

利用眼球追蹤了解智能障礙學生學習歷程之注意力表現

陳惠惠¹ 陳菁惠¹ 謝朝和¹ 鄭亦真² 邱彥宇²

¹銘傳大學資訊傳播工程學系 ²國立桃園啟智學校

huichen@mail.mcu.edu.tw

摘要

智能障礙學生中約有 80% 以上為輕度智能障礙，若透過教育的協助，仍然可以適應社會與進入職場並具有謀生能力。本研究以 15 位目前在啟智學校學習中的學生進行眼球追蹤實驗，針對智能障礙學生，希望能夠藉由眼球追蹤的技術來分析學生注意力的表現，來了解其學習歷程，提供給後續製作適性化輔助教學時之依據。透過實測，了解目前技術與實驗的可行性與衍生需解決的問題，發現學生在個別表現特徵上都不盡相同，若利用眼動追蹤來記錄與分析個人獨特的特徵，應該可以有效輔助個人適性化的教育訓練規劃。研究者在未來需要更有技巧引導參與者進行實驗並減少分散其注意力的事物，也需要強化離開眼動追蹤範圍後再次進入追蹤範圍時的校正程序。

關鍵詞：眼球追蹤、智能障礙、注意力。

Abstract

Among intellectual disability students, above 80% of them are with minor intellectual disability. Through proper education and training, they are able to join the society and work for living on their own. This study intends to use eye tracking technology to understand and analyze the performance of the students' attention. It is hoped to provide useful information for each intellectual disability student her/his own adaptive training plan based on the data gathered from the eye tracking experiments. The experiment was took place with 15 participants. The result shows that it is feasible to use eye tracking technology with the intellectual disability students. In the further study, there should come up with a elimination of distraction factors to those students and another adjustment procedure for out and re-entering of the eye tracking range.

Keywords: Eye Tracking, Intellectual Disability, Attention

1. 前言

智能障礙學生中約有 80% 以上為輕度智能障礙，若透過教育的協助，仍然可以適應社會與進入職場並具有謀生能力。智能障礙學生的特徵、能力、生活背景都不一樣的，每個學生都需要有符合其特質的適性化教學，並與其生活環境息息相關。

然而何華國[1]指出智能障礙學生人格特質包含預期失敗、容易焦慮，適應社會與社會互動能力

較一般人為弱，因此智能障礙學生需要較多的支持、輔導來協助他們做好就業前的準備，以利將來獲得職業穩定與滿足感，融入社會生活之中。

智能障礙學生在學習上的特質是缺乏重要概念的獲得、學習速度緩慢、遷移的能力較差，以及注意力較不集中。注意力與學習成效是有很大的關聯性，沒有注意力就無法辨識、學習與記憶 [2][3]。而人類接收訊息的感官通道主要是藉由視覺接收，視覺接收注意力決定的訊息時則會反應在眼球運動，注意力和眼球運動之間是有密切的關係，注意力的存在是為了隨之而來要執行的眼動做準備 [4]，因此，視覺追蹤是研究視覺訊息處理中最直接、最有效的方式[5]。

本研究針對智能障礙學生，藉由眼球追蹤的技術來分析學生注意力的表現，來了解其學習歷程，提供給後續製作適性化輔助教學時之依據。

2. 相關文獻探討

對於智能障礙學生而言，認知功能與社會適應受到較多的限制，雖然他們的學習能力與一般人不一樣，但追求生活穩定、經濟獨立與自我價值感等需求，是與一般人一樣的。然而因智能障礙學生行為的複雜度，使教師產生的教學工作壓力，易對教學心生無力感、無成就感，因此如能透過資訊科技的輔助與支援，對於教師的教學將有很大的助益，透過科技輔助促進智能障礙學生獲得個人適性化教學服務的滿足，是個值得探究的議題。眼球追蹤的技術已能便利的應用在學習場域中[6]，在注意力的監測及訓練方法上，可以提供教師及學習者一項新的選擇。

