

探討教育元宇宙平臺之不同整合層次在混合同步教學對學生社會臨場感與學習參與度的影響

王政弘¹ 盧俐雯^{2,*} 吳聲毅³

摘要：遠距學習中學生的互動性與參與感不易產生，加上城鄉教育資源差距，形成亟待解決的挑戰。為因應此困境，本研究結合虛擬實境（virtual reality, VR）與混合同步教學，建構具沉浸互動性的教育元宇宙學習場景。研究對象為三所國小五年級學生，採跨校同步異地分組合作學習，任務為製作家鄉文化遺產影片之腳本分鏡表。採準實驗設計，分為三組：一、控制組透過平面螢幕進行同步課程，未使用 VR 設備亦無互動；二、實驗組 A 使用 VR 設備參與延展實境（extended reality, XR）直播教學，透過教育元宇宙平臺進行虛擬互動，由現場教師引導，屬中階整合層次；三、實驗組 B 使用 VR 設備即時參與 XR 直播教學，利用教育元宇宙平臺虛擬互動（主播端），現場教師透過導播機匯入 XR 直播教學與線上教師共同授課，進行課程引導說明，屬高階整合層次。本研究比對不同整合層次下教育元宇宙策略如何引發社會臨場感與學習參與度，並檢核沉浸式學習的歷程。結果顯示，兩實驗組社會臨場感顯著高於控制組；學習參與度亦顯著優於控制組，顯示多端互動與即時引導具正向效果。研究支持社會臨場感與多層參與理論，並補足教育元宇宙實踐，教師協同設計與沉浸技術整合之經驗，為未來異地協同教學與沉浸學習提供實證基礎與建議。

關鍵字：社會臨場感、教育元宇宙平臺、混合同步教學、虛擬實境、學習參與度

Exploring the Effects of Different Integration Levels of EWova Platforms on Students' Sense of Social Presence and Learning Engagement in Hybrid Synchronous Teaching

Wang, Cheng-Hung¹ Lu, Li-Wen^{2,*} Wu, Sheng-Yi³

Abstract: The rapid advancement of digital technologies has engendered considerable transformations in educational practices. The COVID-19 pandemic prompted a rapid surge in the adoption of distance learning, expanding opportunities for educational resource sharing across geographical barriers. However, distance learning models also face challenges, including limited interaction and engagement among students and

投稿日期：2024 年 12 月 1 日；通過日期：2025 年 6 月 13 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 國立高雄大學工藝與創意設計學系副教授

² 國立臺南大學數位學習科技學系博士生

³ 國立清華大學師資培育中心教授

* 通訊作者：盧俐雯，E-mail：lu.liwen@gmail.com

disparities in educational resources between urban and rural areas. To address these concerns, this study integrated virtual reality (VR) technology with a blended synchronous teaching model on the EWova platform to construct a learning scenario in an immersive and interactive educational metaverse to enhance students' sense of social presence and learning engagement. The study included three groups of fifth-grade students from three elementary schools in Taiwan: a control group, which watched the lessons on a flat screen without using VR devices (a traditional distance learning scenario); experimental group A, which used VR devices to watch and virtually interact with live extended reality (XR) teaching materials; and experimental group B, which used VR devices to participate in live broadcasts and virtually interact with the teacher in real time. The effects of different VR integration levels on the learning process were analyzed using quantitative and qualitative data. Results indicated that students in the two experimental groups exhibited significantly higher social presence than those in the control group, particularly regarding interaction and emotional engagement. Moreover, the groups differed significantly in terms of engagement, with the anchor group (experiment group B) exhibiting the highest performance; this suggests that interaction with and immediate guidance from the teacher positively affected students' behavior and emotional engagement. The findings support the theory of social presence and multilevel participation and enrich understanding of teachers' experiences with collaborative design and immersive technology integration, offering an empirical basis for future instructional design in educational metaverse environments.

Keywords: social presence, EWova, blended synchronous teaching, virtual reality, learning engagement

壹、緒論

隨著數位科技的快速發展，教育領域的教學模式不斷突破傳統限制，為學習者創造了更多元化的學習機會。特別是虛擬實境（virtual reality, VR）、5G 網路和人工智慧等新興技術的普及，為遠距學習及混合教學模式的設計提供了主要的支援。這些技術透過提升學習環境的互動性與沉浸感，使得身處不同地點的學習者也能參與類似實體課堂的學習互動，為教育公平的實現帶來了新的契機。由於 VR 環境的沉浸式特性，為學生提供多元的互動學習環境，不僅改善了遠距學習的互動不足，增強學習者的情感投入與滿意度（Childs et

al., 2024; Sedlák et al., 2022; Urueta & Ogi, 2020），同時也提供教學模式改變的可能性，讓老師可以從課堂為中心的單向教學，過渡到以學生為中心的互動式教學。混合同步教學模式（blended synchronous learning）結合實體課堂與線上學習的優勢，提供即時支援與多樣化的學習資源（Perera et al., 2020）。教師在此模式中扮演著核心角色，他們不僅需要平衡線上與實體課堂的多元需求，還需透過即時指導與情感支持，促進學生的參與與互動（Yan et al., 2024）。儘管科技應用與教學模式的創新為教育帶來諸多正向影響，但城鄉教育資源差距依然是一大挑戰。

教育環境的城鄉資源差距問題，長期以來一直是教育公平的重要議題。數位科技的發展為縮小此差距提供了契機，透過線上學習與資源共享，讓偏鄉地區的師生能接觸到豐富的學習內容與資源，城市地區的師生也能藉此接觸偏鄉地區特有的特色課程與文化。然而，目前線上遠距教學仍常使用單向講述，VR 環境的相關研究也集中在實體教學或單一學習環境的應用，對於遠距異地教學場景如何設計以增強學習的社交互動與參與的研究，仍屬有限（Dunmoye et al., 2024; Makransky & Petersen, 2021）。

教育科技在教學現場的實際應用成效，往往取決於現場與教學設計間的整合方式與互動結構（Dalgarno & Lee, 2010; Makransky & Petersen, 2021）。為深入探討教育元宇宙（educational metaverse）平臺於混合同步教學實踐的應用潛力，本研究聚焦於以相同平臺為基礎，透過不同的整合層次與教學配置建構的學習情境，分析不同整合層次學習情境對學生社會臨場感（social presence）與學習參與歷程的影響。「整合層次」係指教學活動中教育元宇宙平臺與課程內容、教學互動及技術設備之整合深度與複雜度，其操作性設計說明詳見研究設計與流程章節。為理解不同整合層次教學之學生主觀感受與參與經驗，亦輔以質性資料蒐集回饋，進行分析，補充量化結果無法揭示的學習歷程與情境。

基於以上背景，本研究以混合同步教學模式為核心，結合 VR 技術，設計教育元宇宙不同教學整合層次的異地學習互動模式，藉此探討不同教學資源整合與學生參與角色之配置，對學習者社會臨場感與學習參與度（learning engagement）的影

