藝術教育研究（2025），50，74-111。
DOI:10.6622/RAE.202512_(50).0003

擴增實境導入國小視覺藝術教育——從傳統授課比較到學習風格與 AR 教學輔助之差異

Integrating Augmented Reality Into Visual Arts Education Among Elementary Students: A Comparison With Traditional Teaching and an Examination of Learning Style and AR Conceptual Model

[*] 許子凡　Tzu-Fan Hsu

[**] 林演慶　Yen-Ching Lin

[*] 國立臺北商業大學創意設計與經營研究所　副教授

[*] Associate Professor / Institute of Creative Design and Management, National Taipei University of Business

[**] 亞東科技大學工商業設計系　副教授

[**] Associate Professor / Department of Industrial and Commercial Design, Asia Eastern University of Science and Technology

有關本文的意見，請聯繫通訊作者林演慶
For correspondence concerning this paper, please contact Yen-Ching Lin
Email: yclin@mail.aeust.edu.tw

 本文於2025年10月9日評審通過

摘要

擴增實境（augmented reality，AR）近年與行動裝置結合，透過操控的互動性，成爲數位教學輔助教材，讓學生在充滿趣味的情境中學習。本文以國小視覺藝術課程爲應用場域，將 AR 操控的概念模式劃分爲觀察式、探索式與自拍式，於階段一進行傳統授課與 AR 輔助教學之比較；階段二納入個體之單模、雙模、三模與四模的學習風格，探討其對學習動機與認知負荷之影響。結果顯示，相較於傳統授課，所有類型 AR 輔助均能顯著提升學習動機與減輕認知負荷。從學習動機來看，觀察式 AR 在注意與滿足的誘發較其他類型爲佳，單模、雙模、三模的學習風格者在相關與自信構面感受更明顯；認知負荷方面，單模偏好者因接收管道限縮，心智負荷及心智努力顯著高於多重模組者，而探索式 AR 的心智努力感受則相對較輕。本研究成果除提供 AR 在藝術領域教學輔助的設計參考，亦可作爲資訊融入教學研究的基礎。

關鍵詞：概念模式、認知負荷、學習風格、學習動機、擴增實境

Abstract

In recent years, the development of augmented reality (AR) has gradually been combined with mobile devices and has become an auxiliary teaching material for digital education. Through the interactivity of interface control, students can learn in a fun and engaging environment. Therefore, in the first experimental phase, this study used traditional teaching and AR learning assistance methods, attempting to classify AR applications into three interface operation conceptual models: observational, exploratory, and selfie. The second phase incorporated the subjects' learning styles, which were categorized as single, dual, triple, and quadruple modes. The study then explored their influence on students' learning motivation and cognitive load when introduced into elementary school visual arts curriculum instruction. The results showed that compared to traditional instruction, all types of AR-assisted teaching significantly improved learning motivation and reduced cognitive load. From the performance of learning motivation, students paid closer attention and were more satisfied when taught with observational AR. Those who prefer single-mode, dual-mode, and triple-mode learning styles have more obvious relevance and confidence. In terms of cognitive load, those who prefer single-mode learning style have significantly higher mental load and mental effort than other multiple modules due to limited information receiving channels, while exploratory AR make a relatively lower perception in students' mental effort. In addition to providing a design reference for AR in the field of art teaching assistance, this research result can also serve as a basic extension of information integration teaching research.

***Keywords*:** conceptual model, cognitive load, learning style, learning motivation, augmented reality

壹、前言

一、研究背景與動機

政府多年來持續推動數位學習的發展，從數位典藏與學習之學術與社會應用推廣、數位教育與網路學習，以及語文數位教學等多項國家型科技計畫，皆顯示其在促進數位內容和技術融入學術與教育，及擴大數位教育和網路學習於正規教育與終身學習的企圖心。此外，教育部*十二年國民基本教育課程綱要*中，也可看到對於科技資訊的重視，如在藝術領域核心素養的溝通互動面向上，提及「科技資訊與媒體素養」爲「具備善用科技、資訊與各類媒體之能力，培養相關倫理及媒體識讀的素養，俾能分析、思辨、批判人與科技、資訊及媒體之關係」（教育部，2014）。顯見將新興科技內涵結合於教學規劃，對學生運用科技學習能力的養成影響深遠，凸顯出資訊科技融入教學在現今教育應用的重要性。

隨著數位科技、網路媒體與行動設備的高速發展，以數位平臺爲基礎，讓不同專業間產生跨域合作的趨勢逐漸形成，媒體操作形式與風格扮演著其教育應用的溝通介面，使課程學習更貼近於數位世代的學生需要，同時也讓教師在數位教學輔具的選擇與應用上擁有更多樣的可能性。張國恩（2002）指出在抽象概念內容學習、實務社會技能演練、情境教學環境塑造、數位化課程導入，以及學生的學習動機（learning motivation）、自我診斷與自我評量系統的建構，都是科技融入教學可結合的範疇。除了教學現場的需求外，讓人們在學習過程中感受到趣味，使其兼顧遊戲性與教育性，達到寓教於樂的效果，也是科技應用於學習的目標之一。

然而，Charles、McAlister（2004）也提醒數位學習環境中探索與解決任務的過程，雖能使學習經驗更富趣味性，但是學習者在數位情境缺乏眞實脈絡的觸感互動，容易造成虛擬學習經驗與眞實實驗操作間的巨大落差，甚至無法有效運用至現實環境中。於是，具有整合虛擬與眞實特性的擴增實境（augmented reality，AR），有助於人們經由虛擬經驗的學習中，進一步聯結到眞實操作的強化，成爲備受矚目的教學方式。

二、研究問題與目的

資訊科技的發展爲生活帶來許多改變，數位科技進入校園後，提升了教學多樣化與個人適性化的可能性（Martin-Gutiérrez，2011）。近年 AR 的發展，已逐步與行動裝置結合，成爲數位教學的輔助教材，透過介面操控的互動性，讓學生能在充滿趣味的情境下進行學習。過去已有諸多研究將行動設備投入了藝術學習的應用，顯示以行動學習方式

從事藝術欣賞課程教學，可提升學習態度與成就（Martin、Ertzberger，2013），有助於學習動機的強化（Pirker 等，2019）及認知負荷（cognitive load）的降低（Chang 等，2017），亦能促使深入瞭解繪畫知識（Wei 等，2015），顯見藝術教育結合科技，確能協助學生打開藝術之眼。有鑑於過往研究多著眼於科技導入與既有教學的比較，如何針對其類型樣態予以更爲細緻的討論，成爲 AR 在藝術教學輔助應用上，值得探索的方向。

綜上所述，本研究從國小藝術領域的視覺藝術課程切入，調查不同類型的 AR 教學輔助與傳統授課間的差異，同時探討操控不同概念模式（conceptual model）的 AR 輔助教學，對學童學習風格（learning styles）產生的影響，並分別就學習興趣和認知負荷兩個面向予以評估。期望透過其樣態的釐清，提供 AR 在藝術教學應用上的設計規劃參考，亦可作爲資訊融入教學研究的基礎延伸。綜言之，本研究探討的問題和目的歸納如下：

1. 檢視傳統授課與 AR 教學輔助在學習動機與認知負荷的績效差異。
2. 比較學習風格模組對學習動機與認知負荷的構面影響。
3. 評估各類型 AR 對學習動機與認知負荷之提升有無明顯不同。

貳、文獻探討

一、AR 的定義和要素

AR 是以虛擬實境（virtual reality，VR）爲基礎所開發的互動技術，讓虛擬物件與場景得以連結眞實的世界，跨越虛擬與現實。根據 Milgram 等（1994）提出眞實—虛擬連續性（reality–virtuality continuum）論點，若將眞實環境和虛擬場景視爲一個連續的光譜，在眞實環境與 VR 兩端點間的區域稱爲混合實境（mixed reality，MR）；較靠近眞實環境這端的區域稱爲 AR；而較靠近虛擬場景的區域則稱爲擴增虛境（augmented virtuality，AV）。隨著 Apple ARKit 與 Google ARCore SDK 的推出，加上手機與平板等行動裝置持續熱銷，成爲促進 AR 風行的重要推手。

Carmigniani 等（2011）的研究顯示，AR 已廣泛應用於教育與文化傳播，能促進學習者在眞實世界與數位資訊之間建立更緊密的連結，適合用於基礎知識建構與即時應用，尤其能幫助學習者理解抽象知識。此外，在需要高風險或高成本的學習情境中，VR 與 AV 則提供安全且可反覆操作的學習場域，有助於技能練習與決策訓練（Milgram 等，1994）。然而，這些技術的效能雖普遍被肯定，但其影響效果仍與情境設計、學習者特質與任務類型高度相關。因此，在教育實踐中，如何根據學習目標選擇合適的裝置類型，成爲影響學習成效的關鍵因素。

目前 AR 多以規格技術觀點，例如顯示設備類型或是追蹤定位技術等進行分類，較少從使用者角度出發。著眼於人本教育理念，本研究在 AR 類型探討上，選擇以介面操作的概念模式作爲切入點，比較教學現場中學生使用後之評比回饋，檢視其於教育應用的效果差異，以提供教師在 AR 教材輔具的選用依據，同時也可作爲教育導向之數位設計的規劃參考。

二、AR 的教育應用

隨著設備普及與技術成熟，AR 的應用面向日趨多樣，不論在專業的醫學、製造、軍事，或是日常的視覺化、尋路、娛樂上都可見到其蹤影。盧煜煬等（2019）以文獻分析方式檢視了包含 AR 在內的 VR 研究與專利資料庫，指出行動 AR 的應用面向分布在室內戶外環境的體驗、作業流程的模擬與改善，及教學領域的應用。Billinghurst、Duenser（2012）提出 AR 於教育中顯現的特性，包含無縫式互動（seamless interaction）、有形介面象徵（tangible interface metaphor）與虛實過渡介面（transitional interfaces），意指 AR 可幫助學習者將學習情境的虛擬與實體空間無縫地銜接整合、以有形的物件來表達無形的觀念，及在眞實與虛擬場景間連續感知的過渡。其中在教學應用上，AR 具有新鮮感、互動性、知覺回饋與空間關聯等優勢（Billinghurst，2003；Billinghurst、Dunser，2012）。

Fan、Geelan（2012）認爲，資訊科技融入教育不應局限於電腦或是軟體的預設用途，而是應該從整合的角度，思考科技在課程教學中，如何增加教師授課與學生學習的可能性。傳統教具有時會礙於保管或物理因素，未能有效地傳達教學內容，如抽象的立體概念，但經由 AR 的視覺再現與物件互動的操作特性，讓學習者能直覺地觀看且瞭解到抽象的科學概念，增加理解力與自信心。Toledo-Morales、Sanchez-Garcia（2018）透過線上教學的實徵研究，對於應用 AR 作爲教材輔具有助於提升學生表現的觀點，也抱持贊同的態度。

回顧近年來國內 AR 的教育應用研究，多採以課程觀點切入的主題式分類論述，較適合傳統文本的教材形式分析。針對 AR 的體驗式教學特質，本研究嘗試以「體驗要素」，如感官沉浸、情境眞實性、情感投入與探究學習，結合對應的「內容型態」，如互動操作、知識建構、社會互動與反思過程，進行解析。首先，在「感官沉浸與互動操作」方面，研究多聚焦於語言與數學學習內容。林益興、謝虹珊（2018）探討 AR 在英語教學中的運用，發現其有助於提升學習態度與成效。在數學領域，許一珍、鄭竹君（2018）運用 AR 輔助加減法單元，黃秋霞、楊志強（2020）設計體積學習裝置，皆透過互動操作與即時回饋，降低抽象概念的學習難度。

