

VR 作為學習角色轉換機制之成效探究： 以特色學校自導自演生態課程與學生走進 課本之外的虛擬櫻花學習經驗為例

魏幸慈* 王子華

國立清華大學 教育與學習科技學系

壹、從特色課程到沉浸式學習：VR 教學的發展脈絡與研究議題

在當代教育現場，科技已不再只是輔助工具，而是重塑學習與知識建構的重要力量。虛擬實境（Virtual Reality, VR）等沉浸式科技的普及，使教師從知識傳遞者轉為學習設計者與促進者。VR 具臨場感與多感官互動特性，能將抽象概念轉化為具體經驗，提升學生動機、注意力與理解力（王志宏，2024）。研究指出，結合遊戲化與情境設計的 VR 教學可促進學習投入與知識遷移（Jiang 等，2025），特別在疫情期間，更成為維繫遠距學習真實感的關鍵媒介。

在臺灣，科技融入教學已由政策倡議走向常態實踐。即便資源有限的偏鄉學校，也能透過自製 VR 教材（DIY VR）開創創新學習。例如櫻木國中三年前推動「櫻花特色課程」，結合在地生態與多元評量，並以 VR 呈現校園櫻花生態，使學生以沉浸方式體驗自然課程，落實 108 課綱的素養導向精神。

本研究以櫻木國中為場域，採「師生共製、共同演出」模式開發 VR 教材，探討其融入自然科特色課程後，對學生學習動機、互動、注意力、學習經驗與學習成效的影響。與以往僅探討「觀看式學習」的研究不同，本研究著重「學生作為參與者與創作者」的角色轉變，分析其從被動接收到主動共構的歷程變化。

同時，本研究亦納入教師觀點，對比「參與拍攝教師」與「僅使用教材教師」之教學經驗與反思，以補足過往 VR 教育研究對教師實務面探討的不足。透過三年縱貫研究與多班級比較，驗證 VR 教學在不同年級與參與型態下的差異成效，並提出可行的特色學校科技融入模式。

*為本文通訊作者

本研究以特色學校之自導自演生態課程為研究場域，探討以師生共創為核心的教學設計，如何促進學生學習角色的轉換與學習成效的提升。課程設計以建構式學習歷程為主軸，引導學生從內容理解、表達與實作中逐步成為主動參與的學習行動者，並輔以虛擬實境（VR）作為學習情境建構的媒介，以強化角色參與感與學習投入。研究強調，VR 在本課程中並非作為教材本體，而是一種促進學習角色由被動觀眾轉為主動行動者的輔助機制。

貳、研究佈局、工具運用與資料詮釋策略

本研究並非源於實驗室情境或短期工作坊，而是在一所長期深耕「特色教育」的國民中學中，歷經三年持續推動、跨域協作與全校參與的課程實作中發展而成。參與對象涵蓋七至九年級共 12 個班級、330 名學生，並由自然、社會、特教、綜合活動等領域教師與行政團隊共同投入；校長亦參與校本課程之規劃與推動。

該校為教育部與地方政府肯定之「特色學校」，以在地文化與社區資源為基礎，發展具辨識度之「櫻花」主題課程，透過跨領域合作、校本課程研發與學生參與式設計，逐步建構穩定而完整的特色教育架構。相關文獻指出，所謂「特色學校」不僅指課程主題鮮明，更重於整合校本資源、社區脈絡與教育願景，形塑具延續性與在地性的課程體系（秦夢群、莊寶清，2012；林志成，2016；魏幸慈，2017）。近年的趨勢進一步從單校實作邁向「跨校合作—地方教育治理—知識網絡」的系統化運作（洪詠善，2020），其核心是以「學習者經驗」為中心的文化建構與知識生成。

在此脈絡下，虛擬實境（VR）並非外加的科技元素，而是重組學習經驗、加深校本主題的教學媒介。學生的定位由「配戴者／使用者」轉為「教材的共同創作者」；教師的角色亦由知識傳遞者，轉化為情境設計者、學習引導者與文化轉譯者。換言之，三年期的教學歷程並非一次性實驗，而是把「課堂—校園—在地」重新串連的行動實踐，讓科技真正成為學習與地方知識之間的橋樑。

研究場域以「櫻花」為長期課程主軸。校園與周邊社區栽植吉野櫻、八重櫻、臺灣山櫻花等多種品系，使櫻花同時成為生態教材、文化符碼與校園識別。基於此一自然資源場域，學校建構跨語文、自然、社會與綜合活動的校本課程，體現「地方即教材」（place-based curriculum）的精神。VR 的導入旨在使這份「地方知識」由被閱讀轉為被經驗：學生「走進櫻花」，觀察花期與棲地脈絡，連結地方文化，讓學習由靜態理解走向動態探究。是以，VR 的使用並非為科技而科技，而是引導學生重新看見所處土地之知識面貌，使原先鎖定於課本與講義的內容成為可觸、可動、可進入、可聆聽的學習場景。

為避免學習停留於「被動觀看」，本研究採 360 度全景拍攝呈現櫻花生態情境，並由師生共同參與演出，使學生從「受教者」轉為「內容共製者」。教材製作經費來自學校參

與特色課程競賽所得獎金，並邀請專業影像團隊協力拍攝與後製，確保教材具備可重播、可跨班跨年級使用與長期保存的價值。

在設備面向上，本研究不倚賴高價硬體，而採學生與教師自行組裝的可攜式 VR Cardboard。此一低成本方案不僅降低門檻，亦讓學生直接參與「科技建構過程」，理解科技可被拆解、理解與再設計。學生以親手製作之裝置觀看自己參與拍攝的內容，形成「參與拍攝—參與建構—參與體驗」的雙重參與與做中學歷程。

研究樣本為七至九年級 330 名學生，依條件分組比較 VR 介入下之學習差異：部分班級參與演出，部分班級為使用者；部分學生為首次接觸，部分學生為二次體驗，以觀察「熟悉度／累積性」對學習動機與成效之影響。同時納入教師端資料，分別訪談「參與拍攝之教師」與「後續授課之教師」，比較其在課程觀點、科技接受度與課室觀察的差異，補足既有 VR 研究偏重學生端之限制。

資料蒐集採混合方法。量化方面以問卷衡量「學習動機、學習互動、學習注意力、學習經驗與學習成效」五構面之前後變化；質性方面透過訪談、回饋單與課室觀察，描摹數據背後的學習歷程。藉由三角檢證，同步回應「VR 是否有效」與「VR 為何有效」兩層面，使研究結果得以轉化為具操作性的教學參考。

