	0.00	

++表示顯著 $p < 0.05$

表 4-4.3c 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
理論圖文系列	理論圖一	地科	全頁面	12.36	6.60	5.57+
		非地科	全頁面	6.70	3.88	
		地科	圖文	6.18	3.54	5.37++
		非地科	圖文	3.00	2.62	
	理論圖二	地科	全頁面	14.18	6.32	0.26
		非地科	全頁面	12.90	5.04	
		地科	圖文	9.18	4.28	0.44
		非地科	圖文	8.00	3.82	
	理論圖三	地科	全頁面	13.00	5.01	0.86
		非地科	全頁面	10.90	5.30	
		地科	圖文	5.45	2.42	0.60

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
		非地科	圖文	4.50	3.20	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$) ; ++表示顯著 $p < 0.05$

表 4-4.3d 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
事實圖文系列	化石	地科	全頁面	14.63	6.65	10.71+++
		非地科	全頁面	6.80	3.76	
		地科	圖文	7.54	4.67	5.47
		非地科	圖文	3.20	2.25	
	化石與骨骼	地科	全頁面	7.18	4.75	7.50
		非地科	全頁面	7.88	4.53	
		地科	圖文	1.45	1.29	1.55
		非地科	圖文	1.66	1.73	

投影片頁面		背景	交互閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
	化石與便便	地科	全頁面	5.27	5.19	3.80
		非地科	全頁面	2.00	1.80	
		地科	圖文	0.72	1.19	3.32+
		非地科	圖文	0.00	0.00	

+表示接近 ($0.10 > p > 0.05$) ; +++表示顯著 $p < 0.01$

表 4-4.3e 地科和非地科學生於【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、交互閱讀整體表現之比較

投影片頁面		背景	交互 閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
事實圖文	化石與恐龍滅絕	地科	全頁面	12.45	7.69	8.05++
		非地科	全頁面	4.11	4.70	
		地科	圖文	2.63	2.65	5.43++
		非地科	圖文	0.44	1.01	
	恐龍蛋	地科	全頁面	28.27	15.35	0.2

投影片頁面		背景	交互 閱讀	平均數	標準差	ANOVA F 值
系 列		非地科	全頁面	25.70	7.97	2.33
		地科	圖文	14.36	6.45	
		非地科	圖文	10.00	6.61	
	巢穴	地科	全頁面	17.00	5.65	1.17
		非地科	全頁面	14.10	6.59	
		地科	圖文	8.36	4.98	2.09
		非地科	圖文	5.50	3.95	

++表示顯著 $p < 0.05$

三、「全頁面交互閱讀」次數與「圖文交互閱讀」次數小結

從表 4-4.1~4-4.3 得知，在「全頁面交互閱讀」次數指標項目中，【理論圖文系列】的「理論圖一」頁面達到顯著差異 ($p < 0.05$) 【事實圖文系列】的「化石」頁面與「化石與恐龍滅絕」達到顯著差異 ($p < 0.05$)，在「圖文交互閱讀」次數指標項目中【理論圖文系列】的「理論圖一」頁面達到接近顯著的部分 ($0.05 < p < 0.10$) 【事實圖文系列】的「化石與恐龍滅絕」頁面達到顯著差異 ($p < 0.05$)。

第五章 綜合討論

本章內容共分三節，第一節先針對本研究的各部份研究結果做統整性的說明，隨後再以研究結果對研究問題進行探討與回應；第二節將反思此研究結果對於科學教育所能提出的建議；第三節則針對本研究尚需要加強與有所缺漏、還能再改進之處加以說明，方便未來研究者改良此研究，並提出未來研究的方向。

第一節 研究結果及推論

一、頁面整體比較之分析：

如下表 5-1.1 a,b 所示，由於每個 PPT 頁面的放映時間不同，單由「全凝視時間」之比較無法看出學習者投入此頁的閱讀注意力之分配，因此我們將「全凝視時間與」「投影片放映總時間」相除，得到一「閱讀時間百分比」指標。這個指標的平均值最高是在【標記系列】上，最低的則是在【圖系列】上。這樣的結果說明了【標記系列】因具有視覺線索的緣故，可使學生提升較高的閱讀注意力，【圖系列】則是因為多為明確的真實照片，且沒有進一步的文字線索，因此需花的閱讀時間百分比就相對較少。

