

不同閱讀能力學童閱讀科學圖文的理解與歷程

楊忠璇¹、吳昭容^{2*}

^{1,2} 國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系

*cjwu@ntnu.edu.tw

科學文本是學習科學概念與原理的重要管道，而圖示常能傳達文字說明所無法完整表達的訊息，例如 DNA 的雙螺旋結構、磁力線、大氣氣壓或生物構造等(Hannus & Hyönä, 1999; Martins, 2002)。然而，學生閱讀科學圖文時會花多少時間閱讀圖示？讀得懂嗎？

關於科學圖文閱讀的研究，Mason、Pluchino、Tornatora 與 Ariasi(2013)發現高中生讀圖時間比例約 10%，Hannus 和 Hyönä(1999)發現四年級學童不論推理能力高低其讀圖時間比例約 6%左右，但各類測驗表現上，高推理能力的學童表現明顯優於低推理能力者。張菟真和辜玉旻(2011)以放聲思考研究六年級學童的閱讀策略發現，使用讀圖策略的人次相當少，其中高閱讀能力的學童較能找到文本中與圖示相對應的訊息，或者注意到圖內的細節以幫助理解。上述文獻顯示國小到高中的學生閱讀科學圖文的大部分時間是在閱讀文字，讀圖的時間比率較成年人的 20%(簡郁芬、吳昭容，2012)來的低。

本研究以文本測驗評估閱讀效益，以閱讀時間評估閱讀效率，並且以眼球追蹤技術的凝視時間進一步探討，不同閱讀能力的學童在科學圖文的(1)閱讀效益有何差異？(2)閱讀效率有何差異？(3)閱讀科學圖文時，讀圖、讀文時間，及比例有無差異？

一、研究方法

受試者來自台北市一所國小的六年級，先從 143 名學童排除閱讀困難者，再選出不同閱讀能力學童參與科學圖文閱讀與眼動實驗。測驗的有效樣本高、中閱讀能力組分別為 16 和 17 名，眼動資料有效樣本螢火蟲 31 名、熱氣球 30 名、呼吸作用 29 名。

實驗材料包括文本與測驗題。文本是自編的三篇科學圖文，主題為螢火蟲的發光原理、熱氣球的升空原理，以及呼吸作用的歷程。每篇均有圖示，文字在左、圖示在右(如圖 1 左)。每一文本搭配 9 或 10 題測驗題，題型包括選擇題或是非題，內容分為**文本題**、**理解題**，以及訊息僅出現在圖示的**圖示題**。本文與測驗題經多次預試與修改，並經一名科學教育博士生背景的國小老師審查修訂，本研究受試學童對三篇文本難度的 6 點評分，平均為 2.97 至 3.51 分，顯示文本難度適切。

研究工具包括測驗與眼動儀。閱讀理解篩選測驗(柯華葳、詹益綾，2007)旨在篩選閱讀困難者，本研究使用國小六年級複本 A 卷，滿分 30 分，其內部一致性係數為.80，再測信度係數為.85，效度方面可區辨不同年級與不同閱讀能力者的表現。眼動追蹤系統採用 Tobii X120，使用 Tobii-Studio 軟體(2.2 版)蒐集眼動資料，呈現實驗材料的螢幕為 19 吋，解析度為 1027*768 的像素(pixels)。受試者的頭部不需固定，頭部可自由移動的範圍是 30*22*30，並與 Tobii X120 的距離約為 70 公分。實驗料為全螢幕呈現，其中文區約 19 公分×15 公分，圖區約 12-17 公分×10 公分。整個實驗材料約涵蓋水平視角 30 度，垂直視角 24 度。

研究程序包括兩階段。團測篩選階段：學童在原班接受閱讀理解篩選測驗，約 30 分鐘，排除閱讀困難者(即全國常模 PR25，14 分以下)之後挑出高、中能力者各 20 名進

臺灣的晚春可以發現螢火蟲的蹤跡。它們生活在陰暗潮濕的環境中，喜歡在晴天、溫暖、無風的夜晚活動。

螢火蟲的光芒來自腹部的發光器，是由發光細胞、反射細胞、氣管和神經所組成。發光細胞有螢光素和螢光酵素。氣管提供了發光過程所需要的氧氣。神經則傳遞與發光有關的訊息。

螢火蟲腹部的表面有氣孔，空氣會從氣孔，經由氣管，到達發光細胞。神經傳遞訊息，通知發光細胞中的螢光酵素開始作用，使螢光素和氧氣進行化學反應。這種作用所產生的能量，只有少部分變成熱，多數是以光的形式釋放。因此，螢火蟲的光被稱為「冷光」。

