



以眼球追蹤技術在科學圖文閱讀之實徵 研究回顧

林美杏 游琇雯

國立嘉義大學

摘要

本文以研究回顧的方式探究國內外眼球追蹤技術在科學圖文閱讀之實證研究，並就研究目的、研究對象、眼動指標及研究結果等加以探討，以了解眼球追蹤技術在科學圖文閱讀之情形。

關鍵詞：眼球追蹤、圖文閱讀

The Review of Empirical Studies of Eye-tracking technology on scientific graphic and text reading

Lin, Mei-Hsing You, Shiou-Wen

National Chiayi University

Abstract

The purpose of this paper is to review empirical studies on eye tracking of graphic and text reading. To understand the situation, the thesis do the further investigation based on the research purposes, participants, eye movement, and results of these studies.

Keywords: eye tracking, eye movements, graphic and text reading

壹、前言

眼球追蹤 (eye tracking) 技術是利用圖像處理的原理，運用可以鎖定眼睛的特殊攝影機，來捕捉從瞳孔反射出來的紅外線，記錄眼球變化，進而分析眼球追蹤過程 (賴孟龍，2009)。Rayner (1998) 指出，眼球追蹤技術提供了自然且即時探討認知思考的重要工具，該方法廣泛地被應用在瞭解閱讀歷程等相關議題上 (例：眼動特性、知覺廣度及訊息整合等)，及使用眼動資料來檢驗不同認知作業下之認知歷程 (引自陳學志、賴惠德、邱發忠，2010)。因此，筆者擬探討眼球追蹤技術應用在科學圖文的相關研究，了解讀者閱

讀科學圖文時的認知歷程，以提供未來研究之方向。

貳、實徵研究搜尋方式與結果

一、實徵研究搜尋方式

進行資料蒐集前，先確認相關的關鍵字，中文包含眼球追蹤、眼動型態、圖文閱讀；英文包含 eye tracking、eye movements、graphic and text reading。以關鍵字、摘要、標題來搜尋，接著從 EBSCOhost、Dissertations & Theses、SSCI、臺灣期刊論文索引系統、臺灣博碩士論文知識價值系統及 Google 學術搜尋工具進行搜索。

為了能更客觀決定被納入分析的文

獻，筆者擬定選定文獻的標準。本研究選定文獻的標準如下：

1. 實證研究。
2. 以眼動技術在科學圖文閱讀認知歷程為主，排除探討圖文配置型態對閱讀行為的影響。
3. 排除探討科學圖文箭頭對閱讀影響之研究。
4. 文獻須發表在具審查制度的期刊或已通過審查的博碩士論文，但須排除已發表在期刊之博碩士論文。

二、實徵研究搜尋結果

根據所擬定的文獻標準進行篩選，國外有三筆文獻符合 (Hannus & Hyönä, 1999; Hegarty, 1992; Hegarty & Just, 1993)，國內有四筆文獻符合 (王又亭, 2011; 莊雅筑, 2012; 黃堯琮, 2011; 劉嘉茹、侯依伶, 2011)。

參、以眼動技術在科學圖文閱讀之相關研究分析

閱讀完相關文獻後，決定分析的架構為：研究目的、研究對象、眼動指標及研究結果，摘要結果依其發表年代整理如附錄一。以下分別說明之。

一、研究目的

有 2 筆文獻以不同先備知識的受試者，探討其閱讀歷程與概念理解間的差異 (劉嘉茹、侯依伶, 2011; Hannus & Hyönä, 1999)；有 1 筆文獻探討背景知識高低的讀者，在不同組別 (純文、圖文、純圖) 中，圖和文兩種不同媒體 (media) 內及兩種媒體間如何建立表徵 (Hegarty & Just, 1993)；有 3 筆文獻則無操弄不同先備知識的受試者，且單純以圖文並置的文章來作探討 (王又亭, 2011; 黃堯琮, 2011; Hegarty, 1992)；另 1 筆文獻以眼動技術探討學習高成就和低成就學生讀純文字或圖文科學文本視覺軌跡的差異，找出低成就學生表現較差的因素，再實施閱讀理解教學策略 (莊雅筑, 2012)。