表 5-1.1a 【圖系列】【標記系列】【理論圖文系列】【事實圖文系列】的整體閱讀比較之分析比較

分類	頁面名稱	全凝視時間 (秒)(Totalfixationduration)	投影片放映總時間 (秒)(Totaltimeshow)	閱讀時間 百分比 (%)
圖系列	腳印	62.57	20.40	32
	便便	45.80	16.79	36
	骨頭	54.37	16.74	30
	此系列平均	54.24	17.97	34
標記系列	牙齒	38.54	14.47	37
	皮膚印痕	50.22	25.77	53
	此系列平均	44.38	20.12	45
理論圖文系列	理論圖一	18.84	8.52	45
	理論圖二	27.21	12.53	46
	理論圖三	24.95	9.07	36
	此系列平均	23.66	10.04	42

註：閱讀時間百分比 = 全凝視時間／投影片放映總時間

表 5-1.1b 【圖系列】【標記系列】【理論圖文系列】【事實圖文系列】的整體閱讀比較之分析比較

分類	頁面名稱	全凝視時間 (秒)(Totalfixationduration)	投影片放映總時間 (秒)(Totaltimeshow)	閱讀時間 百分比 (%)
事實圖文系列	化石	20.19	5.99	4
	化石與骨骼	13.63	8.54	62
	化石與便便	8.66	4.93	56
	化石與恐龍滅絕	18.10	6.50	35
	巢穴	37.42	16.43	43
	恐龍蛋	66.33	24.12	36
	齒痕	41.66	20.66	49
	此系列平均	29.42	12.45	41

註：閱讀時間百分比 = 全凝視時間／投影片放映總時間

(一) 頁面標題之閱讀比較之分析

如表 4-1.2 a,b (請翻閱第四章) 所示,「區域內分配時間百分比」以【圖系列】之標題有最高的比例,【理論圖文系列】的比例則較低。而「全凝視時間」同樣在【圖系列】之標題上有較高的值,【理論圖文系列】的則較少的時間。「平均凝視時間」同樣在【圖系列】上之標題有較高的值,在【理論圖文系列系列】上則較低。

上述現象說明了學生在閱讀沒有文字說明之圖片時,將較多的注意力放在標題上,這可能是學生需要從標題上得到能夠提供圖片線索資訊。相反的,【理論圖文系列】頁面文中有相關文字的訊息,因此,閱讀者不需於在標題上尋找利於理解的線索。

(二) 頁面文字區域之閱讀表現比較之分析

如表 4-1.3 a,b (請翻閱第四章)的眼動指標結果中,「區域內分配時間百分比」,在【事實圖文系列】頁面上有較高的平均值,而在【理論圖文系列】頁面上則較低。「全凝視時間」以【標記系列】較高,【理論圖文系列】較低。「平均凝視時間」在【事實圖文系列】頁面上最高,而在【標記系列】頁面最低。

另一眼動指標,「區域內時間總凝視時間百分比」,的分析結果指出:學生在【事實圖文系列】之文字區域分配較多的時間。這有可能是因學生並無法從真實照片得到相關訊息,反而需要花較多的時間在文字區中找線索,另一方面,由於【理論圖文系列】的理解需要「圖文交互閱讀」,以利理解,因此花在圖片上的「閱讀時間百分比」增加,文字方面的「閱讀時間百分比」就因而減少。此外,根據表 4-1.3 中(請翻閱第四章),「全凝視時間」的結果,可推測由於【標記系列】頁面含有引導注意力的線索,使得學生較快速掌握關鍵文字上,利於理解。而【理

論圖文系列】可能是文字上線索資訊提供不足，需與圖片資訊交叉閱讀，因而文字區域的閱讀時間相對較少。「平均凝視時間」以【事實圖文系列】的文字區最高，而【標記系列】最低，這顯示【事實圖文系列】的訊息處理可能較費認知資源，而【標記系列】則因有視覺引導，降低學生的閱讀負荷。