2.1 智能障礙學生的定義與學習能力

「身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法」是依特殊教育法第十六條第二項規定所制定頒布 [7]，在鑑定辦法的第二條中明文規定：身心障礙學生之鑑定，應採多元評量，依學生個別狀況採取標準化評量、直接觀察、晤談、醫學檢查等方式，或參考身心障礙手冊（證明）記載蒐集個案資料，綜合研判之。在辦法的第三條中說明：所稱智能障礙，指個人之智能發展較同年齡者明顯遲緩，且在學習及生活適應能力表現上有顯著困難者。其鑑定基準依：(1) 心智功能明顯低下或個別智力測驗結果未達平均數負二個標準差、(2) 學生在生活自理、動作與行動能力、語言與溝通、社會人際與情緒行為等任

一向度及學科（領域）學習之表現較同年齡者有顯著困難情形。

依據行政院衛生署「身心障礙等級」(<http://disable.yam.org.tw/node/551#g>)，智能障礙分成4個等級[8] 極重度、重度、中度、輕度：

(1) 極重度與重度

極重度智商約低於20，重度智商約在20至35之間，皆無自我照顧與自謀生活能力，需依賴人長期養護。

(2) 中度

智商大約35至50，於他人監護指導下僅可部份自理簡單生活，與從事非技術性的工作，但自謀生活能力尚不足。

(3) 輕度

智商約50至70，在特殊教育下可部份獨立自理生活，及從事半技術性或簡單技術性工作。

智能障礙學生的特徵都不一樣的；即使是障礙程度相同，每個人都有著極大的差異性。不同智能障礙程度的人，在智力、學習、語言、社交、短期記憶、以及生活技能等各方面，也會有不同的特性。根據學者專家的研究[1][9][10][11]，智能障礙學生在學習上可以歸納出以下的特性：

(1) 對學習有失敗的預期心理

智能障礙學生因為認知能力較為不足，學習的速度與反應會較一般人慢，所以容易產生挫折感與預期失敗的心理，因自信心較不足而導致學習效果低落。

(2) 注意力與記憶力的缺陷

智能障礙學生對外來刺激的反應與接收能力較為緩慢，對反應的持續時間也較為短暫，容易造成注意力不集中的情況，而影響對刺激的記憶與回憶能力。智能障礙學生自己無法使用適當的策略來幫助記憶學過的事物，對有程序性與陳述性記憶有障礙，所以短期記憶的運作有困難。

(3) 組織與解決問題能力不足

智能障礙學生對訊息的接收與組織能力較差，無法做有效的整合與組織，較難做到舉一反三，所以比較不會應用過去的經驗來解決問題。

(4) 學習遷移能力薄弱

學習遷移(Learning Transfer)是指學習者能夠將先前學習得來的知識與技能應用到不同學習環境的地方。智能障礙者由於缺乏舉一反三的能力，所以就無法運用舊有的經驗來解決相類似的情形，有類化能力的障礙。因此，智能障礙學生需要更多的時間與訓練來增進他們知識與技能的精熟與遷移能力。

智能障礙者最為顯著的特性是因為認知能力的不足而導致學習效果的低落。他們在身體發展、動作技能、溝通能力、記憶力、注意力、組織能力及學習遷移能力方面，都比一般人落後。

而現行的教育目標與策略以教育部修訂之「國民教育階段啟智學校（班）課程綱要」[12]為指導方向，以「生活經驗」為中心，期望透過適性教學

來協助智能障礙學生：了解自我、鍛鍊強健體魄、養成良好生活習慣，適應個人與家庭生活；認識環境、適應社會變遷、養成互助合作精神，適應學校及社區生活；培養職業能力及服務人群熱誠，適應職業及獨立生活。其中適性化的教學是評估學生個別特性與能力，來決定適當的學習情境[13][14]：教什麼與怎麼教。

2.2 注意力與眼球追蹤科技應用

訊息處理理論(Information Processing Theory)強調在訊息處理過程中，閱聽者經由感官察覺、注意、辨識、轉化、記憶等內在心理過程後，才能吸收並運用其資訊[15]。注意力是感覺輸入與認知結構間的過濾器(filter)，只讓有限制的訊息通過，不被注意的訊息將完全排除在外。可知在接受訊息刺激的過程中，個體須選擇主要訊息加以注意，持續注意力一段時間後，才會達到良好的訊息接收的效果。注意力「決定」了情境中哪個訊息進入心智以及被保留下來。