從上述整理的資料可發現，大多數的研究目的皆為透過眼動技術來了解科學圖文的眼動歷程與概念理解之間的關係，而有些研究從不同先備知識的受試者或不同組別 (純文、圖文、純圖) 中，了解其眼動型態與概念理解之間的差異情形。而少數研究以眼動技術來了解科學圖文的眼動型態，再實施閱讀理解教學策略，閱讀理解教學策略為其重點。

二、研究對象

筆者蒐集到的七筆文獻中，有 2 篇研究對象為小學生 (莊雅筑, 2012; Hannus & Hyönä, 1999)、2 篇高中生 (王又亭, 2011; 黃堯琮, 2011)、2 篇大學生 (Hegarty, 1992; Hegarty & Just, 1993)，以及 1 篇大學生與研究生 (劉嘉茹、侯依伶, 2011)。從上述資料可發現，以眼動技術探討科學圖文閱讀歷程的對象很廣泛，從國小階段到成人階段皆有。然而，研究對象多為一般生，在特殊學生科學圖文的閱讀上，文獻則尚無任何相關資料。由此可見，眼動儀在特殊教育的使用上尚未普及。

三、眼動指標

由七篇文獻中發現，在該領域所使用的眼動指標有下列幾個：(1)總凝視時間 (total fixation duration)：眼睛凝視的總時間 (王又亭, 2011; 黃堯琮, 2011; 劉嘉茹、侯依伶, 2011; Hannus & Hyönä, 1999; Hegarty, 1992; Hegarty & Just, 1993)。(2)凝視次數 (fixation count)：眼睛凝視點的數量 (王又亭, 2011; 莊雅筑, 2012; 黃堯琮, 2011; 劉嘉茹、侯依伶, 2011)。(3)圖文之間移動次數 (the number of saccades)：前一凝視點在文字區，下一凝視點在圖片區，即為一次圖文交互閱讀 (王又亭, 2011; 黃堯琮, 2011; Hannus & Hyönä, 1999; Hegarty, 1992; Hegarty & Just, 1993)。(4)眼球移動順序 (sequence of fixations)：眼球的閱讀路徑，包括先讀圖再圖文或先讀文再讀圖 (Hegarty, 1992; Hegarty & Just, 1993)。(5)圖佔圖文凝視時



間比例 (the ratio of total fixation durations)：眼球凝視圖的時間占圖文凝視時間之比例 (Hannus & Hyönä, 1999；Hegarty, 1992；Hegarty & Just, 1993)。(6) 文字區回視次數 (Times of regression in a text zone)：凝視點進入下一個文字區後，有返回之前的文字區，即為一次回視 (王又亭, 2011；莊雅筑, 2012)。(7) 掃視幅度 (Saccade amplitude)：眼球從一個凝視點移至下一個凝視點之間的跳視幅度 (莊雅筑, 2012)。

從上述資料可發現，國外研究使用到的指標包括總凝視時間、圖文之間移動次數、眼球移動順序、圖佔圖文凝視時間比例；國內研究使用到的指標包括總凝視時間、凝視次數、圖文之間移動次數、眼球移動順序、文字區回視次數、掃視幅度。由此可知，目前國內外研究已有共識的科學圖文閱讀指標為總凝視時間、圖文之間移動次數、眼球移動順序等；而還未達到共識的眼動指標為圖佔圖文凝視時間比例、凝視次數、文字區回視次數、掃視幅度。表示在科學圖文閱讀眼動研究上，還需更多的實徵性研究，以建立可以反映科學圖文閱讀認知歷程的眼動指標。

四、研究結果

筆者依閱讀圖和文的凝視時間、文字區凝視時間、文字區回視次數、圖文之間的移動行為及不同組別 (圖組、文組和圖文組) 等面向來分析，說明如下：

1. **從閱讀圖和文的凝視時間來看：**受試對象不論是小學生、高中生或大學生，在科學圖文閱讀的歷程中，文字花費的凝視時間比圖片高。由此可知，在閱讀科學圖文的歷程中，讀者主要是以文來建立知識表徵 (王又亭, 2011；黃堯琮, 2011；Hannus & Hyönä, 1999；Hegarty, 1992；Hegarty & Just, 1993)。
2. **從文字區凝視時間來看：**王又亭 (2011) 研究指出，高分組對文字花費較多的注意力。劉嘉茹、侯依伶 (2011) 研究也