其次，在「情境眞實性與知識建構」方面，自然與生活科技是常見的應用科目。許一珍（2018）分別將太陽系八大行星與自然科內容融入 AR 教材，藉由情境化的多媒體呈現，提升學生的動機與學習成效。社會領域的研究亦呈現此趨勢，例如趙貞怡等（2020）設計以臺灣清領時期爲背景的 AR 桌遊，讓學生透過歷史情境的互動體驗，深化對社會知識的建構。

再者，在「情感投入與社會互動」方面，特殊教育成爲重要的探討場域。李盈穎等（2019）將 AR 融入中度自閉症學生的自然科課程，結果顯示不僅能提升學習成效，也能增進社會互動；蔡浩軒、孟瑛如（2020）更進一步進行文獻分析，指出國內 AR 在特教應用仍缺乏系統性的整理。

此外，「探究與反思」則體現在導覽與藝術學習領域。蕭顯勝等（2013）運用 AR 製作 3D 虛擬展物，結合探究式學習策略，讓國小六年級學生於博物館導覽中進行行動學習；而蔡文毓（2019）則將 AR 融入藝術欣賞課程，並搭配深層思考策略，協助學生在欣賞水墨畫的過程中產生更深層的反思與動機提升。

綜合上述研究成果可見，AR 在教育應用中展現多元體驗價值：透過「感官沉浸與操作互動」強化語文與數理能力，藉由「情境眞實性」支持自然與社會的「知識建構」，並在「情感投入與社會互動」中拓展至特教領域，而「探究與反思」則開啓了導覽與藝術學習的新方向。整體而言，國內 AR 研究已在認知導向課程中累積豐富成果，但在設計美學與藝術領域的體驗式應用仍處於起步階段。本研究選擇國小視覺藝術課程作爲切入點，期能補足相關研究缺口，深化對體驗要素與內容結合的理解。

三、AR 介面操作之概念模式

互動設計是將資訊轉化爲清楚的導引，以提供更爲直覺的使用行爲，並引起使用者體驗的動機（陳芝菁、陳建雄，2011），而介面則是使用者和系統之間溝通的管道，軟體操作的設計重要性不亞於硬體製作的外形規劃。豐富的內容，必須提供與之溝通的互動管道，否則會造成使用者的不便和資源上的浪費。

從認知科學和人機互動的觀點，使用者經由介面操作以完成任務的過程中，牽涉到設計者、系統介面與使用者等多個心智層面，因此 Norman（1988）提出設計模式（design model）、系統印象（system image）與使用者模式（user's model）等論說，分別代表設計者對於設計物運作的概念化過程、設計物操作的可視介面與使用者內心對設計物運作之臆測。換言之，爲能掌握介面工具的操控性，使用者會藉由系統印象的實際互動，企圖理解介面所規劃的概念模式，進而預測與掌握其運作的行爲和反應。Rogers 等（2011）

根據使用者互動過程所產生的操作行為，提出四種類型的概念模式，分別為：以發送命令來指示系統的引導式（instructing）、以詢問方式跟系統互動的交談式（conversing）、與虛擬環境或物件產生互動的操控式（manipulating and navigation），以及瀏覽結構式訊息系統的探索式（exploring and browser），這也是目前最廣為人知且認同的介面互動操作之概念模式類型。

隨著 AR 應用的日益廣泛，對於 AR 操控的概念模式也逐漸為相關學者所關注。Billinghurst（2003）針對 AR 應用的呈現方式，將介面操控的類型劃分為：單純接收資訊的瀏覽式介面（browsing interfaces）；使用者能針對虛擬物件進行操作，進而調整及擺放的 3D 擴增實境介面（3D AR interfaces）；實體物件的操作與虛擬場景產生互動的可觸式介面（tangible interfaces）；以及藉由投影與追蹤技術，形成即時互動的投影式介面（spatial displays）四種模式。黃新（2019）則透過 AR 的相關案例分析，將介面模式歸納出四種類型：攝影機不會移動的固定式（fixed）；觀眾拿著裝置，圍繞物件移動的觀察式（observative）；經由空間瀏覽進行檢視的探索式（exploratory）；使用鏡頭設備自拍，並以使用者臉部特徵作為互動依據的自拍式（portrait）。此外，王晏伃、許子凡（2020）基於內容物與空間的關係，提出以資訊瀏覽方式呈現內容物的瀏覽式（browsing）；經由偵測讓平面影像或三維物件延伸定位於環境上的觀察式（observant）；與透過空間的位移而產生互動的空間式（navigating）。

綜合上述相關學者於操作概念模式所提出之分類觀點，發覺其類別間雖有命名上的差異，但背後的意涵並無明顯的衝突，故可歸納彙整為：觀察式、探索式、自拍式、固定式、可觸式及投影式六個類型。然而，探討 AR 技術於教育中的應用，仍須注意課程的相容性、設備的可行性、教師的知識經驗等問題（Tosun，2017）。有鑑於固定式、可觸式與投影式三者需多樣器材與環境條件的配合，較適於特定場域的展演運用。故本研究於藝術教學輔助之 AR 應用上，選擇以觀察式、探索式與自拍式三者作為其介面操作的概念模式之比較類別，特性如表 1 所示。

表 1

本文 AR 介面操作之概念模式比較

類型	操作要素	使用情境	優勢
觀察式	使用者移動裝置環繞觀察	模型展示、文物欣賞	彈性高、使用者自由度大、提升探索感
探索式	空間瀏覽、定位與移動觸發互動	虛擬導覽、地圖探索	促進探索學習、結合情境故事化體驗
自拍式	使用者臉部特徵辨識、鏡頭互動	社群濾鏡、個人化娛樂	高參與度、個人化強、易於擴散分享

四、個體的學習風格

因材施教的適性學習是長久以來的教育思維。個體在進行訊息接收、記憶和思考歷程中有其偏好的傾向，該特徵便稱之爲學習風格，並受到人格與環境的交互影響，進而表現在問題因應的策略與行爲（Garger、Guild，1984），故在教學應用領域是廣爲討論的議題。此外，除了關注訊息接收與內化的認知歷程外，Silver 等（1997）提出在探討學習風格時宜留意，每個人雖擁有先天本質的學習偏好，但不應偏頗地將學習效果不佳歸咎於適性不合。相對地，學習風格暗示著因應教學內容的型態差異，人們需要嘗試不同的策略來提升學習效果，培養自己成爲多模式的學習者。

在學習風格的應用與探討上，Kolb（1976，1984）、Herrmann（1991）和 Fleming（2001）的理論是最爲常見的幾種型態。Kolb（1976）學習風格理論模型基於資訊知覺和資訊處理兩個構面，從具體經驗與抽象概念，以及反思觀察與主動體驗，將學習風格劃分爲適應、聚斂、發散和同化四個類別。該理論模型的學習風格判定方面，Kolb（1984）提出對應的學習風格量表（learning style inventory，LSI），由 48 個題項所組成，在探討遊戲式的愉悅學習或數位學習的績效等相關研究（連俊瑋等，2018）中，是常採用的學習風格型態。Herrmann 則以大腦生理構造爲基礎，將學習風格劃分爲分析、程序、人際關係與想像四種型態，主張學習者皆具有獨特的思考模式及偏好的學習策略，經由教學活動的刺激與鼓勵，可訓練不同的學習風格構面，成爲全腦學習者。

而 Fleming（2001）理論模型是以 Bandler、Grinder（1979）以及 Clark（1995）提出的 VAK 模型爲基礎，所修正的認知風格類型。依據學習者接受訊息、溝通與學習的感官通道，將學習風格區分爲視覺型（visual）、聽覺型（aural）、讀寫型（reading and writing）與動覺型（kinesthetic）四種類型。視覺型偏向用看來學習，透過觀看照片、圖片、示範及影片來學習事物；聽覺型偏向用聽來學習，喜歡透過聆聽、演講、提問、辯論、討論及口語化的教學來學習事物；讀寫型偏向用讀寫來學習，喜歡閱讀，需要邊寫邊讀、先寫後讀，或先讀後寫來加深學習印象；動覺型偏向用身體活動及實際參與方式學習，喜歡透過自己動手做、角色扮演、移動、接觸及體驗來學習事物。爲量測人們在 VARK 學習風格的對應類型，Fleming 設計了所屬的學習風格測驗量表（VARK questionnaire），由 16 個題項構成，可將人們劃分爲單一的視覺型、聽覺型、讀寫型、動覺型，以及複合的多模型學習風格，同時於 VARK 網站（https://vark-learn.com）提供量表填答結果的判讀服務，透過大量數據蒐集讓風格特徵得以進一步釐清與驗證（Fleming、Baume，2007）。促使 VARK 學習風格提出後，於數位學習、AR、行動學習等議題上，成爲相關研究在探討時採用的理論模型之一（Cruz 等，2014）。

Yuen 等（2011）表示，AR 與教育的結合，能提供不同學習風格者所適合的學習情境，有助於學習成效的提升。教學輔具的特性與學生的學習風格間有著明顯的作用，釐清不同類型的 AR 與學習風格間的關聯，成爲值得探究的議題。因此，本研究設計納入學習風格變項，探討個人特質對於不同 AR 類型具有的學習差異。此外，Kolb（1984）與 Fleming（2001）學習風格理論均爲數位學習研究者廣泛採用，但 Fleming 理論以感官直覺作爲分類基礎，適用於各個年齡層，顯然更能闡釋兒童的學習風格以及其與媒體介面互動的特徵，加上爲避免長時間施測讓學童感到疲憊導致量測偏差，問卷以能保持合適的題項數量爲佳，因此，本研究最終選擇採用 VARK 學習風格及其問卷作爲施測工具。由於人們接收訊息時往往採取非單一的多重管道，爲瞭解其使用的實際分布樣態，相關研究在學習風格的劃分上，多採用偏好特定管道的單模與雙模、三模、四模的多重型態（Mishra 等，2024；Sundararajan 等，2024），故本研究以此作爲受測者學習風格之歸類依據，將學習風格問卷結果整合爲單模、雙模、三模與四模組的形式加以分析。

五、學習動機

學習動機代表引起個體學習活動、維持且促使其朝向教學目標的內在心理歷程（張春興，1994），通常被視爲達到學習目標的關鍵因素，也是有效學習的重要指標之一。許多文獻都表明學習興趣與學習成效有著顯著性的關係（Ainley 等，2002），然而，學習是一項持續的歷程，學生發自本身的內在動機，需要藉由適當的回饋、反應和參與來輔以互動。Keller（1984）於是提出 ARCS 動機設計模式，假設學習者的動機與期望並存，且會影響其對學習的付出、表現和持續性。如何運用可能的教學措施以提升學生的注意（attention）、相關（relevance）、自信（confidence），進而獲得滿足（satisfaction）（Keller，1999），成爲了研究者關注之處（Shellnut 等，1999；Weiler，2005）。

王曉璿等（2009）指出資訊科技融入教學，除了促進學生對於課程的參與，更希望在學習過程間，發現教材隱含的組織結構，進而主動建構以產生自主學習動機。因此，AR 的教育研究中，學習動機是常被採用的評估指標，例如 Hung 等（2023）在 AR 教具的應用，或 Hsiao 等（2012）在遊戲式 AR 的教學效果探討，均將學習動機列爲評估指標。該變因量測多根據 ARCS 的四個面向以問卷題項進行調查，本研究在 AR 的教材輔具對於學生的學習動機影響上，經由相關研究之問卷彙整，調整爲符合國小視覺藝術課程應用之量測題項。