響。具體而言，本研究欲探討之研究問題如下：

- 一、不同整合層次應用教育元宇宙平臺結合混合同步教學，對學生社會臨場感的影響。
- 二、不同整合層次應用教育元宇宙平臺結合混合同步教學，對學生學習參與度的影響。
- 三、不同整合層次應用教育元宇宙教學，學生體驗的主觀感受與參與歷程為何？

本研究目的是希望透過實證研究，探索具有參考價值的數位教學設計，促進混合同步的數位化異地教學的應用，並針對教育元宇宙平臺於不同整合層次之應用成效，提供理論支持與實務參考，進一步促進教育公平與創新教學模式之發展。同時，藉由學生回饋內容的質性分析，進一步呈現其實際學習經驗與互動參與歷程，為教育元宇宙教學情境的規劃提供更具深度的理解依據。

貳、文獻探討

一、VR 學習環境與社會臨場感

VR 技術以其高沉浸感與多感官互動特性，為遠距學習與數位教學情境提供嶄新的體驗模式。多項研究指出，VR 環境能有效緩解遠距學習的學習孤立與互動不足問題，進而提升學習者的情感投入與滿意度（Childs et al., 2024）。例如，Çoban 與 Goksu（2022）發現 VR 學習環境能激發大學生的學習動機，並促進學習者間的社交互動。相關研究也顯示，VR 環境讓學生能更直觀地理解抽象科學概念、強化個人學習表現，並提升學習情意與技能（廖遠光，2023；Wang, 2025b）。在地

理課程，Sedlák 等人（2022）亦發現 VR 平臺模擬真實情境，能促進小組成員的合作效率與互動深度；Urueta 與 Ogi（2020）則證實 VR 環境對語言學習的效果，高沉浸感的 VR 系統可協助學習者在遠距教學語言學習的交流意願與成果。

在眾多 VR 教育研究，社會臨場感被廣泛視為影響學習互動品質與學習成效的關鍵變項，意指學習者在數位或虛擬環境中感受到他人「真實存在」的程度（Slater, 2009）。研究顯示，具備高度社會臨場感的學習環境能顯著增強學生的情感連結、合作意識與參與動機。例如，Childs 等人（2024）發現在多角色虛擬教學情境，學習者的互動次數與情感投入顯著增加；Kreijns 等人（2022）指出提供有社交提示與導引任務的 VR 小組合作任務，學生表現出更高的協作意願與學習滿意度；劉唯玉等人（2021）則透過情境模擬教學發現，學生的情感連結分數與課堂投入顯著提升。特別是在國小階段，歐陽閻（2022）指出學生在沉浸式環境感知到的社會臨場感與其合作學習品質及課程投入呈正向關係。

但亦有研究提醒，VR 學習環境若缺乏有效的教學設計與導引，學生可能流於形式參與而非深層互動（Makransky & Petersen, 2021）。Parong 與 Mayer（2018）指出，在缺乏策略性活動與教師支持的情況下，VR 學習者雖表現出短期興趣，不一定能展現持久的高階思維或問題解決能力。雖然有研究認為社會臨場感並非使用者使用 VR 環境的原因（Makransky et al., 2019），但多數研究仍支持社會臨場感是數位學習研究衡量社交互動品質的關鍵構面（夏榕文，2022；Kreijns et al.,

2022; Miao & Ma, 2022）。van Brakel 等人（2023）指出社交 VR 平臺能提升學習者對群體支持的感知，並強化互動信任基礎；Felnhofer 等人（2024）亦發現高互動性的虛擬角色設計，可增進學習者的情感投入與合作效率。同時，Dunmoye 等人（2024）指出社會臨場感與認知參與度之間存在正相關，尤其在合作學習時，學習者更積極參與問題討論與任務解決。

除了社會臨場感外，學習參與度亦為評估 VR 學習情境成效的重要指標。此概念涵蓋情感、行為與認知三個層面（Skinner et al., 2009），能有效反映學習者對課程的投入程度。Fredricks 等人（2004）指出，高參與度學習者會展現出更強的持續動機與學習成果。

因應本研究探討教育元宇宙整合 VR 與同步教學的社會互動體驗，並具體量化學生的社會臨場感，本研究採用 Alanazi（2019）建構之社會臨場感量表。此量表發展自探究社群（community of inquiry, CoI）架構，涵蓋「社會存在」、「情感連結」、「互動強度」與「群體凝聚力」四個構面，系統性呈現學習者在虛擬學習情境對人際關係與社交真實感的主觀感知。量表具有良好的信效度，亦曾應用於各類沉浸式學習環境，具備良好的擴充性與適切性，特別是當 VR 技術與混合同步教學結構進一步整合為教育元宇宙平臺時，此量表亦能有效評估學生在跨校協同與沉浸互動場域中的社會臨場感經驗。

二、混合同步教學與異地互動學習

遠距教學可分為非同步與同步兩種形式，其中同步遠距教學（synchronous distance

learning) 因具備即時互動性與臨場感而被廣泛應用於各級學校教學 (Anderson & Dron, 2011; Perera et al., 2020)。學者指出同步教學的成效在於學習者是否能感受到社會臨場感, 亦即在學習歷程中感知他人的「在場」, 此感受能強化師生與同儕間的連結, 進而提升學習動機與參與程度 (劉敦瑞、高旭繁, 2023; Garrison et al., 2010)。

為強化線上與實體的整合, 混合同步協同教學 (blended synchronous co-teaching) 因應而生, 強調虛實整合與教學角色分工。例如, 教師可依場域功能分為「線上教師」與「現場教師」, 前者聚焦於場景導播與主講, 後者則負責學生的即時引導與學習支持。此雙端協同機制, 不僅拓展教學的場域延伸性, 也為異地學習創造更多元的互動模式 (Kim et al., 2021; Yan et al., 2024)。Yan 等人 (2024) 的研究指出, 混合同步環境的教師角色涵蓋教學存在感與情感支持的雙重功能, 教學存在感透過即時指導與學習監控滿足學生需求, 情感支持則營造融洽的學習氛圍, 減輕學習焦慮, 進一步促進學習參與與互動。混合同步教室的協同教學允許多位教師分工協作, 以滿足學生於線上與實體的不同需求 (Kim et al., 2021), 例如, 一位教師專注於線上學生的技術支持與互動, 另一位教師則關注實體課堂的管理 (Perera et al., 2020), 從而實現學習資源的平等分配並增強學生於課程中的互動性。

然而, 傳統同步與混合同步教學模式在教學實踐仍存在臨場感不足、互動限制與文化場域再現困難等問題 (Makransky & Petersen, 2021)。特別是在涵蓋社會與

綜合領域課程的主題中, 如「家鄉文化遺產」等涉及文化理解與空間感知之教學內容, 傳統視訊教學難以呈現具體的文化脈絡與沉浸式體驗 (Banks & McGee Banks, 2010)。

