



眼動追蹤技術在閱讀障礙學生 教學上的應用

王淑惠 國立東華大學 特殊教育學系副教授

摘要

閱讀理解需要讀者從圖文中綜合相關訊息來了解內容。眼動追蹤技術可以用來了解圖文呈現方式與內容影響閱讀的認知心理歷程。本文以探究國內外眼動追蹤技術在閱讀障礙之實證研究，並針對眼動追蹤技術在閱讀相關研究與提供相關建議。

關鍵字：眼動追蹤、閱讀障礙

壹、前言

教育部通報 105 學年度學習障礙學生所有教育階段已達 31,968 人，比第二高之智能障礙學生多 9,533 人。依據我國《身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法》（2012）第十條所定，「學習障礙統稱神經心理功能異常而顯現出注意、記憶、理解、知覺、知覺動作、推理等能力有問題，致在聽、說、讀、寫或算等學習上有顯著困難者；其障礙並非因感官、智能、情緒等障礙因素或文化刺激不足、教學不當等環境因素所直接造成之結果。」精神疾病診斷與統計手冊

第五版（DSM-5）（2013）將特殊學習障礙分為閱讀障礙、數學障礙和書寫障礙。

從閱讀者的角度來看，閱讀訊息常受版面呈現的圖文訊息所牽引，學習障礙中的閱讀障礙者在文字的解碼與識字上的困難，早期可能呈現在語音區辨能力不佳。文字的解碼能力弱與識字量低造成他們運用語意訊息去判斷上下文的文章的能力較弱。Raney、Campbell 及 Bovee（2014）指出閱讀文本的難度、文字呈現的位置、文字的長度和文字出現的頻率會影響讀者對文章的理解。眼動追蹤儀可以透過閱讀時讀者的注意力分佈和眼動凝視區域了解讀者的訊息處理歷程（柯華蕙、陳明蕾、廖家寧，2005；陳明蕾、柯華蕙，2013；蔡介立，2000；Poole & Ball, 2006；Radach, Inhoff, & Heller, 2002；Rayner, 1998）。本文試從眼動追蹤相關文獻分析閱讀障礙者的眼球運動與一般生的差異，進而提供教學上的建議。

◎通訊作者：王淑惠 shuhui@gms.ndhu.edu.tw

東華特教 民 106 年 7 月

第五十七期 29



貳、眼動追蹤技術

眼動追蹤（Eye Tracking）是指通過測量眼睛的注視點的位置或者眼球相對頭部的運動而實現對眼球運動的追蹤。賴孟龍（2009）提及，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。眼動測量凝視位置及時間性指標，能反應出大腦認知系統對資訊的選擇與處理的時間。除了閱讀歷程之外，日常生活中如臉孔辨識、瀏覽網頁、欣賞畫作、及開車皆可藉由眼動儀的記錄（蔡介立、顏妙璇、汪勁安，2005）。

劉嘉茹和侯依伶（2011）指出透過眼動儀器記錄讀者的閱讀軌跡，可以更精密的了解閱讀歷程。眼動追蹤技術可提供學習者在心智表徵探究的證據，透過眼動儀器，利用精密影像攝影機和紅外線探測，來追蹤眼球位置、計算角膜角度和瞳孔變化大小，以精確計算出眼球的準確位置軌跡、注視點和注視路徑等，所得的量化科學數據，提供了更周全的證據（莊雅筑，2012）。

眼動追蹤已經應用在許多的領域，眼動追蹤可以讓我們更了解閱讀障礙者的認知與注意力的歷程，當閱讀障礙兒童的語言能力或是識字能力不足時無法直接用紙筆或是行為觀察來鑑定時，有

學者建議可以利用眼動追蹤來早期鑑定閱讀障礙學童（Benfatto, Seimyr, Ygge, Pansell, Rydberg, & Jacobson, 2016）。

參、眼動追蹤技術與閱讀障礙相關研究

一、閱讀歷程

中文字的字形與筆畫複雜會影響漢字的視認性和知覺（Cai, 2001）。莊賢智（2015）研究發現字形結構是影響漢字視認性的主要因素，漢字的不同組塊類型與字形特徵會明顯影響眼動行為，筆劃複雜度的筆劃數、節點數與筆畫密度，會直接影響眼動訊息的凝視次數與跳視幅度，並建立適當的漢字複雜度與眼動訊息模式。