注意力的分類如以下四點論述[16][17]：

(1) 選擇性注意力：

這是一種過濾的歷程，是將注意力集中在需注意的訊息上，或排除分離對其他訊息的注意力。

(2) 轉移性注意力：

注意力不但具有選擇性的特性，且能夠將焦點由某一特定刺激轉移到另一刺激上，不斷轉移注意力的焦點，吸收刺激的訊息。

(3) 持續性注意力：

這是指維持注意單一訊息的時間；假使訊息來源是有趣的，持續性注意力則容易維持一段時間，反之，則相對持續性注意的時間就會減短。

(4) 控制性注意力：

這是指個體能排除干擾性的刺激或是不適當訊息刺激的影響，將注意力控制在對他們有意義的訊息上，自然而然訊息處理的效果則會提高。

人類接收訊息的感官通道主要是藉由視覺接收，視覺接收注意力決定的訊息時則會反應在眼球運動，注意力和眼球運動間有密切的連結關係，注意力的存在是為隨之而來欲執行的眼動做準備[4]，視覺追蹤是研究視覺訊息處理中最直接、最有效的方式[5]。一般使用視覺追蹤技術探討視覺接受訊息的立論基礎，在於視覺軌跡可以反應內在注意力的轉移歷程[18][19]，亦即監控眼球運動相當於監控即時發生的認知歷程與注意力所在[20]，可以藉此探索呈現訊息的有效模式。

在視覺追蹤中常被觀察、記錄測量的眼球運動現象，大多被分類為六種，分別為：跳視、凝視、輻輳作用(convergence)、眼震(nystagmus)、平滑追蹤(smooth pursuit)、前庭眼動(vestibular)[21]。其中，在靜態訊息研究中最常被拿來探討的兩種現象就是跳視及凝視。其他被探討的測量為：視線軌跡(scan path)，為一連串的凝視點與跳

視組成，是有意識的眼球運動，與注意力轉移、更高層次的記憶、理解認知過程有關[22][23]。上述測量定義適用於靜態訊息的狀況之下，但由於動態訊息是由變動的影像、文字、動畫組成的，動態轉變因子較多，所以若直接使用上列靜態訊息的測量定義於動態訊息中，可能會有不適用的狀況。因此在探討動態訊息時所需記錄的眼動運動測量定義，需要再進行調整修正定義過。

利用視覺追蹤探討數位教學遊戲之設計與開發的研究[24]，透過視覺軌跡分析學習者的學習歷程，瞭解學習者在遊戲式學習中的學習成效及專注程度，發現在教學遊戲裡融入具有規則目標的遊戲特性，能有效吸引學習者的注意力，若創造出能夠吸引學習者的場景，也可引發學習者的動機。在以視覺追蹤分析智能障礙人士於解答邏輯測驗時的認知模型之研究中[25]，發現智能障礙人士的視覺軌跡跟一般人具有顯著的差異存在，且智能障礙人士較無法約束自己持續專注在解題行為上，「注意」在學習過程中扮演著非常重要的角色。透過此研究可以得知，當為有智能障礙學生設計訊息時，一定要留意訊息內容的複雜度，避免過於複雜需要建構式思考的訊息，避免智能障礙的學生無法專注於訊息內容上。

2.3 智能障礙學生的注意力

林惠芬[10]指出智能障礙學生注意力集中的時間(attention span)較短，比較不容易集中注意力以及選擇性注意能力(selection attention)較差。根據鈕文英[11]，智能障礙學生在注意力方面有下列的幾項特性：

(1) 注意廣度狹窄：

狹窄的注意廣度，直接影響到智能障礙學生在短暫時間內所能迅速察知刺激的效率；因此，不能同時注意較多的事物。

(2) 注意力易分散：

指智能障礙學生不易從周圍眾多的刺激中，選擇主要的對象為其注意的焦點，而把不相關的刺激物暫時隔離於注意邊緣。所以，注意力不容易集中及持久，易受周圍聲、光、物之刺激而影響。