本研究之教學設計核心在於「師生共創」與「學習角色轉換」的學習歷程，而非單純導入新興科技工具。課程以自導自演的建構式學習活動為主軸，引導學生從內容理解、腳本設計、講解練習到實際演出，逐步完成知識的重組與內化。VR 僅作為輔助學習情境建構的媒介，用以擴展學生的學習場域與角色參與感，而非作為獨立的教材本體。

在此設計下，VR 的功能不在於「呈現內容」，而在於促使學生由被動的學習觀眾，轉變為主動參與與行動的學習者。當學生進入行動者角色時，學習重心亦由觀看與接收，轉向理解、表述與互動，進而引導學習歷程邁向更深層的知識建構。

綜上，本研究所欲回應的核心問題為：當學生不僅是 VR 的使用者，而是教材製作者、知識參與者與場景演出者時，學習會產生何種質變？此一教學模式的目標，不在於把科技帶進教室，而在於讓教室、校園與在地文化，成為可被進入、被建構與被詮釋的學習場域。

參、看見數字背後的故事：研究分析與詮釋

一、當自然科學遇上虛擬實境：學習成效提升與年齡差異的觀察

在三年的 VR 教學實施中，我們觀察到一個明顯現象：相同的沉浸式教學環境，對不同年齡層的影響並不一致。雖然七、八、九年級學生在學習動機、專注力與學習成效上皆隨 VR 融入而提升，但三個年級之間的成長幅度呈現清楚的階段差異。

七年級學生在 VR 課程後，動機與成效皆有提升，但幅度屬中度。新鮮感與沉浸場景確實提高注意力，但學習歷程仍仰賴教師引導或學習單支撐，才能將「看到的情境」轉化為「理解的內容」。顯示低年級在科技操作與知識建構之間仍處調適期，「學習自主性」尚在發展中。

八年級學生的提升幅度高於七年級，尤其在「學習注意力」與「學習成效」表現較為穩定。此年段多已能順利操作 VR，並能將視覺情境與課程內容連結；沉浸情境對概念理解的強化效應較為明顯。整體而言，同時具備對新科技的興趣與逐步成熟的學習策略，使其吸收效果相對均衡。

九年級學生呈現最高幅度的改變。於學習動機、學習互動、學習注意力、學習經驗與學習成效五構面皆達高效果量。此年段不僅能進入情境，更能「帶著問題走進情境」，在觀看時主動搜尋、比對並建構概念，使 VR 由「觀看體驗」轉為「理解工具」。換言之，越接近抽象思考成熟期，越能將沉浸式學習轉化為知識行動。

(一) 差異為何出現？

本結果顯示，VR 並非「年齡無差異」的媒介，而會受認知發展、學習自主與科技熟悉度影響：

- 七年級：仍處「適應科技＋理解內容」的過渡期，需要支架。
- 八年級：科技使用順暢，開始將情境與知識連結。
- 九年級：能將 VR 視為探索工具，而非僅是觀看介面，具備「自主學習＋概念整合＋抽象理解」能力。

因此，沉浸式教材的效益不只取決於科技本身，更在於學習者能否把它轉化為實際的學習行為。

(二) 這項結果給教育現場的 3 個啟示

教學啟示 | 適用對象 | 代表意義

1. VR 對高年級具最大加值效果 | 九年級 | 用於概念深化、探究式學習、複雜系統理解。
2. 中年級適合用 VR 建立「理解橋樑」 | 八年級 | 作為「從文字→情境→知識」的轉換媒介。
3. 低年級需更多「學習支架」搭配 VR | 七年級 | 安排操作引導、學習單、討論與示範等輔助活動。

〈VR 走進課堂後，三個年齡層學生出現了三種不同反應〉

VR 頭戴式裝置初入教室時，學生反應幾乎一致——興奮、好奇、期待。然而新鮮感退去後，學習成效開始分歧。在此以櫻花校本課程聞名的國中中，七、八、九年級經歷相同 VR 情境、使用同一套教材，但三年級、十二個班級、330 名學生留下三種不同的學習軌跡。結果凸顯：科技不會自動產生成效，學習者的年齡、角色、參與度與認知成熟度，決定科技是「刺激」還是「學習策略」。

〈七年級：新鮮感帶動動機，但仍需學習支架〉

多數七年級學生對 VR 高度興趣；但興趣不等於深度學習。四班表現差異明顯：702、709 班五構面皆達高效果量，704、706 班僅局部提升、落在低至中效果量。關鍵在於 **702 班為 VR 演出班**——學生「先走進場景、再走進 VR」，回看時是「重返親身參與的知識現場」。說明對低年級而言，從「觀看者」轉為「參與者」，效益更為顯著。

〈八年級：效果分歧最大——興趣與學習未必等號〉

八年級為最不一致年段：如 810、801 班多構面達中至高甚至高效果量；807 班在動機、注意力與成效僅低效果量。並非排斥 VR，而是「喜歡未必等於更會」。此過渡期受到三因素影響：

- 班級氣氛：高互動班成效更好。
- 教師引導：有任務與小組討論的班表現較佳。
- 科技熟悉度：操作卡關、暈眩或分心者成效下降。

提醒：沉浸感不等於動機，動機不等於成效；須以精緻化教學設計轉化為理解。

〈九年級：由沉浸走向深度學習，成效全面提升〉

九年級四班於五構面幾乎全達高效果量。最具代表為 **810 班「重複施測」後** 的全面躍升：八年級時為中高水準，九年級二度施測即提升至全高效果量。顯示熟悉化可降低操作負荷、釋放認知資源，使 VR 由「科技體驗」轉為「學習策略」。一句話總結：「當沉浸不再只是感官體驗，而變成自主探索，學習會進入深層。」

〈三年級整體比較：VR 教學不是『年齡越小越有效』〉

年級 | 效果特色 | 關鍵因素

七年級 | 中～中高效果量 | 需學習支架；新鮮感強；操作負荷高。

八年級 | 差異型成效 | 受班級氣氛、教師引導與認知過渡期影響。

九年級 | 全面高效果量 | 自主性高，能整合「情境→知識」。

重要發現：VR 成效非隨年齡線性上升，而是受到「認知成熟 × 科技熟悉 × 學習者角色」的交互影響。

〈研究結果背後，呼應三個教育理論〉

1. 沉浸式學習理論 (Dede, 2009)：七年級偏「沉浸層次」，九年級進入「整理解理解層次」。
2. 科技接受模型 TAM (Davis, 1989)：動機提升需同時具備「覺得好用」+「覺得有用」。
3. 認知負荷理論 (Sweller, 2011)：七年級負荷最高、九年級最低、八年級最不穩定。

