

探究運用眼動工具分析數位影片教材對學習之影響

王怡萱^{1,*} 吳沛賢²

摘要：媒體設計會影響學習的過程與知識傳遞，透過眼動工具，可瞭解學習者在閱覽或操作數位教材時，視線分布或順序等使用者行為。本研究將多媒體元素用於設計數位影片教材，以小樣本的三位學習者進行初探分析，藉由設計學習任務，觀察使用者對旁白與字幕設計、鼠標提示等媒體設計的反應，以瞭解所設計的教材內容對學習的影響。眼動儀採用 Tobii Nano Pro，追蹤記錄學習者的眼動路徑圖、熱區圖、「興趣區域」(area of interest, AOI) 區指標 (凝視次數、總凝視時長、凝視時間占比)；瀏覽影片教材的歷程，亦進行即時訪談，並將結果以內容分析呈現。綜合眼動與即時訪談資料，發現學習者對字幕的依賴隨著學習任務難度而增加，視覺提示設計有助於引導觀看目標學習資訊，顯示將適當的多媒體元素融入影片設計，有助集中注意力與理解學習內容。此外，使用滑鼠鼠標作為指引提示，滑鼠鼠標顏色或線條框線能達到引導瀏覽數位影片教材的注意力效果。然而，本研究建議應用媒體元素設計數位影片教材時，須注意不同資訊接收通道的設計，避免過度使用媒體干擾學習，善用引導與提示原則於教材，以提升學習效果。

關鍵字：大學生、多媒體設計原則、眼動工具、數位教學影片

Applying Eye-Tracking Tools to Understand the Impacts of Using Digital Video Instructional Materials for Learning

Wang, Yi Hsuan^{1,*} Wu, Pei-Xian²

Abstract: In this study, digital video instructional materials were designed using multimedia elements, and how these elements affect learning was explored through eye-tracking tools and qualitative interviews. This study was an initial exploration conducted with a small sample of three researchers. By designing learning tasks and performing qualitative and quantitative data analyses, this study aimed to understand learners' reading process while viewing digital video instructional materials. The results indicated that incorporating appropriate multimedia elements into the video design helped the participants concentrate and assimilate the learning content. Learners' dependence on subtitles gradually increased with the difficulty of the learning tasks. This study

投稿日期：2024 年 3 月 11 日；通過日期：2024 年 6 月 15 日。

本論文感謝兩位匿名評審的修正意見，文中言論由作者自行負責。

¹ 淡江大學教育科技學系教授

² 淡江大學教育科技學系碩士班研究生

* 通訊作者：王怡萱，E-mail：annywang12345@hotmail.com

recommends careful consideration when applying media design in the creation of digital video instructional materials. Attention should be directed toward tailoring the design of information to fit various sensory channels and to avoid overusing media that may impede the learning process. Furthermore, guiding and prompting principles should be applied in instructional materials to enhance overall learning effectiveness.

Keywords: college student, multimedia principle, eye tracking, instructional videos

壹、前言

隨著智慧型手機和電腦的普及，透過觀看數位影片進行的自主學習成為常見的學習型態方式（林柏諺等人，2022）。根據 DataReportal 於 2023 年公布調查報告顯示，截至 2023 年初全球約有 64.4% 的人口上網，他們花最多時間在上網尋找資訊（57.8%）、與朋友家人保持聯繫（53.7%）、瞭解新聞時事（50.9%）、觀看媒體影片（49.7%）。根據全球媒體及社群監測平臺（Meltwater）在 2022 年調查使用社交媒體程式的時間顯示，最多與次之被使用的平臺為 TikTok 和 YouTube，而此兩類型平臺呈現資訊的媒介多以影片方式為主，由此可見影片式媒體訊息對於使用者的吸引力。

影片可被作為教學媒體或學習教材的類型之一，特別是在網路數位化的資訊時代下，教師能以更多元與快速的方式獲得教學資源與案例，並將其以數位影片方式作為教學素材，而影片式學習具可視化與生動呈現內容特點，不僅可提升對學習的實用性和趣味性（趙卿、李先鋒，2023）。影片式學習已經被應用在許多學科領域，如：數學、自然，研究發現（余惠娥、鄭永熏，2018；吳慕萱、連倖誼，2021），數位教學影片能激發學習者的學習興趣和動機、提升學習效果，加強學

習記憶和減輕學習困難，對學習帶來許多正向影響。許多大學課堂亦將數位影片作為數位課程的學習媒材之一，其中，大型線上課程（massive open online course, MOOCs）在國內外快速發展（王岱伊，2017），其主要學習內容呈現方式即為數位影片，研究發現相較僅有面對面實體授課方式透過提供影片於實體課堂中作為輔助也能對學習有所幫助（Noetel et al., 2021），而影片學習方式能讓學習者自我控制進度，方便教學者進行學習內容製作編輯，不論是對授課教師與學習者而言，影片形式媒材為高教課堂中輔助教學重要工具之一（Noetel et al., 2021），因而，探討如何透過影片設計強化呈現目標學習知識，進而探討影片是否能對學習有幫助，是近年常見研究議題（Mayer, 2021; Noetel et al., 2021）。

在使用數位媒材輔助學習後，許多研究會透過訪談、學習問卷、紙筆測驗等方式瞭解學習者的學習過程與成效，此些方式多以學習自評方式進行填答或闡述，雖能代表學習者想法，但也可能因為學習者主觀意識或記憶偏誤而影響陳述結果與方向（陳學志等人，2010）。若能透過學習科技應用工具，如：眼動儀設備，蒐集學習過程（邱淑惠、廖麗湘，2014；陳易佃、吳昭容，2022；Tabbers et al., 2008），

再搭配學習者自述資料綜合分析，也許可提供教學者更深入且具證據的學習者學習過程，提供教學者調整教學活動或數位媒材設計參考。

一、研究目的

透過眼動工具，可瞭解學習者在閱覽或進行數位教材操作時的視線分布或順序，以瞭解所設計的教材內容對實務學習的影響。因此，本研究欲探討數位教材中，採用多媒體元素設計的數位影片教材對學習者助益，藉由設計學習任務並藉由眼動工具分析學習者閱覽閱讀教材過程，並輔以質化訪談，瞭解學習過程，從而檢視學習者實際表現是否與主觀意識表現一致，以達到更為客觀的結論，探究學習者學習歷程，瞭解教材中的媒體元素對學習的影響，同時將本研究發現作為教學者或數位教材設計者修改優化教材依據。

二、研究問題

本研究之研究問題如下：

- （一）數位影片教材的媒體設計元素（包含：旁白與字幕）對學習的影響為何？
- （二）數位影片教材的媒體設計元素中的鼠標提示對學習的影響為何？
- （三）學習者對於數位影片教材中媒體輔助學習之設計和使用有哪些建議？