有鑑於此, 延展實境 (extended reality, XR) 被視為一種具潛力的解決方案。張淑萍等人 (2024) 提出, XR 直播教學模式結合 360 度影像、導播機、虛擬角色等技術, 建構出「主播端—收播端」的教學結構, 不僅讓教師能靈活操控教學畫面, 也讓收播端教師透過現場引導與教學管理, 維持教學秩序與學習互動。此模式可彌補傳統視訊教學的不足, 更能促進學生的學習參與與跨校協作, 提供高度情境化與沉浸式的學習經驗。Dalgarno 與 Lee (2010)、Mikropoulos 與 Natsis (2011) 皆指出 VR 環境具備的高擬真性與多感官刺激, 能幫助學生以「身歷其境」的方式理解抽象知識與文化內涵, 進而強化其學習動機與認知參與, 尤其適用於跨領域整合與文化再現需求強烈的教學內容。

然而, XR 教學雖具有沉浸與互動優勢, 其應用仍仰賴教師掌握數位平臺與導播技術。Schwaiger 等人 (2024) 指出教師若缺乏數位教學訓練與教學策略支持, 可能導致教學品質落差。為確保混合同步 XR 教學的順利推動, 除需建立完善之教學流程與團隊協作模式外, 也應強化教師的數位教學素養與實務演練能力, 以確保 XR 技術應用的教育價值能真正落實。

因此, 為整合 VR 的沉浸特性與混合同步教學的協同機制, 並進一步建構具臨場感與互動深度的虛擬教學場域, 教育元宇宙逐漸被視為下一階段具潛力的整合性

學習平臺。平臺具結合 XR 技術、虛擬社群互動與異地教學功能，能更全面的支持學生在虛擬環境中的情境參與、社會互動與學習動機建構，形成一個從技術支援到情感支持皆具備的沉浸式學習體系。

三、教育元宇宙中的教學與互動

教育元宇宙核心特徵在於虛擬場景的高度擬真與即時互動功能，使學習活動不再受限於實體空間或時間安排 (van Brakel et al., 2023)。透過教育元宇宙，學生能在虛擬環境中進行合作學習、角色扮演與文化模擬等活動，有效彌補 VR 應用偏重感官刺激、而混合同步教學則可能缺乏深層臨場感的限制。Dunmoye 等人 (2024) 指出當社會臨場感與學習任務結構相輔相成時，可顯著提升學生的參與度與認知投入。此外，Ratan 等人 (2025) 進一步指出，社會臨場感能有效預測學生的認知學習表現與情感學習成效，顯示元宇宙教學場景中多向社交互動對不同學習成效具顯著影響。Felnhofer 等人 (2024) 亦發現在教育元宇宙中加入具情感表現的虛擬角色，有助於強化學習者的互動意願與合作行為，促進學習情境的真實感與社交連結。

此外，在教育元宇宙的教學實踐時，「主播端」與「收播端」的角色配置形成多角色協同機制的重要基礎。Yan 等人 (2024) 強調在多端協同的同步教學架構，教師需同時扮演教學引導者、情感支持者與互動促進者等多重角色。Wang (2025a) 則指出建構教育元宇宙共享學習平臺的關鍵在於，整合多角色教學與同步互動機制，提升異地合作課程中的參與感與學習動力。

本研究採用 Yan 等人 (2024) 提出

的架構進行實驗設計，其中主播端的教師像是電視節目的主播，在虛擬場景操作教具互動素材，講解內容，而不是用傳統 PowerPoint 簡報或黑板（如本研究之實驗組 B）；收播端的學生戴著 VR 頭盔上課，透過 VR 設備進行沉浸式參與，「講課的老師」在遠端，現場的教師負責引導與支援（如本研究之實驗組 A）。這種協同配置不僅確保虛擬互動的流暢性與教學任務的連貫性，也有助於增強學生對課程情境與學習社群的參與感與歸屬感 (Childs et al., 2024)，進而促進社會臨場感的建構與學習動機的提升。Ratan 等人 (2025) 亦指出 VR 環境中的沉浸感受時間長度與社會臨場感及學習動機具正向關聯，顯示教育元宇宙中長時間且結構良好的社交互動可強化學生參與感與學習投入。

綜合上述，雖然 VR 與混合同步教學各自具有提升學習參與與互動的潛力，但單一技術或教學模式仍存在限制。教育元宇宙作為整合 VR 與混合同步教學的創新教學模式，尚缺乏實證研究以驗證其在提升學生社會臨場感與學習參與度方面的成效。因此，本研究旨在探討教育元宇宙結合 VR 與混合同步教學對國小學生社會臨場感與學習參與度的影響，期望為未來教學模式的發展提供實證依據與建議。

參、研究方法

本研究針對國小五年級社會及綜合領域跨領域設計校際主題特色課程，學生透過跨校同步異地分組合作學習完成製作家鄉文化遺產介紹影片腳本分鏡表任務，為期 4 週，每週 2 堂，每堂課 40 分鐘，共計 8 堂課，以準實驗設計蒐集研究相關資料。

一、研究對象

本研究對象為高雄市某三所國小五年級各一個班級的學生，共 81 名。所有學生皆使用過 EWova 教育元宇宙平臺，對於佩戴一體機 VR 頭盔、使用控制器等均具相同的先備經驗。

二、研究設計與流程

為瞭解不同教學方式的異地共同互動學習情形，本研究採用 EWova 教育元宇宙平臺為線上虛擬互動環境結合 XR 遠距同步教學模式（以下簡稱 XR 直播教學）進行教學實驗，並以準實驗研究設計，將參與的三個班級依據整合層次區分成控制組、實驗組 A 組和實驗組 B 組，教學環境示意圖如圖一。三組操作設計如下：