〈三個關鍵啟示，給未來 VR 教學設計〉

啟示 | 適用對象

VR 對高年級最具加值，宜用於概念深化與探究式課程 | 九年級

VR 對低年級須搭配操作暖身、學習支架與回饋 | 七年級

八年級差異大，教師引導設計的影響大於科技本身 | 八年級

此外，研究亦指出兩種「加乘模式」：

- **演出者模式** → 學習成效高於一般使用者 (702 班)。
- **重複施測模式** → 第二次使用 VR 明顯更有效 (810 班)。

顯示 VR 教材不僅是「給學生看」，更可「讓學生參與建構並重複使用」。

〈當學生不只是看 VR，而是「在 VR 裡」——702 班的演出效應〉

702 班為 VR 教學影片演出者。學生擔任導覽與解說，帶領觀眾進入櫻花生態場景；再次戴上頭顯時，看到的不只是 360° 影像，而是「自己親歷的片刻」。結果顯示：其五項學習指標皆達高效果量，其中「學習注意力」效果量高達 $d = 2.171$ ；「學習互動」與「學習動機」亦顯著提升。這印證「自我置入—記憶強化」機制：當學生成為內容的一部分，就由旁觀者轉為「擁有者」。

〈熟悉比新奇更有效：810 與 910 的第二次效應〉

810、910 兩班皆為重複施測者。以 810 班為例，八年級第一次施測雖呈中至高效果量，但在互動與經驗面向仍有限；九年級再次施測後，五構面全面提升至高效果量。關鍵不在 VR 本身變好，而在學生「更會用」——操作負荷下降、認知資源回流於內容理解，符合認知負荷理論。

〈兩種高成效途徑：參與式投入 vs 重複接觸〉

類型 | 班級 | 高成效原因

參與式投入模式 | 702 | 演出者身分帶來情境認同與自我效能強化。

重複接觸模式 | 810/910 | 熟悉操作降低認知負荷、深化理解。

這說明 VR 教學真正有效的條件不在科技規格，而在「使用方式 × 參與方式」。

亦即：

- 當學生成為素材的一部分 → 動機提升。
- 當學生第二次進入相同 VR → 理解深化。

對應理論：

- 自我效能學習：參與演出→自主感上升→動機與投入提升。
- 沉浸式學習：身分帶入+真實場景→深化學習與記憶。
- 認知負荷：重複使用→技術熟悉化→資源回流於課程理解。

〈一個值得記住的事：學生不是被動接收者，而是可以成為內容創造者〉

本研究顯示，VR 的真正價值不在「科技多酷」，而在「讓學生走進知識現場」。當學生成為演出者，他不僅是學習者，也是知識的展示者；當學生重複使用 VR，他也不再只是體驗者，而是主動建構理解的學習者。

這對未來教材與課程設計提出方向：

「把 VR 當作教材」只是第一階段；「讓學生成為教材的一部分」才是深化階段。

〈從教師眼中看 VR 教學：先吸引注意，再帶動學習〉

在本研究中，教師並非僅憑課堂觀察給回饋，而是依據學生前後測成績進行評估。結果顯示：學習動機、互動、注意力、學習經驗與學習成效五構面皆達高效果量，其中以「學習互動」與「學習注意力」提升最為明顯，代表 VR 不只吸引學生「看」，更能促進「持續參與」。

教師回饋如下：

「平常要讓學生專心五分鐘都很難，但戴上 VR 之後，學生比較專心，因為新奇有吸引力。課堂學習便容易又生動。」

「VR 不是只靠科技吸睛，而是讓學生想要互動、討論，彼此提醒從不同角度看。」

在本研究中，教師並非僅憑課堂即時觀察提供回饋，而是依據學生前後測成績與學習歷程表現進行整體評估。研究結果顯示，學習動機、互動、注意力、學習經驗與學習成效五個構面皆達高效果量，其中以「學習互動」與「學習注意力」的提升最為明顯，顯示 VR 教學不僅能吸引學生的感官注意，亦有助於促進其持續參與課堂活動。

為避免僅以教師觀察推論學生專注度提升可能受到新奇效應、認知負荷或介面熟悉度影響，本研究另參考學生學習自評結果作為補充佐證。學生自評顯示，其在 VR 學習情境中之專注程度與參與感明顯提升，與量化前後測結果呈現一致趨勢。換言之，VR 教學最先改變的並非學業成績本身，而是課室中的學習投入、互動品質與參與氛圍。此一「先吸引注意、再促進互動、最後帶動學習成效」的遞進歷程，亦與沉浸式學習相關研究所指出的學習機制相符（Radianti et al., 2020）。

換言之，VR 最先改變的不是成績，而是課室能量與互動品質。這種「先吸引注意 → 再促進互動 → 最後帶動成效」的遞進模式，亦與 Radianti 等人（2020）所述的沉浸式學習機制一致。為避免僅以教師觀察推論學生專注度提升可能受到新奇效應影響或介面熟悉度影響，本研究另參考學生於學習歷程中所回饋之學習感受作為補充說明，其結果與教師觀察與量化資料呈現一致趨勢。本研究另蒐集學生訪談資料作為質性佐證。透過半結構式訪談，學生普遍表示 VR 情境能協助其「更容易專心於學習內容」，並促使其主動與同儕討論與互相提醒學習重點。部分學生亦提及，沉浸式情境有助於其從不同視角理解學習主題，而非僅被動觀看。此結果顯示，VR 教學對學習注意力的影響，並非僅止於新奇感受，而是與學習投入與互動歷程密切相關。此一發現亦呼應沉浸式學習研究中，強調學習者經驗與參與歷程之重要性（Radianti et al., 2020）。訪談資料經整理後，依據重複出現之意涵進行歸納，形成主要主題，以作為量化結果之質性補充說明。

〈從學生經驗看 VR 學習：從走進情境到成為行動者〉

在學生訪談中，多數受訪者描述，VR 課程與過往課堂學習最大的差異，不僅在於學習媒介的改變，而在於自身學習角色的轉換。相較於以往以觀看與聆聽為主的學習方式，學生在 VR 情境中更容易感受到「自己正在課程之中」，並需主動回應情境中的學習任務。
學生提及：

「以前上課就是坐著聽，但戴上 VR 之後，會覺得自己真的在那個地方。」

「不是只有看而已，會一直想接下來要做什麼。」

此類描述顯示，VR 教學使學生由被動觀眾轉為主動參與者，呼應本研究所強調之「學習角色轉換」歷程。

〈透過自導自演深化理解：從準備、演出到反覆詮釋〉

學生普遍指出，在自導自演的學習歷程中，為了能夠清楚呈現學習內容，必須反覆理解與整理知識，並透過講解練習與多次拍攝修正表現。這一過程促使學生察覺自身理解的不足，並主動調整學習方式。