貳、文獻探討

一、多媒體學習

隨著科技發達，越來越多教學者使用多媒體教材呈現教學內容，多媒體指多種媒體，如：文字、圖像、影音，多媒體

輔助學習則是指透過多類數位媒體元素提供學習資訊。在訊息處理過程，Paivio（2007）雙碼理論（dual coding theory）認為人類將文字（語言）與圖片（非語言）訊息透過兩個不同的管道或認知系統，分開進行訊息處理。當接收到外部訊息後，人會進行訊息處理，Baddeley 等人（2015）的工作記憶模型（model of working memory）認為在處理訊息時，心智資源包含兩個處理不同類型資訊的系統，分別為處理語音訊息的語音迴路系統（phonological loop）和處理視覺訊息的視覺空間掃描系統（visuo-spatial sketchpad）；而在語音與視覺等多媒體訊息處理的過程中，Mayer（2021）根據多位學者的理論與觀點，對多媒體學習認知提出雙通道、有限容量、主動處理的三個假設（表一）。其中，主動處理涉及三種認知過程，包含：選擇（selecting）注意並選擇多媒體呈現中的相關訊息（文字／圖片），將其轉移到工作記憶中、組織（organizing）在工作記憶中，將選定的訊息在心中組織成具連貫性、有系統的認知結構（心理表徵）、整合（integrating）將認知結構相互連繫，並與從長期記憶中喚起的相關先備知識整合。

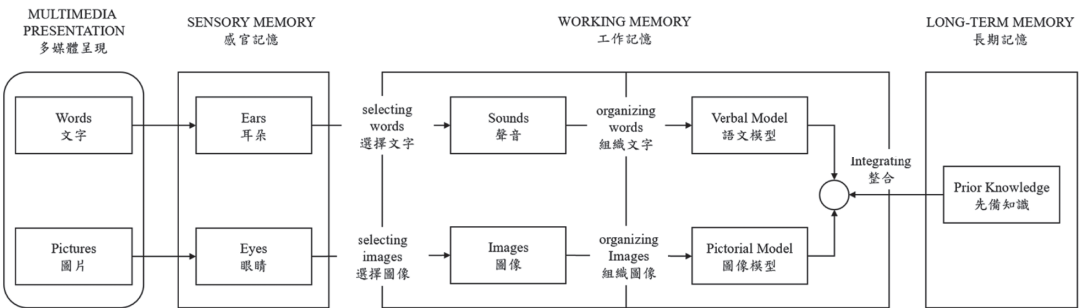
基於上述的三個假設，Mayer（2021）提出多媒體學習認知理論（cognitive theory of multimedia learning, CTML），闡述學習者如何從圖文整合認知過程達到有意義學習。圖一呈現學習者透過五個認知過程進行學習，包含：（一）選擇多媒體呈現的相關文字進行聽覺工作記憶處理；（二）選擇多媒體呈現的圖片進行視覺工作處理記憶；（三）將選定的文字組織成語文模型；（四）將選定的圖像組織成圖像模型，

表一
多媒體學習認知理論的三個假設

假設	描述
雙通道	人類擁有處理「視覺」和「聽覺」訊息的兩種獨立通道。
有限容量	人類在同一時間於每種通道中能處理的認知訊息量是有限的。
主動處理	人類藉由注意相關訊息，將選擇的訊息組織成連貫的心理表徵，並將其與其他知識整合起來，從而進行主動學習。

資料來源：Mayer (2021)。

圖一
多媒體學習的認知理論



資料來源：Mayer (2021, p. 40)。

及（五）整合語文和圖像模型及先備知識。

認知負荷理論 (cognitive load theory, CLT) 以認知資源有限的觀點出發，強調工作記憶與長期記憶連結的過程，以及訊息處理與知識的互動關係。根據認知負荷的來源不同，將其分為：外在認知負荷 (extraneous cognitive load)、內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)、增生認知負荷 (germane cognitive load)，認為教學目的是要增加長期記憶的知識，欲達成此目標，必須考慮人類的認知在處理新訊息時，工作記憶的容量是有限的。如何有效率地呈現訊息，降低工作記憶的負荷量，促使訊息從工作記憶存入長期記憶，即是認知負荷理論所關注 (Sweller et al., 2011)。從此觀點來看，教學設計的挑戰即是在學習新知識的過程引導學習者進行

適當認知處理，不致認知超負荷，才能有助於學習訊息順利進入長期記憶，達到有意義的學習。

在設計數位教材時，可參考 Mayer (2021) 提出的多媒體教材設計原則，其中，本研究應用冗餘原則 (redundancy principle) 與信號原則 (signaling principle) 進行影片教材設計。冗餘原則若以圖像、文字與聲音為例，將圖像與聲音講述同時呈現於教材，其學習效果會比同時呈現圖像、聲音與文字呈現於教材的方式更佳，原因為當聲音和影像資訊已經足夠時，若再增加說明文字則是多餘，因文字與圖像均為視覺需要處理的資訊，在圖像與文字均設計良好下，移除文字資訊可減少視覺管道處理的訊息量，而可降低認知負荷。但如果教材內容較為艱深，且需要文字說明才可以理解時，則另當別

論。信號原則是指適當運用視覺線索，如：提示框或組織圖來突出關鍵內容與引導注意力，有助學習者瞭解學習內容與抓住重點，因而能提升學習效果。

二、數位教學情境影片輔助學習

數位教學影片在 MOOC、混成學習和線上培訓等教育環境中，是重要教學媒介，特別是當教學無法進行實體學習時，數位影片的教學更顯得重要（Deng & Gao, 2022）。研究發現（Jensen et al., 2018）大學課堂中使用影片進行課前內容學習時，影片式學習方式比文字類型教科書的閱讀方式學習更具幫助，根據 Noetel 等人（2021）的研究，影片式媒體學習對高等教育有許多優勢，如：透過影片暫停或重複播放的特性，讓學習者可控制自己的學習認知負荷，透過自行決定瀏覽進度與範圍，學習者能夠進行自主學習；影片式學習，不僅可增加學生自主學習機會與動機，也讓學生透過具互動方式，控制自己的學習時間與進度，達到更投入學習（Noetel et al., 2021）。數位影片中，教學者可利用聽、視覺兩種訊息處理模式傳達學習內容，根據 Paivio（1991）提出的雙碼理論，學習者使用越多的感官途徑與教材互動，就越有可能記住內容，通過對訊息（聲音和文字）建立兩條記憶軌跡，讓學習者可更容易吸收與內化資訊。