反射細胞可以使螢火蟲的光更明亮。如果將螢火蟲的發光器比喻成汽車的車燈，發光細胞就像是燈泡，是真正發光的部位，而反射細胞就像是反光罩，可以將發光細胞所發出的光集中反射出去，使光芒變得明亮。

螢火蟲一生只有一兩週的時間藉由發光來尋求配偶。隨著交配、產卵，完成繁殖下一代的任務，它們的生命也走到了盡頭。

1. 文本題

() 2. 螢火蟲的光芒被稱為「冷光」，是因為

- ① 螢火蟲的光不變。
- ② 螢火蟲發出的是藍色的光芒。
- ③ 螢火蟲大多在夜晚最冷的時候出現。
- ④ 螢火蟲的光芒可以使露水結冰。

2. 理解題

(3) () 空氣會由螢火蟲的鼻孔進入氣管到達發光細胞。

3. 圖示題

(7) () 發光細胞靠近腹部的表面，而反射細胞則比較遠離表面。

圖 1 實驗材料與測驗題目類型，以螢火蟲文本為例

行下一階段。個別眼動實驗階段：受試者經指導語說明且眼球校正無明顯偏移後，進行練習程序，包含閱讀練習文本一篇與紙本測驗題。正式實驗同練習程序，三篇文本順序為隨機呈現。為求與自然閱讀情境相近，文本閱讀和作答不限時，個別實驗約 30 至 40 分鐘完成。完成閱讀實驗的 16 名高能力者的閱讀理解篩選測驗分數平均為 28 分、17 名中能力者平均為 18 分；眼動資料排除單篇文章總凝視次數小於 60 或閱讀時間低於 1.5SD 者，三篇分別刪除 2、3、4 人。

二、結果與分析

表一呈現兩組閱讀能力學童閱讀三篇文本的理解表現平均數與標準差。分就三篇文本的總分進行高、中兩組的獨立樣本 t 檢定，高閱讀能力組在螢火蟲、熱氣球總分正確率顯著高於中閱讀能力組， $t(31) = 2.68; 2.63, ps < .05$ 。細究三種題目類型可發現在文本題和理解題方面，各有一篇文本的高能力組顯著高於中閱讀能力組 ($ps < .05$)，其它比較雖未顯著，但趨勢仍符合高閱讀能力組表現較佳的預期。至於圖示題方面，兩篇文本均未顯著，甚至有一篇的趨勢與預期相反。

表一 兩組閱讀能力學童在各篇文本測驗題的正確率(%)平均數與標準差

	螢火蟲 (31)		熱氣球 (30)		呼吸作用 (29)		總平均
	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力	
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
文本題	83 (22)	68 (23)	84 (18)	60 (29)	83 (19)	75 (24)	76 (17)
理解題	64 (24)	45 (17)	75 (20)	69 (14)	73 (28)	59 (31)	63 (16)
圖示題	63 (50)	88 (33)	38 (50)	35 (49)	---	---	56 (35)
總分	71 (14)	58 (14)	75 (16)	61 (14)	78 (18)	68 (23)	68 (14)

註：平均數以粗體字呈現者，表示兩組正確率之間有顯著差異， $p < .05$

三篇文本在閱讀時間（指文本呈現到受試者按鍵使文本消失、題目呈現的時間）上都在 90 秒左右，見表二，獨立樣本 t 檢定的結果顯示兩組在閱讀三篇文本上的時間並沒有顯著差異 ($ps > .05$)。

表二 兩組閱讀能力學童在閱讀時間上的平均數與標準差

	螢火蟲 (31)		熱氣球 (30)		呼吸作用 (29)	
	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>				
閱讀時間	91.66 (33.14)	91.50 (33.55)	83.46 (56.33)	89.45 (34.40)	102.72 (34.02)	91.75 (24.86)