學生表示：

「要拍之前會一直練習怎麼講，講錯就要重來。」

「拍很多次之後，才發現有些地方自己其實不太懂。」

訪談結果顯示，學生對學習內容的理解深化，並非單純來自 VR 情境的沉浸感，而是源於建構式學習活動中反覆詮釋與實作的歷程。

〈互動中的專注：學習氛圍與參與歷程的轉變〉

學生亦提及，VR 課程中的學習互動與一般課堂有所不同。由於學習任務需透過合作完成，學生在過程中會主動提醒彼此觀察重點、討論不同觀察角度，並共同調整演出與呈現方式。此種互動歷程有助於維持學習專注度，並提升整體學習投入。

學生回饋指出：

「大家會互相提醒要注意哪裡，不然拍出來會不完整。」

「因為要一起完成，所以比較不會分心。」

整體而言，學生訪談顯示，VR 教學首先改變的是學習互動與參與歷程，而非立即反映於學業成績，與本研究量化結果及教師觀察呈現一致趨勢。

〈演出者 vs 觀看者：當老師也進入 VR，學習就不只屬於學生〉

本研究同時比較兩類教師——參與 VR 影片拍攝者與僅負責後續教學者。結果一致顯示：演出者教師在認同感、教學評價與感知效益上均高於非演出者。這不只是「更熟教材」，而是一種角色位移——

「當我也是教材的一部分時，我不只是教，而是在重新經歷學習。」

此現象可由三個理論說明：

1. 自我決定理論（Deci & Ryan）：參與拍攝提升教師的自主性、勝任感與參與動機。
2. 科技接受模型（TAM）：親自操作後，對「有用性／易用性」的評價更高。
3. 身分帶入效應（Dede, 2009）：當自己出現在 VR 情境中，投入與意義感更強。
4. 因此，當演出者教師回到課室，他不只是「使用教材」，而是分享一個親自參與建構的知識場景，整體教學的流暢度、意義感與信任感隨之提升。

〈當學生成為作者，而不是接受者：學習成效會倍增，而不是僅增加〉

本研究中的關鍵比較如下：

- 擔任 VR 演出者的學生（702 班）：五構面全數達高效果量。
- 第一次使用 VR 的一般學生：介於中～高成效不等。

- **第二次使用 VR 的學生（810／910 班）：**全面提升至高效果量。

由此可見兩種「加乘性學習效應」：

- **參與建構式學習（演出者）：**因「我在裡面」→ 動機上升 → 理解更深。
- **重複暴露式學習（第二次 VR）：**因「更熟悉」→ 認知負荷下降 → 學習回饋提升。
- **第二次使用 VR 的學生（810／910 班）**在各構面表現上皆提升至高效果量，顯示重複參與沉浸式學習活動具有穩定且正向的學習效益。進一步分析發現，此一成效可能源自多重加乘性的學習歷程。對於參與建構式學習的學生（演出者）而言，學習不僅來自於「我在情境之中」的沉浸經驗，亦包含演出前對學習內容的理解、講解腳本的反覆練習，以及多次拍攝與修正的歷程。這些歷程促使學生在不斷重組與表述知識的過程中，加深對學習內容的理解。換言之，VR 情境提供了高度參與的學習舞台，而建構式學習活動中的準備、演練與重複實作，則共同促成學習動機提升與理解深化的結果。

這也提醒：VR 的價值不在「播放」，而在「讓學生成為 VR 的一部分」。當學生只是觀看者，他會被吸引；當他成為參與者，會更投入；當他成為創作者，學習就更深入——因為內容不再只是「給他看」，而是「由他完成」。

〈給未來課程設計者的一句提醒〉

VR 不是替代教學，而是打開一個更大的學習空間。若 VR 只是被當成「科技投放」工具，它的效果將停留在「好玩、好看」的層次；但若被視為「學習參與」的平台，它能让學生：

- 走進知識現場
- 成為內容的製作者
- 將學習從輸入轉為表達與再現

一句話總結：VR 不是教材，而是一種角色轉換的機制。

當學生從「觀眾」變為「行動者」，學習便開始進入真正的深層。

〈當課程變成可以「走進去」的場景：學生如何重新看待學習〉

在 VR 導入之前，多數學生對櫻花特色課程的印象相當淡薄。他們覺得這門課「和一般自然課沒什麼不同」，甚至直言：「沒意思」「就像生物課」。這樣的回饋揭示了傳統學習的問題——當課程僅停留在講述與紙本，學生難以感覺「為什麼值得學」。

然而，當 VR 進入教室後，一切都變了。相同的櫻花樹、校園步道、昆蟲棲地，從紙上照片變成立體環景，學生的語言也跟著轉變：

「看起來好真！像走進去了！」「有立體感，好像真的在現場。」「很好玩，跟以前完全不一樣。」有學生補充：「看完覺得很新鮮，也學到東西，不會無聊。」

而擔任演出者的學生反應最強烈——「看到自己在 VR 裡面，覺得害羞又好玩！」「比看別人的影片更有感覺！」

這些回饋揭示了一個核心事實：VR 教學不是讓資訊變立體，而是讓學生從『看課程』變成『進入課程』。

〈為什麼 VR 能改變學生的學習態度？不是因為好玩，而是因為「學習變成了自己的」〉

這樣的學習改變並非來自「新奇感」，而是源於心理機制的轉動。從教育心理學的角度，VR 帶來的學習提升主要可歸納為三個理論基礎：

理論	VR 對學習的影響
自我決定理論 (Deci & Ryan)	帶來自主性（可自由探索）、勝任感（可操作）、關聯感（我在情境中）→ 動機提升
沉浸式學習理論（Dede）	提供「強制注意＋高臨場感」→ 即使原本動機低，也能被吸入學習情境
科技接受模型（Davis）	當學生覺得 VR 好用且有用 → 自然提高投入與接受度