情境學習讓學習者透過與實際情境互動，將要學習的知識經由實際應用之方式學習，並設計體驗、模擬、參與或練習等方式讓學習者從真實情境學習而達到學習轉移（Stein, 1998）。近年來，科技發展與特性為情境教學帶來新的可能性，許多研究者開始探索如何結合科技，如情境教

學影片來提升學習效果。比如，以思想政治教育課程為例，透過情境教學影片的應用，學生的學習動機有顯著提升（Xiang et al., 2017）。情境式教學影片是一種以情境為基礎的教學方法，通過情境場景和實例，將抽象的知識內容轉化為具體、可觀察形式，以增強學習者的理解和記憶。與傳統教學方式相比，情境式教學影片能模擬真實情境，使學習者能夠在虛擬的學習環境中實際應用所學知識，培養實際解決問題的能力（吳慕萱、連倬誼，2021）。

本研究採用林絲滢與王怡萱（2019）開發的數位導播機操作教學影片為素材，其教材以真實導播機軟體操作過程作為學習情境，並透過錄製實際操作搭配教學講解，模擬展示機器操作流程，並選取教材中部分單元以探討在影片教材中使用多媒體元素對學習之影響。

三、眼動分析相關研究

眼動追蹤技術為捕捉眼球運動提供直接、客觀的資料蒐集方式，並可追蹤、測量和解釋視覺認知過程（Zhai et al., 2018）。近年隨著眼動追蹤技術發展日漸成熟，眼動儀變得輕巧、操作容易、價格平價，因而許多教育研究者嘗試用其探究訊息處理歷程與機制，瞭解學習認知歷程（楊芳瑩等人，2017）。透過眼動資料分析，能夠呈現學習者觀看教學影片時的注意焦點和認知過程，進一步讓研究者瞭解學習者對知識內容的理解（Zheng et al., 2023）。眼動儀能夠記錄的歷程資料有非常多種，包含凝視（或注視，fixation）資料、回視（regression）、掃視（或跳視，saccade）與注意點的空間配置和順序等（孫春在等人，2017）。此外，透過

眼動軟體分析學習者「興趣區域」(area of interest, AOI)，瞭解學習者對某些特定位置的凝視情形，AOI 多會以矩形或任意形狀匡列，並可針對欲瞭解之目標物如：文字詞句或特定圖形進行區塊劃分，此外，亦可透過觀察「興趣時段」(period of interest, POI) 如：閱讀實驗內容的前、中、後等時段(孫春在等人，2017；陳學志等人，2010)，進行更細的眼動資料分析。在進行眼動研究資料分析時可將眼動數據資料與其他類型資料，如：觀察、訪談等質性資料互相輔助，以完整分析解釋可能的學習者眼動閱讀路徑原因。

學習者閱讀教學媒體的材料時，追蹤其眼動之相關研究，如：Hughes 等人(2003)分析閱讀數位影片教材時，文字與圖片資訊對學習者的學習影響，發現文字是最常被學習者瀏覽的，而圖片資訊則通常被學習者用作再次確認學習知識或論證的輔助工具。黃詩芸與崔夢萍(2016)進一步提供學習者特性與閱讀動畫教材的關係，透過眼動工具分析學習者在數學文字題的解題過程，發現在數位教材中動畫的圖像設計與低成就學生答題正確率有顯著相關，其中圖像訊息的呈現能輔助低成就學生的答題正確率。

Boucheix 與 Lowe (2010) 運用眼動工具探討在閱讀媒體教材時，提供空間與時間型指標提示，研究發現，相較僅用單一箭頭作為注意力提示的媒體設計，提供連續路徑的動態提示更有助於注意力引導與支持複雜訊息理解；此外，比較同步與非同步呈現提示，發現提示與媒材內容同步出現對學習較有幫助。Alemdag 與 Cagiltay (2018) 透過系統性回顧運用眼動資料檢核媒體設計相關研究，發現提供

提示有助引導注意力，幫助學習者找到相關學習訊息，進而提升學習表現；學習者在媒體教材中較喜歡以文字搭配圖片的學習方式，而若在媒體教材中提供與學習主題無關的媒體元素，對學習者的注意力及整合訊息具有負面影響。Colliot 與 Jamet (2018) 探討影片學習中加入教師影像對學習的影像，分析學習者在閱讀教材的眼動資料後發現，學習者僅使用 25% 時間觀看教師影像，並發現有無加入教師影像於影片對學習無顯著影響，然而，類似研究設計在 J. Wang 等人(2020)的研究中則發現呈現教師影像於影片，能提升學習者對困難主題的學習，降低困難內容的認知負荷，增加學習者對目標知識的學習興趣。X. Wang 等人(2020)利用眼動追蹤技術探索簡短教學影片的提示設計效果，其發現精心設計的高質量教學影片，可引導學習者注意教材中的特定訊息，幫助理解知識內容與提高知識保留和遷移的能力，帶來更深層次學習效果。

本研究將多媒體元素用於設計數位影片教材，探討影片中字幕、鼠標提示對學習目標知識影響，將透過眼動儀工具與質化訪談探討媒體設計元素對學習影響，並瞭解學習者觀看字幕和操作滑鼠時視線注意分布，以及滑鼠操作的提示訊息是否能夠有效引導學習者學習注意力；此外，在影片加入聲音旁白作為輔助說明、解釋和引導。將透過眼動的資料分析，瞭解學習者在聆聽旁白時，視線注意分布是否會隨著聲音的指示而移動。

參、研究方法

一、研究情境與對象

本研究參與者為某大學三位大學四

年級學生，由於本研究希望瞭解學習者使用教材過程，而非探討不同先備能力對教材閱讀的影響，因此本次研究參與者均具相同的先備經驗，均已有學習過本次數位教材影片的軟體操作，此外三位參與者來自相同科系背景，均有數位教材研發與設計的經驗。每位研究參與者進行研究任務時間約半小時，其需要依據本研究規劃任務，閱讀與觀看教材影片（表二）。在資料蒐集過程中，研究者透過眼動儀工具蒐集受測者的閱讀過程，並於階段性任務後穿插訪談以瞭解受測者使用數位教學影片學習的想法及感受。

二、數位影片教材介紹

本研究所使用的數位影片教材為視訊導播機編輯軟體之教學影片，此教材採「雙通道」形式，以人聲旁白解說訊息（聽覺），搭配軟體操作實際畫面、鼠標提示信號和影片字幕（視覺）作為教材呈現的方式。依據 Mayer（2019）多媒體設計原則進行設計，採用（一）分割原則，將學習影片分割成數個短片呈現；（二）一致性原則，減少與教學內容無關的文字及圖像；（三）形式原則，單元內容之影片播放以「畫面＋文字」呈現；（四）聲音原則，單元內容之影片訊息的旁白講述以「人聲」呈現。教學影片內容依據難易度分別為單元一：導播機基礎操作，學習