（一）控制組（27 人）：傳統遠距學習情境，屬低階整合層次，透過平面螢幕同步觀看 XR 直播教學課程，

不使用 VR 設備參與教育元宇宙平臺互動，屬低階整合層次。

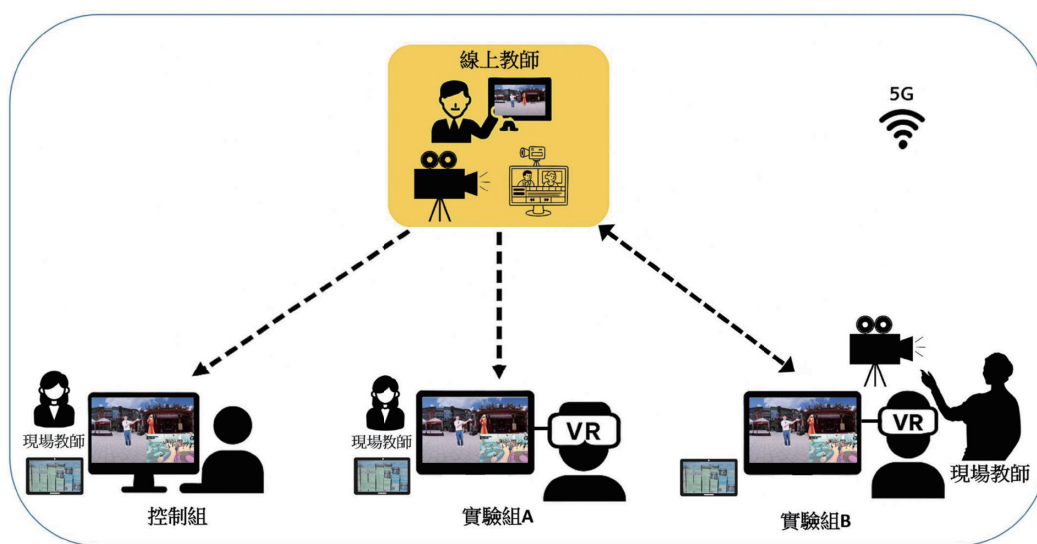
（二）實驗組 A（28 人）：使用 VR 設備收看 XR 直播教學並參與教育元宇宙平臺的虛擬互動（收播端），並有現場教師輔助引導說明，屬中階整合層次。

（三）實驗組 B（26 人）：使用 VR 設備並即時參與 XR 直播教學，利用教育元宇宙平臺進行虛擬互動（主播端），現場教師透過導播機匯入 XR 直播教學與線上教師共同授課，並進行課程引導說明，屬高階整合層次。

教學實驗結束後，三組均進行「社會臨場感」、「學習參與度」量表填寫及質性回饋意見蒐集，研究架構整理如圖二。

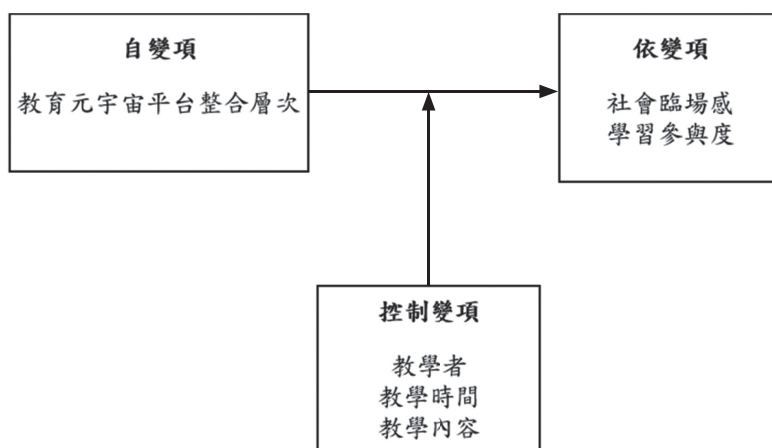
本研究的教學實驗流程如圖三，教學活動進行情形如圖四。在學習活動開始

圖一
教學環境示意圖



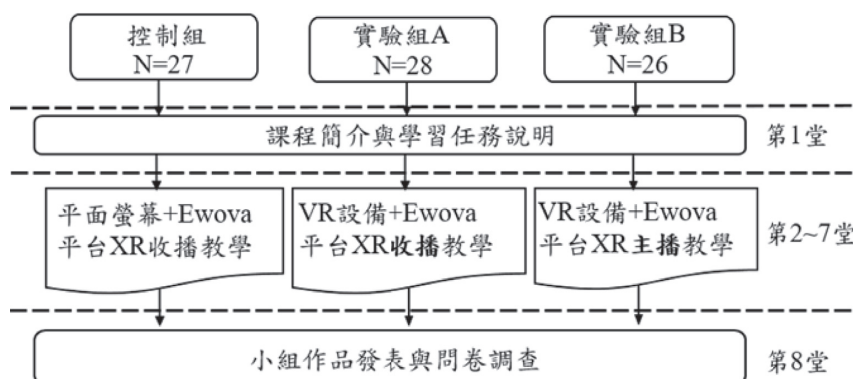
資料來源：本研究設計。

圖二
本研究架構圖



資料來源：本研究設計。

圖三
本研究教學實驗流程



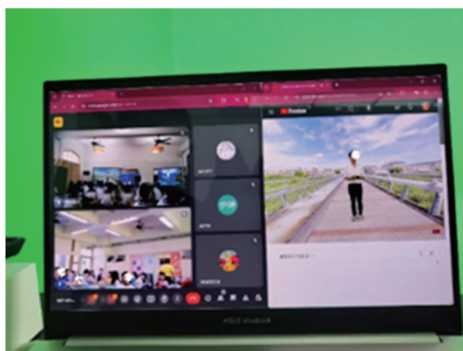
資料來源：本研究設計。

時，研究者對學生介紹學習任務及課程進行方式。第2～7堂學習活動過程中，教師透過XR直播教學模式結合EWova教育元宇宙平臺進行課程講述，並配合圖片、VR 360影片、簡報、3D模型、即時回饋軟體提問等方式，俾利學生理解、進行互動。在經過上述的教學後，每堂課安排20～30分鐘的實作討論時間，讓學生分兩梯次輪流利用EWova教育元宇宙平臺中的分組討論區進行合作學習，利用之

前所學的背景知識，根據主題特色課程教材內容，每堂課逐步設計分組敘事VR 360影片內容分鏡表以完成學習任務。分組討論區小組人數每組9人，依學生登入時間隨機分配，每組包含不同班級學生各3位，後於接下來的教學活動中成為固定小組組員，討論過程中學生可從平臺中調取教師提供的圖片、VR 360影片、簡報、3D模型進行討論，並要求每人都須發言參與，課程活動內容如表一。

圖四

實驗組 A 與實驗組 B 之教學活動進行示意圖



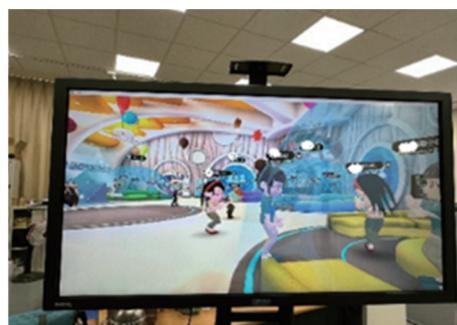
(a) 收播端教學



(b) 直播端教學



(c) 學生使用 VR 設備進入平臺



(d) 學生於平臺進行分組討論

資料來源：本研究設計。

表一

不同教育元宇宙平臺整合層次在混合同步教學課程活動內容

課堂時間	課程內容	時間
第 2 堂	教師於 XR 直播使用簡報講述課程	10 分鐘
	學生於元宇宙平臺討論小組 VR 360 影片主題	20 分鐘
	教師進行統整與總結	10 分鐘
第 3 ~ 4 堂 第 5 ~ 6 堂	教師於 XR 直播使用多媒體教材講述課程	10 分鐘
	學生於元宇宙平臺觀看 3D 教材，並討論、修改分鏡圖	20 分鐘
	學生利用 Padlet 將小組討論內容進行發表與回應	10 分鐘
	學生於元宇宙平臺討論設計分鏡表	30 分鐘
	教師進行統整與總結	10 分鐘
第 7 堂	學生於元宇宙平臺討論設計與完成分鏡表	25 分鐘
	學生利用 Padlet 進行設計過程心得分享與回應	10 分鐘
	教師於 XR 直播中進行統整與總結	5 分鐘

