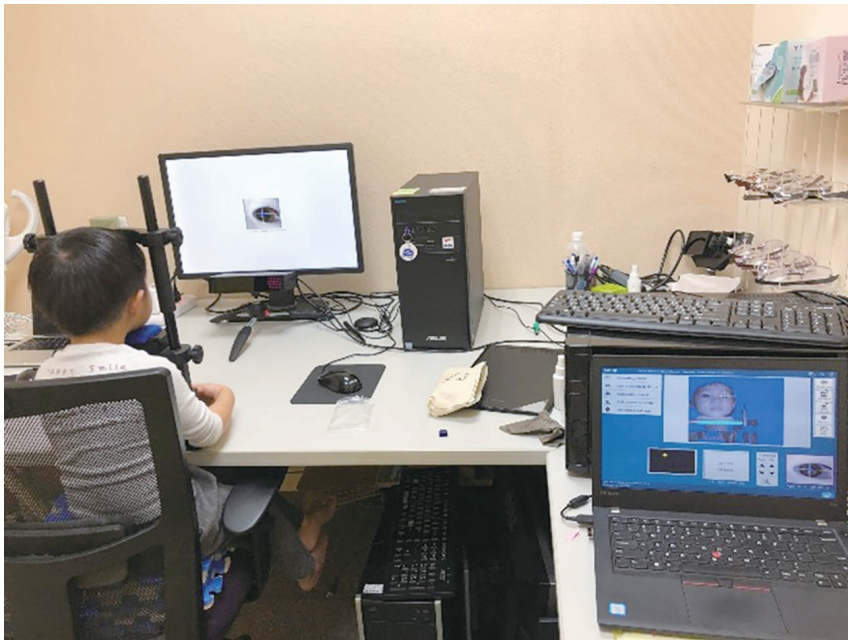


從「看」到「學」：應用眼動儀 開啟跨領域教育研究的新篇章

簡郁芬*

一、前言：當「眼睛」成為研究的窗口

近年來，人文與社會科學的研究正展現強烈的跨領域趨勢。隨著科技日新月異，各式認知科學儀器陸續被引進教育研究，試圖突破傳統教學與學習分析的侷限。眼動儀（Eye-tracker）（見圖一）便是其中極具代表性的工具之一。它能即時捕捉受試者的視線落點與移動路徑，讓研究者更深入洞察閱讀、解題及互動學習等多面向的心理認知歷程。



圖一：眼動儀（筆者攝影）

* 國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系特聘教授

在過去，研究者多透過訪談、觀察或紙筆測驗來了解學習者的想法與模式。然而，人類思考層面複雜，且言語表達可能受到主觀偏差、記憶失誤或社會期許的影響，導致訪談內容與實際思維歷程之間出現落差。這種狀況使教育研究在解釋學習行為時，常常只能依賴事後推測，難以準確掌握學習者在當下的注意力分配與思考轉折。

在此背景下，眼動儀的出現可說是一大突破。經由即時監測受試者的視覺聚焦位置、眼動模式（例如凝視時間、注視序列、視線移動速度）與視線路徑，研究者能更精準地重建認知歷程。這些客觀數據也能結合問卷、訪談、作業表現等多元評量，彼此驗證並互相補足，帶來對學習者更全面的理解。就教育領域而言，這種「看」與「想」的行為軌跡分析，不僅能幫助研究者找出教學與學習間的潛在問題，也為教學者提供課程設計調整的參考依據。

二、眼動儀原理：從光學追蹤到大數據分析

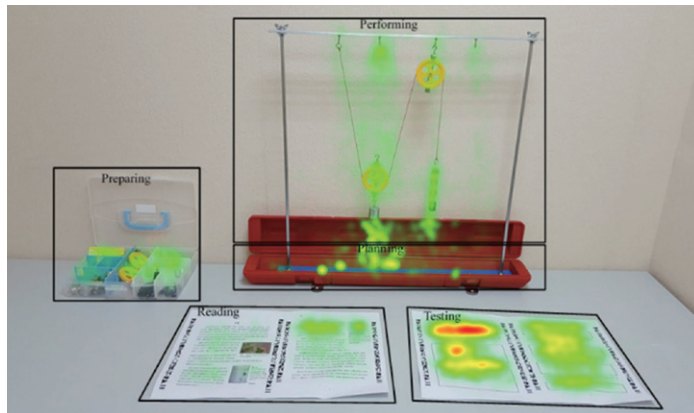
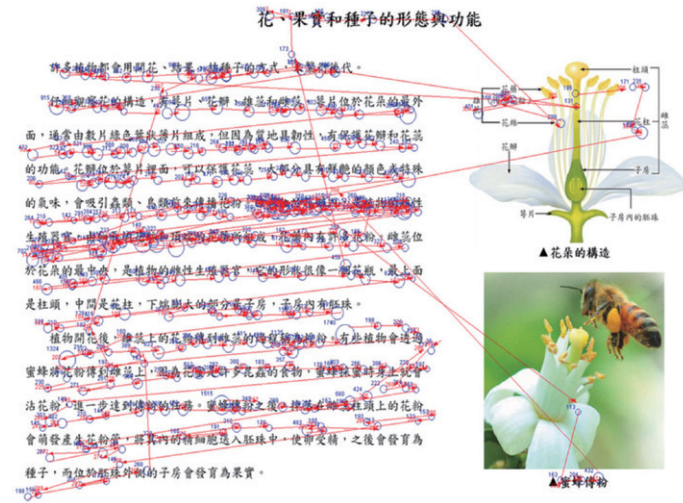
眼動儀的核心原理，是透過光學或紅外線技術，偵測使用者眼球與瞳孔的反射，再進行運算，取得「看哪裡、看多久、看完後移向何處」等連續資訊。這些關鍵指標（如注視點、注視時長、掃視頻率）和學習者的注意力分配、理解過程有著密切關係。經由後續數據分析，研究者得以進一步推斷學習策略或可能遇到的學習困難。