(3) 不善於選擇性注意力：

智能障礙學生不善於對有關的特定刺激做出選擇性注意，也較不會隨注意焦點的轉變而調整他的注意力，會一直停留在之前的刺激。

智能障礙學生需要花費較多的時間才能集中注意力在有關的訊息刺激上，所以會影響到問題解決的能力。故在教學時，需要留意不要提供過於複雜的訊息刺激，並移開使學生分心的不相關刺激物，指導學生注意有關的訊息刺激[8]。同時，若能掌握個別學生的注意力受何吸引，應該更能了解個別學生的差異與需求，以輔助形成個人的適性化教學方案。

3. 眼動追蹤實驗

研究團隊與北部地區一啟智學校合作，共有 15 位在校生參與眼動追蹤實驗，參與的學生屬於輕度智能障礙，他們能夠與研究團隊成員互動，能夠遵循指示進行實驗，也具有清楚地表達自己想法的能力。每位學生約花費 5 分鐘觀看實驗素材。研究團隊成員貼身記錄、觀察、蒐集實驗數據，共利用 3 台攝影裝置(如下圖 1 所示)，其中 2 台為網路攝影機，一台網路攝影機(webcam1)放置於螢幕前面正下方位置，主要為記錄眼睛瀏覽軌跡，將蒐集到的眼動影像交付予眼動追蹤程式處理；另一台網路攝影機(webcam2)架設於螢幕正上方位置，主要為記錄參與實驗的學生正面臉部的表情與位置，作為觀察其反應之用途。第三台攝影機(camera)則側錄進行實驗的所有過程，包含實驗環境中可能有的變化，例如：研究團隊成員的指示、動作、實驗學生的動作、聲音、實驗環境裡的變化與彼此間的互動等。



圖 1. 實驗攝影機架設示意圖

實驗素材包含動畫與靜態的圖片，動畫為一段兩分鐘的動畫影片，影片內容擷取自卡通電影，僅有音效並無對話與字幕，觀看者必須關注並自行會意而詮釋影片內演出的劇情。靜態的圖片有三張，一張為家喻戶曉的卡通海報、一張為較少人知道的卡通海報、另一張為速食餐點照片。實驗素材並包含視覺校正凝視點，在播放每一個素材前，都會預先播放視覺校正凝視點圖片，因為素材的動、靜態焦點特性的不同，使用不同的校正點，如圖 2 所示。



圖 2. 動態與靜態實驗素材校正點示意圖

眼動追蹤技術應用 PVS (Pattern Voting Scheme) [26] 運算法則技術，以視角為基礎 (View-Based) 的視覺焦點追蹤系統。利用網路攝影機作為影像輸入的來源，使用 Haar-Like Features 進行臉部偵測，將截取之臉部影像再使用 Haar-Like Features 進行眼部偵測。截取之眼部影像

進行膚色偵測後，將眼部影像之膚色區域過濾掉並重新裁切，可獲得更精準之眼部影像。在計算不同大小區域像素和的差異，透過積分影像可以快速計算 Haar-Like Features，然後經由初始化得到校正後的眼部影像，進行投票法則方法找出視線位置。此 PVS 運算法則可以允許光線的干擾以及頭部的些許移動，盡可能不影響受測者既有的使用習慣，比較自然無感，讓受測者測試的情境更接近現實情況。

4. 結果與討論

從實驗獲得的各項數據記錄來分析，雖然參與實驗的學生在智能障礙的等級程度相當，但在實驗中個別表現特徵上都不盡相同，例如：有的學生一直很開心，絲毫不吝嗇笑得開懷、有的很安靜，很謹慎地不亂動、有的很害羞、有的將眼睛眯成一直線、有的一直撥弄頭髮、有的一直更換身體的姿勢、有的有豐富的肢體語言，除了觀看實驗素材，也會以手去點螢幕，並說話表示所看到的內容。面對個別特徵的差異性，眼動追蹤獲得的資料是具有個人獨特性的，不適合以平均表現來呈現數據。也因此，若利用眼動追蹤更進一步來記錄與分析個人獨特的特徵，應該可以有效輔助個人適性化的教育訓練規劃，使得訊息刺激更有效率。但因為此次的實驗並未規劃後續的深度追蹤，故尚無法呈現完整的個人適性化的分析及比對。

