

沉浸式學習應用於國小社會領域的學習成效、認知負荷與心流

—以〈我的家鄉〉主題為例

Effects of Immersive Learning with Different Discussion Formats on Elementary Students'

Learning Outcomes, Cognitive Load, and Flow: A Case Study of "My Hometown"

林孟儒¹, 吳靜怡^{3*}, 林秋斌¹, 張博裕², 王政弘⁴

¹ 台灣清華大學 學習科學與科技研究所

² 台灣清華大學 教育與學習科技學系研究所

³ 台灣清華大學 竹師教育學院

⁴ 台灣高雄大學 工藝與創意設計學系

jingitw@gapp.nthu.edu.tw

【摘要】隨著虛擬實境（VR）與延展實境（XR）逐漸導入國小課堂，沉浸式學習在提升學習投入方面展現潛力，但不同互動設計對學習成效的影響仍有待驗證。本研究以國小四年級社會領域〈我的家鄉〉為情境，結合 XR 直播共學與 VR 教材，探討不同討論形式對學生學習成效、認知負荷與心流體驗之影響。研究採準實驗設計，以臺灣新竹縣兩所國小三個班級共 74 名學生為對象，進行兩項實驗，比較實體教室討論與元宇宙線上討論，以及不同班級之學習表現。研究結果顯示，不同討論形式在學習成效與認知負荷上未達顯著差異，但元宇宙線上討論組的心流體驗顯著較高。

【關鍵詞】 沉浸式學習、XR 直播共學、元宇宙、認知負荷、心流

Abstract: As virtual reality (VR) and extended reality (XR) technologies are increasingly introduced into elementary school classrooms, immersive learning has shown potential for enhancing students' learning engagement. However, the extent to which different interaction designs consistently contribute to learning outcomes remains unclear. This study focused on a fourth-grade social studies unit, My Hometown, and integrated XR live-streamed co-learning with VR instructional materials to examine the effects of different discussion formats on students' learning achievement, cognitive load, and flow experience. A quasi-experimental design was adopted. Participants included 74 fourth-grade students from three classes in two elementary schools in Hsinchu County, Taiwan. Two experiments were conducted to compare face-to-face classroom discussions and metaverse-based online discussions, as well as learning performance across different classes under the same immersive learning configuration. The results indicated no significant differences between discussion formats in terms of overall learning achievement or cognitive load. However, students who participated in metaverse-based online discussions reported significantly higher levels of flow experience than those engaged in face-to-face discussions.

Keywords: immersive learning, XR-supported synchronous learning, metaverse, cognitive load, flow

1. 緒論

隨著虛擬實境（Virtual Reality, VR）、延展實境（Extended Reality, XR）及元宇宙相關技術的快速發展，沉浸式學習逐漸成為教育科技研究與教學實務的重要方向。相較於以文字與平面影像為主的傳統教學方式，沉浸式學習透過三維空間、即時互動與多感官刺激，能營造

具臨場感的學習情境，有助於提升學習者的參與程度與學習動機，特別適用於重視情境理解與文化脈絡的社會領域課程。

近年研究顯示，沉浸式學習在知識理解、空間概念建構與學習投入方面具有潛力，然而其學習成效並非必然優於傳統教學，且在不同研究情境中結果不一。相關研究指出，沉浸式技術本身並非影響學習成效的唯一因素，學習活動的互動設計、教學支援方式以及學習者之間的社會互動形式，皆可能影響沉浸式學習的教育效果。

在教學實務中，沉浸式學習常結合討論活動，以促進概念釐清與經驗反思。隨著線上協作與元宇宙平台的發展，討論活動逐漸由實體教室延伸至虛擬空間。相較於面對面討論，元宇宙線上討論透過虛擬化身與即時互動機制，可能影響學習者的參與感受與學習歷程。然而，目前針對沉浸式學習中實體討論與元宇宙線上討論之比較研究仍相對有限，尤其在國小教育情境中，相關實證研究更為缺乏。

此外，沉浸式學習常被認為有助於提升學習投入與心流體驗，但高度沉浸與多重刺激亦可能增加認知負荷，進而影響學習成效。因此，從學習成效、認知負荷與心流體驗的角度，探討不同沉浸式互動設計下的學習歷程，具有重要研究價值。