表三呈現兩組閱讀能力學童閱讀三個文本的三種眼動指標：圖區總凝視時間 (fixation duration, FD) 是落入圖示區域所有的凝視點時間加總，文區亦同；圖區佔總凝視時間 (total fixation duration, TFD) 比例則是圖區總凝視時間除以圖文兩區總凝視時間的加總。圖區 FD 平均約是 2.74 至 9.37 秒，以獨立樣本 *t* 檢定結果，兩組學童閱讀圖區的時間差不多。其次，在文區的總凝視時間大約是 61.29 至 74.56 秒，不同閱讀能力的學童在文區的總凝視時間雖未達顯著差異，但可以看到高閱讀能力平均讀文的時間較中能力多出了 7 到 14 秒，未顯著的原因是學童凝視時間的變異過大所致。最後，圖區占 TFD 的比例上，兩組學童間並未有顯著差異，但從描述統計上可以看到高閱讀能力的學童在圖區占 TFD 的比例上略低於中閱讀能力的學童，原因在於高閱讀能力組在文區的凝視時間較長，造成整體總凝視時間也較長，降低圖區凝視時間所占的比例。

表三 兩組閱讀能力學童在各篇的眼動指標平均數與標準差

	螢火蟲 (31)		熱氣球 (30)		呼吸作用 (29)	
	高能力	中能力	高能力	中能力	高能力	中能力
	<i>M (SD)</i>					
圖區 FD(秒)	5.10(5.89)	5.06(5.05)	2.74 (3.34)	2.91(2.81)	9.37(6.92)	7.90(7.22)
文區 FD (秒)	68.17(30.71)	61.29(33.78)	69.66 (27.44)	61.91(36.91)	74.56(28.39)	60.04(26.72)
圖區占 TFD(%)	5.80(5.01)	7.85(6.51)	3.57 (3.94)	5.18(5.81)	10.60(6.16)	11.29(7.84)

三、討論與建議

在閱讀理解方面，由於本研究受試者排除閱讀困難的學童，兩組學童閱讀能力上的差異較小，所以科學圖文閱讀理解的組間差異不似文獻上的顯著，然而正確率的整體趨勢多半符合預期，亦即高閱讀能力者的正確率較高。唯題目訊息僅出現在圖示的圖示題，出現高閱讀能力者的正確率較低的現象，可能因為兩篇的圖示題都僅一題是非題，易受猜測率的影響，但也不能排除高閱讀能力者讀圖能力未必較高的可能性。

在閱讀效率方面，本研究中、高閱讀能力的學童閱讀科學圖文的時間差不多，而文獻上多半顯示高能力的學童其閱讀效率較佳(Hannus & Hyönä, 1999; Mason, Tornatora, & Pluchino, 2013)，此一歧異的結果應來自閱讀效率指標的不同。前述文獻分別以每分鐘的閱讀字數以及第一次看完全文的時間當作閱讀效率的指標，本研究則採整體閱讀時間，可能高閱讀能力學童閱讀速度較快，又有意願重覆閱讀，使得整體閱讀時間無法適當反

映效率。後續分析會將閱讀時間切割成更細的單位，例如改以每分鐘的閱讀字數或者以時間軸為單位，可能更可釐清不同閱讀能力者於閱讀歷程各階段中的效率表現。

從讀圖、讀文的凝視時間與讀圖比例來看，兩組學童表現沒有顯著差異。讀圖時間都很短，僅3至9秒，比例也很低，約4至11%，此結果與文獻相符(Hannus & Hyönä, 1999; Mason et al., 2013)，顯示國小到高中學生閱讀科學圖文時，大部分的時間是在閱讀文字。雖然兩組學童在圖區 FD 與文區 FD 均未顯著，但從描述統計資料看來，高閱讀能力學童讀文的時間比中閱讀能力者多花了約10秒，顯示高閱讀能力者即使有較流暢的閱讀速度，仍以多讀文來提升對科學圖文的理解。學童閱讀圖的時間如此少，是否能理解圖上的細部內容？由於本研究圖示題非常有限，純從測驗表現很難下定論。後續將從眼動資料分析學童的凝視點是否會落在某些關鍵區域，以瞭解學童是否會讀取圖示中較重要的訊息。

關鍵字：科學圖文、閱讀理解、眼動追蹤

誌謝：感謝國科會(計畫編號：NSC 101-2511-S-003-015)的經費贊助。