六、認知負荷

認知負荷是教育心理研究中的重要議題，代表著將特定工作加諸於學習者認知系統時所產生的負荷（Paas、Van Merriënboe，1994）。學習者在學習過程中需要運用大量的認知記憶能力，若在思考、解決問題時，資訊處理超出個體認知負荷程度，將會導致認知超載（Sweller，1989）。造成認知負荷的因素包括學習者本身的特性，如認知能力或先備經驗，以及學習環境，如學習內容、資訊展示與教材編排方式或學習程序等。如何在教學過程中降低學生學習所產生的認知負擔是重要研究方向，認知負荷也成爲相關教學研究常見的評估指標（Chandler、Sweller，1991；Goldman，2003）。此外，依據認知雙碼理論，視覺和語意的編碼與表徵形式不同，因此其接收通道與組織方式亦不相同（Paivio，1986）。由於各通道內資訊的處理量與工作記憶區的容量均有限制，故認知負荷的評估在多媒體設計有其必要（Mayer，2009），當具有高度互動特質與操控屬性的 AR 融入教學時，學生是否會產生額外的認知負荷而導致學習上的影響，成爲應留意之處。

認知負荷主要區分爲三種類型。首先，內在（intrinsic）認知負荷代表教材內部組成產生高度的交互作用，使其性質複雜化，因而導致認知負荷的增加（Pollock 等，2002）；其次，外在（extraneous）認知負荷主要來自於教學方式與教材設計的呈現，不當的教材編排或是輔具搭配，使學習者無法順利整合資訊，造成注意力分散，因而導致無法完全理解教材內容導致學習成效的降低（Sweller、Chandler，1994）；最後，增生（germane）認知負荷代表經由教學設計吸引學習者專注於內容認知或基模建構，廣義來說，可視爲有益學習的外在認知負荷（Paas 等，2003）。

認知負荷有多種測量方式。例如羅旭君（2017）探討多媒體教學對於認知負荷的影響時，採生理衡量方法，以眼動儀記錄學習者的眼球注視點次數、注視時間及視線軌跡的資訊，作爲生理測量的依據；部分研究則以績效表現衡量方法，如耗費的學習時間、錯誤率等來推論學習者的心智努力程度（陳密桃，2003）；Paas 等（2003）經由相關研究彙整與歸納，提出主觀測量方法，是認知負荷最常使用的衡量技術，具備一定的信效度與不受干擾的特性，因此廣爲相關研究所採用（陳欣儀、顏晴榮，2014；陳密桃，2003）。此方式將認知負荷劃分爲：任務／工作（task-based）與學習者（learner-based）兩個構面（Paas、Van Merriënboer，1994；Sweller 等，1998），前者係指任務的內在負荷（如教材難度或複雜度）及外在負荷（如教材的設計與呈現方式）所導致的「心智負荷」

（mental load）；後者代表學習者在執行任務時所付出的認知資源，稱之爲「心智努力」（mental effort）。採用主觀量測方式的研究，其問卷題項多基於這兩個構面進行設計與調查（Hwang 等，2013）。本研究在 AR 對於認知負荷的評估上，選擇以主觀量測方式來規劃操作。

參、研究方法

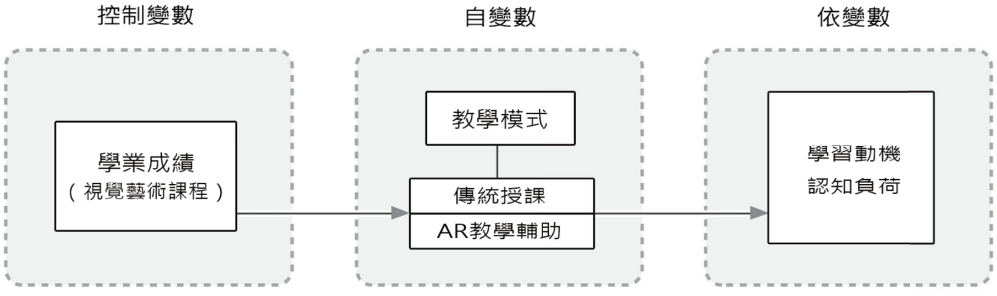
一、研究設計

（一）研究規劃

本研究設計共規劃兩個實驗階段。

階段一「AR 輔助與傳統授課於學習動機與認知負荷之差異評估」，爲獨立樣本 *t* 檢定的實驗設計。以「教學模式」爲自變數；「學習動機」與「認知負荷」的感受評估爲依變數。控制組是以既有紙本搭配投影教材的「傳統授課」班級，實驗組則是導入三種不同操作模式的「AR 輔助」授課班級，分別就：觀察式 vs. 傳統授課、探索式 vs. 傳統授課、自拍式 vs. 傳統授課，兩兩進行比較，以釐清各類型 AR 教學輔助與傳統授課間有無顯著差異，其架構如圖 1。爲避免個體間先驗能力所造成的實驗偏誤，選擇以前一學期視覺藝術課程之學業成績爲控制變數，透過差異檢測確保兩組於施測時保持在相同的水平基礎。

圖 1
階段一實驗架構

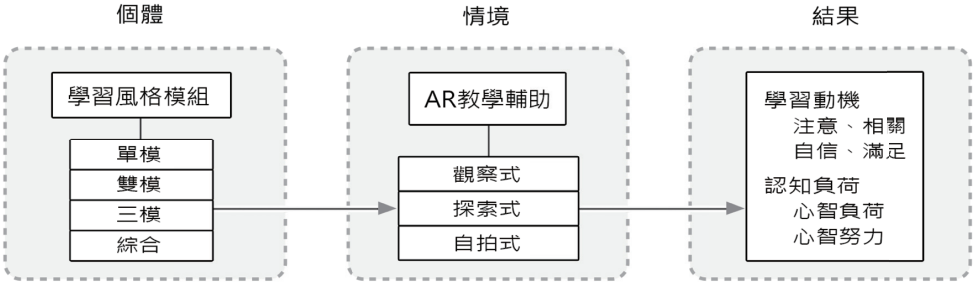


考量各 AR 教學輔助所搭配之課程單元不同，可能對任務內容造成影響，另對傳統授課組別三個課程單元的量測結果進行相依樣本單因子變異數分析，檢視其學習動機與認知負荷間有無顯著差異，透過統計檢定的方式排除單元內容造成干擾之疑慮。

階段二「AR 教學輔助與學習風格模組之學習動機與認知負荷之差異評估」，採用「學習風格模組」與「AR 教學輔助」二因子混合變異數分析設計。除針對 AR 教學輔助的類型，即觀察式、探索式、自拍式進一步剖析外，同時納入了受測者在學習風格偏好的單模、雙模、三模、四模之模組變項，並針對學習動機的「注意」、「相關」、「自信」、「滿足」與認知負荷的「心智負荷」、「心智努力」構面逐一檢視。階段二架構規劃如圖 2。

圖 2

階段二實驗架構



（二）實驗變數

本研究以受測者的「學習風格」與「AR 教學輔助」（操作概念模式）爲自變數；「學習動機」與「認知負荷」爲依變數，進行受測者主觀感受的評估。第一階段控制組班級以傳統授課方式進行，相關依變數的題項描述，係將應用程式（application，App）學習相關字眼替換爲「本週上課方式」，以符合受測者經歷的教學情境。研究變數定義詳述如下。

1. 自變數

（1）AR 教學輔助

本研究之教學輔助係根據不同的 AR 介面操作概念模式，代表使用者與系統介面間的互動操作型態（Hewett 等，1992），參考相關學者（王晏伃、許子凡，2020；黃新，2019；Billinghurst，2003）觀點，配合課程教學內容，彙整出探索式、觀察式與自拍式三種 AR 教學輔助的操作概念模式類型，其特性說明如下：

A. 探索式 AR：以位移方式於空間進行導覽，可如同 *Pokémon GO* 般依據眞實座標或如同街景地圖般，單響位移所處之位置。

B. 觀察式 AR：相較於前者，此模式爲觀衆手持行動裝置，藉由身體位向的改變，調整虛擬圖像作品的座標位置，並經由顯示螢幕從不同角度觀察物件。

C. 自拍式 AR：此模式主要來自於對使用者的形態偵測，如手機鏡頭的臉部自拍或是攝影設備的身體姿態等，都可成爲 AR 的內容互動的操作來源。

（2）學習風格模組

學習風格代表個體致力於學習任務時，其行爲與人格交互作用所呈現出的學習偏好傾向（Garger、Guild，1984）。本研究參考 Fleming（2001）依據感官通道進行訊息接收與溝通之 VARK 理論觀點所提出的學習風格測驗量表，以量測受測者在視覺（V）、聽覺（A）、閱讀（R）、動覺（K）四種管道的偏好狀態。由於人們接收訊息時往往採取非單一的多重管道，爲瞭解其使用的實際分布樣態，相關研究（Mishra 等，2024；Sundararajan 等，2024）在學習風格的劃分上，多採用偏好特定管道的單模、或是雙模、三模、四模的多重型態，故本研究依此輔以 VARK 網站問卷判讀結果，作爲受測者學習風格模組之歸類依據。所屬類型說明如下：

A. 單模：偏好透過視覺、聽覺、讀寫與動覺中，任一感官作爲學習訊息接收通道，V、A、R、K 均屬於此類型。

B. 雙模：偏好任兩種感官者進行學習訊息的接收，AK、VK、RK、AR、VA、VR 均屬此類型。

C. 三模：偏好任三種感官進行學習訊息的接收，包含 VAK、ARK、VRK、VAR 等型態。

D. 四模：偏好綜合四種感官通道進行訊息接收及學習，VARK 即屬此一類型。

2. 依變數

（1）學習動機

係指引起個體的學習活動、維持學習活動，並促使該學習活動朝向教師所設定目標的內在心理歷程（張春興，1994）。基於學習者的動機與期望會影響其對學習內容的注意與努力程度的觀點，Keller（1984，1999）提出注意、相關、自信、滿足，亦即興趣和好奇心的激發、需求和目標間的連結、預期完成任務的掌握以及成就伴隨之內在鼓勵或外在獎勵，所構成的 ARCS 學習動機理論，廣受相關研究採用。本研究自林哲宇（2010）與廖怡閔（2011）所發展之學習動機量表歸納出 12 個題項，以五點式李克特量表提供勾選，數值越大代表學習動機越高。四個構面 Cronbach's α 係數分別爲 .824、.843、.812、.870，均高於 .7 之信度要求（Nunnally，1978），顯示了其良好的內部一致性：

A. 注意：

（A）這個 App 讓我感到很有興趣。

（B）這個 App 讓我想要繼續使用。

（C）這個 App 可讓我專心學習。

B. 相關：

（A）這個 App 學到的東西對我很有幫助。

（B）這個 App 很符合教學的課程內容。

（C）這個 App 學到的東西可用於日常生活。

C. 自信：

（A）這個 App 使我有信心能成功的完成學習。

（B）這個 App 讓我相信認眞努力就有好成績。

（C）這個 App 讓我清楚上課的內容重點。

D. 滿足：

（A）我很喜歡能使用這個 App 來學習。

（B）我很滿意自己使用這個 App 的操作表現。

（C）我很開心這個 App 能幫助我進步。

（2）認知負荷

代表特定任務加諸於學習者時，認知系統所產生的負荷（Paas、Van Merriënboer，1994）。包含了心智負荷與心智努力兩構面，前者代表教材內容的複雜度，後者則爲教材的編排與呈現方式。本研究根據相關學者（Hwang 等，2013）歸納出下述 4 個量測題項，搭配五點式李克特量表進行評比，數值越高代表認知負荷的感受越大，兩構面的 Cronbach's α 爲 .889、.842，符合信度檢定之要求：

A. 心智負荷：

（A）我覺得這個課程學習的內容是困難的。

（B）我要很努力才能回答這個課程的問題。

B. 心智努力：

（A）學習 App 讓我很有壓力。

（B）我要很努力才能在課堂上操作 App。

二、AR 輔助之實驗樣本

AR 輔助教具的設計，若倚賴身處教育現場的教師進行開發，恐有實務上的困難，故善用現已建置的數位資源，當可成爲教師運用科技融入教學的一種的實踐型態。不但可

以活化既有數位內容與工具，也能從學生使用之回饋，作爲日後教學應用的調整參考，使其更貼近學生的學習需求，間接體現數位學習的適性精神。故基於教學現場與設備之考量，本研究以現有 App，作爲 AR 教學輔具之取樣來源。