重點為熟悉基本操作，如：開啟舊檔、開新檔案、錄影、聲音錄製、瀏覽影片及儲存關閉檔案等功能；單元二：導播機進階功能，學習重點為使用進階功能區塊。本研究按照教材學習脈絡的順序和難易度，選取教材中 6 個子單元影片進行眼動任務設計，分別為：1-3 單元的操作介面（05：02）、1-4 單元的轉場效果（00：50）、2-1 單元的認識 M/E 層（00：47）、2-2 單元的應用 M/E 層（01：00）、2-4 單元的虛擬場景（01：18）、2-7 單元的 DSK 層（01：42），數字越大的單元，代表難度越高作為眼動任務教材設計，其中數字越大的單元，代表難易度越高，研究者依上述學習內容規劃設計三項眼動任務（表二），讓學習者閱讀並進行資料蒐集。本研究希望透過眼動儀工具能再次檢視與確認根據媒體設計原則所設計之數位影片教材對於學習者的幫助。

三、研究蒐集與工具

（一）眼動工具

本研究使用「Tobii Nano Pro」眼動工具追蹤記錄實驗參與者的眼動軌跡，該設備的取樣頻率為 60 Hz（即為每秒取樣 60 次），精度為 0.1，最佳條件下的準確度為 0.3。本次研究用到的眼動資料包含：眼動路徑圖、熱區圖（圖二）、AOI 指標，包含：凝視次數、總凝視時長、凝視

表二
眼動任務規劃設計對應研究問題

任務	學習者任務描述	對應研究問題	檢驗的原則
M1	請觀看「1-3 操作介面」和「1-4 轉場效果」教學影片。	問題 1. 數位影片教材的媒體設計元素包含：旁白與字幕對學習的影響為何？	冗餘原則
M2	請觀看「2-1 認識 M/E 層」、「2-2 應用 M/E 層」教學影片。		
M3	請觀看「2-4 虛擬場景」、「2-7DSK 層」教學影片。	問題 2. 數位影片教材的媒體設計元素中的鼠標提示對學習的影響為何？	信號原則

時間占比，其中 AOI 三個指標越大，代表讀者想要或需花較多時間處理該區的訊息（表三）。本研究根據研究目的與欲探討的研究議題，於資料分析中挑選上述眼動資料指標之眼動數據進行資料分析。

(二) 訪談內容

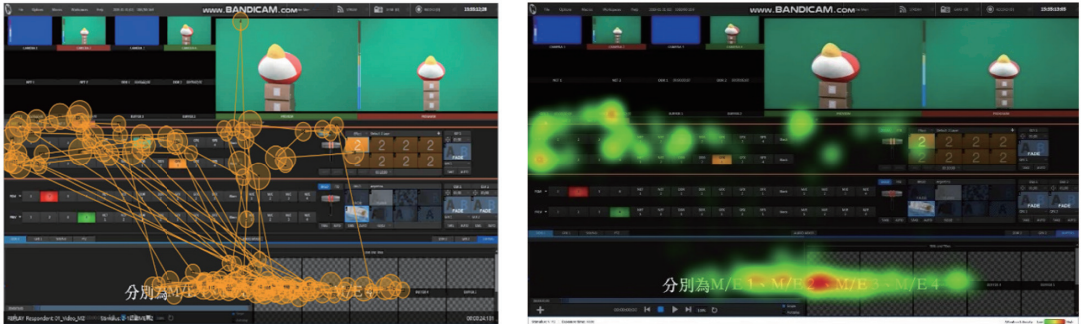
本研究除眼動分析，亦透過訪談瞭解學習者操作經驗（表四），資料依據「受試者編號／問題編號」進行編碼，如：1_

Q1 代第一位受試者的第一個問題，以此方式將質化資料彙整，瞭解學習者執行教材任務使用感受。

肆、研究結果

本研究在資料蒐集過程中，不僅觀察與記錄學習者操作教材過程，也於受試者教材操作後進行即時訪談，以針對學習者操作教材過程步驟再次確認，在資料蒐

圖二
學習者眼動路徑（左）／熱區圖（右）



表三
眼動指標之眼睛凝視資料

眼動指標（中／英）	定義	認知意涵
凝視次數／ Fixation count	某一 AOI 內的凝視點個數。	凝視次數越多，學習者需要反覆幾次處理該 AOI 區的材料，顯示有越多認知負荷。
總凝視時間／ Dwell time（ms）	某一 AOI 內所有凝視點的時間加總，為訊息處理所需的總時間，顯示在訊息上的注意力。	當總凝視時間越長，學習者需要很長的時間處理該 AOI 區的材料，顯示有越多的認知負荷。
總凝視時間占比／ Dwell time %	其他指標（例如：某個 AOI 的總凝視時間、首次凝視時間或再次凝視時間等）除以學習期間的總凝視時間。	顯示注意力在各 AOI 分配，反映學習者的選擇性注意。當總凝視時間占比越高，代表學習者在整體學習期間，花費相對較多認知負荷於該區域。

表四
訪談大綱對應研究問題

研究問題	訪談大綱
問題 1. 數位影片教材的媒體設計元素包含：旁白與字幕對學習的影響為何？	Q1. 請問你剛剛觀看教學影片時，注意力都集中在哪？ Q2. 請問你是否需要重覆觀看影片以加深印象？
問題 2. 數位影片教材的媒體設計元素中的鼠標提示對學習的影響為何？	Q3. 對於教材有什麼樣的建議？怎樣可以更好的幫助學習者學習？ Q4. 請問你覺得此教材以情境式影片方式進行學習感受如何呢？ Q5. 請問你覺得教學影片進行學習有何優／缺點？

集後，除針對錄製的眼動資料進行路徑與熱區圖等分析外，也會交替查閱眼動實驗過程的訪談資料，透過不同資料多重檢閱進行分析，本節呈現之分析方式為先呈現眼動資料分析，再輔以訪談或受試者操作過程之觀察，進行量化、質化並重的資料呈現。

一、任務一眼動分析

任務一的學習內容屬於基礎概念，藉由眼動 AOI 指標數據發現，學習者首次凝視字幕花費 0:05，而片頭恰好 0:05，可看出在影片教學內容一開始，學習者就注意字幕。此外，根據學習者在進行任務一學習時的眼動軌跡圖可看出：（一）學習者在片頭文字消失後，皆會先將視線往影片字幕的方向移動，隨後才從右到左掃視整個畫面熟悉介面；（二）學習者聆聽旁白解說時，視線會跟隨滑鼠鼠標的引導移動，但會不時看向字幕。此外，根據表五的任務一 AOI 眼動數據發現，三位學習者在任務一對「字幕」區的 AOI 時間分別占 32.9%、10.2%、26.5%，以三位的平均時間數值（23.2%）可發現，占整體時間比重在 25% 以內，可間接驗證 Mayer 多媒體設計原則，以學習訊息設計而言，當已經提供聲音作為學習資訊傳遞的媒介（耳朵接收），學習者對字幕文字的需求與依賴度（眼睛接收）不會很高。