最早的眼動研究可追溯到十九世紀後期，但當時的儀器龐大且技術受限，研究範圍與樣本量皆極為有限（Wade & Tatler, 2005）。自二十世紀後半葉起，電腦運算技術與感測器材陸續進步，使得眼動儀體積顯著縮小、精準度也不斷提升。再加上二十一世紀以來，快閃記憶體、影像感測技術與高速運算晶片的蓬勃發展，促使商業化的眼動儀不但更加輕巧，也更容易整合到不同情境應用中。它除了在早期閱讀心理學的基礎研究中占有一席之地（Rayner, 1998），現在更廣泛應用於教育現場，甚至各式情境模擬。

近年研究顯示，眼動分析已逐漸走向真實或近真實的教學環境。例如，Jian（2022a）探討紙本科學文本閱讀的眼動數據，指出紙本與數位閱讀之間可能有不同的認知策略；Jian 等人（2024）更進一步將眼動儀用於學生操作科學儀器（實際動手與電腦模擬實驗）的學習歷程。這些研究凸顯出眼動儀在教育與認知科學上的廣泛且深入的應用潛力。

現今的眼動儀，每秒可多次（從數十次到上千次不等）追蹤使用者的瞳孔位置，產生龐大的視線軌跡（scanpath）與注視熱點圖（fixation map）（如圖二）。這

些微觀資料能以毫秒 (ms) 為單位呈現學習者視覺焦點的動態變化；若再搭配行為表現 (例如答題正確率、反應時間)、訪談內容或系統後臺操作紀錄等多元訊息，研究者便能在量化與質化兩方面，同步探索並理解學習者的內在歷程。這些不同面向的線索，如同一組拼圖，能幫助研究者更完整地掌握受試者如何處理資訊、如何形成概念。



圖二：上圖為眼動的軌跡 (引自 Jian, 2018)、下圖為眼睛注視的熱區圖 (引自 Jian, 2022b)

三、從跨領域視角切入：教育研究的新可能

在教育研究中，眼動技術受到關注的理由，除了能記錄「看」的軌跡外，更能捕捉「注意力」隨時間的轉移，而注意力正是影響學習效果的關鍵。以下簡要介紹幾個利用眼動儀的主要研究領域，以及它們所帶來的發展契機。

(一) 數位閱讀

隨著平板電腦、電子書和線上閱讀平臺的普及，閱讀模式正不斷數位化。與傳統紙本閱讀相比，數位閱讀環境中常伴隨更多超連結、圖片或多媒體資源，使閱讀路徑更為複雜。倘若只以閱讀測驗或問卷來評估，往往難以反映讀者在閱讀當下的細部注意力分配與思考過程。若能配合眼動儀，研究者可即時記錄讀者在閱覽文字、圖片或超連結時的視線分布，甚至還可整合點擊率與滑鼠移動資訊。利用量化的注視數據，能更深入了解讀者遇到艱深概念時的應對策略，例如：是否快速跳過？是否反覆回頭閱讀上下文？是否會額外查閱註解或相關連結？這些行為模式的差異，可能與讀者的母語背景、閱讀速度、自主學習動機等變項相關，也可能受文章題材的熟悉度所影響。若研究者能掌握不同讀者在閱讀過程中的目光分布與停留區域，便能設計更有效的教學材料，或在電子書中提供即時提示，協助學生理解困難概念。

(二) 語言學習

眼動儀在語言學習研究中的價值也不容忽視。例如，外語學習者可能面臨截然不同的字母系統與句法結構。透過眼動追蹤可觀察學習者在閱讀外語文本時，針對生字、特殊文法或片語的注意力分配，例如：看到不熟悉的字詞時是否停留更久？是否透過上下文線索推敲詞義？同時，不同字體（正體字、簡體字、羅馬字母）在字形與字序上具有顯著差異，眼動技術可進一步比較這些字體對學習者認字與理解的影響，作為語言教學或教材編寫的參考依據。此外，若學習平臺能即時整合眼動數據，或許可在系統偵測到學習者對某段內容停留過久時，主動提供提示或釋義，提高學習效率。