（三）頁面圖片區域之閱讀比較之分析

根據表 4-1.4 a,b,c (請翻閱第四章)，「區域內分配時間百分比」以【圖系列】有較高的比例，而【事實圖文系列】則呈現較低的比例。「區域內時間總凝視時間百分比」，以【圖系列】最高，而【理論圖文系列】最低。「全凝視時間」指標項目【圖系列】最高，【事實圖文系列】最低。「平均凝視時間」【標記系列】與【理論圖文系列】有相同最高的「平均凝視時間」，【事實圖文系列】則是最低的。

根據表 4-1.4 a,b,c (請翻閱第四章)，「區域內分配時間百分比」在結果說明了當 PPT 頁面只有圖片時，閱讀者的注意力只有在圖片上，然而圖片與文字一同出現時，學生的注意力則會轉移至以文字為主，這結果至少顯示了閱讀者似乎較偏向處理文字訊息。「區域內區域內分配時間百分比率」的分析結果，則反映出學生有較高的時間比例在【圖系列】與【事實圖文系列】，而在【標記系列】與【理論圖文系列】頁面上則表現較低，這說明了【標記系列】與【理論圖文系列】因有文字的說明，學生必須處理文字訊息，因而減少處理圖片訊息的時間。「平均凝視時間」則出現完全相反的趨勢，即較低的「平均凝視時間」在【圖系列】與【事實圖文系列】，較高的「平均凝視時間」在【標記系列】與【理論圖文系列】，「平均凝視時間」代表訊息處理的基本時間，由於【標記系列】與【理論圖文系列】中，前者有視覺線索，後者的圖片比真實照片來得抽象複雜，因而均引起較深入的訊息處理，所以有較高的「平均凝視時間」。

二、地科背景與非地科背景整體比較之分析

(一)【圖系列】

1. 在整體閱讀表現之分析

在本研究分析眼動指標中，地科背景學生的「眼球追蹤總時間」與「全凝視時間」大部分是大於非地科背景學生的表現(如表 4-2.1，請翻閱第四章)，這說明了有相關背景學生在觀看圖片為主的投影片時，相對於非地科學生，付出比較高的注意力。

2. 在標題區域之閱讀表現分析

如表 4-2.2(請翻閱第四章)的資料顯示各指標沒有偏向某一方較高，且在「區域內時間總凝視時間百分比」兩者都是偏低的，顯示背景因素並不會影響標題區域的閱讀表現。

3. 在圖片區域之閱讀表現分析

非地科背景學生在圖片上有比較高之「平均凝視時間」，但在「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」大部分都以地科背景學生大於非地科背景學生(如表 4-2.3，請翻閱第四章)，這可能說明了非地科背景之學生較地科背景學生須有更多時間做基礎的圖片訊息處理，然而整體閱讀時間比率並沒有比地科學生來得高，顯示地科學生由圖片中所獲得的訊息可能比非地科學生來的高。

(二) 【標記系列】

1. 在整體閱讀表現分析

如表 4-2.4(請翻閱第四章)中「眼球追蹤總時間」、「全凝視時間」分析結果可知，非地科背景學生在這些指標上都較地科背景高，但是在「平均凝視時間」上，地科背景學生卻有比較高的趨勢，這樣的結果顯示有背景之學生在閱讀【標記系列】頁面時，雖然花的時間相對較少，但訊息處理可能比較深入。

2. 在標題區域的閱讀表現分析

如表 4-2.5(請翻閱第四章)的「區域內時間總凝視時間百分比」的結果來看，不論地科背景或非地科背景學生在標題區注意力的時間都較少，但趨勢還是一樣非地科的注意力時間較地科時間長，這顯示了背景知識較低的學生似乎更依賴文字所傳達的訊息。

3. 在文字區域的閱讀表現分析

「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」等三個指標的資料顯示（如表 4-2.6，請翻閱第四章），地科學生都高於非地科學生，「平均凝視時間」的結果則互有高低，這些資料說明了地科學生運用較長時間處理文字訊息。

4. 在圖片區域之閱讀表現分析

在閱讀圖片時，「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」等三個指標的值（如表 4-2.7 請翻閱第四章），都是非地科學生較地科學生高，然而「平均凝視時間」則以地科背景學生較非地科背景學生高。這結果說明了針對【標記系列】圖片，視覺線索可能引發非地科背景學生較多的瀏覽歷程，但地科背景學生反而因此提高訊息處理的時間（「平均凝視時