透過此次的實驗，研究團隊想要確認以現在研究團隊所具有的實驗素材、技術與環境，在面對智能障礙學生時，能否依然順利執行，能否利用眼球追蹤了解這些特殊學生的學習歷程之注意力表現。在如此的實驗中，研究團隊發現對這些特殊的學生執行眼動追蹤是可行的，雖然研究團隊成員需要花費較多的時間，不要以過於複雜抽象的用語，慢慢解釋實驗的流程與步驟，每個參與的學生是都可以很順利地完成實驗，這對研究團隊的成員來說，是一項很重要的鼓舞。

研究團隊也發現了幾項挑戰，例如：雖然所運用的 PVS 眼動追蹤運算技術可以允許頭部些許的移動，但參與學生不自主晃動與移動頭部與視線的比率較高，數次離開眼動追蹤範圍再回來進入追蹤範圍，這對實驗開始時所蒐集到的校正數據會造成誤差，也會失去對觀看中的素材其視覺的對應，研究團隊必須留意並為日後實驗想出一個較好的應變方法。觀察容易分心的原因是當有聲響時，會轉頭去關切，視覺上的吸引變得較為薄弱。另一個會分心的原因是，會不自覺地去關切在附近的同儕的作為，而暫時不關注自己眼前的畫面。

此外，研究團隊發現，參與實驗的學生專心觀看螢幕畫面時，普遍有一個現象，若出現的是自己熟悉的事物，會主動的表達並說出該內容；當螢幕畫面變黑尚未出現內容前，會開始主動尋

找目標物；當螢幕畫面太豐富有不熟悉的事物出現，反而不知該看哪裡，視線會頓停一下。這個現象可以做為後續準備素材畫面的依據，研究團隊也需密切跟教學的老師溝通，進一步瞭解哪些事物對這些參與實驗的學生來說是陌生或熟悉的，在後續訊息刺激的設計中能否有制約的效果應用在學習上。

為了提高眼動追蹤的準確度研究團隊成員必須從兩個方向進行，一是更有技巧與耐心去引導參與學生來進行實驗，必須避免太多的干擾事物：如學生同儕的出現、研究成員間的對話、或不必要的聲響。並且盡量讓參與實驗的學生對眼動追蹤系統有數次的接觸，讓他們對這樣的實驗設置產生熟悉感，不陌生；二是必須考量離開眼動追蹤範圍再回來進入追蹤範圍時的校正程序。