（一）刺激物取樣

研究調查期間，Apple Store 或 Google Play 等 App 平臺上，尚未有 AR 教育應用程式的專屬類別，而是綜合歸屬於「教育」分類。本研究以「AR」、「AR 教育」、「擴增實境」等關鍵字，於 Apple Store 臺灣商店的教育分類進行搜尋，共取得 27 款 App。透過進一步比對，發現使用 AR 技術且符合視覺藝術課程屬性者，僅有 Google 藝術與文化（Arts & Culture）乙項。該 App 前身爲 Google Art Project，於 2011 年推出並與世界各地著名之文化機構，如美國現代藝術博物館、英國大英博物館、荷蘭梵谷博物館、美國大都會藝術博物館，或臺灣國立故宮博物院等進行合作。透過長期投注經營使其擁有豐富的藝術資源，獲得使用者 4.7 星的優異評價，此外亦支援中文在內等多國語言翻譯功能。

基於前述，本研究選擇 Google 藝術與文化 App 作爲取樣來源，從其內容進一步搜尋與 AR 相關項目，共獲得：可按作品實體尺寸來呈現的藝術投影機（art projector）、能沉浸式地瀏覽藝廊空間且近距離欣賞藝術品的口袋畫廊（pocket gallery）、能讓個人與著名作品即時結合的藝術濾鏡（art filter），與能以眞實大小觀看的三維資產（3D asset）。四個 AR 項目的介面操作概念模式，由三位具備六年以上數位設計實務與大專院校教學經驗的專家予以判定，根據文獻中所列之觀察、探索與自拍三種操作概念模式的類目說明，分別就該四項 AR 介面互動的操控特性進行歸納。爲確保專家有一致的判斷標準，本研究採用前測檢驗的方法，依據 Holsti（1969）專家相互同意度檢測之信度爲 .92，高於可接受範圍值 .85（Kassarjian、Kassarjian，1988），代表專家間對於樣本的判別上具一致性。最終歸納結果爲：藝術投影機與藝術濾鏡的操作互動，分別屬於觀察式與自拍式，而口袋畫廊與三維資產兩者則是探索式的操作概念模式。

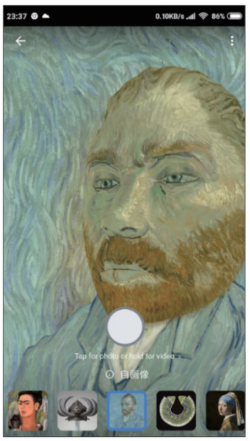
（二）實驗樣本與課程單元之搭配

藝術領域包含視覺藝術、音樂、表演各方面的學習，課程融合藝術、生活、社會與文化等諸多元素，涉獵的範圍寬廣，教學也呈現多樣化的狀態。本研究以藝術領域的視覺藝術課程作爲 AR 的應用類型，邀請三位在該課程任教六年以上的國民小學教師（其中兩位亦有電腦課程之教學經驗），在瞭解 App AR 提供的功能內容後，決定以口袋畫廊（探索式 AR）、藝術投影機（觀察式 AR）、藝術濾鏡（自拍式 AR）作爲 AR 之教學輔具。

三位教師配合*十二年國民基本教育課程綱要*的國小藝術領域核心素養之內涵，包含：參與藝術活動，探索生活美感；識讀科技資訊與媒體的特質及其與藝術的關係；體驗在地及全球藝術與文化的多元性（教育部，2018），就三種教學輔助 AR 進行討論，挑選出：察顏觀色（單元 A）、藝術家的天空（單元 B）、藝術家有約（單元 C）作爲對應之授課內容主題。搭配之考量說明如表 2。

表 2

教學輔助 AR 樣本與搭配之課程單元

AR 樣本	口袋畫廊（探索式）	藝術投影機（觀察式）	藝術濾鏡（自拍式）
課程單元	察顏觀色（單元 A）	藝術家的天空（單元 B）	與藝術家有約（單元 C）
課程內容	經由 App 虛擬藝廊中所擺設的顏色相關主題，如紅棕、藍綠、黃橘及灰色調等作品的瀏覽展示，以及透過點選作品的觀看，讓學生熟悉色相與色系分類。	配合 App 展示之畫作，如印象派作品星空，來認識色彩原理及開拓美感視野，並讓學生以虛擬結合實景，透過畫作布置教室，添增擴增體驗的樂趣。	配合 App 結合肖像畫作，如梵谷自畫像，透過學生介紹藝術家們的故事過程與畫作人物的即時扮演，以及投影幕的呈現，增添角色分享的趣味互動。
介面圖例			

三、教學規劃與實驗步驟

（一）受測者招募與施測

經授課教師徵詢家長同意後，本研究共招募四個班級參與，每班人數 27 人，一個班級作爲「傳統授課」的控制組，三個班級作爲「AR 輔助」的實驗組。爲避免班級間在該科目的學習能力差異，本研究就四個班級前一學期的視覺藝術課程成績施以檢定，確保其保持在相同水平基礎。共計 108 位受測者參與。

除了傳統授課與 AR 輔助的比較外，本研究就不同學習風格偏好的個體，檢視其在 AR 輔助導入教學後的表現差異。根據 Fleming（2001）的 VARK 理論，作爲學習風格的分組基礎。經由 VARK 網站提供之青少年版本問卷，在維持題項語意前提下，翻譯成符

合受測者習慣用語之繁體中文版本（VARK Learn Limited，n.d.），共計 16 道試題，每一題均有 4 個選項，分別代表 V（視覺）、A（聽覺）、R（讀寫）、K（觸覺）學習風格取向。受試者可根據題目選擇符合自己偏好的選項，允許複選或空白不回答，再由研究者輔以 VARK 網站的問卷判讀服務，歸納出受測者學習風格的單模、雙模、三模與四模的複合分布狀態。

（二）實驗設備

本研究選擇教室建置的 iPad 平板作爲實驗設備。規格爲 Apple A10 64 位元處理器、32 GB 記憶體、9.7 吋螢幕與 2048 × 1536 像素的解析度，並事先安裝 Google 藝術與人文 App。學生在電腦課程有該設備的使用經驗，可降低硬體操作不熟悉的干擾。

（三）課程實施

本研究安排實施 9 週的視覺藝術課程，每週 1 堂，授課規劃如表 3。控制組與實驗組採用相同的教學內容，由同一位教師負責授課。控制組採用課本搭配 PowerPoint 投影的傳統授課方式，對於老師提出的問題，配合投影片讓學生對畫集中的作品進行觀察、挑選與回答；而實驗組於單元 A、B、C 週次，由研究者協助示範該單元之 AR App，再由學生進行操作，體驗 AR 輔助方式的教學型態。完成課程內容的情境引導後，教師透過逐步提問幫助學生進行探索活動，例如：「請從上課介紹的藝術家作品中，尋找且挑選出一幅你喜歡的作品，並想想它可以掛在教室的哪個位置來裝飾呢？」實驗三個單元施行結束後，教師於控制組的後續週次另行安排 AR 的 App 教學補充，使全體學生都能擁有 AR 輔助的學習體驗。

表 3
課程教學單元與授課規劃

週次	主題內容	授課規劃與調整說明	
		控制組	實驗組
1	課程簡介	傳統授課	學習風格量測與分組
2–3	單元 A：察顏觀色	傳統授課	探索式 AR：口袋畫廊
4–5	單元 B：藝術家的天空	傳統授課	觀察式 AR：藝術投影機
6–7	單元 C：與藝術家有約	傳統授課	自拍式 AR：藝術濾鏡
8–9	拼貼作品創作	補充 AR 體驗	傳統授課

（四）數據蒐集與登錄

在 A、B、C 各單元的實施週次結束後，研究者以無記名方式進行實驗組與控制組學生的問卷填寫，獲取該次課程的學習動機與認知負荷項目評比資料，並將數據進行登錄。各次實施間隔 2 週，以避免施測殘留造成的連續效應。此外，徵詢學生於課後時間以開

放式問答方式瞭解其評比原由，過程以錄音記錄，作爲結果分析之輔助參考。按前述流程完成三次單元的量測與登錄。

考量隱私的保護，施測間均採不計名方式，作答紀錄與內容亦不包含辨識個人資料。受測者於測驗期間，可隨時退出並取消該筆資料紀錄。惟資料登錄後，由於無記錄個人可辨識資訊，故無法要求刪除。

肆、研究結果

一、AR 教學輔助與傳統授課比較

（一）AR 教學輔助與傳統授課之敘述統計

本研究於實驗階段一規劃 A、B、C 三個單元的教學內容，分別施以 AR 教學輔助與傳統授課，以評估不同授課模式對學習動機與認知負荷所造成的差異。整體而言，AR 教學輔助的學習動機平均分數（M = 4.22，SD = 0.55）優於傳統授課（M = 3.41，SD = 0.72）；認知負荷方面平均分數（M = 2.52，SD = 1.35）則低於傳統（M = 3.33，SD = 1.22），且離差程度較大，各細項敘述統計結果如表 4。以 AR 教學輔助模式面向觀之，觀察式的學習動機評分最高，其次是探索式，最低爲自拍式；而探索式的認知負荷最低，觀察式和自拍式則較高。至於傳統授課在單元 A、B、C 的學習動機皆普遍低於 AR 輔助教學；在認知負荷面向則較高。

表 4
AR 教學輔助與傳統授課之敘述統計

內容	教學模式	評估	個數	平均數	標準差	標準誤
單元 A	觀察式 AR 輔助	學習動機	81	4.35	0.47	0.05
		認知負荷	81	2.59	1.35	0.15
	傳統授課	學習動機	27	3.38	0.75	0.15
		認知負荷	27	3.32	1.24	0.24
單元 B	探索式 AR 輔助	學習動機	81	4.25	0.47	0.05
		認知負荷	81	2.35	1.31	0.15
	傳統授課	學習動機	27	3.45	0.64	0.12
		認知負荷	27	3.27	1.19	0.23
單元 C	自拍式 AR 輔助	學習動機	81	4.08	0.71	0.08
		認知負荷	81	2.59	1.40	0.16
	傳統授課	學習動機	27	3.40	0.76	0.15
		認知負荷	27	3.41	1.22	0.24

（二）AR 教學輔助與傳統授課之獨立樣本 *t* 檢定

爲確認 AR 輔助誘發學習動機及降低認知負荷，是否較傳統授課有明顯的提升，施以獨立樣本 *t* 檢定，逐一比較有無顯著差異。

1. 單元 A（觀察式 vs. 傳統授課）

學習動機方面，觀察式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 4.35$，$SD = 0.47$）顯著高於傳統授課（$M = 3.38$，$SD = 0.75$），$t(106) = 7.92$，$p < .001$；認知負荷方面，觀察式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 2.59$，$SD = 1.35$）則顯著低於傳統授課（$M = 3.32$，$SD = 1.24$），$t(2, 106) = -2.50$，$p < .05$。

2. 單元 B（探索式 vs. 傳統授課）

學習動機方面，探索式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 4.25$，$SD = 0.47$）顯著高於傳統授課（$M = 3.45$，$SD = 0.64$），$t(106) = 6.90$，$p < .001$；認知負荷方面，探索式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 2.35$，$SD = 1.31$）則顯著低於傳統授課（$M = 3.27$，$SD = 1.19$），$t(106) = -3.23$，$p < .01$。