基於上述背景，本研究以國小社會領域〈我的家鄉〉為教學主題，結合 XR 直播共學與 VR 教材，探討不同討論形式對學生學習成效、認知負荷與心流體驗之影響，並透過兩項準實驗研究，提供國小沉浸式教學設計之實證依據。

研究問題如下：

- (1) 在沉浸式學習情境中，實體教室討論與元宇宙線上討論是否對學生的學習成效產生差異？
- (2) 不同討論形式是否影響學生的認知負荷與心流體驗？
- (3) 在相同沉浸式學習配置下，不同班級之學習成效、認知負荷與心流是否存在差異？。

2. 文獻綜述

2.1. 沉浸式學習與 XR 在教育中的應用

沉浸式學習 (immersive learning) 係指透過虛擬實境 (Virtual Reality, VR)、延展實境 (Extended Reality, XR) 等沉浸式科技，建構具高度臨場感與互動性的學習環境，使學習者得以第一人稱視角參與學習歷程 (Radianti et al., 2020)。相較於以文字或平面影像為主的傳統教學形式，沉浸式學習能透過空間化呈現與即時互動，協助學習者形成具體的情境理解，特別適用於重視文化脈絡與場域理解的學科內容，如社會領域與文化教育 (Makransky & Petersen, 2021; Radianti et al., 2020)。

然而，相關研究亦指出沉浸式技術並非必然提升學習成效。部分實證結果顯示，過高的臨場感或過度複雜的互動設計，可能分散學習者注意力，對學習表現產生中性甚至負向影響 (Hamilton et al., 2021)。因此，近年研究逐漸由「技術導向」轉向「教學設計導向」，強調沉浸式學習需結合明確的學習目標與適切的互動安排，方能有效發揮其教育潛力 (Radianti et al., 2020)。

2.2. 沉浸式學習中的社會互動與討論形式

社會互動被視為促進深度學習與知識建構的重要歷程。透過討論與同儕交流，學習者能澄清概念、反思經驗，並促進高層次思考 (Chi & Wylie, 2014)。在沉浸式學習情境中，討論活動常被用以協助學習者將虛擬體驗轉化為可理解的知識結構，進而支持學習成效。

隨著線上協作工具與元宇宙平台的發展，討論形式逐漸由實體教室延伸至虛擬空間。相較於實體討論，元宇宙線上討論可透過虛擬化身 (avatar) 與同步互動，降低部分學習者的社交壓力，並提升參與意願與臨場感 (Dede et al., 2005)。然而，虛擬討論亦可能因缺乏非語言線索或增加操作負擔，而影響溝通品質與學習成效 (Makransky & Petersen, 2021)。整體而言，現有研究對不同討論形式在沉浸式學習中的影響尚未形成一致結論，且多集中於高等教育場域，針對國小階段的實證研究相對有限。

2.3. 認知負荷理論與沉浸式學習

認知負荷理論 (Cognitive Load Theory) 指出，學習者的工作記憶容量有限，教學設計若未妥善控制資訊呈現與操作要求，將影響學習成效 (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011)。在沉浸式學習環境中，豐富的視覺刺激與互動操作可能同時增加內在負荷與外在負荷，進而影響知識建構歷程 (Makransky et al., 2019)。

相關研究顯示，當沉浸式學習的情境設計能有效支持學習目標時，有助於降低不必要的外在負荷，促進理解與記憶；反之，若互動操作過於複雜，則可能導致認知資源分散，使學習成效下降 (Sweller et al., 2011)。因此，從認知負荷角度檢視不同沉浸式互動與討論形式，有助於解釋學習成效差異的可能原因。

2.4. 心流理論與沉浸式學習體驗

心流理論 (Flow Theory) 由 Csikszentmihalyi (1990) 提出，強調當個體所面臨的挑戰程度與其能力水準達到平衡時，容易產生高度專注與投入的最佳經驗。沉浸式學習環境常被認為有助於引發心流體驗，因其能提供即時回饋與高度臨場感，提升學習者的投入程度 (Parong & Mayer, 2018; Makransky & Petersen, 2019)。

過去研究指出，心流體驗與學習動機、參與意願及正向學習情意具有顯著關聯 (Csikszentmihalyi, 1990)。然而，心流並不必然等同於學習成效，過度沉浸於操作或情境本身，可能使學習者忽略學習重點，反而影響學習表現 (Parong & Mayer, 2018; Makransky et al., 2019; Mayer, 2020)。因此，同時檢視心流體驗與學習成效，有助於更全面評估沉浸式學習的教育效果。