參考文獻

- [1] 何華國，啟智教育研究，台北：五南，1995。
- [2] 鄭昭明，認知心理學，桂冠圖書公司：台北，2006。
- [3] 顏永森、胡學誠、柯天盛，數位學習注意力對學習成效影響之研究，T&D 飛訊，第 112 期，頁 1-21，2011。
- [4] 劉佳蓉，注意力分配及眼球運動準備歷程對於眼動潛伏時間與眼動軌跡的影響，中央大學認知與神經科學研究所學位論文，2006。
- [5] 陳志學、賴惠德、邱發忠，眼球追蹤技術在學習與教育上的應用，教育科學研究期刊，第 55 卷，第 4 期，頁 39-68，2010。
- [6] 吳智鴻、劉長儒、曾奕霖、徐日薇，結合眼動與腦波之注意力指標建構 iPad 電子書最佳色彩配置，聯大學報，第 9 卷，第 1 期，頁 199-215，2012。
- [7] 教育部，身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法，2013。線上資源，擷取日期：2014/08/01，網址：<http://edu.law.moe.gov.tw/LawContentDetails.aspx?id=FL009187&KeyWordHL=&StyleType=1>
- [8] 陸莉、黃玉枝、林秀錦、朱慧娟等編著，智障學生輔導手冊國立教育資料館，2000。線上資源，擷取日期：2014/08/01，網址：http://tec.nkuht.edu.tw/files/archive/219_03e9c51d.pdf
- [9] R.L. Schalock, R. Luckasson, and K.A. Shogren, "The renaming of mental retardation: Understanding the change to the term intellectual disability," *Intellectual and Developmental Disabilities*, vol 45, pp. 116-124, 2007.
- [10] 林惠芬，智能障礙者之教育，載於許天威、徐享良、張勝成(主編)，*新特殊教育通論*(133-158 頁)。台北：五南，2005。
- [11] 鈕文英，啟智教育課程與教學設計，臺北：心理出版社，2003。
- [12] 國立教育資料館，特殊教育：課程與教學。線上資源，擷取日期：2014/08/01，網址：http://subject.naer.edu.tw/2d/special/lesson/lesson_0201.asp
- [13] 吳訓生，智能障礙學生鑑定與評量，2010。線上資源，擷取日期：2014/08/01，網址：<http://spedc.ncue.edu.tw/spedc/html/class/4-99-a/download/1105%E6%99%BA%E8%83%BD%E9%9A%9C%E7%A4%99%E5%AD%B8%E7%94%9F%E9%91%91%E5%AE%9A%E8%88%87%E8%A9%95%E9%87%8F.pdf>
- [14] 教育部，國民教育階段特殊教育課程綱要總綱，2011。線上資源，擷取日期：2014/08/01，網址：http://www.ntnu.edu.tw/spc/drlusp_1/data/mas001.pdf
- [15] R.C.Clark & R. E.Mayer. *E-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. San Francisco: Jossey-Bass, 2003.
- [16] 楊治良、郭力平、王沛、陳寧，*記憶心理學*，台北：五南圖書出版社，2001。

- [17] M.E. Redler., *Learning and Instruction Theory into Practice*, USA: Macmillan, 1991(譯：吳幸宜，*學習理論與教學應用*，台北：心理出版社，1994)。
- [18] J. M. Henderson and A. Hollingworth, "High-level scene perception," *Annual Review of Psychology*, vol. 50, pp. 243-271, 1999.
- [19] J. E. Hoffman, & B. Subramaniam," The role of visual attention in saccadic eye movements," *Perception and Psychophysics*, vol. 57, no. 6, pp. 787-795, 1995.
- [20] D. L. Tang, T. R. Lee, and C. M. Tsai, "An Exploratory Study on Relationship between Preference and Scanpath-Evidence from Color Preference Sorting Task," *Chinese Journal of Psychology*, vol. 47, no. 4, pp. 339-351, Dec. 2005.
- [21] A. T. Duchowski. *Eye tracking methodology: Theory and practice*, 2nd ed., New York: Springer, 2007.
- [22] 湯允一、唐大崙、黃憶婷，新聞網頁版面配置對視線軌跡的影響之研究，2005 第十屆中華民國廣告暨公共關係國際學術與實務研討會，台北政治大學，2005。線上資源，擷取日期：2013/12/01，網址：<http://faculty.pccu.edu.tw/~tdl/layout-scan.pdf>
- [23] 徐琬茹，網路靜態、動態及影音媒體對使用者視覺行為之影響，國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文，2010。
- [24] 孫培真、黃柏齊、林永紹，透過遊戲特性探討數位教學遊戲對學童之專注力影響，2013。線上資源，擷取日期：2013/11/01，網址：<http://140.127.82.166/retrieve/18842/23.pdf>
- [25] E.Vakil, H.Lifshitz, D.Tzuriel, I.Weiss, & Y. Arzuoan, "Analogies solving by individuals with and without intellectual disability: Different cognitive patterns as indicated by eye movements," *Research in developmental disabilities*, vol. 32, no. 2, pp.846-856, 2011.
- [26] C. W. Yang, C. W. Kao, K.C. Fan, B. J. Hwang, and C. P. Huang, "Eye gaze tracking based on pattern voting scheme for mobile device," presented at The First International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control, Beijing, China, 2011