間」較高)。

(三) 【事實圖文系列】

1. 在整體閱讀表現分析

從「眼球追蹤總時間」、「全凝視時間」與「平均凝視時間」指標來看(如表 4-2.8 a,b)，地科背景之學生都較非地科背景學生高，且專注較多的時間，這樣的結果幾乎可以確定地科背景學生可在閱讀過程獲得較多訊息。

2. 在標題區域的閱讀表現分析

根據表 4-2.9 a,b,c(請翻閱第四章)中的「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」與「平均凝視時間」指標的結果來看，地科學生在這些指標上都高於非地科背景學生，這個結果與整體閱讀表現一至，都顯示地科學生有較深入的訊息處理。

3. 在文字區域的閱讀表現分析

相較於圖片區域，「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」與「平均凝視時間」的這幾個指標在文字區域均較高(如表 4-2.10 a,b，請翻閱第四章)，也就是說不論地科學生或非地科學生主要依賴著文字以獲得相關概念資訊。地科學生的「平均凝視時間」平均值介於 257 到 343 毫秒，而非地科學生平均值則是介於 211 到 383 毫秒。相對於非地科學生，地科學生花在文字區域的時間較高，但非地科學生有較高的「平均凝視時間」。這些結果顯示，若假設地科學生有較高的概念獲得，則非地科的高「平均凝視時間」與較低的「全凝視時間」可能顯示這些學生相較於地科學生，產生較高的閱讀困難，這值得進一步探索。

4. 在圖片區域的閱讀表現分析

「區域內分配時間百分比」的結果顯示，非地科背景學生花較多時間在圖片上，且「平均凝視時間」均大於地科背景學生（如表 4-2.11 a,b，請翻閱第四章），這說明了非地科學生需要花較認知資源處理圖片訊息。

（四）【理論圖文系列】

1. 在整體區域的閱讀表現分析

表 4-2.12(請翻閱第四章)中，非地科背景學生的「眼球追蹤總時間」大部分都較地科背景學生高，這個結果暗示地科學生可能較易掌握內容，因此不需要太多閱讀時間，此外，從表 4-2.12 得知(請翻閱第四章)，地科背景學生在閱讀【理論圖文系列】明顯在「平均凝視時間」有相當高的趨勢，表示地科背景學生在此系列表現上有較深的理解。

2. 在標題區域的閱讀表現分析

根據表 4-2.13(請翻閱第四章)，地科背景學生的「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」與「區域內時間總凝視時間百分比」等三個指標的值較高，而非地科背景學生則有較高的「平均凝視時間」。相對低閱讀時間加上高平均凝視時間，這樣的結果暗示非地科學生閱讀標題時，相對於地科學生，可能產生閱讀上的困難。

3. 在文字區域的閱讀表現分析

表 4-2.14(請翻閱第四章)所顯示的「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」、「平均凝視時間」等指標，都是地科學生大於非地科學生，表示地科背景學生可能在閱讀文字的過程獲得較多相關訊息。

4. 在圖片區域的表現分析

表 4-2.15(請翻閱第四章)所顯示的「區域內分配時間百分比」、「全凝視時間」、「區域內時間總凝視時間百分比」、「平均凝視時間」等指標都是非地科學生較高，這個結果與上述文字區域的閱讀表現相反，這表示非地科學生可能傾向從圖尋找相關概念，或是因缺乏相關背景，而對文字的描述之理解較弱，因而在圖上分配較多的注意力。

三、「老師主動」頁面與「學生主動」頁面的整體閱讀比較之分析

從表中 4-3.2 a,b,c 可得知(請翻閱第四章)，所有指標在「老師主動」頁面與「學生主動」頁面中做整體比較，「投影片放映總時間」在「老師主動」頁面較低；「全凝視時間」也是在「老師主動」頁面較低，而「平均凝視時間」則差不多。這些結果表示，「學生主動」頁面需花費較多的時間去閱讀資訊，但有教師引導下，閱讀時間似乎可以減少，原因在於教師引導下好比有專家引導閱讀，學生可聚焦於與課程概念較有相關之訊息，省去了處理與課程概念較不相關之訊息。