資料來源：本研究整理。

三、系統工具、量表與資料分析

(一) EWova 教育元宇宙平臺

EWova 教育元宇宙平臺以個人化和虛實整合場景技術為核心，支援多人、多種媒體形式同時使用，提供師生沉浸式學習環境。學生透過電腦或 VR 設備進入平臺，並以個人化虛擬化身參與互動。平臺的大廳設有四個虛擬討論區，每個討論區提供 9 位使用者同時進行深度交流與合作。每間虛擬討論室外型模擬環球半圓型密閉結構，並設計將聲音隔離，避免受其他組別與大廳處參與者的干擾，討論區提供教師設定網頁頁籤及 3D 模型上傳功能，學生可在討論過程即時調用教師預先提供的資源，如 VR 360 影片、3D 模型、學習單與簡報，完成主題分鏡表設計等學習任務。在討論過程，學生可透過麥克風、表情圖示、肢體動作輔助，促進同學的互動與知識建構。教師可透過後臺管理系統追蹤學生的參與行為，例如發言次數與互動頻率。討論區互動情形如圖五。

(二) 社會臨場感量表

為瞭解學生接受不同教學方式時學習互動的感受，本研究參考 Alanazi (2019)

發展之社會臨場感量表，四個構面與題數分別為：「社會存在」7 題、「情感連結」6 題、「互動強度」7 題和「群體凝聚力」7 題，共 27 題，採用五點量表，量表信度 Cronbach's α 值為 .958。

(三) 學習參與度量表

學習參與度亦採用自陳式量表，參考 Skinner 等人 (2009) 發展之學習參與度量表，四個構面與題數分別為：「行為參與」、「情感投入」、「行為不滿」和「情緒不滿」各 5 題，共 20 題，採用五點量表。其中「行為不滿」和「情緒不滿」為反向題，反向計分後進行信度分析，獲得的信度 Cronbach's α 值為 .905。

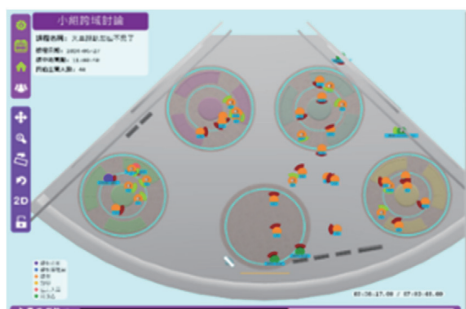
(四) 資料蒐集整理與分析

本研究問卷由基本資料、社會臨場感量表、學習參與度量表及開放性意見回饋調查組成，於學習活動第八堂課作品發表結束後交由學生填寫後蒐集整理。扣除未完整參與課程的學生人數後，採用問卷數量為：實驗組 A 組 23 份、實驗組 B 組 23 份及控制組 23 份。

在資料分析方面，本研究以 SPSS 29

圖五

EWova 教育元宇宙平臺討論區互動情形



(a) 後臺管理系統視角



(b) 平臺討論區內第一人稱視角

資料來源：本研究設計。

統計套裝軟體，進行量化的資料處理，以考驗研究假設之實際結果。

此外，為對應研究問題三，本研究亦設計開放式問卷問題，以蒐集學生對本次課程的主觀回饋，問題內容包括：

1. 你覺得這次課程中最有趣的部分是什麼？
2. 在這次課程中，你認為自己表現得如何？
3. 在這次課程中有沒有遇到什麼困難？
4. 你對這次與其他學校學生的互動有什麼感覺？

問卷回應資料蒐集整理後，以內容分析法對學生回答以上問題的意見進行編碼與歸類，並依組別比較分析。為維持資料清晰與匿名處理，對學生進行編號，例如實驗組 A 學生編號為 EA01 ~ EA23；實驗組 B 學生編號為 EB01 ~ EB23；控制組學生編號為 CC01 ~ CC23。

肆、研究結果與討論

一、不同教學模式學生社會臨場感分析

為比較不同組別的社會臨場感之差異，進行單因子變異數分析。首先進行同質性檢驗，結果顯示 Levene's 同質性檢定

($F = 2.863, p = .064 > .05$)，滿足變異數同質性的假設條件，故繼續進行單因子變異數分析。

如表二所示，社會臨場感單因子變異數分析結果 ($F = 7.485, p = .001 < .05$)，達顯著水準，表示不同教育元宇宙平臺之整合層次之教學方式，學生的社會臨場感受具顯著差異。 η^2 為 .185，意指不同整合層次所導入的教學模式約可解釋 18.5% 的社會臨場感變異來源。為瞭解各組別之社會臨場感（整體分數）的差異情形，採用 Scheffé 法事後多重比較分析。分析結果如表三所示，無論學生是處於使用 VR 設備進行互動學習的收播端（實驗組 A）或主播端（實驗組 B），其社會臨場感的知覺體驗皆顯著高於控制組。換言之，教育元宇宙平臺中具備沉浸式互動與師生協同引導的學習情境，能有效促進學生對社交互動的臨場感知。

為進一步瞭解各組別與社會臨場感各構面的組間差異，繼續進行事後比較分析，結果見表三。

如表三所示，針對社會臨場感各構面，控制組在社會存在感、情感連結、互動強度和群體凝聚力的平均分數皆低於 AB 兩實驗組，且大部分的組間比較皆達顯著水準。總之，整合層次較高的教學設計（實

表二
社會臨場感之單因子變異數分析摘要表

項目	<i>M (SD)</i>			<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
	控制組 (<i>N</i> = 23)	實驗組 A (<i>N</i> = 23)	實驗組 B (<i>N</i> = 23)						
組間	3.431 (.850)	4.143 (.340)	4.034 (.720)	6.765	2	3.382	7.485	.001	.185
組內				29.826	66	0.452			
校正後總合				36.591	68				