曾世杰（2004）將閱讀模式分為下列三種：（一）由下而上模式（Bottom-up Models）強調解碼過程。（二）由上而下模式（Top-down Models）強調閱讀者運用先備知識、後設認知，將所閱讀到的資料加以組織、預測與領會。（三）交互模式（Interactive Models）強調背景知識理解與個別的訊息處理系統兩者相互兼容並蓄。幸曼玲（2008）指出閱讀包含兩項概述：一項是閱讀流暢性，主要是解碼的過程，其閱讀層級最低；另一項是閱讀理解，層級較閱讀流暢性高，包括先備知識、文章架構、推理能力與後設認知的檢視能力。簡郁芩與吳昭容



(2012) 指出低背景知識讀者因較無法依賴文字而較多時間經由閱讀圖來形成知識的表徵。

二、閱讀的眼動特性

蔡介立、顏妙璇及汪勁安 (2005) 利用眼動追蹤技術研究閱讀，指出凝視時間與移動距離為眼動研究用來探討閱讀歷程的主要指標。眼動追蹤技術的研究顯示在幼兒閱讀階段幼兒注意插圖的時間較文字區多很多，幾乎不看文字 (賴孟龍、陳彥樺，2012；Evans & Saint-Aubin, 2005; Evans, Saint-Aubin, & Landry, 2009)。因此，在幼兒閱讀階段圖片比文字更重要。中文是可以橫寫和直寫的文字，研究顯示中文閱讀速度橫向較直向快且橫向移動速度也較快 (Sun, Morita, & Stark, 1985; Weymouth, Hines, Acres, Raaf, & Wheeler, 1928)。蕭名字 (2014) 運用眼球追蹤系統瞭解學生閱讀文章的歷程結果發現文章編排方式、斷詞變化及文字背景色彩組合會影響閱讀。

蔡介立 (2000) 利用眼動追蹤技術研究顯示，中文使用者閱讀文句時，文字平均凝視時間約為 220-230 毫秒，平均移動距離為 2.5 至 3.3 個單字，不同於英文文字凝視時間的 250 毫秒，及每次移動距離的 7-9 個字母。中文知覺廣度為凝視點右方 3 個單字，左方 1 個單字 (蔡介立，2000；Inhoff &

Liu, 1998)。閱讀者最喜好將眼球凝視於介於單字前四分之一的字母 (White, 2008; Yang, Wang, Chen, & Rayner, 2009)。

張靜維 (2005) 以眼動控制來探討一般讀者閱讀在錯別字是否會有干擾，結果只有「音異形異」字會干擾閱讀，而音同形似、音異形似、音同形異皆沒有影響。林盈君 (2007) 以眼動儀記錄文句閱讀研究結果發現詞素意義個數少，詞義單純的情況下，語義層面的影響較小，容易彰顯鄰項個數效應，詞素意義個數多的目標詞處理狀況比較複雜，鄰項個數多的目標詞錯誤率高。葉國棟 (2006) 建議教師在編選教材時要考量中文字型種類、字距與行距；字型可用宋體、粗黑體、標楷體三種字體；閱讀速度由快到慢依序為緊縮字距 1.5pt、加註注音、加寬字距 3pt，最後為標準字距；閱讀速度由快到慢依序為行高 44pt、固定行高 28pt、單行間距，最後為固定行高 20pt。呂文耀 (2008) 探討版面圖文編排比例及圖地色彩組合對閱讀理解正確率與眼動軌跡之影響，圖地色彩組合為紅/白、紫/白、紫/黑，圖色彩漸層方式為左下至右上，會加速對個案的閱讀理解率，且個案的答題反應時間也最快速。吳培聖 (2011) 閱讀明體時的閱讀速度快於行書體；閱讀橫書時的閱讀速度快於閱讀直書。從相