此外，研究者搭配學習者訪談（表六）發現，3_Q1 表示視線注意力集中在滑鼠游標，但眼動數據顯示其不時將視線移到字幕（圖三），由此可發現學習過程中，的確會有學習者實際行為與其自己主觀意識不一致現象。研究者從任務一教材單元難易度與資料蒐集觀察中，嘗試解釋學習者視線被字幕吸引原因，推測可能因為：（一）閱讀是自發性的習慣，因此人們會自然地閱讀字幕；（二）文字訊息是重要教學訊息傳遞方式之一，因此吸引學習者的注意力；（三）由於任務一屬基本軟體簡介，學習者在已經學習過課程的先備下，可透過閱讀區塊文字說明瞭解學習知識。因此，根據量質化資料分析發現，字幕呈現與否也須考量學習內容的難易度及學習者是否具有與內容相關的先備知識。

表五
各學習者於眼動任務中對「字幕 AOI」的總凝視時間占比（Dwell time%）

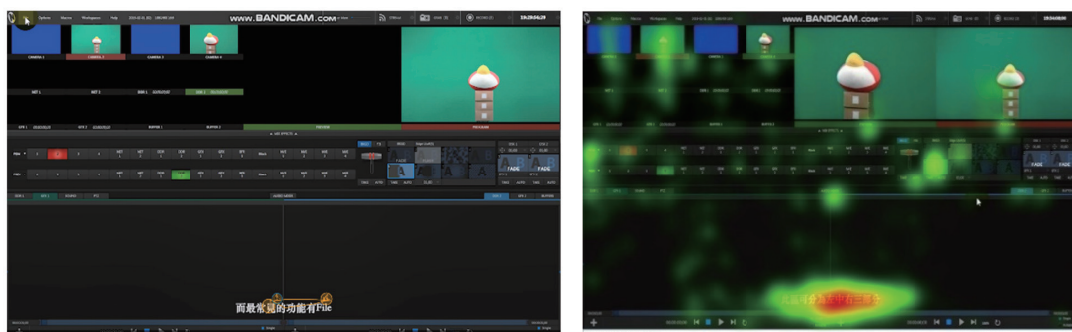
受試者	字幕 AOI 總凝視時間占比		
	任務一	任務二	任務三
1	32.9%	40.6%	49.9%
2	10.2%	15.7%	10.7%
3	26.5%	28.6%	32.5%
平均	23.2%	28.3%	31.0%

表六
學習者訪談回饋

Q1：請問你剛剛觀看教學影片時，注意力都集中在哪（滑鼠游標、字幕、整個畫面）？
1_Q1：我主要關注字幕，其次是滑鼠游標。因為有時聆聽旁白講解無法立即反應（如：英文單字），所以就會先閱讀字幕瞭解內容，然後再跟隨滑鼠游標的移動方向觀看。
2_Q1：基本上，我優先關注滑鼠游標，因為它通常指示影片當前講解的位置。接著，我會關注字幕，特別是對於聽不清楚的詞彙，我會查看字幕以確認內容。整體畫面是一開始在介紹整個介面時會簡要瀏覽，但主要關注滑鼠游標和字幕這兩個部分。
3_Q1：雖然我會觀察整個畫面和字幕，但主要注意力集中在滑鼠游標指向的位置，因為它的移動軌跡引導我的視線。同時，我也重視聆聽聲音，當聲音講到某處時，我會將目光轉向該區域。

圖三

學習者表示自己視線注意力集中在滑鼠游標，但眼動數據顯示實際上是集中在字幕



二、任務二眼動分析

任務二的學習內容為進階操作功能，藉由 AOI 指標數據（圖四、表七）可看出，學習者於「字幕」的總凝視時間占比為 40.6%，而教材影片畫面主要呈現導播機軟體功能中的畫面合成功能，屬於進階操作，學習者對於此合成功能畫面學習區的總凝視時間占比 43.9%（表七，2.9 + 41）。從學習者的總凝視時間占比可發現，學習者將視線放在閱讀文字及理解畫面中目標知識區塊的軟體操作過程。

從先前任務一分析結果瞭解到，學習者在學習過程中眼睛的注意力會不自覺被字幕文字吸引，研究者也於上段落分析說明，因任務一的教學內容僅為為基礎介面知識，學習者可邊聽邊看字幕。但隨著學習內容難易度增加與複雜度提升，如：眼動任務二學習進階畫面合成操作功能，學習者在處理接收資訊時，除需透過聆聽講解理解學習資訊外，仍須搭配字幕瞭解特定區塊專有名詞，從圖二眼動資料呈現也可發現，學習者閱讀路徑會在合成功能畫面學習區與教材字幕來回移動，而熱區圖也顯示，此兩區塊是學習者在觀看教材的學習視線停留區。此外，當「凝視次數、總凝視時間、總凝視時間占比」三個指標

數值越大時，可能詮釋有：（一）該區訊息與欲解決任務高度相關；（二）該區訊息較為困難，學習者需更多時間與次數去凝視；（三）學習者對該區訊息有興趣，想要多花時間凝視。從學習者訪談（表八）可得知，學習者表示會針對專有名詞，或無法理解的內容再次反覆觀看，可間接印證，任務二學習內容屬進階學習，需透過重複觀看影片加深印象。

對應本研究分析，學習者會將視線放在閱讀文字（字幕），可能是因其無法理解耳朵接收到的訊息，如：英文專有名詞，故需透過字幕輔助，再次確認學習理解；而學習者將視線放在主要學習重點畫面的軟體操作，則是因為此區塊操作方式為學習重點。根據 AOI 指標數據發現（表五），學習者對「字幕」區的指標數值皆高，代表學習者會花時間閱讀文字，研究者推測由於任務二學習為進階內容，在操作過程已具困難與複雜情況下，學習者也許更需依賴文字作為學習輔助。

三、任務三眼動分析

任務三學習內容亦屬進階操作功能，在教學影片顯示操作過程的「滑鼠指標」，應用「信號原則」，讓演示操作過

圖四

任務二的三個 AOI



表七

學習者 1 於任務二的三個 AOI 之眼動指標數據

三個 AOI 區	Mix effect AOI	ME 層 AOI	字幕 AOI
凝視次數	1	34	63
總凝視時間	1165.8	12541.0	16587.8
總凝視時間占比	2.9	41.0	40.6