3. 單元 C（自拍式 vs. 傳統授課）

學習動機方面，自拍式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 4.08$，$SD = 0.71$）顯著高於傳統授課（$M = 3.40$，$SD = 0.76$），$t(2, 106) = 4.25$，$p < .001$；認知負荷方面，自拍式 AR 教學輔助的平均分數（$M = 2.59$，$SD = 1.40$）則顯著低於傳統授課（$M = 3.41$，$SD = 1.22$），$t(106) = -2.71$，$p < .01$。

從統計結果得知，在單元 A、B、C 中，不論何種 AR 教學輔助的導入，對於提升學習動機與降低認知負荷皆提供了正面的支持。

（三）傳統授課單元 A、B、C 相依樣本之單因子變異數分析

爲確定教學施測所搭配的單元內容未構成實驗的潛在干擾，本研究針對傳統授課組別在單元 A、B、C 三次量測的數據，施以相依樣本單因子變異數分析。結果發現不論在學習動機，$F(2, 52) = 0.10$，$p = .91$，與認知負荷，$F(2, 52) = 0.14$，$p = .87$，均無明顯差異的存在，顯示未有 AR 輔助導入的情況下，受測者在三個單元的教學內容的學習動機的與認知負荷表現趨於一致。此一結果排除單元內容對受測者反應可能造成的干擾，並支持實驗設計的合理性。

二、學習風格模組分布樣態

實驗階段一聚焦於 AR 教學輔助與傳統授課間的比較，階段二則納入受測者學習風格變數進一步加以探討。受測者填答後經敘述統計分析，得知學習風格的複合模組分布型態（表 5）。以單一管道接收訊息僅占約四分之一，經四模管道者最多，其次爲單模、雙模與三模組。偏好採用單一模式的學生，整體調查比例占了 27.2%，在四個管道中以 K（動覺）所占之比例較高，其次爲 A（聽覺）；雙重模式者在整體比例爲 23.5%，其中以 AK（聽覺 + 動覺）的比例較高，其次爲 VK；三重模式者在整體比例爲 19.8%，其中 VAK（視覺 + 聽覺 + 動覺）的比例較高，其次爲 ARK 和 VRK；採用 VARK 綜合模式占了整體比重 29.6%。

表 5
AR 教學輔助之受測者學習風格調查

學習風模組	整體百分比	組內		
		學習風格	個數	比例（%）
單模	27.2%	V	1	4.5
		A	3	13.6
		R	1	4.5
		K	17	77.3
雙模	23.5%	AK	13	68.4
		VK	3	15.8
		RK	1	5.3
		AR	1	5.3
		VA	1	5.3
		VR	0	0.0
三模	19.8%	VAK	11	68.8
		ARK	3	18.8
		VRK	2	12.5
		VAR	0	0.0
四模	29.6%	VARK	24	100.0

三、學習動機之 AR 教學輔助與學習風格模組二因子變異數分析

（一）學習動機構面之敘述統計

排除單元內容差異所造成的干擾疑慮後，進行 AR 教學輔助的操作概念模式（觀察式、探索式、自拍式）與受測者學習風格模組（單模、雙模、三模、四模）之敘述統計

與二因子變異數分析，分別就學習動機四個構面（注意、相關、自信、滿足）加以探討。整體而言，從 AR 教學輔助介面來看，觀察式（M = 4.36，SD = 0.56）與探索式（M = 4.27，SD = 0.60）的學習動機高於自拍式（M = 4.11，SD = 1.05），自拍式的離差程度較大；從學習風格模組來看，雙模（M = 4.41，SD = 0.46）、單模（M = 4.37，SD = 0.64）與三模（M = 4.34，SD = 0.64）的學習動機高於四模組（M = 3.85，SD = 0.78）。各分項的敘述統計結果如表 6。

表 6
學習動機之 AR 教學輔助與學習風格模組的敘述統計

AR	學習風格模組	個數	注意		相關		自信		滿足	
			平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
觀察式	單模	22	4.56	0.64	4.45	0.42	4.53	0.42	4.64	0.42
	雙模	19	4.77	0.50	4.30	0.43	4.39	0.41	4.51	0.46
	三模	16	4.67	0.47	4.29	0.82	4.17	0.78	4.44	0.51
	四模	24	4.33	0.97	3.57	0.61	3.58	0.67	4.57	0.46
探索式	單模	22	4.09	0.96	4.53	0.49	4.50	0.40	4.42	0.39
	雙模	19	4.30	0.53	4.30	0.46	4.51	0.42	4.39	0.37
	三模	16	4.42	0.72	4.15	0.58	4.29	0.75	4.50	0.56
	四模	24	4.04	0.91	3.78	0.75	3.75	0.80	4.29	0.48
自拍式	單模	22	3.96	1.29	4.24	0.60	4.24	0.88	4.30	0.78
	雙模	19	4.35	0.62	4.37	0.43	4.44	0.35	4.35	0.49
	三模	16	4.23	0.81	4.25	0.60	4.27	0.52	4.42	0.48
	四模	24	3.74	1.08	3.36	1.03	3.35	0.75	3.88	0.86

（二）學習動機構面之二因子變異數分析

1. 注意

為確認注意構面在不同 AR 輔助教學（操作概念模式）與學習風格模組是否具有顯著差異，進行該兩變數之二因子變異數分析，交互作用未達顯著，$F(6, 154) = 0.35$，$p = .91$。檢視其主要效果：AR 輔助的不同，在注意構面具有顯著影響，$F(2, 154) = 12.80$，$p < .001$。經事後比較與敘述統計數據得知，觀察式 AR（M = 4.58，SD = 0.64）顯著優於探索式 AR（M = 4.21，SD = 0.78）與自拍式 AR（M = 4.07，SD = 0.95）；學習風格模組未達顯著，$F(3, 77) = 2.02$，$p = .118$。

2. 相關

相關構面的二因子變異數分析結果顯示，AR 輔助與學習風格模組未具有顯著交互作用，$F(6, 154) = 1.38$，$p = .23$。檢視其主要效果：得知受測者學習風格模組為該構面的

主要影響來源，$F(3, 77) = 14.74$，$p < .001$。經事後比較與敘述統計數據得知，單模（$M = 4.41$，$SD = 0.50$）、雙模（$M = 4.32$，$SD = 0.44$）與三模（$M = 4.23$，$SD = 0.67$）在相關構面所誘發的學習動機，顯著高於四模模組（$M = 3.57$，$SD = 0.79$）。

3. 自信

自信構面檢定結果，交互作用同樣未達顯著，$F(6, 154) = 1.00$，$p = .43$，顯示自變數間的組合不會特別強化或抑制動機構面的感受。檢視其主要效果：學習風格模組在自信構面的感受影響達到顯著，$F(3, 77) = 17.81$，$p < .001$。經事後比較與敘述統計數據得知，單模（$M = 4.42$，$SD = 0.50$）、雙模（$M = 4.45$，$SD = 0.44$）與三模（$M = 4.24$，$SD = 0.67$）在該構面所誘發的學習動機，顯著高於四模模組（$M = 3.56$，$SD = 0.46$）；AR 輔助的主要效果則未達顯著水準，$F(2, 154) = 2.68$，$p = 0.07$。

4. 滿足

滿足構面之二因子變異數檢定，結果顯示自變項間未存在顯著交互作用，$F(6, 154) = 1.81$，$p = .10$。學習風格模組的主要效果同樣並未顯著，$F(3, 77) = 1.73$，$p = .17$；而在 AR 輔助的主要效果則達顯著，$F(2, 154) = 6.94$，$p = .001$，表示 AR 輔助於該構面的影響，不會因學習風格模組差異而改變。事後比較則進一步指出，觀察式 AR（$M = 4.54$，$SD = 0.46$）顯著高於探索式（$M = 4.40$，$SD = 0.45$）與自拍式 AR（$M = 4.24$，$SD = 0.65$）。

四、認知負荷之 AR 教學輔助與學習風格模組二因子變異數分析

（一）認知負荷構面之敘述統計

爲檢視 AR 輔助教學中，不同學習風格模組偏好之受測者在認知負荷的感受差異，針對其心智負荷與心智努力兩個構面進行細部檢視（表 7）。整體來看，相較於其他模組的受測者，單模者呈現出較高的心智負荷與心智努力評分；此外，不同 AR 輔助類型在心智努力構面的分數亦較高，差異也較爲明顯。後續透過二因子變異數分析進一步確認是否具有顯著差異。

整體而言，從 AR 教學輔助介面來看，觀察式（$M = 2.60$，$SD = 1.27$）與自拍式（$M = 2.59$，$SD = 1.40$）的認知負荷高於探索式（$M = 2.34$，$SD = 1.21$）；從學習風格模組來看，單模的認知負荷（$M = 3.24$，$SD = 1.35$）高於雙模（$M = 2.34$，$SD = 1.31$）與三模（$M = 2.31$，$SD = 1.57$），前三者又高於四模（$M = 1.83$，$SD = 0.94$）。各分項的敘述統計結果如表 7。

表 7

認知負荷構面之 AR 教學輔助與學習風格模組的敘述統計

AR	學習風格模組	個數	心智負荷		心智努力	
			平均數	標準差	平均數	標準差
觀察式	單模	22	3.52	1.24	3.86	1.26
	雙模	19	2.08	1.38	2.61	1.25
	三模	16	2.19	1.59	2.94	1.78
	四模	24	1.79	0.93	1.79	0.75
探索式	單模	22	3.39	1.23	3.46	1.23
	雙模	19	2.42	1.34	2.16	1.16
	三模	16	1.94	1.43	2.00	1.49
	四模	24	1.73	0.85	1.63	0.92
自拍式	單模	22	3.43	1.48	3.57	1.42
	雙模	19	2.32	1.52	2.47	1.48
	三模	16	2.38	1.58	2.50	1.54
	四模	24	2.04	1.04	2.00	1.14

（二）認知負荷構面之二因子變異數分析

1. 心智負荷

經對心智負荷構面施以二因子混合變異數，可發現交互作用未達顯著水準，$F(6, 154) = 0.39$，$p = .89$。AR 輔助的主要效果未達顯著，$F(2, 154) = 0.54$，$p = .58$，顯示三個教學情境的內容規劃具一定的平衡性，不因 AR 輔助的操作型態，造成受測者在心智負荷上的差異；學習風格模組的主要效果則呈現顯著差異，$F(3, 77) = 12.98$，$p < .001$。透過事後比較可進一步發現，單模（$M = 3.45$，$SD = 1.33$）受測者的心智負荷顯著高於雙模（$M = 2.27$，$SD = 1.41$）、三模（$M = 2.17$，$SD = 1.53$）與四模（$M = 1.85$，$SD = .94$）其他模組的感受。

2. 心智努力

心智努力構面的二因子變異數之分析結果，自變項間同樣未有顯著交互作用，$F(6, 154) = 0.54$，$p = .78$。AR 輔助，$F(2, 154) = 3.92$，$p = .02$，與學習風格模組，$F(3, 77) = 16.40$，$p < .001$，主要效果均達顯著。配合事後比較可發現探索式 AR（$M = 3.21$，$SD = 1.20$）在心智努力構面的負擔顯著低於觀察式 AR（$M = 2.80$，$SD = 1.26$），介於其間的自拍式 AR（$M = 2.64$，$SD = 1.39$）與該兩者的差異皆未達顯著。而四模（$M = 1.81$，$SD = 0.94$）、三模（$M = 2.48$，$SD = 1.60$）、雙模（$M = 2.41$，$SD = 1.30$）在心智努力的感受則顯著低於單模受測者（$M = 3.63$，$SD = 1.32$）。