關研究顯示在教材的編選上可以採用橫向編排，並考量讀者的喜好與字體顏色和大小。

三、閱讀障礙者的眼動特性

陳學志、賴惠德及邱發忠（2010）指出平均凝視時間可反應出作業對該參與者的難易程度（或所需心智資源的程度），愈困難的作業平均凝視時間就愈長；而跳視的長度則反應出訊息的密度程度，即訊息密度愈大，跳視的長度就愈短。陳學志、賴惠德及邱發忠（2010）指出對個案愈難的作業其平均凝視時間就會愈長。Chen 和 Ko（2011）以及陳明蕾和柯華葳（2013）研究結果顯示，不論是第一次連續凝視時間、重新回視的總時間或總閱讀時間皆比一般學生長。學習障礙學生與一般學生的眼動型態都是以詞為閱讀的基本單位，但是學習障礙學生詞彙處理的時間較一般學生更久。林玉霞（2014）以眼球凝視追蹤技術探討學習障礙學生在閱讀歷程發現學習障礙生在「筆劃數」、「部件數」、「字元數」中文字凝視時間高於普通學生。學習障礙生在「筆劃數」、「部件數」、「字元數」中文字閱讀表現低於普通學生。

Rayner（1998）指出閱讀困難者需要較長的凝視時間、較短的掃視、較多的凝視次數及較多的回視。德國學者比較 16 位平均 9.5 歲的閱讀障礙生

和 16 位一般孩童。結果發現閱讀障礙者相較於一般兒童除在德語的音素與字形的辨識上有困難外，對較多字母組成的字和較難的字需更久的視覺追視時間（Dürrwächter, Sokolov, Reinhard, Klosinski, & Trauzettel-Klosinski, 2010）。Vagge、Cavanna、Traverso 及 Iester（2015）研究發現閱讀障礙學生在與一般生在水平和垂直的追視並沒有不同，但在文本閱讀時有顯著差異。

整合這些文獻的結果發現閱讀障礙生在辨認文字時需較長的時間，而較多的筆劃數與部件數需更長的時間。統整國內學習障礙與眼動的相關研究如表 1。

肆、教學現場的應用

綜合文獻針對閱讀障礙者的教材編選與教學有以下的建議：

一、教材的編選宜加關鍵字及插圖

李佳昕（2013）研究顯示關鍵字字級提升及附有插圖之文章可以提高學習障礙學生閱讀意願及理解能力。游琇雯（2014）指出學習障礙生因在文字的處理不足較依賴圖所提供的訊息，因此教師為減少學習障礙生的文字訊息處理負擔可以多增加圖示或影片的補充教材提高學生對特定科學知識的理解。但要選擇與文字有高度關聯圖片，否則反而會干擾理解。

學生注意圖像較文字注意優先，



表 1
國內學習障礙與眼動的相關研究

研究者 (年代)	研究對象	研究結果
李佳昕 (2013)	國中學習障礙生 和國中普通生閱 讀不同形式的文 章之眼動歷程	關鍵字提高和插圖能吸引學習障礙生閱讀，且將整 篇文章閱讀完畢的意願提高。關鍵字及附有插圖教 材編輯模式能有效提升學習障礙生的理解能力。
陳明蕾與 柯華葳 (2013)	國小三至六年級 學習障礙生	不論是第一次連續凝視時間、重新回視的總時間或 總閱讀時間，學障生和普通生之眼動型態都受詞頻 效果的影響。
林美杏 (2014)	國小五、六年級 學習障礙生與普 通學生	學障生在閱讀「不同筆劃數」中文字、「不同部件 數」中文字、及「不同字元數」中文字時，眼球凝 視時間皆高於普通生。 學障生在辨識「不同筆劃數」中文字、「不同部件 數」中文字及「不同字元數」中文字時，平均閱讀 表現皆低於普通生。
游琇雯 (2014)	國小高年級學習 障礙學生與普通 班學生	學障生總凝視時間較長、有較多的凝視點、較多的 圖文交互次數以及回視次數交互次數以及回視次數。 學障生在科學文本的閱讀時間比普通生長，圖文交 互閱讀次數、圖區的閱讀時間和文字區的回視次數 比普通生多，但在文章關鍵區域的閱讀時間卻低於 普通生。

資料來源：研究者整理

教師在編輯教材時可多用橫排由左到右
呈現圖文內容，圖在左文在右的呈現方
式，重要的文字訊息要標示，這樣較有
利讀者閱讀重要訊息。

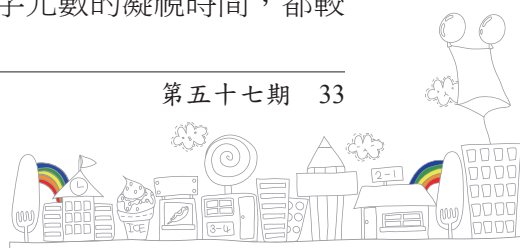
二、教材的難度應考量學生程度

教師在編選教材時宜考量閱讀障礙
學生的先備知識及識字量才能編選難易
適中的教材。閱讀內容要考量讀者對字
詞與文章的結構了解程度，才能透過文
字訊息聯結背景知識來理解文意。因此