四、「老師主動」頁面和「學生主動」頁面的眼動形式與背景變項之交叉分析

從表 4-3.3 a,b,c,d 可得知(請翻閱第四章)，在「學生主動」頁面中，非地科背景學生在「投影片放映總時間」上較地科背景高，但「全凝視時間」較地科背景低，且「平均凝視時間」也是較低的。而「老師主動」頁面上，地科背景學生反而使用較多閱讀時間，全凝視時間依然是非地科學生較地科學生低，平均凝視時間也是非地科學生較低。這些結果顯示，在「學生主動」頁面中，沒有背景之學生需要較多的時間摸索自己從中理解，但對於已經有背景的學生學習起來是相對容易的，然而，一旦有「老師主動」介入，非地科學生因有提示引導，可能因此縮短了不必要的觀看時間，此結果說明了在教師的主動引導可提升閱讀頁面閱讀效率，這個效應在非地科背景學生身上似乎較為明顯。

五、「全頁面交互閱讀」總和與「圖文交互閱讀」

(一) 不同系列整體比較分析

從表 5-1.2 可得知(同第四章表 4-4.1)，「全頁面交互閱讀」總和最高為【標記系列】，最低為【理論圖文系列】，而「圖文交互閱讀」次數最高的為【標記系列】，次數最低則是【圖系列】。【標記系列】頁面出現高的交互閱讀，可能是【標記系列】中的視覺線索使圖片訊號與文字文意產生關聯，提升學生尋找兩者的關聯性的意圖，因此，在圖中加註提示記號，可以引導學生的注意力。

表 5-1.2 交互閱讀(表格內數字代表平均數)

交互閱讀 頁面系列	全頁面交互閱讀	圖文交互閱讀
圖系列	14.04	0
理論圖文系列	11.74	6.09
事實圖文系列	12.26	4.73
標記系列	19.66	8.38

註：圖系列無文字

(二) 不同背景受試者在觀看不同系列比較分析

從表 5-1.3 可得知在「全頁面交互閱讀」來回次數中，【圖系列】、【理論圖文系列】、【事實圖文系列】，都是地科背景學生來回次數大於非地科背景學生除了【標記系列】外，且非地科背景學生的【標記系列】「全頁面交互閱讀」來回次數是最高的。「圖文交互閱讀」中，【理論圖文系列】、【事實圖文系列】、【標記系列】，都是地科背景學生來回次數大於非地科背景學生。「全頁面交互閱讀」來回次中地科學生都普遍較高，說明了地科背景學生能有效找到文字、圖片和標題間的連結，也就是說地科背景學生是熟練地閱讀者，Lucia Mason (2013) 也發現有

先備知識的受試者在閱讀圖文材料時較有策略地觀看，原因是有先備知識者會有更多需要注意力的材料，也因此要使用更多的時間及注意力去整合圖文的材料。同樣驗證在 Miller (2001) 文獻中有提到有先備知識者在閱讀文字需分配更多的時間，對於有先備知識者在閱讀文字時，由於相關領域的知識會引起更多的認知資源分配，因此，對該領域懂得越多的人，其文字和先備知識會有更多的聯結。然而，在【標記系列】回來次數呈現較非地科低，因在「圖文交互閱讀」來回中又是地科背景較非地科背景高，所以地科背景學生在標題區域來回較少，可能地科背景學生已找到文字和圖片關聯性並非在標題。「圖文交互閱讀」，同樣也是大部分地科學生較非地科學生高，表示在閱讀技巧上地科學生較非地科學生好，地科背景學生有辦法在圖文間找到有意義的聯結，而對於非地科學生，圖與文相當於兩個獨立的物件，觀看時的習慣也就較少來回次數，因無法在此中找到對應的聯結。同樣 Lucia Mason (2013)也驗證高先備知識者有較多的來回次數，每一次的圖文來回，不管是圖到文或是文到圖都會作一次表徵的轉換，也就是說圖文都會再做多次的整合。

表 5-1.3 地科與非地科不同系列之來回次數(表格內數字為平均數)

頁面系列	受試者背景	全頁面交互閱讀	圖文交互閱讀
圖系列	地科	15.90	0.00
	非地科	12.00	0.00
理論圖文系列	地科	13.18	6.94
	非地科	10.17	5.17
事實圖文系列	地科	14.13	6.09
	非地科	9.85	3.47