資料來源：本研究整理。

表三
社會臨場感各構面之事後多重比較分析摘要表

構面	組別	平均值差異	標準誤	顯著性 <i>p</i>	結果
社會臨場感	控制組				
	實驗組 A	-.712	.198	.003	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-.603	.198	.013	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	.712	.198	.003	
	實驗組 B	.109	.198	.860	
社會存在感	控制組				
	實驗組 A	-.565	.199	.022	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-.578	.199	.019	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	.565	.199	.022	
	實驗組 B	-.012	.199	.998	
情感連結	控制組				
	實驗組 A	-.804	.259	.011	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-.319	.259	.474	
	實驗組 A				
	控制組	.804	.259	.011	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	.486	.259	.182	
互動強度	控制組				
	實驗組 A	-.801	.237	.005	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-.658	.237	.026	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	.801	.237	.005	
	實驗組 B	.143	.237	.835	
群體凝聚力	控制組				
	實驗組 A	-.677	.219	.012	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-.857	.219	.001	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	.677	.219	.012	
	實驗組 B	-.180	.219	.715	

資料來源：本研究整理。

驗組 A 與 B）有助於提升學生在 EWova 教育元宇宙平臺結合 XR 直播教學的社交參與與臨場感知。尤其在互動強度與群體凝聚力構面，實驗組 B 所展現的即時互動與雙師導學特色，更顯示高整合層次教學情境對促進社會臨場感之效益。

二、不同教學模式學生學習參與度分析

為比較不同實驗組於合作完成製作影片腳本分鏡表任務過程之學習參與度，進行單因子變異數分析。首先進行同質性檢驗，結果顯示 Levene’s 同質性檢定 ($F =$

0.193, $p = .825 > .05$), 滿足變異數同質性的假設條件, 故繼續進行單因子變異數分析。

如表四所示, 學習參與度單因子變異數分析結果 ($F = 10.940, p < .001$), 達顯著水準, 表示不同教育元宇宙平臺之整合層次教學組別, 學生的學習參與度具顯著差異。此外, 本研究分析結果之效果量為 .249, 顯示不同教育元宇宙平臺整合層次對學生學習參與度具有實質教育影響力。更進一步瞭解各組別的學習參與度, 採用 Scheffé 法事後比較分析, 分析結果如表五。無論學生處於使用 VR 設備進行互動學習的收播端 (實驗組 A) 或主播端 (實驗組 B), 其學習參與度皆顯著高於控制組。儘管實驗組 B 的操作情境整合層次更高, 但與實驗組 A 的參與感知差異未達顯著, 顯示只要具備沉浸與互動元素的教學設計, 即能有效激發學生的學習投入。更進一步瞭解各組別的社會臨場感各構面, 繼續進行事後比較分析如表五。

從表五結果可見, 在「情感投入」、「行為不滿」與「情緒不滿」三個構面, AB 實驗組學生整體表現皆顯著優於控制組。實驗組 A 與 B 在「情感投入」的得分顯著高於控制組, 顯示教育元宇宙平臺的沉浸式互動教學能提升學生的學習興趣與

正向情緒; 在「行為不滿」構面, 兩組實驗組學生分數亦顯著高於控制組, 反映學生較少敷衍、分心或被動參與; 而「情緒不滿」構面, 僅實驗組 A 顯著高於控制組。值得注意的是, 實驗組 A 與 B 在所有構面均未呈現顯著差異, 表示即使參與角色不同 (收播端與主播端), 但只要具備沉浸式設備與平臺互動功能, 皆能有效提升學習參與經驗。總之, 本研究顯示整合層次較高的 VR 互動教學模式能明顯提升學生的學習投入與正向情緒, 亦強調沉浸環境本身的影響力高於角色差異。

三、學生回饋之內容分析

透過開放性問題蒐集學習者於 EWova 教育元宇宙平臺結合 XR 直播教學下, 對不同教學模式的主觀回饋, 並採內容分析法針對三組學生的文字回應進行整理與歸類, 說明如下。

(一) 實驗組 A

實驗組 A 學生對學習設備和課程活動表現出極高興趣, 尤其是 VR 頭盔和空拍機使用的體驗。例如, 有學生提到「空拍機飛起來好好玩」(EA02) 和「戴頭盔很好玩, 想多玩一點」(EA03)。這些回饋反映了學生對創新學習方式的好奇與熱情。此外, 學生對討論和合作學習的

表四
學習參與度單因子變異數分析摘要表

項目	M (SD)			SS	df	MS	F	p	η^2
	控制組 (N = 23)	實驗組 A (N = 23)	實驗組 B (N = 23)						
組間	3.452 (.617)	4.260 (.589)	3.957 (.570)	7.674	2	3.837	10.940	< .001	.249
組內				23.149	66	0.351			
校正後總合				30.823	68				

資料來源: 本研究整理。

表五
學習參與度各構面事後多重比較分析摘要表

構面	組別	平均值差異	標準誤	顯著性 <i>p</i>	結果
學習參與度	控制組				
	實驗組 A	-0.809	0.175	< 0.001	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-0.504	0.175	0.020	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	0.809	0.175	< 0.001	
	實驗組 B	0.304	0.175	0.227	
行為參與	控制組				
	實驗組 A	-0.443	0.204	0.103	
	實驗組 B	-0.470	0.204	0.079	
	實驗組 A				
	控制組	0.443	0.240	0.103	
	實驗組 B	0.026	0.240	0.992	
情感投入	控制組				
	實驗組 A	-0.730	0.218	0.006	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-0.765	0.218	0.004	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	0.730	0.218	0.006	
	實驗組 B	0.035	0.218	0.987	
行為不滿 (反向計分)	控制組				
	實驗組 A	-1.243	0.312	0.001	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-0.974	0.312	0.011	實驗組 B > 控制組
	實驗組 A				
	控制組	1.243	0.312	0.001	
	實驗組 B	0.270	0.312	0.690	
情緒不滿 (反向計分)	控制組				
	實驗組 A	-0.817	0.298	0.028	實驗組 A > 控制組
	實驗組 B	-0.513	0.298	0.235	
	實驗組 A				
	控制組	0.817	0.298	0.028	
	實驗組 B	0.304	0.298	0.590	

資料來源：本研究整理。

正面評價顯著，多位學生回應如「我很認真討論」（EA04、EA16 及 EA17）和「我們合作得很棒」（EA05）展現了高度的參與感。

雖然部分學生提到「投影片字太小」（EA07 及 EA17）或「老師講得有點久」（EA08）的挑戰，但這些技術問題對整

體體驗影響有限，整體回饋仍以正向為主。多數學生對自身與小組表現給予正面評價，共有 13 位學生使用「很棒」或「非常的棒」形容此次表現。

（二）實驗組 B

實驗組 B 的學生多認為本次課程最有趣之處為與其他學校學生的互動經驗以及

VR 學習環境的沉浸感。例如，有學生提到「可以跟不同學校的人互動」(EB12)、「可以不用到那個地方就可以互動上課」(EB03)和「能在 VR 裡和其他同學老師互動」(EB23)，這些回饋反映出跨校合作學習模式的吸引力。此外，對於使用 EWova 教育元宇宙平臺進行跨校同步學習的討論互動表示極高的興趣，學生回應最有趣的部分為「討論火車」和「大家一起討論的時候」等有 7 位，展現了高度的參與感。對於自身及小組表現，多數學生給予了肯定，認為「小組做的都很棒」(EB06)，甚至有學生用「非常好，無人能比」(EB17)來形容自己的表現。此外，有 1 位同學提到 3D 暈眩的問題「會頭痛，有點坐不住」(EB13)，顯示部分學生對 3D 沉浸式環境仍存在適應上的挑戰。