在提供閱讀教材時難度要讓閱讀障礙學
生認得的字在 90-95% 之間，才是適合
學生的難度，讀者才可以從上下文中推
敲文意 (McCormick, 1995)。教師可
多利用插圖協助學生理解課程內容，也
可提供有聲書或多媒體教材讓學生先預
習上課內容。

三、給學生較多的等待與閱讀時間

閱讀障礙學生不論是在不同筆劃
數、部件數及字元數的凝視時間，都較



普通生來得慢，需較長的時間來閱讀訊息，對文字的視覺處理也需要更多的時間才能了解文義，因此教學規劃上除應用多感官策略及用圖片與影音解釋上課內容外，應對閱讀障礙者提問上課內容的核心問題，且應給予閱讀障礙生額外的反應等待時間，確認學生真的理解課程內容。

四、選用優質電子圖書

林欣怡（2014）研究發現國小五年級學生對「聲音及提示點導讀」數位閱讀教材最為喜歡。設計閱讀障礙學生可以透過聲音、圖片和影音來理解學習內容，優質電子圖書除有圖文及語音外，針對關鍵字詞也會加以解釋，故可以協助閱讀障礙學生以自己的速度和透過多感官方式學習新知。在語音播放時若同時標示正在唸讀的字詞有助於閱讀障礙者對文字和語音的連結，針對不懂的部分重覆播放也可加強對學習內容理解。

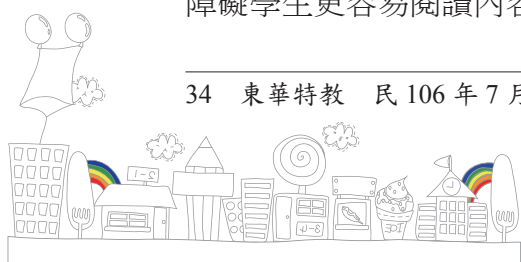
伍、結語

眼動追蹤技術讓我們更了解閱讀障礙者閱讀的眼動歷程與閱讀偏好。閱讀障礙學生常因識字解碼能力較差需較多的時間來閱讀文本，教師可透過選擇難易適中的教材內容，在教材編選的每段開頭給予適當標題，考量文字大小、版面配置、關鍵字及插圖，可以協助閱讀障礙學生更容易閱讀內容。

參考文獻

一、中文部分

- 呂文耀（2008）。圖文編排比例及圖地色彩組合之閱讀效應：眼動軌跡之分析（未出版之碩士論文）。銘傳大學，臺北市。
- 李佳昕（2013）。運用眼動儀探討學習障礙生閱讀不同教材編輯模式之研究（未出版之碩士論文）。中原大學，桃園市。
- 吳培聖（2011）。以眼動追蹤法探討電子書文字編排易讀性研究（未出版之碩士論文）。中國文化大學，臺北市。
- 幸曼玲（2008）。閱讀的心理歷程與閱讀教學。《教師天地》，154，4-8。
- 林盈君（2007）。中文詞彙辨識的鄰項個數效應：詞彙辨識作業與文句閱讀的眼動研究（未出版之碩士論文）。國立陽明大學，臺北市。
- 林美杏（2014）。以眼動凝視探究國小學習障礙學生中文字之詞長效果（未出版之碩士論文）。國立嘉義大學，嘉義縣。
- 林欣怡（2014）。眼動追蹤技術運用於國小五年級數位閱讀教材設計原則之研究（未出版之碩士論文）。國立臺北教育大學，臺北市。
- 柯華蕙、陳明蕾、廖家寧（2005）。詞頻、詞彙類型與眼球運動型態：來