伍、研究討論

一、AR 教學輔助與傳統授課比較

從研究結果得知，不論何種 AR 教學輔助的導入，對於提升學習動機與降低認知負荷皆提供了正面的支持，優於傳統授課方式。AR 在教育應用中顯現的特性，包含無縫互動、有形象徵與虛實過渡等；而在教學應用上，則具有新鮮感、互動性、知覺回饋與空間關聯等優勢，這些都是有別於傳統授課方式的特質。傳統教具因保管或物理因素的考量，有時未能有效地傳達教學的內容，但經由 AR 的視覺再現與物件互動的操作特性，能讓學習者直覺地觀看且瞭解到抽象的概念，提升其理解力與自信心，且 AR 具有多重感官通道的特質，可以擺脫傳統讀寫式的學習模式，創造教學溝通的優勢。以上都是 AR 教學導入與傳統授課相較下，能夠有效提升學習動機和降低認知負荷的可能原因。

二、AR 教學輔助操作模式差異

以 AR 教學輔助操作模式的面向觀之，觀察式的學習動機評分最高，其次是探索式，最低爲自拍式；而探索式的認知負荷最低，觀察式和自拍式則較高。以上結果顯示，若要引發國小學生對於藝術類 AR 教材的學習興趣、能夠專心使用與提升繼續使用的意願，以觀察式的操作介面設計爲最佳；若要學童喜歡、滿意與開心的使用藝術類 AR 教材，則探索式的介面形式設計較優。

檢視各 AR 輔助教學介面的操作特色：觀察式是觀眾拿著裝置，圍繞物件移動，從螢幕中觀察藝術作品；探索式則是受測者單響螢幕中位移所處的位置，經由空間瀏覽進行藝術作品的檢視；至於自拍式則是使用鏡頭設備自拍，並以使用者型態特徵作爲互動的依據。換言之，觀察式以使用者爲主體，物件與環境與之配合，在互動上對自我意識掌控的程度較高，其保留相當程度的身體運動，且虛實程度皆高；探索式以環境與物件爲主體，使用者與之配合，在互動上對自我意識掌控的程度稍低，虛大於實，屬較爲沉浸式的體驗；自拍式則是使用者形象配合系統運作，結合藝術作品產生變化，對虛擬圖像進行一次性的動作，在互動上能夠自我掌控的意識程度最低，較不具沉浸感。此外，自拍式的另一個特色是受測者對於數位工具操作的熟悉度有別，對某些學童來說，其認知負荷程度較大。

Milgram 等（1994）曾提出眞實—虛擬連續性論點，表示若將眞實環境和虛擬場景視爲一個連續的光譜，較靠近眞實環境端的區域稱爲 AR。本研究發現，若根據觀察、探

索與自拍的特質，亦可將之視爲從靠近眞實環境到虛擬場景的一個連續光譜。AR 輔助教學介面的操控，在互動行爲上若能讓學童更能夠掌控自我意識與身體的移動，也就是增加眞實環境的掌控因素，較能提高其學習動機與減輕認知負荷。

三、學習風格模組分布樣態

從學習風格複合模組的分布形態得知，國小學童在學習風格傾向以接觸型的動覺爲主，與 AR 的互動特質有較緊密的連結，其次輔以語音的聽覺，接著透過視覺的觀看，最少採用讀寫作爲訊息接收的通道。此一分布狀況符合人類動覺、聽覺、視覺到語言和思考邏輯的感官發展順序。

學習風格代表個體致力於學習任務時，所呈現出的學習偏好傾向。由於人們接收訊息時往往採取非單一的多重管道，根據研究結果，在 AR 藝術教學設計時，可考量依感官通道的順序調整訊息接收的比例：首先，使用身體活動及參與方式，讓學童透過動手做、角色扮演、移動、接觸及體驗來進行相關課程內容的接觸；接續進行聆聽、演講、提問、辯論、討論及口語化等聽覺型的教學；再來觀看照片、圖片、示範及影片等視覺教材；最後方使用邊寫邊讀、先寫後讀或先讀後寫的方式來加深學習印象。

在學習風格模組的組合面向上，四種模組偏好的接收者各約占四分之一，因此 AR 教材也可以考慮以多重模組方式來進行設計，其配置可爲動覺形式、動聽形式、動聽視覺形式以及動聽視讀形式。對於動覺、聽覺與視覺型的學生，AR 教材較能引發其學習興趣與感到滿意、理解教學內容和運用在生活上，同時較有自信去獲取好成績，但是對於讀寫型受測者的效果則相對較差。概因讀寫型的學習者主要透過閱讀文字來理解學習內容，面對藝術類型 AR 此一強調互動與圖像輔助的設計形式，能夠得到的效益減弱。

四、學習動機之 AR 教學輔助與學習風格模組

學習動機整體評分都很高，顯示國小學童使用 AR 進行藝術教學的學習動機良好。從 AR 教學輔助介面來看，觀察與探索式的學習動機高於自拍式，但自拍式仍有一定的效果。然而，自拍式的離散程度也顯示出，學童對於此一形式的動機激發可能因人而異，越是對互動媒體熟悉的學童，越可能有較高的學習動機。從學習風格模組來看，雙模、單模與三模者的學習動機高於四模組，納入讀寫模式易造成學習動機的降低。

學習動機的細項，包含注意、相關、自信與滿足評估皆呈現高分狀態；不論何種 AR 輔助教類型，各細項的平均分數皆遠高於中位數，各種學習風格模組下各細項的平均分

數亦高於中位數。以上結果顯示，無論哪一種 AR 輔助教學類型，受測者對該 AR 教材的各項學習風格構面皆呈現正面評價。

在注意構面，觀察式 AR 顯著優於探索式與自拍式，顯示觀察式 AR 在虛擬物件與眞實環境互動的視覺呈現方式，較易促進學生學習專注度的提升。相對於其他三種模式，受測者認爲觀察式 AR 在學習上較爲有趣、會想要繼續使用以及可以讓人更專心的學習。

在相關構面，單模、雙模與三模所誘發的學習動機，顯著高於四模模組，顯示當受測者的學習風格隨著訊息獲取的管道——視覺、聽覺、讀寫與動覺的模組數量增加時，AR 輔助產生的相關感受有逐步降低的趨勢。單模、雙模和三模渠道的受測者，相對於四個模組同時使用，較易感受到學習的東西很有幫助、其符合上課的內容，以及可以運用在日常生活中。

在自信構面，單模、雙模與三模所誘發的學習動機，顯著高於四模模組，顯示單模、雙模和三模渠道的受測者，相對於四個模組同時使用，較易感受到利用 AR 可以增加信心以成功完成學習、透過 AR 學習能促使其認眞努力以獲得好成績，以及使用 AR 學習可以幫助上課內容重點的釐清。

在滿足構面，觀察式 AR 顯著高於探索式與自拍式 AR，顯示相對於探索和自拍式 AR，觀察式 AR 較能讓受測者喜歡使用 AR 來學習、能夠滿意自己使用 AR 的操作表現，以及很開心 AR 能幫助其學習上的進步。

五、認知負荷之 AR 教學輔助與學習風格模組

認知負荷整體評估呈現稍微低分的狀態，但接近中位數；不論何種 AR 類型，認知負荷的平均分數落在約中位數的位置，顯示國小學童使用 AR 進行視覺藝術課程時，任務加諸於學習者所產生的認知系統負荷不大且適中。相較於其他學習風格模組的受測者，單模者呈現出較高的認知負荷，代表採用同多重模式能夠減輕認知負荷。此外，不同 AR 輔助類型在心智努力構面的分數較高，差異也較爲明顯，表示教材的編排與呈現方式相對於教材內容的複雜度，有較大的負擔，突顯出教材設計簡易化的重要性。從 AR 教學輔助介面來看，觀察式與自拍式的認知負荷高於探索式；從學習風格模組來看，單模的認知負荷高於雙模與三模，前三者又高於四模，對四模的認知負荷則有較高的離散程度。由此推測，探索式介面與多模組學習風格偏好的認知負荷程度較低。

認知負荷的細項評估，包含心智負荷和心智努力，皆呈現接近或低於中位數的狀態，僅單模學習者的分數偏高。不論何種 AR 操作類型，各細項平均分數皆靠近中位數，其中探索型低於中位數；各種學習風格類型下的各細項分數，亦分布於中位數上下，惟四模偏好者平均數不及 2。以上結果顯示，透過藝術類 AR 教材，受測者認爲學習內容並不困難與學習的壓力適中，無須花費很大的力氣才能回答課程問題與操作該軟體，尤其是受測者使用多種管道接受訊息並有較多探索式的操作時，應可大幅減低心智勞力的付出。

在心智負荷構面，單模受測者的心智負荷顯著高於雙模、三模與四模等其他模組的感受，顯示單模者因學習方式較爲單一，缺乏多源訊息的整合，使其對處理學習內容的心智負荷明顯較其他多重模組風格者感受來得強烈，較認爲這個課程的學習內容上是困難的、必須很努力才能回答課程的問題，以及覺得在這個課程的學習上欠缺充足的時間。

在心智努力構面，探索式 AR 在心智努力構面的負擔顯著低於觀察式 AR，介於其間的自拍式 AR 與該兩者的差異皆未達顯著，而四模、三模、雙模學習風格受測者在心智努力的感受則顯著低於單模者。以上結果顯示，面對 AR 輔助教材的多樣互動性呈現與多管道接收模式，在認知處理上可付出較少的心智努力來達成內容的整合與理解。相對於觀察式 AR，探索式 AR 在心智努力構面的負擔顯著較低；以及相對於單模管道，多重模組在心智努力構面的負擔亦較少。於是，透過探索式 AR 與感官的複合運作，能讓學習較不具壓力、無須耗費太多努力才能在課堂上操作與利用 AR 進行學習。

陸、結論與建議

隨著 AR 的應用日益普及，從既有數位內容或工具搜尋合適之教學輔具，對身處教育第一線的中小國教師們而言，是資訊科技融入教學的可行方案之一。除了促進已建置之數位資源的活化，同時可透過 AR 教學輔具的施用，進一步探討與比較學生的學習反應與評價。在日後教學應用上，亦可讓教師在數位輔具的挑選上，更貼近學生的學習需求，間接體現數位學習的適性化。

綜合研究成果得知，若以視覺藝術教學輔助的角度切入，無論何種 AR 的介面操作類型，對於學童的學習動機與負荷都有相當優良的效果。其結果或許可歸因於今日 3C 產品的發達和普及以及與數位媒材的互動特徵，即便年齡偏小的學生也不會對各類 AR 介面感到難以使用或困惑。以教學者的角度考量，無需過於擔憂這類教材上手的難易程度。然而，各項操作介面模式與學習者風格模組間的學習動機與認知負荷評分仍有若干顯著差異，可提供未來教學者在製作 AR 教材設計方向上的參考，以期發揮更大的學習功效。

相較於傳統授課，AR 教學的導入，對於提升學童學習動機與降低其認知負荷均有顯著助益；從學習動機的表現來看，觀察式 AR 在注意與滿足的誘發效果較其他類型爲佳，偏好單模、雙模、三模的學習風格者在相關與自信的動機構面上則有較明顯的感受；在認知負荷方面，訊息接收管道的限縮，促使偏好單模的學習風格者在心智負荷及心智努力上，明顯高於其他多重模組，而探索式 AR 對於學童的心智努力感受則相對來得較輕。相關成果除能提供 AR 在藝術領域教學輔助上的設計參考，亦可作爲資訊融入教學研究的基礎延伸。然而，學生對於 AR 應用之正向回饋是否部分歸因於新奇效應（novelty effect）宜審愼看待，有待後續進一步探究。此外，本研究評估工具以自陳問卷爲主，雖具便利性與效度基礎，但主觀回應不易完全反映實際學習歷程，學童仍可能受到社會期許的影響，因此未來若能搭配觀察紀錄、行爲分析或生理數據（如心率或眼動）等方法，將使成果更趨於完整。