頁面系列	受試者背景	全頁面交互閱讀	圖文交互閱讀
標記系列	地科	18.49	9.76
	非地科	20.95	6.85

第二節 研究問題回應與探討

一、探討不同背景學生間閱讀多媒體教材視覺歷程是否有差異。

(一) 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力(visual attention)的分配情況為何？

從第四章研究數據可發現，地科背景學生的視覺注意力分配在文字區的比例較高；而非地科背景學生的視覺注意力分配在圖片區的比例較高，這說明了有先備知識的學生易從文字的說明以了解整體概念，如此，對於有先備知識的學生，圖可看成是輔助文字的描述。然而，對於沒有先備知識學生，專有名詞的術語對於非地科背景學生是一個負荷，因此，在習慣上沒有先備知識學生會將注意力放在圖上，情況也就和上述相反，文字反而是輔助圖片的描述。

(二) 不同背景學生在觀看多媒體教材中的圖片與文字時，視覺注意力(visual attention)於圖、文間交互閱讀形式是否有差異？

地科背景學生在圖文來回次數明顯高於非地科背景學生，原因可能在於，地科背景學生有辦法在圖文間找到有意義的聯結，因此，在來回的期間一方面增加對於文字的記憶，一方面尋找對應於圖的概念。然而，非地科學生在文字上與先備知識並沒有相關的聯結，因此，對於非地科學生，圖與文相當於兩個獨立的物件，觀看時的習慣也就較少來回次數，因無法在此中找到對應的聯結。

二、探討在真實環境中，不同多媒體圖文呈現方式，是否與學生的視覺歷程形式相關。

(一) 教師主導的多媒體教材之放映和學生主導的教材放映是否與視覺注意力

(visual attention)的差異相關？

在教師主導下學生在「投影片放映總時間」、「眼球追蹤總時間」、「全凝視時間」，都比學生主導下來得低，學生在有教師引導下等於是在有專家領導下觀看投影片，因此，學生的閱讀習慣也被教師影響，學生省去了不少觀看不必要的資訊資源，減輕了學生在認知的負荷，然而，「平均凝視時間」在教師引導下有增加的現象，這代表訊息處理較為深入，也表示在有專家引導下可增加資訊處理有事半功倍之效。

(二) 學生在閱讀多媒體教材中的不同形式照片(如：真實照片、數據圖或概念圖)

時，其視覺注意力(visual attention)之分配是否有差異？

在「平均凝視時間」由高至低依序排列為：概念圖、數據圖、真實照片。說明了學生在概念圖上需要較多的思考理解，因概念圖上有許多專業性之術語與想像圖，因此學生需要經過轉換的過程才能理解；數據圖上並沒有虛擬的圖片，但需要理解座標上單位所表達的意義以及曲線變化所代表的意思，雖不需轉換過程但複雜的座標會使得學生閱讀困難；而真實照片即使是學生未看過之照片，但照片上並不需要再轉換成另一個圖象，也不帶有專業術語的訊息文字在裡面，因此，學生並不會感覺到閱讀之困難。

第三節 在教育上的建議

本研究是針對多媒體應用在教學環境中，本研究明白顯示出了圖片類型之選擇對於學生的影響，教師在設計教學材料時可根據學習者情況做適當之安排，另外，本研究提供不同先備知識學生對於圖文的理解，教學現場中可依照學生是否有背景知識而適時調整圖文比例，最後，教師與學生主動在閱讀的行為探究，教學現場可參考不同學習情況做不同教學模式換轉換，本研究在教學現場及教學材料設計都有參考的價值性，以下提供參考建議：

一、圖片類型適時選擇

本研究中受試者對於圖片類型閱讀困難由高至低如下：概念圖、數據圖、真實照片，因此，教師在投影片安排上，可循序漸進安排三種不同的圖片，又或者根據該堂課內容深度做適時之安排，尤其，真實照片若有標記重點，根據本研究結果可改變學生閱讀習慣，甚至增加圖文交互次數，因此，建議真實照片根據文字標記重點是有增進學生學習之效果。