指出，高先備知識者比低先備知識者在文字區的認知處理時間更多。

3. **從文字區回視次數來看：**高分組在文字區有較多的回視次數 (王又亭, 2011)。
4. **從圖文之間的移動行為來看：**Hegarty (1992) 研究指出，受試者的眼球會在相關連續圖區及圖文之間來回移動。劉嘉茹、侯依伶 (2011) 研究指出，高先備知識者比低先備知識者在圖文之間移動次數較多。王又亭 (2011) 研究也顯示，高分組比低分組在圖文之間移動次數較多。Hannus 與 Hyönä (1999) 研究也指出，高能力學童比低能力學童，在生物教科書圖文語意對應區有較多眼球移動行為。然而 Hegarty 與 Just (1993) 的研究卻顯示，低背景知識者比高背景知識者在圖文之間移動次數較多。Holsanova、Holmberg 與 Holmqvist (2009) 對此加以說明，圖文之間轉換的眼動行為，可能反映讀者對圖文材料成功整合的效果，但也可能是整合有困難以致於不斷嘗試的結果。由此可知，王又亭、劉嘉茹與侯依伶、Hannus 與 Hyönä 的研究結果，偏向圖文之間轉換的眼動行為，是讀者成功整合圖文相關訊息；而 Hegarty 與 Just 的研究則偏向是讀者整合有困難。
5. **從不同組別來看 (圖組、文組和圖文組)：**無論背景知識高或低的讀者，圖文組在理解測驗的分數都高於單純讀圖或單純讀文的組別 (Hegarty & Just, 1993)。

肆、結語

從上述實徵研究結果整理分析中得知，眼球追蹤技術可以讓我們更了解讀者閱讀的即時性歷程。賴孟龍、陳彥樺 (2012) 指出，許多研究已經證實客觀的眼動指標能解讀受試者的認知歷程，特別是受試者的語言能力或識字能力還不足夠時，因此，當傳統的研究方法 (例如：紙筆、行為觀察) 有其限制時，眼球追蹤

技術的使用將使得研究更精確且更具客觀性。國內眼動研究尚屬起步階段，有許多議題可探討，而以特殊學生為對象的眼球追蹤研究，值得特殊教育相關學者的投入。

參考文獻

王又亭 (2011)。以眼球追蹤方法初探高中生教科書之圖文閱讀歷程與概念理解 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

莊雅筑 (2012)。運用眼球追蹤法輔助國小六年級學生不同形式科學文本閱讀效益之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，台中市。

陳學志、賴惠德、邱發忠 (2010)。眼球追蹤技術在學習與教育上的應用。《教育科學研究期刊》，55 (4)，39-68。

黃堯琮 (2011)。利用眼球追蹤技術探討科學圖文閱讀歷程與概念理解之關係 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

劉嘉茹、侯依伶 (2011)。以眼動追蹤技術探討先備知識對科學圖形理解的影響。《教育心理學報》，43，227-250。

賴孟龍 (2009)。眼球追蹤之研究。《教師之友》，50 (1)，10-12。

賴孟龍、陳彥樺 (2012)。以眼動方法探究幼兒閱讀繪本時的注意力偏好。《幼兒教保研究期刊》，8，81-96。

Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95-123.

Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static displays of mechanical systems. *Journal of Experimental Psychology: Learning,*

Memory, and Cognition, 18, 1084-1102.

Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32, 717-742.

Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: The role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 215-226.