2.5. 小結

綜合上述文獻可知，沉浸式學習的教育成效並非僅由技術特性所決定，而是受到教學設計、社會互動與學習者心理歷程等多重因素影響。其中，討論形式可能透過影響認知負荷與心流體驗，進而左右學習成效。然而，現有研究多集中於高等教育場域，且較少同時比較不同討論形式對學習成效、認知負荷與心流之影響。基於此，本研究以國小社會領域為研究情境，結合 XR 直播共學與不同討論形式，進一步探討沉浸式學習的教學效果，以補足相關研究缺口。

3. 研究方法

3.1. 研究設計

本研究採準實驗研究設計 (quasi-experimental design)，結合 XR 直播共學與 VR 沉浸式教材，探討不同討論形式對國小學生學習成效、認知負荷與心流體驗之影響。研究包含兩項實驗：實驗一比較學生完成相同 VR 學習活動後，分別進行實體教室討論與元宇宙線上討

研究流程包含課前說明、沉浸式學習活動、討論與測量三階段。課程結束後，學生填寫認知負荷與心流量表，並完成學習成就測驗。R 4.4.1 軟體進行資料分析，顯著水準設定為 $\alpha = .05$ 。在教學成效分析上，以各班學生之前測與後測資料，採用成對樣本 t 檢定，以檢驗教學介入後學生於學習成就態度上的變化情形。其次，為比較不同教學模式之差異，在分析後測結果前，先以前測資料進行獨立樣本 t 檢定，以確認各組學生在教學介入前之起始狀態是否一致；若前測未達顯著差異，則進一步針對後測結果進行獨立樣本 t 檢定，以比較不同教學模式下學生在學習成就與態度上之差異。。

4. 結果分析

本章呈現不同沉浸式討論形式與教學情境下，學生於學習成效、認知負荷與心流體驗之量化分析結果，分別說明實驗一與實驗二之研究發現。。

4.1. 實驗一：不同討論形式之學習成效與學習態度

為檢驗 XR 直播共學結合 VR 教材之教學成效，首先針對實驗一中對照組（實體教室討論）與實驗組（元宇宙線上討論）進行前後測分析。成對樣本 t 檢定結果顯示，兩組學生在完成《新埔褒忠亭義民廟》沉浸式學習活動後，成就測驗總分皆達顯著提升（ $p < .001$ ），顯示本研究所設計之沉浸式教學活動能有效促進學生之學習成效，如表 1 所示。

在學習態度方面，認知負荷量表結果顯示，兩組學生之前後測認知負荷總分皆未達顯著差異，顯示沉浸式學習與討論活動並未顯著增加學生整體心智負擔。心流量表分析結果則顯示，實體討論組之前後測心流體驗未呈現顯著差異，而元宇宙線上討論組之心流總分於後測顯著高於前測（ $p < .05$ ），顯示元宇宙討論形式有助於提升學生於沉浸式學習歷程中的投入程度，如表 2 所示。

進一步比較兩組學生之後測表現，獨立樣本 t 檢定結果顯示，對照組與實驗組在成就測驗總分與文史相關題型上皆未達顯著差異，顯示不同討論形式對整體學習成效之影響有限。在認知負荷方面，兩組學生於認知負荷總分及各構面亦未呈現顯著差異。然而，在心流體驗方面，元宇宙線上討論組之心流總分顯著高於實體討論組（ $p < .05$ ），顯示討論場域的改變對學生情意投入具有影響，如表 3 所示。

表 1

A、B 班學生在「成就測驗」前後測之成對樣本 t 檢定結果

班級	題目 類型	測驗 類型	樣 本 數 (n)	平均 數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
A 班	總分	前測	21	6.52	2.02	12.21	20	0.000*
		後測	21	13.62	3.12			
	客語題	前測	21	1.71	1.19	12.03	20	0.000*
		後測	21	4.76	0.44			
	文史題	前測	21	4.81	1.69	7.14	20	0.000*
		後測	21	4.81	1.69			