二、根據不同先備知識學生調整圖文比例

根據本研究，有先備知識學生易將注意力放在文字上，而無先備知識學生易將注意力放在圖片上，因此，在教學設計時，教師應考量學生背景知識，若課堂上學生有較多有先備知識的學生，則教師在投影片上可放置較多的文字，圖片為輔助；較少先備知識的學生，教師則放置較多圖片文字為輔，如此，可降低不同

學生學習負荷量，又或者當課堂進度逐漸加深加廣時，教師在投影片頁面上之文字比例可漸漸增加，圖片減少。

三、適時轉換教師與學生主動模式的閱讀的行為

老師主動易使得學生將注意力在文字上，學生主動則使得學生注意力在圖片上，因此，在教學過程中遇到文字部分，教師可盡量解釋教學文字概念，當講解到圖片時教師可適時請學生自行觀看，教師不予以解釋或是很少解釋，因學生自行會在圖片上搜尋相關訊息及資訊，因此，適時轉換可提升學生在圖文的理解且順應學生閱讀習慣。

第四節 研究限制與未來可能的研究方向

在本章節中，研究者將針對兩個部份進行陳述。首先，由於研究的設計與研究對象存在有一定的限制，因此第一部份研究者將針對本研究在研究對象、多媒體教材內容等研究限制進行陳述與討論，以期未來的研究者可以對於這些限制有所瞭解或修正、調整。隨後，在第二部份研究者將對於本研究未來可能的研究方向進行說明，以期待未來本研究的研究結果可以推廣到更多教育層面上。

一、研究限制

（一）學科內容及對象

本研究主要是以地球科學為施測內容，建議未來可以朝向其他學科：如物理、生物、或數學等其他基礎科目並發展至大學以下。

（二）多媒體教材

本研究所使用的閱讀材料為【恐龍教學PowerPoint】，受試者閱讀多媒體教材呈現的圖文歷程，其和一般參考書，文學作品、小說等閱讀的方式可能還是有

差異因此本研究的結果並不適合推論到其他形式閱讀材料。

二、未來可能的研究方向

綜合本研究的研究結果與研究限制發現，本研究在未來仍可以有許多修正或延伸的研究方向，可針對不同型態的媒體內容或媒體管道(包含電子書、Google map等)進行探究，以及探討不同優勢智能的學生在面對不同類型學習材料的眼動差異，未來更可運用可攜式眼動儀探究教師在教室學習上科學科目與多媒體的應用在不同單元、不同主題等的眼動型態與學習的關係進行探究。而這些研究的成果也將對教學效能的提升有相當大的助益。

參考文獻

英文部份

- Balluerka, N. (1995). The influence of instructions, outlines, and illustrations on the comprehension and recall of scientific texts. *Contemporary Educational Psychology*, 20(3), 369-375.
- Björn B. de Koning , Huib K. Tabbers , Remy M.J.P. Rikersa, Fred Paas (2010) Attention guidance in learning from a complex animation: Seeing is understanding? *Learning and Instruction* 20
- Carroll, P. J., Young, J. R., & Guertin, M. S. (1992). Visual analysis of cartoons: A view from the far side. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading* (pp. 444–461). New York: Springer-Verlag.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *cognition and instruction*, 8(4), 293-332.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2003). *E-learning and the science of instruction*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Clark, R. C., Lyons, C. (2004). *Graphics for learning: proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: Theory and practice*. (2nd ed.). London Springer.

- Duke, N. K., & Pearson, P. D. (2002). Effective practices for developin
- d'Ydewalle, G., & Gielen, I. (1992). Attention allocation with overlapping sound, image, and text. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading* (pp. 415–427). New York: Springer-Verlag.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (1998). Eye guidance and visual search. In G. Underwood, (Ed). *Eye guidance in reading and scene perception*. (pp. 295-312). Oxford, England: Elsevier Science Ltd.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing*. New York: Oxford University Press.
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1989). Understanding machines from text and diagrams. In H.
- Hegarty, M. (1992). The mechanics of comprehension and comprehension of mechanics. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading* (pp. 428–443). New York: Springer-Verlag.
- Hoffman, J. E., Subramaniam, B. (1995) The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception and psychophysics*, 57(6), 787-795
- Hannus, M., & Hyona, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95–123.
- Tabbers, H. K., Paas, F., Lankford, C., Martens, R. L., & Merriënboer, J.G. (2008). Chapter 9 Studying Eye Movements in Multimedia Learning
Multimedia learning, P169-183
- Hyoˆnaˆ. J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning.