表八

學習者訪談回饋

Q2：請問你是否需要重覆觀看影片以加深印象？（全部重看／挑部分觀看）

1_Q2：我會回到相應的時間點，針對那些沒聽清或沒找到的名詞重新觀看，以確保理解內容。

2_Q2：我會選擇性地挑選影片部分來重複觀看，著重在剛剛沒理解或播放太快的地方。

3_Q2：我會重新觀看整部影片，以加深印象，跳著觀看感覺就不會有那麼深刻的效果。

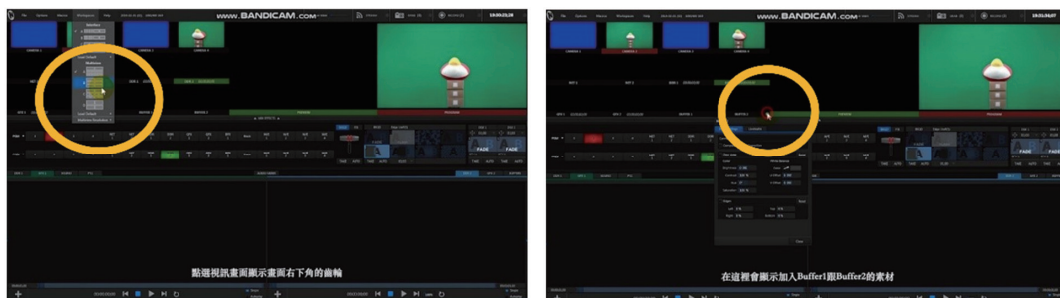
程的滑鼠鼠標以黃色光暈呈現，當操作點選時則讓滑鼠鼠標周圍呈現紅色圓圈，以提示學習者需注意的操作位置與操作行為，如圖五所示。

根據眼動路徑分析發現，學習者視線跟著鼠標提示觀看影片對應軟體操作位置，此外，隨著任務進行時間變長，學習者逐步學會／熟悉軟體操作，因此學習者已能直接透過聆聽旁白描述後，於鼠標尚未給出對應顏色或移動到對應位置作為提

示指引時，即能將視線先移動至旁白所說之軟體操作處。此發現可推論由於信號原則的媒體設計起了引導效果，在經由先前任務的影片觀看學習後，幫助學習者在短暫的時間內對軟體介面和學習重點位置有一定認知，故能隨著任務進行的時間拉長逐漸能立即根據旁白講述的知識內容，將視線移動到對應軟體學習位置，如圖六所示，左圖為第一個任務，學習者多在滑鼠引導後，視線才跟隨至旁白所述移動到

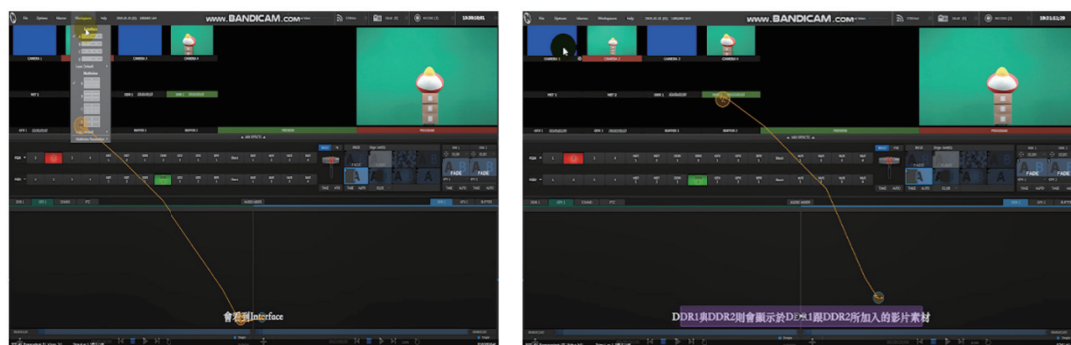
圖五

移動時鼠標的黃色光暈（左）／點擊時鼠標的紅色圓圈（右）



圖六

學習者眼動路徑：任務一（左）／任務三（右）



軟體位置（如：interface）；右圖為第三個任務，從路徑可發現，當旁白介紹內容後，學習者視線已經可移到對應旁白所述位置（如：DDR2），但此時滑鼠鼠標尚未移動給予提示。

隨著眼動任務進行，研究者發現儘管學習者閱讀習慣不同（表四訪談可知，有的學習者說明注意力集中在字幕，有些集中在滑鼠鼠標提示），但整體而言，從表五發現，學習者對字幕依賴比率逐步升高，任務一、二、三對字幕 AOI 的總凝視時間占比依序為 23.2%、28.3%、31.0%（表五）。呼應先前任務二的發現，隨著任務越來越複雜，學習者越來越依賴字幕。以受試者 1 為例，其眼動視線從任務

一中隨著滑鼠移動、熟悉介面，接著在任務二於學習重點與字幕間來回移動，最後在任務三以觀看字幕為主。

搭配學習者訪談推測學習者對字幕依賴程度增加可能有以下原因：（一）滑鼠鼠標於整體畫面而言相對小，且時常快速移動，受測者有時會有跟不上、因此較難即時找到對應位置，因而依賴字幕學習；（二）部分影片配音比字幕速度快，受測者習慣先看講到的地方，之後字幕出現又看字幕，增加回視次數；（三）由於畫面的提示訊號僅有鼠標光暈與操作點按動作的紅框，對於畫面上其他重點位置並無提示設計，如：箭頭、重點文字、框線示意等，因此受測者在瞭解影片大致說明內容

後，就將視線停在字幕；（四）隨著學習時間變長而感覺疲乏，就將注意力著重在字幕上。

四、學習者質化回饋分析

研究者透過訪談瞭解學習者使用數位影片教材回饋，根據訪談發現，學習者在進行任務後，一致認為透過教學影片輔助學習的感受不錯，也能流暢閱讀數位教學影片。其中，透過影像錄製真實軟體操作過程，讓學習者在實際操作時，他們可以根據點擊按鈕後，看到的實際軟體步驟畫面，瞭解不同軟體區塊與步驟後的操作效果。未來若有機會實際操作真實軟體設備時，就可根據此經驗進行實作。此外，學習者表示因數位影片教材是非同步輔助教材，可以照著影片自主學習、重複觀看操作複雜或不易理解片段、調配自我學習時間與速度。