換句話說，VR 之所以能有效提升低興趣課程的學習效果，並非因為「科技很酷」，而是因為它滿足了學習者的心理需求：

- 我能主動探索（不是被動聽）
- 我能看到具體畫面（不是想像抽象內容）
- 我能感覺自己與課程有關（不是旁觀者）

它更讓知識從「文字」轉為「經驗」——學生不再只是「知道櫻花長在哪裡」，而是「走進櫻花生長的地方」。

〈學生不是只變得「比較有興趣」，而是開始「自動把學習當成體驗，而非作業」〉

訪談內容中這樣的語句最具代表性：

「以前上課是老師在講，現在是我自己在看。」「好像不是在上課，而是在旅行。」「可以轉頭、往上看、往下看，比看照片有趣多了。」

這些話反映出深層的學習轉變：學生不再把學習當成任務，而是視為一場探索。

當學習變成體驗，投入、記憶與理解自然被帶動。量化數據中的高效果量正是這條心理歷程的結果：

好奇 → 沉浸 → 參與 → 理解 → 記憶 → 成效

這是一種傳統教學難以單靠講述達成的連鎖效應。

〈親自參與拍攝的學生：學習不再是「我在看」，而是「我在裡面」〉

本研究中特別的一群學生，是那些參與 VR 拍攝與演出的同學。他們不只是「看見教材」，而是「成為教材的一部分」。

他們的回饋不僅關於沉浸，更關於自我認同：

「我覺得自己是主角。」「知道自己要教別人，就會更想弄懂。」「以前只是聽老師講，這次是我們做給別人看。」

這樣的學習情境結合了角色、責任與展現，激發更高的內在動機，讓學生在過程中將知識轉化為「可回溯、可重現」的心智模型。這正符合《自我決定理論》、《沉浸式學習理論》與《科技接受模型（TAM）》的整合預測，也與量化數據一致——演出班與重複施測班學習成效最高，並非偶然，而是心理與行為機制的自然結果。

二、教師對 VR 融入自然特色課程之教學感受與效益觀點

相較於學生多以「新奇、逼真、有趣」等感官經驗描述 VR 教學，教師的回饋更聚焦於教學層面的變革，包括教材呈現、課堂互動、教學效能與教材再利用等面向。多位教師指出，VR 不僅改變了知識的輸入方式，更重新界定了「課程與學習情境的關係」：

「如同看電影般地融入情境，彷彿和影片中的人事物在同一個時空出現。」（T6，1130309）。

「360 度影像加深又加廣，如身歷其境，更能仔細觀看櫻花美景。」（T1，1130309）

教師普遍認為，VR 教學並非傳統教材的多媒體延伸，而是一種教學質變——教材從「被展示」轉為「被進入」，使學生的感官參與、認知投入與課堂互動顯著提升。

1. VR 對學生學習行為的可觀察效益

多位教師指出，VR 教學最明顯的效果是學生「專注度提升」與「學習動機轉變」：

「學生因為沉浸感而專心觀看，和一般上課狀態差異非常大。」（T4，1130309）「透過立體影像與真實場景，學生更容易進入情境，不再只是課本上的知識。」（T2，1130309）

此現象與量化結果中「學習動機」與「學習注意力」皆達高效果量相符，顯示 VR 教學效益並非僅源於科技的新奇性，而是由「沉浸 × 視覺情境 × 互動控制」三者交互作用所引發的**強制注意與認知聚焦機制**。

2. VR 對教師專業實踐的反饋機制

參與 VR 拍攝的教師不僅從學生反應觀察成效，更在過程中展現「自我覺察」與「專業反思」：

「平常看不到自己的肢體動作，原來我上課的樣子有點呆，這是教材以外的學習。」（T7，1130309）「雖然第一次使用還是會卡卡，但看到學生那麼專心，就會覺得值得。」（T15，1130312）「VR 不只是影片，而是一種能夠重複使用、跨班使用、甚至跨學年使用的資源。」（T22，1130312）

這些回饋顯示，VR 已從單純教具轉化為**可再製化、可擴散的校本教材**，不僅能用於教學，也成為教師自我省思與教學診斷的媒介。其價值已超越一次性活動，成為可持續的課程資產。

3. 教師觀點與教育科技理論對應

教師端的回饋可與科技接受模型（TAM）相互印證：

- **知覺有用性（PU）**：VR 能提升教學效果、改善課堂專注度、強化情境記憶。
- **知覺易用性（PEOU）**：教材可重複使用、跨班共享、減少講述負荷。

此外，其正向教學感受亦符合自我決定理論（Deci & Ryan）：

- **自主性（Autonomy）**：教師在教材設計上擁有更多主導權。
- **勝任感（Competence）**：親身參與拍攝與操作增強教學自信與成就感。
- **關聯感（Relatedness）**：VR 增進師生互動與情感連結。

同時，依據沉浸式學習理論（Dede, 2009），VR 的臨場感可改變注意力分配與知識建構模式，使學習歷程更具深度與持久性。教師觀察到的「學生更專心」、「記得更久」正與此理論相符。

4. 教師質性回饋與量化成效之交叉驗證

研究結果來源	一致結論
量化結果	學習動機、互動、注意力與成效呈中至高效果量。
學生訪談	從「沒意思」轉變為「逼真、有參與感、記得住」。
教師訪談	從「教學更好帶」轉變為「學生更專注、課堂氣氛不同」。

這種多面向一致性（triangulation）顯示，VR 教學效益具有穩定的跨來源驗證結果，不僅限於短期科技展示，而具長期課程發展的潛在價值。

在 VR 教學介入前，櫻花特色課程對多數學生而言，只是一堂「與一般自然課無異」的例行教學。然而，當課程被轉化為 360 度沉浸式影片並搭配自製 VR 眼鏡觀看後，學生語言明顯轉變——「好逼真」、「像在現場」、「有立體感」、「比上課有趣多了」等回饋不斷出現。特別是參與拍攝的 702 班學生，甚至表示「看到自己當主角更想學」，反映 VR 不僅增強感官刺激，更重塑了**學習者與教材的關係**。

教師的教學感受亦同步轉變。過去需依靠講述與圖片的自然科生態課，透過 VR 可藉由真實場景與鏡頭語言取代抽象說明。「像把戶外教學搬進教室」、「學生注意力明顯集中」是教師普遍觀察。然而，教師也指出三項限制：部分學生出現暈眩情形、設備與網速影響體驗品質、拍攝與製作需投入額外時間。

綜觀結果，VR 教學成效並非來自科技本身，而是「沉浸帶來的強制專注」、「角色投入產生的學習認同」及「重複觀看促進的自主調節」三者交互作用的結果。當學生不再只是觀看，而能**走進課程、甚至成為教材的一部分**，其學習動機、注意力與記憶歷程也隨之被重新建構。

三、當櫻花遇上虛擬實境：一所國中用 VR 改變學生學習動機的三年實驗

當「科技融入教學」從政策口號變成校園日常，教室裡的學習樣貌往往不是瞬間翻轉，而是悄悄改變的。在一所推動櫻花生態校本課程多年的國中裡，學生一開始對這門課的反應並不特別熱情——「跟一般自然課差不多」、「沒什麼新鮮感」是他們最常見的回饋。直到 360 度虛擬實境（Virtual Reality, VR）影片進入教室後，學習者的語言與情感開始產生明顯轉折。

