

## 壹、前言

對於 1 位學生在學習當下的認知歷程，過去傳統方法是透過「晤談」(interview) 或「放聲思考」(think aloud) 等方法加以推測，然而，此種策略不但容易受記憶偏誤的影響，亦有可能無法真實反映出個體未意識到的內在認知歷程，此外，個體會傾向社會期許的方向反應。因此，內省的正確性、社會期許的問題等皆會限制測量的結果 (Perugini & Banse, 2007)。後來隨著速示器 (tachistoscope)、電腦實驗軟硬體的發達，學者開始使採用唸名作業 (Naming Task)、字彙判斷作業 (Lexical Decision Task, LDT) 等派典 (paradigm)，以「反應時間」(reaction time) 及「正確率」(correct rate) 的測量，來間接推論個體內在的心智表徵與歷程，研究獲致了相當豐碩的成果。然而，上述作業無法完整記錄個體的訊息處理歷程，故有其限制性。

學界近來發展的眼動追蹤 (eye movement monitoring) 技術則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的議題 (如眼動的特性、知覺廣度及訊息整合等)，以及用眼動記錄的資料來檢驗不同認知作業下之認知歷程 (Rayner, 1998)。因此，以眼動記錄的方式來探討個體在閱讀、解題、教學材料的處理及問題解決時的認知歷程，應為可行之方法。

人類的認知訊息處理歷程中有 80% 以上的訊息是由視覺獲得，眼球運動也是認知過程中最為重要的感官訊息來源 (Sanders & McCormick, 1987)。雖然眼球運動資料如此重要，然而，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，也無法掌握眼動細微的變化，因此，很難累積及提供令人信服的研究。不過，二十世紀後，學界開始利用眼睛的各種特性來記錄眼球運動的方式，如電的特性、眼睛形狀、光的特性或直接接觸眼球的方式等。隨著科學的進步，使得追蹤眼球運動的技術更加先進、也更多元化。現今眼球追蹤技術為利用圖像處理技術，運用能夠鎖定眼睛的特殊迷你攝影機，透過捕捉從人的眼角膜和瞳孔反射出來的紅外線，連續記錄眼球變化，從而記錄並分析眼球追蹤過程。使得近幾十年眼動研究開始蓬勃發展，也累積相當可觀的成果。

目前眼球追蹤儀被廣泛使用在神經科學、心理學、工業工程、人因工程、行銷／廣告、電腦科學等領域 (Duchowski, 2002)，其中在心理學領域中，主要是用在閱讀 (reading) (柯華葳、陳明蕾、廖家寧, 2005; 蔡介立, 2000; Radach, Inhoff, & Heller, 2002; Rayner, 1998)、圖像知覺 (scene perception) (Rayner, Smith, T., Malcolm, & Henderson, 2009)、問題解決 (problem solving) (Knoblich, Ohlsson, & Raney, 2001)、聽覺語言處理 (auditory language processing) (Sussman, Campana, Tanenhaus, & Carlson, 2002)、注意力 (attention) (Kowler, Anderson, Doshier, & Blaser, 1995) 及其他訊息處理主題上。其中使用最多的是在閱讀，也對人類閱讀學習提供相當多的貢獻。

在圖像認知處理的研究方面，Loftus（1981）發現凝視圖片可登錄圖片訊息，因此凝視愈久，愈多的訊息被登錄，對圖片的再認效果也較好。Rayner 與 Pollatsek（1992）也發現圖片的整體訊息在最初的凝視就已經被登錄，因此，我們對整體知覺再認會好於局部知覺再認。此外，也有研究開始蒐集及分析參與者在自然環境中的眼動資料，如在泡茶時、準備食物等（Land & Hayhoe, 2001; Land, Mennie, & Rusted, 1999），也就是傾向在自然環境下來研究參與者的眼動反應。此外，眼動儀在其他訊息處理的研究也相當多元及豐富，包括：一、數學、數字閱讀及問題解決；二、雙重任務情境；三、臉部知覺；四、腦傷；及五、動態情境，如開車、射籃、打高爾夫、桌球、棒球等。

綜合上述，國外透過眼動追蹤的技術，已經在各個領域累積相當多的成果，場域從實驗室到自然環境，感官從視覺到聽覺、聽覺雙重路徑，內容從文字到圖像，皆可包含在內。因此，若能應用眼動追蹤技術在學習與教育各不同主題上，將對教育與學習相關領域理論與實務的發展有相當多的助益。植基於以上認識，本文目的在回顧並介紹眼球追蹤技術的發展、原理以及其在學習與教育場域上的可能應用，俾利拋磚引玉，吸引更多的研究者與教學實務工作者共同參與，能有更多更好的研究開花結果，期能繼續提升我國的學習與教育品質。

## 貳、眼球追蹤的歷史發展與原理

眼睛是靈魂之窗，也是人類最重要的知覺器官。正常人的學習過程，主要是依賴經由眼球所進入大腦的訊息，故而眼睛的移動軌跡提供吾人瞭解學生學習歷程及困難的一個重要的途徑。從一個世紀以前，科學家便對人類的眼球移動產生高度的好奇。

依 Rayner（1998）的回顧，他認為眼球追蹤的研究，至二十一世紀前共經歷了三個階段。第一階段的研究可以追溯至 1879 年 Javal 等人對閱讀歷程中眼球移動基本現象的觀察，並延續至 1920 年左右，在此階段的眼球研究中已發現了閱讀中的「凝視」（fixation）及「跳視」（saccade）的現象，並發現眼球在快速「跳視」的過程中難以知覺到訊息的「跳視抑制」（saccadic suppression）現象。在第二階段中，由於行為主義的興起，人們將內在的認知運用歷程視為黑箱，故而大多數的研究均聚焦於探討眼球移動現象的本質，並未嘗試去推論內在的學習與認知的歷程，因此研究的數量相對地減少。但到了 1970 年代中期，由於認知心理學的濫觴，使得眼球的移動成為窺探大腦及認知系統的有力證據，故而相關的研究又受到學界的重視。再加上眼球追蹤技術科技的發達以及資訊科技的進步，使得眼球移動軌跡可以精確而容易取得，故相關的研究又如雨後春筍般地出現。此外，「伴隨眼視改變典範」（gaze-contingent display change paradigm）的發明，使得科學家不再只是被動地觀察參與者的眼動反應，而能夠即時追蹤其眼動的軌跡，並依其軌跡改變呈現的刺激內容。此一典範引進了很多有趣的研究策略，如「移動視窗」（moving window），並累積了豐富的成果。