此外，研究者也邀請學習者分享對於教材指引設計與媒體設計的建議，根據訪談顯示，由於目前影片畫面引導與提示以滑鼠鼠標為主，但因鼠標會跟著操作過程不斷移動，當學習者想專注於其時，較難兼顧旁白引導（聽覺）和字幕閱讀（視覺）。學習者建議可加深後製媒體提示訊息類型，如：特定區塊亮點，讓學習者可將視線注意到該區域，讓學習者不只專注單一鼠標移動。學習者也反饋，數位影片教材畫面中的文字較小，不易閱讀，因此建議可讓滑鼠移動至所講到的位置，再透過後製將重點放大、區塊圈選，或搭配後製圖解，讓學習者更清楚軟體區域位置操作內容。最後，學習者建議可再加入互動問答、動態字卡、閃爍特效、延伸發想等

教學引導與影片教材中，提供學習者不同互動模式。

伍、綜合討論

根據前章節眼動任務資料分析綜整結果，研究發現學習者對字幕依賴度，隨著任務中教材知識內容難度增加而逐步提升，尤其在任務三中，學習者對字幕的總凝視時間占比明顯增加。此原因可能可解釋為學習者在嘗試處理較難理解的內容時，對於文字訊息的依賴較高，因此隨著任務中的知識難度增加，其更傾向於閱讀字幕以確保對內容的理解。

根據資料分析顯示，在影片教材中的字幕設計需求與否，會因為內容難易度及學習者先備知識程度而有不同需求，其中，根據任務一與三資料分析後發現，當學習任務較困難時（如：任務三），學習者更會需要字幕以助整理解影片內容，較為基本的學習內容（如：任務一）之字幕出現與否的需求性則不大，此論述即可從表五數據得到驗證，其顯示學習者對於字幕的依賴比率隨著任務複雜度逐步升高。同時，在設計基礎類型知識的學習內容影片媒體呈現方式時，也需考量 Mayer（2021）多媒體設計原則的「冗餘原則」，意思即當影片內容知識較屬於基礎時，因已透過「聲音」與「視覺」影像呈現學習資訊，若再增加對應聲音訊息的「字幕」，對學習者而言可能會造成過多的認知負荷，然而，在學習複雜知識內容時，學習者的視覺已需花費心力處理新知識，若又需於操作流程時，耗費視覺處理影片教材中的字幕訊息，學習者會因同時處理太多訊息（旁白、鼠標、字幕），

造成認知超負荷，無法對訊息進行有效處理。

此外，本研究也發現在三個任務中，學習者通常在影片開始時就關注字幕，這可能是因為文字是學習者一般在學習知識時的重要資訊來源，文字能幫助其理解教材內容。然而，在影片教材呈現中，由於不是僅有文字資訊，因而，若學習者僅關注字幕則可能會因此降低對其他視覺訊息的注意與吸收度，如：動態軟體操作流程或實際步驟順序，也許反而會影響學習效果，因此，本研究目前的發現可說明，學習者在學習時會不自覺的依賴字幕進行學習，然而，在實務的軟體操作學習時，是否提供字幕能有助於知識學習後的實際學習成效，或建議對此類複雜操作，僅保留視覺連續操作方式搭配聲音講解即可，則有待透過更精準研究設計驗證。

另一方面，本次數位影片教材使用滑鼠鼠標作為教學指引與進行資訊提示，根據資料分析發現，滑鼠鼠標中透過顏色提示或線條框線提示的方式，能引導學習者的學習視線，此部分研究發現與 X. Wang 等人（2020）研究類似，其說明運用提示設計，如：動態線條、醒目色彩等引導注意力，強化訊息與學習知識的關聯性有助學習；特別在任務三中，當學習者聽了旁白敘述，其視線不用滑鼠鼠標引導就能快速找到教材所指的目標軟體位置進行學習，可推測在先前任務中，滑鼠引導效果可能有助學習者對目標知識理解與熟悉，因此能於進階任務操作中，在聆聽到聲音引導訊息時，能直覺在教材區塊中找到正確位置，此發現也與 Alemdag 與 Cagiltay（2018）系統性回顧運用眼動資料檢核媒體設計發現相呼應，其說明提示原則有助

引導學習者注意力並幫助學習者找到相關訊息，進而提升學習表現。然而，本研究也根據學習者反饋提出在提示訊息設計的建議，包含：將作為提示元素的物件，如：鼠標的可視性放大，或將部分區塊局部放大，以方便學習者學習。總體而言，數位影片教材的媒體設計包含：資訊接收雙通道的視聽覺設計，在影片數位教材設計時，應針對如何平衡視覺訊息的文字（如：字幕）和畫面元素（如：滑鼠操作畫面）設計，以確保學習者能有效理解與專注在目標知識內容。此外，也可考慮強化不同媒體間的交互設計，發揮個別媒體特性來補足與強化學習效果。

陸、結論與未來展望

一、研究結論

本研究探討數位教材中採用多媒體元素設計數位影片教材對學習者的助益，藉由設計學習任務與眼動工具並輔以質化訪談，瞭解學習者學習過程，探究教材中媒體元素對學習影響。經由資料蒐集與分析後，針對研究問題一與二兩項問題而言，本研究發現教學影片中的媒體設計對學習效果有重要影響，適當的媒體呈現能幫助學習者集中注意力、理解內容，透過聽覺的口述旁白訊息能作為學生教材瀏覽順序的提示，由於視覺通道傳遞的學習訊息類型較多，如：字幕訊息、動態影片操作畫面、視覺提示設計等，本研究發現學習者對字幕的依賴，會隨著學習任務難度增加而逐漸增加，此外，搭配訪談反饋也發現，教材中視覺提示設計，有助於引導學習觀看目標學習資訊。

此外，認知負荷會影響學習過程和結

果，當在學習較具挑戰或複雜的教學影片內容時，可能會產生較高的認知負荷，而發生認知超載、降低學習效果，由於本研究中的數位影片教材在視覺通道訊息類型較多，包含：動態畫面操作過程、字幕及滑鼠鼠標，因此，在視覺的設計上需注意是否有過多的訊息如：旁白、字幕、鼠標操作畫面同時出現，其可能對學習造成干擾。未來在設計教學影片時要謹慎考慮平衡不同通道的媒體元素設計。

針對研究問題三，本次研究參與者對教學影片輔助學習的過程均有正向回饋，認為透過影像呈現的軟體操作情境有助更深入的瞭解實際操作過程，然而，學習者也強調在數位影片教材作為媒材時須注意影片時間不宜過長，適時地穿插多元模式並加強互動。

二、研究限制與未來研究

由於本研究受眼動工具數量、時間、人力等限制，因此研究以小樣本人數進行資料分析，且研究對象為成人有修習過相關課程與具此數位教材影片中的軟體操作先備經驗，故研究結果不宜過度推演。