藝術 AR 教材除了新奇有趣外，包含了各種感官接觸來刺激學生的學習，藉以引發優良的學習效果。因此，當教學者採用 AR 作爲課堂上的教學輔助時，可以考量學生不同的學習風格型態予以搭配組合，並在動機興趣、情緒感受、記憶思考等不同的教學階段，嘗試導入適宜的介面操作方式。除上述建議外，本研究亦可延伸至嚴肅遊戲面向，藉由遊戲化規則與回饋系統，提升學習過程中的沉浸感、目標導向與持續動機；未來尙可在教材設計上預設不同的操作模式，搭配人工智慧智能輔助，讓學生自行挑選適宜的 AR 介面，或由系統依據學生特質自動顯示適合的版本，勢必能夠發揮出 AR 相關教材的最佳學習功效。綜言之，本研究揭櫫之「學習者—學習風格」與「體驗型態—AR 形式」，可視爲建構 AR 視覺藝術教育內容時的雙重分析軸線，未來若將此軸線進一步結合視覺藝術的體驗要素，包含空間構成與創作手法，當可形成更完整的分析框架。在此架構下，教師可針對不同學習風格的學生，靈活選擇適合的 AR 操作模式，並搭配遊戲化的規則與回饋設計，期以達成學習動機的激發與認知負荷的平衡。

謝誌

本文爲國科會專題研究計畫（MOST 111-2410-H-141-013）之部分成果，銘謝國科會之經費資助及期刊編審之寶貴建議。

引用文獻

中文部分：

王晏伃、許子凡（2020 年 10 月 23 日）。擴增實境於數位學習之應用類型分析。載於張妃滿（編），*2020「設計．文化」國際學術研討會暨設計工作營成果專集*（頁 38-45）。國立臺灣藝術大學。

Wang, Yan-Yu, & Hsu, Tzu-Fan (2020, October 23). Classification analysis on digital learning application of augmented reality. In Fei-Man Chang (Ed.), *2020 International Academic Conference and Workshop on Design and Culture* (pp. 38-45). National Taiwan University of Arts

王曉璿、林朝清、周建宏、蔡松男、王怡萱（2009）。不同電腦輔助學習策略輔助數學分數概念課程學習效益之研究。*數位學習科技期刊，1*（4），326-346。

Wang, Hsiao-Shen, Lin, Chao-Ching, Chou, Chien-Hung, Tsai, Sung-Nan, & Wang, Yi-Hsuan (2009). The study of using different computer-assisted strategies to enhance student learning in mathematic fraction concept course. *International Journal on Digital Learning Technology*, *1*(4), 326-346.

李盈穎、吳雅萍、陳明聰、陳政見（2019）。運用擴增實境提升國小中度自閉症學生之自然領域學習成效：以「熱能」單元爲例。*中華民國特殊教育學會年刊，108 年度*，107-125。

Li, Ying-Ying, Wu, Ya-Ping, Chen, Ming-Chung, & Chen, Cheng-Chien (2019). Yunyong kuozeng shijing tisheng guoxiao zhongdu zibizheng xuesheng zhi ziran lingyu xuexi chengxiao: Yi "renen" danyuan wei li. *Annual Journal of Special Education*, *108*, 107-125.

林哲宇（2010）。*ARCS 融入體驗式學習之學習活動中目標導向與教學策略對國小升電腦技能學習之影響*〔未出版之碩士論文〕。國立臺灣師範大學。

Lin, Che-Yu (2010). *The effects of instructional strategies and goal orientation on elementary school students within an ARCS integrated experiential learning activity* [Unpublished master's thesis]. National Taiwan Normal University.

林益興、謝虹珊（2018）。擴增實境技術對國小學童英語學習成效之研究。*教育科技與學習*，*6*（1），39-61。

Lin, Yi-Hsing, & Hsieh, Hung-Shan (2018). A study on the effect of augmented reality on English learning. *Educational Technology and Learning*, *6*(1), 39-61.

許一珍（2018）。學童使用擴增實境之學習動機與學習成效研究——以八大行星學習爲例。*國際數位媒體設計學刊，10*（1），32-38。https://doi.org/10.29465/IJDMD.201806_10(1).0004

Hsu, Yi-Chen (2018). A study on learning motivation and learning effectiveness of students using augmented reality—A case study of eight planets learning. *International Journal of*

Digital Media Design, *10*(1), 63-73. https://doi.org/10.29465/IJDMD.201806_10(1).0004

許一珍、鄭竹君（2018）。應用擴增實境於數學教材之學習成效研究──以十以內數字加減法爲例。*教育科技與學習*，*6*（2），73-98。

Hsu, Yi-Chen, & Cheng, Chu-Chun (2018). Study on the learning effectiveness of applying augmented reality to mathematics in elementary schools—Take the digital addition and subtraction as an example. *Educational Technology and Learning*, *6*(2), 73-98.

教育部（2014）。*十二年國民基本教育課程綱要：總綱*。https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/288/十二年國教課程綱要總綱.pdf

Ministry of Education (2014). *General guidelines of the 12-year basic education curriculum: General guidelines*. https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/288/十二年國教課程綱要總綱.pdf

教育部（2018）。*十二年國民基本教育課程綱要：國民中小學暨普通型高級中等學校──藝術領域*。https://www.rootlaw.com.tw/Attach/L-Doc/A040080081018500-1071023-1000-001.pdf

Ministry of Education (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Arts*. https://www.rootlaw.com.tw/Attach/L-Doc/A040080081018500-1071023-1000-001.pdf

陳芝菁、陳建雄（2011）。智慧型手機操作介面之使用性評估。*工業設計*，*124*，52-57。

Chen, Zhi-Jing, & Chen, Jian-Xiong (2011). Zhihuixing shouji caozuo jiemian zhi shiyongxing pinggu. *Industrial Design*, *124*, 52-57.

陳欣儀、顏晴榮（2014）。多媒體組合方式與先備知識對小五學生「線對稱圖形」認知負荷影響之探究。*教育科技與學習*，*2*（2），165-188。

Chen, Hsin-Yi, & Yen, Ching-Zon (2014). An investigation of the impact of multimedia presentation modes and prior knowledge on fifth grader's cognitive load of line symmetry. *Educational Technology and Learning*, *2*(2), 165-188.

陳密桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啓示。*教育學刊*，*21*，29-51。

Chen, Mi-Tao (2003). Cognitive load theory and its implications for instruction. *Educational Review*, *21*, 29-51.

連俊瑋、許和莉、許惠媚（2018）。嚴肅遊戲（serious game）平臺與學習風格配適對學習成效影響之研究。*電子商務學報*，*20*（2），217-248。https://doi.org/10.6188/JEB.201812_20(2).0004

Lian, Jiunn-Woei, Hsu, Ho-Li, & Hsu, Hui-Mei (2018). The effect of serious game platform and learning style fit on learning effectiveness. *Journal of E-Business*, *20*(2), 217-248. https://doi.org/10.6188/JEB.201812_20(2).0004

張春興（1994）。*現代心理學*。東華書局。

Chang, Chun-Xing (2004). *Xiandai xinlixue*. Tung Hua Book.

張國恩（2002）。從學習科技的發展看資訊科技融入教學的內涵。*北縣教育*，*41*，16-25。

Chang, Guo-En (2002). Cong xuexi keji de fazhan kan zixun keji rongru jiaoxue de neihan.

Taipei County Education, *41*, 16-25.

黃秋霞、楊志強（2020）。國小數學科互動式體積 AR 輔助學習軟體應用之探討。*特殊教育發展期刊，70*，17-34。https://doi.org/10.7034/DSE.202012_(70).0002

Huang, Chiu-Hsia, & Yang, Chih-Chiang (2020). To investigate the effects of applying the interactive volume AR assisted learning software in elementary mathematics learning. *The Development of Special Education*, *70*, 17-34. https://doi.org/10.7034/DSE.202012_(70).0002

黃新（2019）。*虛實之間——擴增實境的美學初探*〔未出版之碩士論文〕。國立政治大學。

Huang, Hsing (2019). *The aesthetics of augmented reality: Finding a dynamic relationship between the virtual and the real* [Unpublished master's thesis]. National Chengchi University.

廖怡閔（2011）。*擴增實境在學習動機提升之研究 ——以英文拼字爲例*〔未出版之碩士論文〕。國立臺北教育大學。

Liao, Yi-Min (2011). *Study of the willingness to learn in English spelling with augmented reality* [Unpublished master's thesis]. National Taipei University of Education.

趙貞怡、張堙森、葉怡芯、林彥宏（2020）。擴增實境桌遊在國小高年級社會領域教學之設計本位研究：以清領時期爲例。*教育傳播與科技研究，124*，1-16。https://doi.org/10.6137/RECT.202012_(124).0001

Chao, Jen-Yi, Chang, Yin-Sen, Yeh, Yi-Hsin, & Lin, Yan-Hong (2020). Design-based research on augmented reality board games in social studies teaching for senior grades of primary schools. *Research of Educational Communications and Technology*, *124*, 1-16. https://doi.org/10.6137/RECT.202012_(124).0001

蔡文毓（2019）。結合深層思考促進機制之擴增實境行動學習系統對小學生水墨畫鑑賞課程學習成就及感受之影響。*國立臺灣科技大學人文社會學報，15*（2），131-171。

Wen-Yu Tsai (2019). Effects of incorporating a deep thinking-promoting mechanism into augmented reality-based mobile learning system on elementary school students' learning performance with ink wash painting. *Journal of Liberal Arts and Social Sciences*, *15*(2), 131-171.

蔡浩軒、孟瑛如（2020）。擴增實境技術融入特殊教育課程設計之現況與趨勢探討。*特教論壇，28*，1-19。https://doi.org/10.6502/SEF.202006_(28).0001

Cai, Hao-Syuan, & Meng, Ying-Ru (2020). The current situation and developmental tendency of augmented reality technology into special education. *Special Education Forum*, *28*, 1-19. https://doi.org/10.6502/SEF.202006_(28).0001

盧煜煬、劉顯仲、謝志宏、陳淑娟（2019）。廣義虛擬實境的發展軌跡與未來趨勢。*管理與系統，26*（4），427-449。https://doi.org/10.29416/JMS.201910_26(4).0002

Lu, Louis Y. Y., Liu, John S., Hsieh, Chih-Hung, & Chen, Shu Juan (2019). Developmental trajectory and trend of the broad virtual reality. *Journal of Management & Systems*, *26*(4), 427-449. https://doi.org/10.29416/JMS.201910_26(4).0002

蕭顯勝、陳俊臣、李鴻毅（2013）。應用擴增實境技術建構互動學習環境——以國立臺灣科

學教育館爲例。*教育科技與學習*，*1*（2），153-184。

Hsiao, Hsien-Sheng, Chen, Jyun-Chen, & Lee, Hung-I (2013). Building interactive learning environment by augmented reality technology—The case of National Taiwan Science Education Center. *Educational Technology and Learning*, *1*(2), 153-184.

羅旭君（2017）。*應用眼動追蹤技術探討多媒體呈現方式對國小高年級數學科認知負荷與學習策略之探究——以展開圖爲例*〔未出版之碩士論文〕。國立清華大學。

Luo, Xu-Jun (2017). *Using eye-tracing strategy to study the effect of animation presentation on cognitive load and learning strategies of elementary school higher graders* [Unpublished master's thesis]. National Tsing Hua University.

外文部分：

Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, *94*(3), 545-561. https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.3.545

Bandler, R., & Grinder, J. (1979). *Frogs into princes: Neuro-linguistic programming*. Real People Press.