「好逼真、好像真的在裡面一樣」、「有立體感，比上課聽老師講好多了」、「看起來真的像在櫻花樹下」——學生在 VR 課後的回答，與過去的冷淡反應形成顯著反差。更明顯的是，擔任 VR 教學影片演出者的學生甚至出現「身份認同效應」，有人說：「看到自己是主角之後，更想知道內容在講什麼。」這不是單純的科技操作，也不是一般多媒體呈現，而是「觀看者變成參與者」的角色轉換。

這所國中自 108 課綱後，開始建置以校園櫻花為主題的跨領域自然科課程，三年前起加入 VR 介入，並逐年擴大至七、八、九年級共 12 個班級、330 名學生。研究團隊不只讓學生觀看 VR 影片，更採取「師生共製」模式，由教師與學生親自演出、後製成 360 度沉浸式教材，再搭配學生 DIY 組裝的 VR cardboard 眼鏡進行課堂學習。

這樣的設計，讓 VR 不再只是「外加科技」，而成為課程的一部分；學生也不再只是觀看者，而是內容的共同建構者。

綜合前述量化結果與師生回饋，本研究進一步從教學設計與學習歷程的角度，詮釋 VR 教學所呈現的學習意涵。在 VR 教學的發展歷程中，將 VR 視為「教材呈現工具」僅屬於第一階段，其主要功能在於提升資訊的感官豐富度與情境真實感。然而，本研究指出，當教學設計進一步引導學生「成為教材的一部分」，學習歷程即進入深化階段。此時，VR 的功能不再只是使資訊立體化，而是促使學生由「觀看課程」轉為「進入課程」，成為學習情境中的行動者與意義建構者。

在自導自演與師生共創的教學設計下，學生需參與內容理解、腳本建構、講解練習與實際演出，並透過 VR 情境將自身行動嵌入學習內容之中。此一歷程使學習重心由被動接收轉向主動生成，亦使 VR 從教材載體轉化為支持角色轉換的學習機制。

研究結果顯示，第二次參與 VR 課程的學生在學習動機、互動、注意力與學習成效等構面皆達高效果量，顯示角色轉換歷程具有穩定且可累積的學習效益。教師回饋指出，學生在課程中展現出較高的專注度與互動意願；學生訪談亦顯示，透過參與演出與反覆詮釋學習內容，學生更能理解並表述學習重點。上述量化結果與師生質性回饋，共同支持「由觀看到進入」的角色轉換，為學習深化的關鍵機制。

(一) 學生：從「一般課程」到「有沉浸感、逼真、好玩」

在 VR 教學導入前，學生普遍對櫻花課程缺乏感情連結，例如：「跟平常上自然課沒什麼差別」(702S16)、「沒什麼意思」(906S03)、「不覺得吸引人」(709S35)。但 VR 介入後，語言轉變明顯：

「看完覺得很新鮮、很好玩。」(810S05)「像真的在現場，跟課本差很多。」(911S17)

「可以轉頭看到全部，好像真的走在裡面。」(706S20)

而擔任演出者的學生則出現更深層反應：

「看到自己在影片裡，好像真的上課在演的一樣，會更想了解內容。」(702S03)

這種現象符合自我決定理論：當學習者感受到自主性（可操作、可轉頭看）、勝任感（理解變容易）、關聯感（自己也在教材裡），學習動機會由外在轉為內在。

(二) 數據顯示：不是「覺得有趣」而已，而是成效大幅提升

研究採前後測進行量化分析，效果量分別比較「學習動機、學習互動、學習注意力、學習經驗與學習成效」五大構面。結果顯示：

- 九年級成效最高（五構面皆達高效果量 $d > 0.8$ ）
- 七年級為中至高效果量
- 八年級差異最大，呈現「高低落差型」

研究團隊另比較特殊班級結果：

班級類型	教學反應	成效特徵
702 (VR 演出班)	五構面皆高效果量 ($d = 1.03 - 2.17$)	角色參與效應明顯
810 (重複施測班)	第一次：效果量不一 → 第二次：全面高效果量	熟悉科技後效果倍增

換言之，VR 的成效不只有「第一次新奇」，而是具有「累積性效應」與「參與加乘效應」——這也是過去多數 VR 研究中較少被驗證的部分。

(三) 教師：不只是學生變專心，連教學思維也被打開

教師端的回饋，不同於學生偏重於情緒與感官經驗，而更聚焦在教學視野的拓展與課程設計的轉變：

「像把戶外教學搬進教室。」(T6)「比投影片有更多層次的感受，學生會自然專注。」(T4)「360 度影像能看見細節，學生會主動問問題。」(T1)

特別是參與演出的教師，透過 VR 影片的回放功能產生了「後設覺察 (meta-awareness)」：

「我才第一次看到自己上課的樣子，那是平常拍不到的。」(T7)

然而，多數教師也誠實指出了三項現實挑戰：

1. 生理負荷：部分學生出現暈眩與視覺疲勞現象。
2. 技術限制：網速、影像比例與聲音品質仍影響沉浸體驗。
3. 教學成本：拍攝與剪輯需額外時間投入，跨科應用仍待拓展。

這些觀察呼應了科技接受模型 (Technology Acceptance Model, Davis, 1989) 的核心假設：

「科技能否被持續使用，取決於『覺得有用』與『覺得不麻煩』之間的平衡。」

(四) 為什麼有效？——三種力量的交互作用

綜合量化與質性資料後，本研究提出 VR 教學成效的三重機制模型：

VR 教學成效 = 沉浸感 × 角色投入 × 重複接觸效應

機制	具體作用
沉浸感 (Immersion)	影像包覆感使注意力集中、分心行為降低。
角色投入 (Identity)	學習者自身出現在教材中，產生情境認同與學習動機提升。
重複接觸 (Familiarity)	第二次施測後學習效果明顯放大 (以 810 班為例)。

這意味著 VR 教學的關鍵並非「戴上頭盔就有效」，而在於**沉浸式內容設計 × 參與式教材建置 × 重複接觸歷程**的協同作用。若 VR 僅被視為「3D 化的教學影片」或「科技展示」，其學習成效並不會自然產生。

(五) 結語：科技不是為了取代課本，而是取回學習動機

這所國中的三年研究經驗顯示，VR 並非讓學生分心的科技，而是一種**重新連結知識與學習者**的媒介。當學生不再只是聽課，而能「進入課程」、甚至「成為教材的一部分」，其學習動機、注意力與理解歷程皆被重新建構。

VR 能否成為教育常態，取決的不是設備多先進，而是**設計是否能讓學習者參與其中**。隨著 AI 內容生成技術、低成本 3D 場景建置與 VR 裝置的普及化，教育現場的挑戰不再是「能不能用科技教學」，而是一一**學校是否願意從『觀看教材』走向『共製教材』**。