- Kean, M., & Lambert, A. (2003). Orienting of visual attention based on peripheral information. In J. Hyönä, R. Radach & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp.27-47). Amsterdam:North-Holland
- Krauzlis, R. J. (2005). The control of voluntary eye movements: new perspectives. *The Neuroscientist*, 11, 124-137.
- Land, M. F., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, 28, 1311-1328.
- Land, M. F. (2007). Fixation strategies during active behavior: a brief history. In: R.P.G.van Gompel, M.H. Fischer, W.S. Murray and R.L. Hill, (Eds.), *Eye movements: A window on mind and brain*, (pp. 75-98). Oxford: Elsevier.
- Mason, L.;Tornatora, M.C., Pluchino, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, 60, 95-109.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1992). The instructive animation: Helping

- students build connections between word and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 444-452.
- 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.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Education Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43–52.
- Maer, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and Instruction*, 20, 167-171.
- Miller, L. M. S. (2003). The effects of age and domain knowledge on text processing. *Journals of Gerontology Series B-psychological Science and Social Sciences*, 58, 217-223..
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156.
- Schuster, D. A.; & Carlsen, W. S. (2009). Scientists' Teaching Orientations in the Context of Teacher Professional Development. *Science Education*, 93(4), 635-655
- Slykhuis, D. A., Wiebe, E. N., & Annetta, L. A. (2005). Eye-tracking students' attention to PowerPoint photographs in a science education setting. *Journal*

of Science Education and Technology, 14(4), 509-520.

Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., & Cagiltay, K. (2009). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53, 445–453.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, UK:

Paivio, A., & Clark, J. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-170.

Rayner, K. (1995). Eye movements and cognitive processes in reading, visual search, and scene perception. In J. M. Findlay, R. Walker, & R. W. Kentridge (Eds.), *Eye movement research: Mechanisms, processes, and applications* (pp. 3–21). New York: Elsevier Science.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.

Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457-1506.

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, 219–226.

Reiber, L. P. (1994). *Computer, Graphics & Learning*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark.

Reichle, E. D., Pollatsek, A., Fisher, D. L., & Rayner, K. (1998). Toward a model of

eye movement control in reading. *Psychological Review*, 105, 125-157.

Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25(1A), 31-40.

Schuster, D. A.; & Carlsen, W. S. (2009). Scientists' Teaching Orientations in the Context of Teacher Professional Development. *Science Education*, 93(4): 635-655.

中文部份

伊彬、林演慶(2006)。視覺影像處理之眼球運動相關研究探討。**設計學報**，11，63-69。

吳瑞源、吳慧敏 (2007)。動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究。**師大學報**，53，第一期科學教育類。

邱月玲 (2001)。不同的科學圖文配置對學生閱讀學習的影響—以「月相概念」為例。國立臺中師範學院自然科學教育學研究所碩士論文。

邱惠芬(2003)。多媒體介面對國小學童學習動機、學習成就及學習保留的影響。國立屏東師範學院教育。

柯重吉(2005)。國小教師運用多媒體電腦輔助教學融入因數倍數教學之研究。嘉義大學教育科技研究所。

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。

唐大崙、張文瑜 (2007)。利用眼球追蹤法探索傳播研究。中華傳播學刊，12(5)：165-211。

陳秀如 (2008)。多媒體教學策略對外籍生華語文學習成效、認知負荷與學習動機之影響—以漢字筆畫書寫及義類辨識為例。國立臺灣師範大學資訊教育學系研究所碩士論文。

陳柏裕(2010)。以眼動探討多媒體呈現方式及先備知識對學生學習成效與認知負荷的影響。國立嘉義大學。

張格瑜 (2007)。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的心智表徵建構。國立交通大學教育研究所碩士論文。

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。應用心理學，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。

蘇芳如 (2004)。國中地理科電化教學資源的設計與應用--以透明投影片(T.P.)及簡報式課程軟體(Microsoft PowerPoint)之設計與教學為例。國立臺灣師範大學地理研究所碩士論文。