		後測	21	8.86	2.83			
B 班	總分	前測	23	6.87	2.40	13.67	22	0.000*
		後測	23	12.91	2.02			
	客語題	前測	23	1.91	1.00	5.41	22	0.000*
		後測	23	3.57	1.04			
	文史題	前測	23	4.96	1.97	11.68	22	0.000*
		後測	23	9.35	1.34			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

表 2

A、B 班學生在「認知負荷量表」前後測之成對樣本 t 檢定結果

班級	題目 類型	測驗 類型	樣本數 (n)	平均數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
A 班	總分	前測	22	59.95	12.22	1.86	21	0.077
		後測	22	64.64	10.84			
	構面一： 心智的努力	前測	22	32.32	5.78	0.17	21	0.868
		後測	22	32.55	4.62			
	構面二： 心理的負荷	前測	22	27.64	8.35	2.57	21	0.018*
		後測	22	32.09	8.72			
B 班	總分	前測	21	58.52	13.29	0.18	20	0.861
		後測	21	59.19	12.44			
	構面一： 心智的努力	前測	21	32.90	5.10	-1.22	20	0.237
		後測	21	30.71	5.12			
	構面二： 心理的負荷	前測	21	25.62	9.58	1.08	20	0.292
		後測	21	28.48	8.96			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

表 3

A、B 班學生在「心流量表」前後測之成對樣本 t 檢定結果

班級	題目 類型	測驗 類型	樣本數 (n)	平均數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
A 班	總分	前測	22	33.18	5.92	-0.48	21	0.637
		後測	22	32.50	7.29			

B 班 總分	前測	21	32.81	5.67	2.48	20	0.022*
	後測	21	37.05	5.47			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

4.2. 實驗二：不同教學情境之學習成效與學習態度

實驗二進一步比較兩組來自不同學校之學生，在相同 XR 直播共學與元宇宙線上討論條件下的學習表現。獨立樣本 t 檢定結果顯示，兩組學生於成就測驗後測總分達顯著差異 ($p < .01$)，其中實驗組一之表現顯著高於實驗組二；在文史相關題型上亦呈現相同趨勢 ($p < .001$)，顯示即使在相同沉浸式學習配置下，不同教學情境仍可能影響學生的學習成效，如表 4 所示。

表 4

實驗二成就測驗後測之獨立樣本 t 檢定分析表

題目類型	施測對象	樣本數 (n)	平均數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
總分	實驗組一	23	12.91	2.02	3.42	50	0.001*
	實驗組二	29	10.28	3.23			
客語題	實驗組一	23	3.57	1.04	0.80	50	0.426
	實驗組二	29	3.28	1.46			
文史題	實驗組一	23	9.35	1.34	4.60	50	0.000*
	實驗組二	29	7.00	2.14			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

在學習態度方面，兩組學生於認知負荷量表後測總分未達顯著差異，顯示不同共學環境並未造成整體認知負荷程度的顯著改變。然而，在「心智的努力」構面上，實驗組二之得分顯著高於實驗組一 ($p < .05$)，顯示其於學習歷程中需投入較多心智資源。心流量表結果顯示，兩組學生於後測心流總分未達顯著差異，顯示在相同互動形式下，心流體驗具有一定穩定性，如表 5、表 6 所示。

表 5

實驗二認知負荷量表後測之獨立樣本 t 檢定分析表

題目類型	施測對象	樣本數 (n)	平均數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
總分	實驗組一	21	59.19	12.44	-1.47	47	0.149
	實驗組二	28	64.86	14.06			
構面一： 心智的努力	實驗組一	21	30.71	5.12	-2.09	47	0.042*
	實驗組二	28	34.50	7.02			
構面二： 心理的負荷	實驗組一	21	28.48	8.96	-0.73	47	0.471
	實驗組二	28	30.36	8.97			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

表 6

實驗二心流量表後測之獨立樣本 t 檢定分析表

題目類型	施測對象	樣本數 (n)	平均數 (M)	標準差 (SD)	t 值 (t)	自由度 (df)	雙尾 p 值 (p)
總分	實驗組一	21	37.05	5.47	1.96	47	0.056
	實驗組二	28	33.75	6.07			