(三) 控制組

控制組學生的回饋集中於觀察同學使用 VR 的過程，例如「看同學玩 VR」(CC02)和「看別人玩很好笑」(CC16)，顯示出對他人行為的興趣高於自身參與學習。學生對課堂活動的有趣部分評價較為分散，部分提到「玩 VR」(CC10、CC13 及 CC22)和「360 度轉圈圈的螢幕」(CC25)，但總體參與感相對較低。對於課堂困難的回應則以實體環境干擾為主，例如「有同學一直吵」(CC09)。

對於小組或個人的表現，學生反饋偏向模糊或中性，部分回應如「很好呀」(CC11)和「很好[吧]！」(CC20)，顯示控制組學生對本次活動參與的認同感較弱。此外，也有 1 位學生提及「頭很暈」(CC16)，反映部分學生對 3D 視覺刺激的生理不適應。

四、分析結果討論

(一) 不同整合層次對學生社會臨場感的影響

綜合上述分析結果，EWova 教育元宇宙平臺在提升學生社會臨場感方面展現了顯著優勢，特別是實驗組 A 和 B 在「社會存在感」、「情感連結」、「互動強度」和「群體凝聚力」構面上的量化結果均顯著高於控制組。此結果顯示，無論學生位於 VR 互動學習的收播端（實驗組 A）或主播端（實驗組 B），在具備平臺即時互動功能的條件下，皆能有效增強社交參與體驗與臨場感知。這一結果與夏榕文（2022）與 Childs 等人（2024）研究所指出的觀點一致，即社會臨場感為數位學習中衡量社交互動品質的關鍵構面，尤其在虛擬學習場域中，同步互動與協同參與是社會臨場感形成的重要因素。

質性回饋進一步支持了這一發現，多數學生提到「像真的在裡面一樣」和「我們合作很棒」，反映出沉浸式虛擬環境不僅提升了學生的情感投入，還促進了小組合作的凝聚力。這呼應了劉唯玉等人（2021）、歐陽閻（2022）、Childs 等人（2024）、Kreijns 等人（2022）、Sedlák 等人（2022）與 Slater（2009）強調的沉浸式環境中情境真實性、情感回應與互動為社會臨場感建構的關鍵因素。相較之下，控制組學生回饋則反映出外部干擾因素，如「有同學一直吵」，此外，控制組學生的回應也反映出有分心於觀察現場同學行為，顯示在缺乏 VR 互動學習環境與授課教師直接引導的情境下，社交互動品質相對較低。整體結果亦佐證線上與現場教師在教育元宇宙教學場域中所扮演的協同教學與即時引導角色，對提升學生的臨場感

與互動品質具重要的作用 (Kim et al., 2021; Perera et al., 2020; Yan et al., 2024)。

(二) 不同整合層次對學生學習參與度的影響

在學習參與度的分析部分，量化資料顯示整體參與度在三組間呈現顯著差異，且事後比較顯示實驗組 A 與 B 均顯著高於控制組，惟實驗組 A 與 B 間未達顯著差異。這意味著，只要具備沉浸式 VR 設備與平臺互動設計，無論教學整合層次為收播端或主播端，皆能有效提升學生參與表現。再者，構面分析指出，「情感投入」、「行為不滿」與「情緒不滿」三項皆顯示實驗組優於控制組，顯示平臺互動與沉浸設計促進學生投入、減少敷衍與負向情緒，符合 Fredricks 等人 (2004) 與 Skinner 等人 (2009) 提出之多構面學習參與理論。

特別是在「情感投入」構面，實驗組 A 與 B 均顯著優於控制組，進一步印證沉浸式互動學習能強化正向參與情緒；而「行為參與」雖未達顯著，仍呈現實驗組略優於控制組的趨勢。

質性回饋進一步支持此結果，實驗組學生表現出更高的行為參與與情感投入，特別是實驗組 A 多次提及「積極討論」與「認真合作」，展現了平臺分組討論功能對學習互動的支持性。相對而言，控制組學生的回應較為模糊，僅提及實體課堂上干擾或觀察他人行為，而非平臺內合作互動的問題，進一步突顯沉浸式平臺功能在跨校合作學習中的效能。

(三) 學生之主觀感受與參與歷程之看法

質性回饋整體顯示實驗組學生對本次學習活動持肯定態度，普遍表示平臺操作

流暢、情境具沉浸感。實驗組 B 學生對於「與老師同步互動」等回饋，突顯主播端師生即時互動與多方協同參與對行為與情感投入的優勢。控制組學生回饋則多涉及外部環境干擾或缺乏互動性，顯示其參與感與投入度相對有限。此外，技術層面如「字體過小」問題及學生 3D 暈眩的情形，在一定程度上可能影響了部分學生的學習體驗與參與表現，這亦呼應 Makransky 等人 (2019) 指出沉浸式學習設計仍需考量科技與操作因素。

伍、結論與建議

一、結論

本研究以教育元宇宙平臺結合 VR 與混合同步教學為設計基礎，探討其對國小學生社會臨場感與學習參與度的影響。研究結果整體回應了研究問題一與二，顯示沉浸式虛擬平臺結合協同教學策略，能有效提升學生對學習社群的感知與社交互動的真實感，強化情感連結與群體參與。就社會臨場感而言，實驗組學生顯著高於控制組，特別是在感知真實互動與情感連結方面，進一步佐證本研究所依據之教育元宇宙與社會臨場感相關理論觀點。在學習參與度方面，三組間亦呈現顯著差異，實驗組學生在情感與行為投入表現皆優於控制組，顯示沉浸式互動平臺能有效激勵學生正向參與與合作行為，回應現行學習參與相關理論的觀點。

本研究在理論上呼應並延伸混合同步協同教學與教育元宇宙實踐中的教學模式，初步驗證主播端與收播端分工下的協同教學配置具有效果，亦提供實證基礎，支持沉浸式平臺與互動功能於國小課程中之應用價值。

二、研究限制

本研究所建構之教育元宇宙結合與混合同步協同教學模式，雖已驗證其對社會臨場感與學習參與度之正向影響，但在研究設計與執行過程中亦也存在若干限制。首先，研究樣本僅限於特定年齡段與教育背景的學生，未來應擴展至不同學齡層與多元學科背景，以增加研究結果的泛化。其次，實驗的時間範圍是以單元任務為導向時間較短，因此尚不足以充分觀察長期應用對學習行為與學業成效的影響。此外，部分學生在使用 VR 設備時出現 3D 暈眩現象，影響了學習體驗與參與效果。最後，本研究於學習參與度的評估，僅依據自陳式量表與開放性意見回饋，對於學生真實行為歷程與群體互動細節仍有待多元資料來源進行補充與交叉驗證。