(三) 視覺藝術與博物館教育

在美術教育、藝術欣賞與博物館導覽研究中，眼動技術提供了全新的探索維度。觀眾在欣賞藝術作品時，往往將視線集中於某些部分（例如作品中最亮的區域、主角臉部、或強烈色彩對比處），有些次要元素或背景細節則可能遭到忽略。然而，這些被忽略的元素，往往包含了藝術家隱含的象徵或更深層的意涵（Brieber, Nadal, Leder, & Rosenberg, 2014）。若將眼動儀運用於藝術欣賞課堂或博物館展廳，研究者可取得觀眾在觀賞作品時的視線分布與停留時間，並搭配問卷或訪談，了解觀眾對作品的主觀感受或理解深度。如此一來，教育者或策展人便能有的放矢地安排作品陳列位置、燈光配置、旁白註解，甚至可採用更直覺且互動式的展示方式，以引導不同類型的觀眾都能體驗到作品所蘊含的豐富意義。

(四)其他領域的跨域應用

事實上，眼動研究也應用於更多元的教育場域。例如在數理解題與程式設計的教學中，研究者可透過眼動分析學生遇到關鍵步驟時的凝視模式，找出學生在哪些環節特別困惑；或在教學互動研究中，記錄教師在講解時的視線及教具使用方式，檢驗教師是否成功吸引學生注意力並加深學習印象。這些研究都能更深入地呈現教與學的互動細節，提供教育研究者、課程設計者寶貴的第一手資訊。

四、技術整合與未來發展：虛實融合的學習情境

近年來，虛擬實境（VR）和擴增實境（AR）等沉浸式技術快速成熟，帶動教育研究進入虛實融合的新階段。市面上許多高階 VR 頭戴裝置已內建眼動追蹤功能，研究者可在完全虛擬或半虛擬的環境中觀察學習者的視線焦點。以化學實驗為例，虛擬實驗室可讓學生在安全且可控的條件下進行各種操作；研究者則可同步記錄學生在實驗步驟中的視覺停留與注視順序，以判斷他們對實驗流程及原理的理解程度。此類沉浸式技術結合眼動分析，不僅突破空間與時間的侷限，也展現出高度可塑性，例如：

1. **可即時操控變項**：能快速改變展示物品的位置、顏色或大小，以檢驗不同教學設計對學習者注意力的影響。
2. **多重訊號整合**：結合腦電波（EEG）、心率變化（HRV）或其他生理訊號，能從認知與情緒兩方面了解學習者在交互過程中的體驗。
3. **大型數據蒐集**：在虛擬環境中，系統可細緻地記錄使用者的每一步操作與反應時間，再結合大數據分析找出共通模式或個體差異。

這些新技術的應用潛力相當可觀，也顯示教育研究正朝著精細化與多維度的方向邁進：從過去只看最終成績的「事後評估」，轉向深度挖掘學習過程的「歷程追蹤」，進而實現更精準的問題診斷與個人化教學方案。

五、結語：跨領域的教育研究新視野

認知科學儀器的迅速發展，為人文與社會科學研究帶來了全新的方法與視角。眼動儀作為其中的重要利器，能將人類「看」與「想」的過程量化並可視化，讓研究者更細緻地解析閱讀、解題、藝術欣賞、科學實驗等教學情境中，以往難以捕捉的注意力分配與思維轉折。未來，隨著虛擬實境、擴增實境及人

工智慧等技術不斷進步，眼動儀的應用範圍勢必更加擴大，為研究者帶來更高解析度與更複雜場域的研究機會。

如果在推動這項新興研究的同時，也能兼顧個人隱私與數據倫理，並積極與國際社群合作交流，眼動研究的知識價值勢必更加深遠。對臺灣的人文與社會科學領域來說，這不僅帶來理論與實務並進的發展，也可能成為研究能量邁向國際的重要驅力。期望更多研究者與教育工作者能投入，善用大數據與認知科學的優勢，在「看」與「學」之間開創更深刻、多元的對話，攜手推動跨領域教育研究的嶄新篇章。

參考文獻

- Brieber, D., Nadal, M., Leder, H., & Rosenberg, R. (2014). Art in time and space: Context modulates the relation between art experience and viewing time. *PLoS ONE*, 9(6), e99019.
- Jian, Y. C. (2022a). Reading in print versus digital media uses different cognitive strategies: Evidence from eye movements during science-text reading. *Reading and Writing*, 35, 1549-1568.
- Jian, Y. C. (2022b). Influence of science text reading difficulty and hands-on manipulation on science learning: An eye-tracking study. *Journal of Research in Science Teaching*, 59, 358-382.
- Jian, Y. C. (2018). Reading instructions influence cognitive processes of illustrated text reading not subject perception: An eye-tracking study. *Frontiers in Psychology*, 9, 2263.
- Jian, Y. C., Cheung, L. Y. T., Wu, Y. J., Yang, F. Y., & Chiou, G. L. (2024). Eye movements in the manipulation of hands-on and computer-simulated scientific experiments: An examination of learning processes using entropy and lag sequential analyses. *Instructional Science*, 52, 109-137.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
- Wade, N. J., & Tatler, B. W. (2005). *The moving tablet of the eye: The origins of modern eye movement research*. Oxford: Oxford University Press.