真正值得思考的問題，也許不是「VR 能否提升學習」，而是：

當學生能在虛擬場景中看見自己、看見知識與生命的連結時，學習會變成什麼樣子？

肆、看見、參與、被理解：一場由 VR 引發的學習覺醒

那或許正是一場關於「自我演繹」與「知識重生」的教育革命。儘管 VR 教學逐漸進入教育現場，但既有研究仍存在三個明顯空缺。第一，多數研究屬一次性或短期介入，缺乏對「累積性學習效應」的驗證。本研究以三年、十二班級、三百三十位學生的縱向資料證實，同一班級於第二次 VR 教學介入時，學習動機與成效顯著提升，顯示 VR 並非「用過即失效」的技術，而是一種可被熟悉、內化並持續增強學習效益的介入模式。

其次，過去 VR 研究多著重於「學生戴上 VR 看教材」，而非「學生成為教材的一部分」。本研究發現，擔任 VR 教學影片演出的 702 班在五構面中皆達最高效果量，顯示 VR 的關鍵價值不僅來自沉浸感，而在於「角色參與 × 自我帶入」的心理歷程。

第三，多數研究僅回答「VR 是否有效」，卻少探討「對誰有效、為何有效、在何種情境下失效」。本研究結合量化數據、訪談與教師觀察，揭示 VR 教學的雙面性——它能提升動機，也可能造成生理負荷；能引發興趣，亦受限於設備與設計。VR 不再是一道「是否有效」的判斷題，而是一種需整合教學設計、學習者特質與情境條件的學習媒介。

一、從「普通的一堂課」到「走進現場」：轉變的瞬間

在 VR 尚未進入校園前，櫻木國中的「櫻花特色課程」長期被學生視為「和一般自然課差不多」。儘管課程串連自然、生態與在地文化，學生仍難以產生連結：「就是櫻花啊，平常都看得到，沒什麼特別。」直到 360 度沉浸式影像導入教室——當學生戴上親手製作的 VR cardboard，熟悉的校園與櫻花場景在眼前重現為立體世界，學習的感官經驗被重新定義。

「好像不是在上課，是站在現場。」「會忍不住想伸手去摸。」

「一樣的櫻花，看起來卻完全不同。」——七年級學生回饋

這不只是教材的轉換而是學習方式的轉向。文字與圖片式的理解被「沉浸式體驗」取代，學習者不再是被動的旁觀者，而成為知識現場的參與者。教師也在這過程中「重新看見教學」，並在鏡頭與場景之間，產生反思與自我覺察。

二、走進畫面的學生：從被講述到「親臨其境」

三年研究過程中一個一致現象浮現——學習的改變從感官開始而非從認知開始。VR 首先翻轉的不是成績而是情緒與態度。「好玩」、「逼真」、「真的像在裡面」等語彙頻繁出現，尤其在原本學習動機最低的學生族群中轉變最顯著。

關鍵觀察如下：

- VR 首先改變的不是知識理解，而是「身體相信自己在現場」的真實感。
- 與傳統教材不同，VR 讓學生「進入知識」，而非僅「看見知識」。
- 學生從「被教」轉為「被帶入」，學習主體性因而被喚醒。

但這樣的學習曲線並不均一。

三個年級之間呈現三種明顯差異：

年級	學習反應特色	教學啟示
七年級	新奇感最高，操作負荷大，注意力躍升最明顯	需更多引導與支架
八年級	差異最大，學生分為「熱衷」與「無感」兩群	動機與認知轉換尚不穩定
九年級	沉浸效果最深、理解最完整	能將情境轉化為知識，具高度自主性

換言之：七年級著重「好奇」，八年級呈「分化」，九年級則能將「沉浸」轉為「深度學習」。研究者據此提出「三階段 VR 學習歷程」，為既有文獻中少見的發現。

三、鏡頭前的教師：VR 改變的不只是學生

若說學生走進了虛擬場景，教師則是在鏡頭前重新「看見自己」。本研究中，部分班級採「師生共演」模式，教師亦成為教材的一部分。VR 在此扮演了第二層角色——不只是教具，而是可反思、可回放的教學檔案。

類型	教師回饋摘要
教學省思	「原來我講課時表情這麼少」「才發現學生看到的角度和我想的不一樣」
教材延展性	「有了 VR，就能跨班保存，不用每次重走場域。」
專業轉向	「VR 不是炫技，而是留下『可再使用的教學紀錄』。」

同時，不同角色的教師呈現不同焦點：

- 演出教師：強調自我覺察與專業成長。
- 未演出教師：強調教學便利與學生專注。

VR 因此同時帶來「沉浸效應」與「鏡像效應（mirror effect）」，使教學歷程可被觀看、反思並再設計，形成一種動態成長循環。

四、VR 教學的差異效應：不只是「看見」，更是「參與」

本研究進一步揭示：VR 教學並非一套教材適用所有學生。學習成效受到三個關鍵變項影響：

變項	差異效應
年齡	年齡越高越能將沉浸轉為知識
角色參與	演出者的學習深度與記憶保留顯著高於觀看者
使用次數	重複施測班級的第二次效果顯著高於第一次

最具代表性的兩個班級是：

- 702 班（演出者）：五構面皆達最高成效。
- 810 班（重複施測者）：第二次學習成效遠超第一次。

這兩者共同說明：學習效益並非源自「觀看 VR」，而來自「參與 VR」與「重複經驗」。當新奇感退卻後，參與深度與熟悉度成為成效延續的關鍵條件。

五、當學生成為主角：參與式沉浸與認同化學習

702 班的案例最具代表性。他們不只是觀看者，而是教材的共同創作者——拍攝、入鏡、敘事、再現。學生的學習歷程轉化為：

演出者歷程	心理機制
「我不是在上課，我在演我自己。」	角色擁有感
「影片會被其他班看到。」	自我效能與責任感
「我在看教材，但教材裡有我。」	身份投射與深層記憶

因此，演出班的學習優勢不僅在「表現更好」，而在「學習型態不同」。他們從「被教」轉為「在場」與「共創」，形成參與式沉浸（Participatory Immersion）與認同化學習（Identity-based Learning）的典型實例。

六、VR 教學不是魔法，但改變了學習關係

三年的研究證明：VR 改變的不是教材，而是「學習者的位置」。

學生從知識的接收者，轉為情境的參與者、互動者與創作者；教師從知識傳遞者，轉為設計者、引導者與教材共製者。

這角色轉換讓教學現場不再是單向輸出，而是一場共同編織的學習體驗。

七、結語：科技不是取代課本，而是取回學習動機

教育現場的科技，不應只是工具，而是一種讓人願意靠近學習的媒介。本研究證實，VR 並不會自動讓課程變得更好，但它能讓學生願意走進那堂課。當學生願意進入、看見自己、參與創作——學習，便重新被點亮。