- 自篇章閱讀的證據。中華心理學刊，47（4），381-398。
- 張靜維（2005）。從眼動資料探討字形與聲旁在篇章閱讀的效果（未出版之碩士論文）。國立中央大學，桃園市。
- 莊雅筑（2012）。運用眼動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，臺中市。
- 莊賢智（2015）。以眼動追蹤法探討漢字字形複雜度與視認性之研究（未出版之博士論文）。國立成功大學，臺南市。
- 陳明蕾、柯華葳（2013）。學習障礙兒童線上閱讀歷程：來自眼球移動的證據。特殊教育學刊，38（3），1-23。
- 陳學志、賴惠德、邱發忠（2010）。眼動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。
- 曾世杰（2004）。聲韻覺識、唸名速度與中文閱讀障礙。臺北市：心理。
- 游琇雯（2014）。以眼動型態探討國小學習障礙學生在不同型式科學文本閱讀效益之研究（未出版之碩士論文）。國立嘉義大學，嘉義縣。
- 葉國棟（2006）。中文字型種類以及字距與行距對國小六年級學童閱讀速度之影響（未出版之碩士論文）。國立臺中教育大學，臺中市。
- 臺灣精神醫學會（2014）。DSM-5 精神疾病診斷準則手冊。新北市：合記。
- 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。
- 蔡介立（2000）。從眼動控制探討中文閱讀的訊息處理歷程：應用眼動誘發呈現技術之系列研究（未出版之博士論文）。國立政治大學，臺北市。
- 蔡介立、顏妙璇、汪勁安（2005）。眼球移動測量及在中文閱讀研究之應用。應用心理研究，28，91-104。
- 蕭名字（2014）。運用眼球移動追蹤法探討弱勢家庭學生閱讀效率與教材排版關係之研究（未出版之碩士論文）。中原大學，桃園市。
- 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。



簡郁芩、吳昭容 (2012)。以眼動型態和閱讀測驗表現探討箭頭在科學圖文閱讀中的圖示效果。中華心理學刊, 54 (3), 385-402。

二、英文部分

Benfatto, M., Seimyr, G., Ygge, J., Pansell, T., Rydberg, A. & Jacobson, C. (2016). Screening for dyslexia using eye tracking during reading. *PLoS One*, 11(12) doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0165508

Cai, D. (2001). *The application of image descriptors to the assessment of the legibility for characters*. Unpublished doctoral dissertation, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan.

Chen, M., & Ko, H. (2011). Exploring the eye movement patterns as Chinese children reading texts: A developmental perspective. *Journal of Research in Reading*, 34(2), 232-246.

Dürrwächter, U., Sokolov, A. N., Reinhard, J., Klosinski, G., & Trauzettel-Klosinski, S. (2010). Word length and word frequency affect eye movements in dyslexic children reading in a regular (German) orthography. *Annals of*

Dyslexia, 60(1), 86-101.

Evans, M. A., & Saint-Aubin, J. (2005). What children are looking at during shared storybook reading Evidence from eye movement monitoring. *Psychological Science*, 16(11), 913-920.

Evans, M. A., Saint-Aubin, J., & Landry, N. (2009). Letter names and alphabet book reading by senior kindergarteners: An eye movement study. *Child Development*, 80(6), 1824-1841.

Inhoff, A. W., & Liu, W. (1998). The perceptual span and oculomotor activity during the reading of Chinese sentences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24(1), 20-34.

McCormick, S. (1995). *Instructing students who has literacy problem*. Englewood Cliff, NJ: Prentice-Hall.

Poole, A., & Ball, L. J. (2006). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 211-219). Hershey, Pennsylvania: Idea Group.

Radach, R., Inhoff, A., & Heller, D.



- (2002). The role of attention and spatial selection in fluent reading. In E. Witruk, A. D. Friederici, & T. Lachmann (Eds.). *Basic functions of language, reading, and reading disability* (pp. 137-153). Dordrecht, the Netherlands : Kluwer Academic.
- Raney, G. E., Campbell, S. J. & Bovee, J. C. (2014). Using eye movements to evaluate the cognitive processes involved in text comprehension. *Journal of Visualized Experiments*, 83 : 50780. Published online 2014 Jan 10. doi: 10.3791/50780
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
- Sun, F., Morita, M., & Stark, L. W. (1985). Comparative patterns of reading eye movement in Chinese and English. *Perception & Psychophysics*, 37(6), 502-506.
- Vagge, A., Cavanna, M., Traverso, C. E., Iester, M. (2015). Evaluation of ocular movements in patients with dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 65(1), 24-32.