Billinghurst, M. (2003). Return to reality. In *GRAPHITE '03: Proceedings of the 1st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia* (p. 12). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/604471.604475

Billinghurst, M., & Dunser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, *45*(7), 56-63. https://doi.org/10.1109/MC.2012.111

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, *51*(1), 341-377. https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, *8*(4), 293-332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

Chang, C.-C., Liang, C., Chou, P.-N., & Lin, G.-Y. (2017). Is game-based learning better in flow experience and various types of cognitive load than non-game-based learning? Perspective form multimedia and media richness. *Computers in Human Behavior*, *71*, 218-227. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.031

Charles, D., & McAlister, M. (2004). Integrating ideas about invisible playgrounds from play theory into online educational digital games. In *Entertainment Computing—ICEC 2004* (pp. 598-601). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-28643-1_79

Clark, D. (1995, July 13). *Instructional system design: The ADDIE model*. Big Dog and Little Dog's Performance Juxtaposition. http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/sat.html

Cruz, Y., Boughzala, I., & Assar, S. (2014). Technology acceptance and actual use with mobile learning: First stage for studying the influence of learning styles on the behavioral intention. In

Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS) 2014. Association for Information Systems eLibrary.

Fan, X., & Geelan, D. (2012, October 2-5). *Integrating information technology and science education for the future: A theoretical review on the educational use of interactive simulations* [Conference presentation]. 2012 Australian Computers in Education Conference: It's Time, Perth, Australia.

Fleming, N. D. (2001). *Teaching and learning styles: VARK strategies*. Author.

Fleming, N. D., & Baume, D. (2007). Learning styles again: VARKing up the right tree! *HERDSA News*, *29*(1), 14-16.

Garger, S., & Guild, P. (1984). Learning styles: The crucial differences. *Curriculum Review*, *23*(1), 9-12.

Goldman, S. (2003). Learning in complex domains: When and why do multiple representations help? *Learning and Instruction*, *13*(2), 239-244. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00023-3

Herrmann, N. (1991). The creative brain. *Journal of Creative Behavior*, *25*(4), 275-295. https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1991.tb01140.x

Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., Perlman, G., Strong, G., & Verplank, W. (1992). *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2594128

Holsti, O. R. (1969). *Content analysis for the social sciences and humanities*. Addison-Wesley.

Hsiao, K.-F., Chen, N.-S., & Huang, S.-Y. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, *20*(4), 331-349. https://doi.org/10.1080/10494820.2010.486682

Hung, C.-Y., Lin, Y.-T., Yu, S.-J., & Sun, J. C.-Y. (2023). Effects of AR- and VR-based wearables in teaching English: The application of an ARCS model-based learning design to improve elementary school students' learning motivation and performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, *39*(5), 1510-1527. https://doi.org/10.1111/jcal.12814

Hwang, G.-J., Yang, L.-H., & Wang, S.-Y. (2013). A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers & Education*, *69*, 121-130. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.008

Kassarjian, H. H., & Kassarjian, W. M. (1988). The impact of regulation on advertising: A content analysis. *Journal of Consumer Policy*, *11*(3), 269-285. https://doi.org/10.1007/BF00411951

Keller, J. M. (1984). The use of the ARCS model of motivation in teacher training. *Aspects of Educational Technology*, *17*, 140-145.

Keller, J. M. (1999). Using the ARCS motivational process in computer-based instruction and distance education. *New Directions for Teaching and Learning*, *78*, 39-47. https://doi.org/10.1002/tl.7804

Kolb, D. A. (1976). *Learning style inventory technical manual*. McBer.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Martin, F., & Ertzberger, J. (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology. *Computers & Education*, *68*, 76-85. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.04.021

Martin-Gutiérrez, J. (2011). Proposal of methodology for learning of standard mechanical elements using augmented reality. In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. T1J-1-T1J-6). Institute of Electrical and Electronics Engineers. https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142708

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In H. Das (Ed.), *Telemanipulator and Telepresence Technologies* (pp. 282-292). Society of Photo Optical. https://doi.org/10.1117/12.197321

Mishra, G., Dash, L., Sahoo, D., & Mohanty, S. K. (2024). Assessment of learning style preferences utilising the visual (V), auditory (A), read/write (R), and kinaesthetic (K) (VARK) questionnaire: A cross-sectional study. *Student's Journal of Health Research Africa*, *5*(9), Article 5. https://doi.org/10.51168/sjhrafrica.v5i9.1382

Norman, D. A. (1988). *The design of everyday things*. Basic Books.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw Hill.

Paas, F. G. W. C., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, *38*(1), 63-71. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_8

Paas, F. G. W. C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, *6*(4), 351-371. https://doi.org/10.1007/BF02213420

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.

Pirker, J., Holly, M., Lesjak, I., Kopf, J., & Gütl, C. (2019). MaroonVR—An interactive and immersive virtual reality physics. In P. Díaz, A. Ioannou, K. K. Bhagat, & J. M. Spector (Eds.), *Learning in a digital world: Perspective on interactive technologies for formal and informal education* (pp. 213-238). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_11

Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, *12*(1), 61-86. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00016-0

Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2011). *Interaction design: Beyond human-computer interaction* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Shellnut, B., Knowlton, A., & Savage, T. (1999). Applying the ARCS model to the design and development of computer-based modules for manufacturing engineering courses. *Educational Technology Research and Development*, *47*(1), 100-110. https://doi.org/10.1007/BF02299469

Silver, H. F., Strong, R., & Perini, M. J. (1997). Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences. *Educational Leadership*, *55*(1), 22-27.

Sundararajan, P., Anthonisamy, P. X., Paulraj, V., & Azeez, A. R. A. (2024). A cross sectional study of learning style preference among 2nd year medical graduates using modified VARK questionnaire based on new curriculum. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, *14*(5), 831-836. http://doi.org/10.5455/njppp.2023.13.06329202326092023

Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, *81*(4), 457-466. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.81.4.457

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, *12*(3), 185-233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, *10*(3), 251-296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Toledo-Morales, P., & Sanchez-Garcia, J. M. (2018). Use of augmented reality in social sciences as educational resource. *Turkish Online Journal of Distance Education*, *19*(3), 38-52. https://doi.org/10.17718/tojde.444635

Tosun, N. (2017). Augmented reality implementations, requirements, and limitations in the flipped-learning approach. In G. Kurubacak & H. Altinpulluk (Eds.), *Mobile technologies and augmented reality in open education* (pp. 262-280). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2110-5.ch013

VARK Learn Limited. (n.d.). *The VARK questionnaire: How do I learn best?* Retrieved June 23, 2022, from https://vark-learn.com/the-vark-questionnaire/

Wei, X., Weng, D., Liu, Y., & Wang, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers & Education*, *81*, 221-234. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.017

Weiler, A. (2005). Information-seeking behavior in Generation Y students: Motivation, critical thinking, and learning theory. *The Journal of Academic Librarianship*, *31*(1), 46-53. https://doi.org/10.1016/j.acalib.2004.09.009

Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, *4*(1), 119-140. https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10

Research in Arts Education (2025), 50, 74-111.
DOI:10.6622/RAE.202512_(50).0003

Integrating Augmented Reality Into Visual Arts Education Among Elementary Students: A Comparison With Traditional Teaching and an Examination of Learning Style and AR Conceptual Model

Tzu-Fan Hsu[1]
Yen-Ching Lin[2]

Summary

This study explores the integration of augmented reality (AR) into elementary school visual arts education, comparing its effectiveness with traditional instruction while examining the role of students' learning styles. With the growing prevalence of digital tools and mobile devices, AR has emerged as a promising medium for creating immersive, interactive learning experiences that enhance motivation and reduce cognitive load. Recognizing this potential, the research focused on evaluating how different AR conceptual models and varying learning style preferences influence students' learning outcomes.

The research was conducted in two experimental phases. The first phase compared traditional lectures with AR-assisted teaching methods. AR applications (App) were classified into three interface conceptual modes: observational (students explore artworks by moving their device around the object), exploratory (students navigate through virtual gallery spaces or 3D models), and selfie-based (students interact with virtual elements through facial recognition or body gestures).

The second phase considered students' learning styles, measured using the VARK (visual, aural, reading/writing, kinesthetic) framework. Based on their preferences, participants were

[1] Associate Professor / Institute of Creative Design and Management, National Taipei University of Business
[2] Associate Professor / Department of Industrial and Commercial Design, Asia Eastern University of Science and Technology

Paper accepted October 9, 2025

categorized into single-mode, dual-mode, triple-mode, and quadruple-mode learning style groups. The study then examined how the interplay between AR modes and learning styles affected learning motivation and cognitive load.

The sample included 108 elementary school students from four classes in Taiwan. One class received traditional instruction using textbooks and slides, while three classes experienced AR-assisted teaching integrated with visual arts lessons. AR App were drawn from Google's Arts & Culture App, specifically the Pocket Gallery (exploratory), Art Projector (observational), and Art Filter (selfie). Each AR mode was paired with a specific art unit designed to develop aesthetic appreciation, color recognition, and contextual understanding of artworks. The instructional units spanned nine weeks, with both control and experimental groups taught by the same teacher to ensure consistency. To measure outcomes, validated questionnaires assessed students' learning motivation and cognitive load. Motivation was evaluated using Keller's ARCS (attention, relevance, confidence, satisfaction) model, while cognitive load was measured through perceived mental load and mental effort. Statistical analyses, including *t*-tests and two-way analysis of variance (ANOVA), were used to examine differences between groups and conditions.

Results consistently demonstrated that AR-assisted teaching outperformed traditional instruction in both motivating learning and reducing cognitive load. Across all AR modes, students reported greater engagement and satisfaction with lessons, highlighting AR's capacity to create immersive and meaningful learning contexts. Specifically, observational AR was particularly effective at stimulating attention and satisfaction, offering learners a compelling way to visualize artworks within their real-world environment. In contrast, Exploratory AR was associated with lower mental effort, allowing students to navigate virtual galleries in a more cognitively manageable way. Selfie-based AR provided highly interactive experiences but was less effective than the other modes in reducing cognitive demands.

Learning style preferences further influenced these outcomes. Students with single-mode preferences, who rely on only one sensory channel, such as visual or auditory, reported higher levels of mental load and effort, indicating they were more easily challenged by AR interactions. In contrast, those with dual-, triple-, or quadruple-mode learning styles benefited more, as the multimodal features of AR aligned with their ability to process information through multiple channels. These learners felt more relevant and confident, suggesting that AR's multisensory affordances are especially advantageous for multimodal learners.

The findings underscore several key contributions. First, AR integration enhances learning motivation and reduces cognitive load more effectively than traditional teaching in visual arts

education. Second, different AR conceptual modes exert distinct effects: observational AR excels in attracting attention, exploratory AR minimizes cognitive strain, and selfie-based AR maximizes interactivity. Third, learning style differences play a moderating role, with multimodal learners deriving greater benefits from AR environments. This implies that while AR is universally beneficial, its impact can be optimized by tailoring teaching to learners' individual preferences.

The study's implications are twofold. For educators, AR provides an effective tool for enriching art instruction, transforming abstract concepts into tangible, interactive experiences that stimulate curiosity and sustained engagement. Teachers should consider aligning AR modes with lesson objectives: Observational AR for detailed appreciation, exploratory AR for contextual immersion, and selfie-based AR for personal connection and role-play. Additionally, understanding students' learning style distributions can help teachers select appropriate AR tools and provide differentiated support to reduce overload among single-mode learners. For educational researchers, the study expands the literature on technology-enhanced learning by combining conceptual mode analysis with learning style theory. It highlights the need to go beyond comparing "AR versus non-AR" teaching, instead examining how variations in AR design and learner characteristics shape outcomes. This nuanced approach contributes to designing more effective digital learning interventions and informs future studies on AR's pedagogical role.

In conclusion, introducing AR into elementary visual arts education significantly promotes learning motivation and alleviates cognitive load compared with traditional methods. Observational and exploratory AR modes provide unique advantages, and multimodal learners are especially well-suited to benefit from AR's multisensory design. These results support AR's integration as a valuable pedagogical tool in art education and suggest broader implications for technology-enhanced teaching across subjects.