或許，真正重要的問題不再是「VR 能否提升學習」，而是：當學生能在虛擬世界裡看見自己在知識中的位置，學習將會變成什麼？

那不僅是一場科技革命，而是一場關於「看見自己、參與世界、被理解」的教育覺醒。

（一）當知識開始「有溫度」：一所國中的 VR 課堂，如何重新改寫學習

三月櫻花盛開，櫻木國中的學生第一次戴上 VR 裝置，望向眼前的 360 度影像。他們不再聽老師講述櫻花花期，而是「站在」花樹底下，抬頭、轉頭、靠近——彷彿能觸摸花瓣。

「好像真的在裡面。」一名學生摘下眼鏡時輕聲說。那一刻他不是「記住知識」，而是在「經歷知識」。更特別的是螢幕裡的導覽者不是名師而是學長姐、朋友，甚至自己。這不只是觀看影片，而是一場「走進畫面」的學習。

（二）從「被教」到「參與」：學習動機被重新點亮

研究開始前，學生多以「有點無聊」「和自然課差不多」形容櫻花課程，即使與校本文化相關，也難改「聽一聽就忘記」的模式。VR 介入後，語言出現轉變——學生改用「逼真」「像真的進去」「原來櫻花有這麼多細節」來描述。

一位擔任 VR 主角的學生說：「以前覺得只是上課內容，現在覺得那是我演的、我講的，所以不能不知道。」他從「學習者」變成「知識的傳遞者」。當學生不再只是聽課，而是被看見、被記錄的人，學習開始長出內在動機。

(三) 教師的另一面：VR 不只是教材，而是一面鏡子

學生戴上 VR 驚嘆，教師戴上 VR 則陷入沉默。一位老師看見自己在鏡頭裡上課，輕聲說：「原來我上課的樣子是這樣。」另一位笑著補充：「學生那麼專心，是因為我比他們還緊張。」VR 讓教師首次「走出講台」，看見自己的姿態、語氣與互動。這不僅是科技工具更是一面專業鏡子，使教師能「回看教學」，在影像中覺察、修正並再設計。

(四) 一堂課的改變，可以推動一所學校的轉向

過去，教材的生命在下課鈴聲後即止；如今，一部 VR 教學影片可跨班、跨年級反覆使用。

校本課程因此獲得延伸性：

- 教學可被保存、再利用；
- 課程可被後續學生「再次走進」；
- VR 製作可由師生自製、低成本、可複製。

櫻木國中並非設備豐富之實驗學校。拍攝經費來自比賽獎金裝置是學生親手摺成的 Cardboard。這項實驗證明——教育科技力量不在設備而在「願意一起創造」的行動。當學校願意共製、共學，科技就能成為教育而不只是展示。

(五) 科技介入後，被改寫的不是課程，而是關係

本研究的效果量顯示，學習動機、互動、注意力、學習經驗與成效皆顯著提升。但真正的教育價值，並不僅是統計數字，而是：

- 學生第一次發現「知識可以是活的」；
- 教師第一次意識到「自己也能被學習」；
- 課程第一次成為「可被走進的現場」；
- 學校第一次相信「能自己生產教材」。

科技讓教育回到最初的樣子——學生願意學，老師願意教，學習重新連結真實世界。

(六) VR 不是答案，但它打開了答案所在的門

如果教育的核心是「讓人願意走向更大的世界」，那麼 VR 帶來的，不只是 360 度的影像，而是：「原來我可以自己進入知識，而不是等知識來找我。」

未來教室或許會有更多設備與更炫影像，但真正決定教育品質的，將是：

- 學生是否因參與而感到意義；
- 教師是否因被看見而成長；
- 課程是否因再現而延展。

當有一天，我們不再把 VR 視為「未來科技」，而視為「讓學習變得真實的方法」，科技教育才真正跨越展示，回到教育的本質。因為改革的意義，不在讓設備進教室，而在於——讓學生與知識的距離變近的那一刻。

參考文獻

- 林志成（2016）。臺灣地區特色學校計劃的省思與前瞻。**教育行政論壇**，8(1)，45-59。
- 洪詠善（2020）。停課不停學：當自主學習成為日常。**課程研究**，15(1)，15-33。
- 曹永慶、林佳禾(2020)。台灣國小高年級學童利用虛擬實境網頁學習資訊課程之學習成效。**教育學報**，48(1)，67-86。
- 秦夢群、莊寶清（2012）。臺灣國民中小學特色學校創新經營及其學校效能關係之探討。**教育政策論壇**，15(2)，163-192。
- 游師柔、葉宣靈、孫之元(2020)。STEM 模式整合穿戴式擴增實境和穿戴式虛擬實境應用於科學教育：探討科學學習自我效能來源對高中生科學學習自我效能和學習成效之影響。**數位學習科技期刊**，12(3)，25-57。
- 魏幸慈（2017）。原住民重點學校特色課程之發展與實踐-以泰雅族藥草特色課程為例（未出版之碩士論文）。國立清華大學。
- Boulton, C. A., Kent, C., & Williams, H. T. P. (2018). Virtual learning environment engagement and learning outcomes at a 'bricks-and-mortar' university. *Computers & Education*, 126, 129-142.
- Chen, H.-M., & Wu, S.-P. (2024). The perceived coolness of using virtual reality technology in blended learning performance can improve learning motivation and learning satisfaction. *Frontiers in Education*, 9, 1346467.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69.
- Green, A. (2025). Culture, context and East Asian high-performing education systems: The role of examination-oriented instruction. *Research Papers in Education*, 41(2), 183-205.

- Jiang, H., Wu, J., & Wang, Y. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: Trends, advantages and challenges. *Education and Information Technologies*, 30(9), 12827–12863.
- Lampropoulos, G., Kyriakou, G., Geraniou, E., & Fragkaki, M. (2024). Virtual reality and gamification in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 72(3), 1691–1785.
- Liu, X., Zhang, H., & Liu, L. (2024). The perceived coolness of using virtual reality technology in blended learning performance can improve learning motivation and learning satisfaction. *Frontiers in Education*, 9, 1346467.
- Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382–385.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497.
- 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. (2011). Cognitive load theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37–76). Academic Press.
- Schott, C., Milligan, A., & Marshall, S. (2024). Immersive virtual reality learning environments for K-12 experiential education. *Computers & Education: X Reality*, 4, Article 100068.
- Wang, Z.-H. (2024). Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K-12 natural science. *Education and Information Technologies*, 29(1), 1–22.