三、未來研究建議

綜上討論，未來研究可朝以下方向深化探究。第一，建議進一步延長實驗時間以探討沉浸式環境與教師同步互動對學生在情感、行為與認知三層面參與度的持續性影響，釐清短期與長期效果之差異。第二，針對 3D 暈眩問題，可適時搭配使用平板或個人電腦協助任務的進行，減少生理不適的影響，提升學生參與的穩定性與包容性。最後，未來研究可針對不同整合層次（如主播端、收播端）與教師導學策略（如引導強度、回饋頻率）進行變項控制與比較，釐清各種協同教學模式對學生學習表現的差異性與最佳組合，並幫助教師更有效地結合數位工具進行互動教學，促進學生的深度參與與學習動機。

參考文獻

- 夏榕文（2022）。COVID-19 後疫情時代大學線上教學學習品質影響因素之探究。*教育政策論壇*，**25**（4），101-136。https://doi.org/10.53106/156082982022112504004
- 張淑萍、楊凱鳴、翁郁琇、馬均榕（2024）。初探 XR 直播教學模式。*臺灣教育*，**750**，68-77。
- 廖遠光（2023）。虛擬實境應用於教學對臺灣學生情意及技能成效影響之後設分析。*教育傳播與科技研究*，**131**，33-62。https://doi.org/10.6137/RECT.202304_(131).0004
- 劉唯玉、鄒銘哲、陳美瑩（2021）。線上教學師生互動初探—社會臨場感觀點。*教育理論與實踐學刊*，**44**，29-56。https://doi.org/10.7038/JETP.202112_(44).0002
- 劉敦瑞、高旭繁（2023）。大學劇本寫作課程融入遊戲化視訊會議 Gather Town 之研究：學習動機及個人、團隊寫作成效。*教育傳播與科技研究*，**132**，61-79。https://doi.org/10.6137/RECT.202308_(132).0004
- 歐陽閻（2022）。探究社群模式運用在虛擬社群之教學策略。*教育研究月刊*，**335**，39-53。https://doi.org/10.53106/168063602022030335003
- Alanazi, A. A. (2019). *Online learning environments: Investigating the factors influencing social presence* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Kansas.
- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, *12*(3), 80-97. https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890
- Banks, J. A., & McGee Banks, C. A. (Eds.). (2010). *Multicultural education: Issues and perspectives* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Childs, E., Mohammad, F., Stevens, L., Burbelo, H., Awoke, A., Rewkowski, N., & Manocha, D. (2024). An overview of enhancing distance learning through emerging augmented and

- virtual reality technologies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 30(8), 4480-4496. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2023.3264577>
- Çoban, M., & Goksu, İ. (2022). Using virtual reality learning environments to motivate and socialize undergraduates in distance learning. *Participatory Educational Research*, 9(2), 199-218. <https://doi.org/10.17275/per.22.36.9.2>
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Dunmoye, I. D., Rukangu, A., May, D., & Das, R. P. (2024). An exploratory study of social presence and cognitive engagement association in a collaborative virtual reality learning environment. *Computers & Education: X Reality*, 4, Article 100054. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100054>
- Felnhöfer, A., Knaust, T., Weiss, L., Goinska, K., Mayer, A., & Kothgassner, O. D. (2024). A virtual character's agency affects social responses in immersive virtual reality: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(16), 4167-4182. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2209979>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Garrison, D. R., Cleveland-Innes, M., & Fung, T. S. (2010). Exploring causal relationships among teaching, cognitive and social presence: Student perceptions of the community of inquiry framework. *The Internet and Higher Education*, 13(1-2), 31-36. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2009.10.002>
- Kim, Y., Han, J. Y., & Fung, F. M. (2021). Does team teaching improve student engagement in an age of digital learning. In *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)* (pp. 910-914). Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/TALE52509.2021.9678925>
- Kreijns, K., Xu, K., & Weidlich, J. (2022). Social presence: Conceptualization and measurement. *Educational Psychology Review*, 34(1), 139-170. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09623-8>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Miao, J., & Ma, L. (2022). Students' online interaction, self-regulation, and learning engagement in higher education: The importance of social presence to online learning. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 815220. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.815220>
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Perera, C. J., Zainuddin, Z., Piaw, C. Y., Cheah, K. S. L., & Asirvatham, D. (2020). The pedagogical frontiers of urban higher education: Blended learning and co-lecturing. *Education and Urban Society*, 52(9), 1305-1329. <https://doi.org/10.1177/0013124519894966>
- Ratan, R., Lin, Q., Lim, C., Park, R., Lover, A., Han, E., Jang, D., Lieth, A. P., & Bailenson, J. N. (2025). Time matters in VR: Students benefit from longer VR class duration, but certain outcomes decline after 45 minutes, with large individual variance. *Computers & Education*, 235, Article 105328. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105328>

- org/10.1016/j.compedu.2025.105328
- Schwaiger, M., Krajncan, M., Vuković, M., Jenko, M., & Doz, D. (2024). Educators' opinions about VR/AR/XR: An exploratory study. *Education and Information Technologies*, 29(18), 24861-24880. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12808-7>
- Sedlák, M., Šašinka, Č., Stachoň, Z., Chmelík, J., & Doležal, M. (2022). Collaborative and individual learning of geography in immersive Virtual Reality: An effectiveness study. *PLoS One*, 17(10), Article e0276267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276267>
- Skinner, E. A., Kindermann, T. A., & Furrer, C. J. (2009). A motivational perspective on engagement and disaffection: Conceptualization and assessment of children's behavioral and emotional participation in academic activities in the classroom. *Educational and Psychological Measurement*, 69(3), 493-525. <https://doi.org/10.1177/0013164408323233>
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Urueta, S. H., & Ogi, T. (2020). A TEFL virtual reality system for high-presence distance learning. In L. Barolli, H. Nishino, T. Enokido, & M. Takizawa (Eds.), *Advances in networked-based information systems: The 22nd International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2019)* (pp. 359-368). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29029-0_33
- van Brakel, V., Barreda-Ángeles, M., & Hartmann, T. (2023). Feelings of presence and perceived social support in social virtual reality platforms. *Computers in Human Behavior*, 139, Article 107523. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107523>
- Wang, C.-H. (2025a). Construction of an educational metaverse shared learning platform. *Impact*, 2025(1), 18-20. <https://doi.org/10.21820/23987073.2025.1.18>
- Wang, C.-H. (2025b). Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K-12 natural science. *Education and Information Technologies*, 30(7), 8637-8658. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13156-2>
- Yan, Y., Zuo, M., & Luo, H. (2024). Investigating co-teaching presence and its impact on student engagement: A mixed-method study on the blended synchronous classroom. *Computers & Education*, 222, Article 105153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105153>