附錄一 國內外眼動科學圖文相關研究摘要表

作者	研究對象	研究目的	閱讀材料	儀器設備	眼動指標	研究結果
王又亭 2011	31 位高一學生	使用眼動技術記錄學生對生物教科書圖文內容的閱讀歷程，並使用自編理解測驗測試學生對教科書概念的理解程度，進而討論閱讀歷程與概念理解間的關係。	高中基礎生物(上)第三單元-生命樹	FaceLab 4.5，取樣率為 60Hz。	1.總凝視時間 (Total fixation duration) 2.未凝視時間 (Total time not fixed) 3.凝視次數 (Fixation count) 4.平均凝視點時間 (Average fixation duration) 5.區域分配時間百分比 (Percent time spent in zone) 6.總凝視點百分比 (Percentage of total fixations) 7.區域內凝視時間比率 (Percent time fixated related to time in zone) 8.圖文之間移動次數 (The number of saccades) 9.文字區回視次數 (Times of regression in a text zone)	文字部份花費的凝視時間比圖片部份高。文字部份，高分組對文字花費較多的視覺注意力，也有較多的回視次數；圖片部份，高分組對理論示意圖的凝視點數較多、圖文交互閱讀次數較多。
黃堯琮 2011	27 位高一學生	使用眼動技術記錄學生教科書圖文閱讀歷程，並使用半結構式問卷測驗概念理解程度，進而探討閱讀歷程與概念理解間的關係。	高一化學課文-沉澱反應、淨離子方程式	FaceLab 4.5，取樣率為 60Hz。	1.總凝視時間 2.未凝視時間 3.凝視次數 4.平均凝視時間 5.區間內時間百分比 6.總凝視點百分比 7.區間內凝視時間比率 8.圖文之間移動次數	文字部份花費的凝視時間，比圖片部份高。閱讀科學圖片足以協助對文本概念的理解，理論示意圖會達到更關鍵的效果。
劉嘉茹、 侯依伶 2011	36 位國立大學理學院學生 (20 位大學生，16 位碩士生)	探討不同先備知識的個體在理解科學圖形過程中眼球運動的差異情形。	板塊構造運動	iView X RED，取樣率為 60Hz。	1.總凝視時間 2.凝視次數 3.平均凝視時間	高先備知識比低先備知識在文字區的處理時間更多，更傾向從文字區獲取圖形的訊息，而高先備知識也比低先備知識更企圖從文字與文字的對應及文字和板塊圖形的連結中獲得對圖形的理解。

續附錄一

作者	研究對象	研究目的	閱讀材料	儀器設備	眼動指標	研究結果
莊雅筑 2012	12位國小六年級學生	探討學童閱讀理解表現，嘗試找出其特徵因素以進行分析探究。	太陽能科技	EyeLink 2000。	1.凝視次數 2.掃視幅度 (Saccade amplitude) 3.文字區回視次數	低成就者無利用標題，促進對文本結構的認識。且無法找出閱讀關鍵區，促進對文本內容的理解。
Hegarty, M. (1992)	大學生	以靜態滑輪系統的科學圖文探討讀者推斷滑輪運動的認知歷程。	滑輪系統	eye tracker (Model RK-426)	1.眼球移動順序 2.總凝視時間 3.圖文之間移動次數 4.圖佔圖文凝視時間比例	受試者的眼球會在相關連續圖區及圖文間來回移動，也有重新凝視的情形。圖文閱讀的歷程主要由文所引導。
Hegarty, M., & Just, M. A. (1993).	大學生	探討背景知識高低的讀者，在圖和文兩種不同媒體內及兩種媒體間如何建立表徵，及圖或文對滑輪系統動態概念的眼動型態和閱讀理解測驗之異同。	滑輪系統	eye tracker (Model RK-426)	1.眼球移動順序 (Sequence of fixations) 2.總凝視時間 3.圖文之間移動次數 4.圖佔圖文凝視時間比例	無論背景知識高低的讀者，圖文組在閱讀理解測驗的分數都高於單純讀圖或單純讀文組。低背景知識者較難建構滑輪系統的心智模型，理解測驗分數較低、整體閱讀時間較長、圖文之間移動次數較多、在圖上局部審視的時間較長。在圖文閱讀的歷程主要由文所引導。
Hannus, M., & Hyönä, J. (1999)	國小四年級學童	探討圖文整合的認知歷程以及圖對閱讀理解和記憶的影響。	四年級生物教科書。	eye tracker	1.總凝視時間 2.圖文之間移動次數 3.圖佔圖文凝視時間比例 (the ratio of total fixation durations)	高能力學童比低能力學童，在圖文語意對應區有較多眼球移動，且在回憶與理解測驗表現都較好。讀圖文並置的教科書是以文為導向。