根據本次研究發現提出未來研究方向建議，包含：（一）增加研究參與人數、（二）加入學習者認知風格或先備經驗差異變項對數位影片教材閱讀與學習過程、（三）搭配學習成效測驗或實務操作評比瞭解數位影片教材後的學習效果、（四）針對相同難易度目標知識教材進行媒體教材設計，如：相同難易度教材中，僅提供旁白或旁白搭配字幕等設計，以驗證本研究推論關於教材困難度不同與提供字幕對學習過程之影響。

謝誌

本研究感謝國家科學及技術委員會計畫（編號 NSTC112-2423-H032-001-MY4）之經費支援。

參考文獻

- 王岱伊（2017）。以眼動技術研究影片之概念理解。載於孫春在、林珊如、袁賢銘、王淑玲、王岱伊、高宜敏、謝吉隆、雷佩嵐、林志鴻，**數位學習者之眼：應用眼動技術於數位學習研究**（頁 185-201）。國立陽明交通大學出版社。
- 余惠娥、鄭永熏（2018）。國小四年級生 YouTube 自主學習融入翻轉教室對自然科學習成效之影響。**教育傳播與科技研究**，**118**，1-14。https://doi.org/10.6137/RECT.201806_118.0001
- 吳慕萱、連倬誼（2021）。情境教學影片對學習障礙生學習動機及注意力之影響。**臺北市立大學學報・教育類**，**52**（2），79-94。https://doi.org/10.6336/JUTEE.202112_52(2).0004
- 林柏諺、郭小萍、柯信國、陽光耀、鄭瑞駿（2022）。運用高擬真示範教學影片提升呼吸治療師 CARESCAPE R860 呼吸器操作能力之成效探討。**呼吸治療**，**21**（2），1-13。https://doi.org/10.6269/JRT.202207_21(2).0001
- 林絲澄、王怡萱（2019，5月17日）。設計模擬式數位教材輔助實作軟體課程之初探研究〔研討會論文〕。2019學術研討會：AI在教育科技的應用與實踐，新北。
- 邱淑惠、廖儷湘（2014）。學前幼兒如何閱讀繪本——眼動歷程之初探。**教育傳播與科技研究**，**109**，57-73。https://doi.org/10.6137/RECT.2014.109.04
- 孫春在、林珊如、袁賢銘、王淑玲、王岱伊、高宜敏、謝吉隆、雷佩嵐、林志鴻（2017）。**數位學習者之眼：應用眼動技術於數位學**

- 習研究。國立陽明交通大學出版社。
- 陳易佃、吳昭容 (2022)。眼動輔助教學對統計圖閱讀與解題之影響。《教育傳播與科技研究》，128，43-62。https://doi.org/10.6137/RECT.202204_(128).0004
- 陳學志、賴惠德、邱發忠 (2010)。眼球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。https://doi.org/10.3966/2073753X2010125504002
- 黃詩芸、崔夢萍 (2016)。運用眼動追蹤技術於國小低成就學生數學文字題輔助線上測驗設計之研究。《教育傳播與科技研究》，115，13-35。https://doi.org/10.6137/RECT.2016.115.02
- 楊芳瑩、蔡孟蓉、劉子鍵 (2017)。數位學習的眼球追蹤研究——原理與實例介紹。載於宋曜廷 (主編)，進階數位學習研究方法 (頁 35-62)。高等教育。
- 趙卿、李先鋒 (2023)。「互聯網+」背景下的語文教學問題及其對策。《創新教育研究》，11 (7)，1823-1832。https://doi.org/10.12677/CES.2023.117271
- Alemdag, E., & Cagiltay, K. (2018). A systematic review of eye tracking research on multimedia learning. *Computers & Education*, 125, 413-428. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.023
- Baddeley, A. D., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2015). *Memory* (2nd ed.). Psychology Press.
- Boucheix, J.-M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123-135. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.015
- Colliot, T., & Jamet, É. (2018). Understanding the effects of a teacher video on learning from a multimedia document: An eye-tracking study. *Educational Technology Research and Development*, 66(6), 1415-1433. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9594-x
- Deng, R., & Gao, Y. (2022). A review of eye tracking research on video-based learning. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7671-7702. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11486-7
- Hughes, A., Wilkens, T., Wildemuth, B. M., & Marchionini, G. (2003). Text or pictures? An eyetracking study of how people view digital video surrogates. In E. M. Bakker, M. S. Lew, T. S. Huang, N. Sebe, & X. S. Zhou (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Image and Video Retrieval (CIVR 2003)* (pp. 271-280). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-45113-7_27
- Jensen, J. L., Holt, E. A., Sowards, J. B., Ogden, T. H., & West, R. E. (2018). Investigating strategies for pre-class content learning in a flipped classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 27(6), 523-535. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9740-6
- Mayer, R. E. (2019). How multimedia can improve learning and instruction. In J. Dunlosky & K. A. Rawson (Eds.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 460-479). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108235631.019
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2021). Video improves learning in higher education: A systematic review. *Review of Educational Research*, 91(2), 204-236. https://doi.org/10.3102/0034654321990713
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 45(3), 255-287. https://doi.org/10.1037/h0084295
- Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution: A dual-coding approach*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Stein, D. (1998). *Situated learning in adult education*. https://www.edpsycinteractive.org/files/sitadltd.html
- Sweller, J., Ayres, P. L., & Kalyuga, S. (2011).

Cognitive load theory. Springer.

- Tabbers, H. K., Paas, F., Lankford, C., Martens, R. L., van Merriënboer, J. J. G. (2008). Studying eye movements in multimedia learning. In J.-F. Rouet, R. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Understanding multimedia documents* (pp. 169-184). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73337-1_9
- Wang, J., Antonenko, P., & Dawson, K. (2020). Does visual attention to the instructor in online video affect learning and learner perceptions? An eye-tracking analysis. *Computers & Education*, 146, Article 103779. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103779>
- Wang, X., Lin, L., Han, M., & Spector, J. M. (2020). Impacts of cues on learning: Using eye-tracking technologies to examine the functions and designs of added cues in short instructional videos. *Computers in Human Behavior*, 107, Article 106279. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106279>
- Xiang, L., Bing, B., & Xiaowei, W. (2017). Research and application of situational teaching in the ideological and political education of teenagers. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 28(1), 670-673.
- Zhai, X., Fang, Q., Dong, Y., Wei, Z., Yuan, J., Cacciolatti, L., & Yang, Y. (2018). The effects of biofeedback-based stimulated recall on self-regulated online learning: A gender and cognitive taxonomy perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(6), 775-786. <https://doi.org/10.1111/jcal.12284>
- Zheng, X., Ma, Y., Yue, T., & Yang, X. (2023). Effects of different types of cues and self-explanation prompts in instructional videos on deep learning: Evidence from multiple data analysis. *Educational Technology Research and Development*, 71, 807-831. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10188-2>