註： $p < .05$ 標註「*」，表達顯著差異。

4.3 小結

綜合實驗一與實驗二之結果可知，沉浸式學習結合 XR 直播共學與 VR 教材能有效提升學生學習成效，且整體不會顯著增加其認知負荷。不同討論形式在學習成效上未呈現顯著差異，但元宇宙線上討論能提升學生的心流體驗。此外，即使採用相同沉浸式學習設計，不同教學情境仍可能影響學習成效與心智努力程度，顯示教學支援與學習環境穩定性為影響沉浸式學習成效的重要因素。

5. 結論與討論

5.1 討論空間的情意驅動價值

針對研究問題一與二，在實證數據上，本研究發現實體教室討論與元宇宙線上討論在整體學習成效與認知負荷上未達顯著差異。然而，在情意層面的心流體驗上，元宇宙組 ($M=37.05$) 則顯著優於實體組 ($M=32.50, p < .05$)。

針對上述數據結果，本研究發現與 Dede 等人 (2005) 的研究一致，顯示元宇宙中的虛擬化身 (Avatar) 能提供較強的社會臨場感 (Social Presence)，進而提升學習者的投入度。其次，從心理感受層面推論，元宇宙的去中心化互動特性，可能降低了國小學童在面對面討論時常見的社交監控感 (Social Surveillance)，使其更能專注於任務中的自我效能表現。

然而，值得注意的是，心流體驗的提升並未直接轉化為學習成效。這呼應了 Makransky 與 Petersen (2021) 的沉浸式學習認知情意模型：高度的情意投入若未與教學目標緊密結合，可能產生「誘惑細節」(Seductive Details) 效應，即學習者過度關注於虛擬環境中的非關聯刺激 (如化身裝飾、空間特效)，進而導致注意力分散 (Mayer, 2020)。這種「高投入、低轉化」的現象，明確區分了「技術帶來的樂趣」與「認知上的深度加工」。這提醒教學設計者，在元宇宙情境中需透過更精確的導引腳本或任務點設計，引導學生將沉浸體驗聚焦於學科本質，而非僅停留在技術操作的層次。

5.2 教學情境與班級特性的影響

針對研究問題三，本研究發現即使在相同的 XR 技術配置與元宇宙討論形式下，不同班級間的學習成效與心智努力程度仍存在顯著差異。這證實了 Radianti 等人 (2020) 的觀點：沉浸式學習的教育成效並非僅由技術特性決定。進一步分析實驗二之差異來源，發現 B 班學生平時具備較頻繁的行動載具使用經驗，其數位素養較高；反之，C 班學生在操作初期需花費較多資源適應介面，故其在「心智努力」構面得分顯著較高。此外，班級既有的同儕合作

氛圍，以及原任課教師在活動現場提供的引導支持，皆是影響科技融入教學穩定性的關鍵變因。此結果反映出沉浸式學習的成效高度依賴「技術—教師—學生」三者的情境整合，對於未來推廣數位共學時之「差異化教學支援」具有重要的實務啟示。

5.3 研究限制與倫理說明

為提升研究之嚴謹性與可理解性，本研究限制：(1) 樣本代表性：本研究採準實驗設計，樣本量 (N=74) 且具地域性，未來研究可擴大樣本規模以提升推論效度；(2) 變因控制：受限於實務情境，未能完全控制不同班級教師的引導風格差異，未來可採用共變數分析 (ANCOVA) 進行更嚴謹的統計檢定。研究倫理：(1) 知情同意：研究前已取得學校與家長之知情同意書，確保學生參與之自願性與資料匿名化；(2) 生理安全：考量國小學童發育，VR 探索時間嚴格限制於 15 分鐘內，並安排輔導人力隨時監測學生是否有眩暈感，確保學習過程之安全性。

5.4 總結與建議

整體而言，本研究指出元宇宙線上討論在提升學習投入方面具有潛力。針對國小四年級學生從具體運算轉向抽象思考的發展特性，建議未來設計應強化 VR 教材與討論任務的連結，並提供結構化的討論腳本。研究結果為國小沉浸式教學設計提供了實證基礎，有助於未來開發更具教育效益的元宇宙共學模式。

參考文獻

- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- Dede, C., Ketelhut, D. J., Clarke, J., Nelson, B., & Bowman, C. (2005, April). *Students' motivation and learning of science in a multi-user virtual environment*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Quebec, Canada..
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E. *et al.* Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *J. Comput. Educ.* 8, 1–32 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- 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.
- Makransky, G., Petersen, G.B. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educ Psychol Rev* 33, 937–958 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer.