

# 創新數位 i+學習-以台達磨課師進行高中數學 重補修課程對於高中學生數學學習成效與學 習參與度之影響

黃嘉男<sup>1\*</sup> 曾政清<sup>2</sup> 許舜淵<sup>3</sup> 黃精裕<sup>4</sup>

<sup>1</sup>臺中市立大甲高級中等學校

<sup>2</sup>臺北市立建國高級中學

<sup>3</sup>國立中央大學附屬中壢高級中學

<sup>4</sup>新北市立石碇高級中學

## 摘 要

因應 COVID-19 疫情所帶來的挑戰，混合式學習逐漸成為有效的教學方式，結合了傳統面授課程與數位學習；本研究採用準實驗設計，以台灣某高中學生為研究對象，分為實驗組（應用創新數位 i+學習）與控制組（傳統教學）。研究工具包含數學單元測驗、學習參與度問卷及學習歷程觀察，並透過共變異數分析（ANCOVA）與獨立樣本 t 檢定進行數據分析。研究結果顯示，實驗組學生在數學單元測驗成績上顯著優於控制組（ $F = 15.9, p < 0.001$ ），證實創新數位 i+學習模式對學習成效具有正向影響。實驗組在認知參與度、行為參與度與情感參與度方面亦顯著高於控制組（ $p < 0.05$ ），這三個構面與數學成績之間存在顯著正相關（ $r > 0.3, p < 0.01$ ）。相較之下，社會參與度與學習成效之間未呈現顯著相關。此研究證實數位化學習不僅能提升學生的數學表現能有效促進其學習動機與積極參與。

**關鍵字：**數位學習、混成教學下的學習、學習成效、學習參與度、高中數學

---

\*為本文通訊作者

## 壹、緒論

自 2020 年初，臺灣面臨新冠肺炎（COVID-19）疫情的挑戰，多數高中迅速轉型採用遠距教學。教師與學生透過線上會議平台（如 Google Meet、Microsoft Teams 等）進行課程。遠距教學有效降低校園感染風險，但也帶來了教學適應上的重大挑戰(黃加明, 2022)。郭伯臣（2020）在其研究中指出，教師數位教學的意願與技能尚需加強，學生對數位平台的操作不熟悉，數位設備資源不足，以及教材設計不夠完善等，皆為遠距教學普及過程中亟需解決的問題。隨著疫情進一步改變師生的教學與學習模式，教師逐漸熟悉各種數位教學工具，學生的適應能力也有所提升（黃加明，2022）。與此同時，多元化的數位學習資源與平台如雨後春筍般出現，為遠距與混成教學模式下的學習提供了更多可能性(洪詠善, 2020)。

混成教學模式下的學習藉由整合多種資訊及通訊科技（ICT）將遠距學習以及傳統現場授課進行連結，讓教師與學生在現今「後疫情時代」不再受到疫情而影響教學。由於混成教學模式下的學習可以將遠距學習以及傳統現場授課的好處整合以帶來多樣化的教學形式，更可以克服遠距學習時學習者所面臨的孤立感與缺乏互動感等等問題(Ma & Lee, 2021)，混成教學模式下的學習逐漸成為各國所採用的教學型態之一。數位學習的創新與普及使得高中的教與學產生了前瞻性的改變及影響。尤其是磨課師 MOOCs（Massive Open Online Courses）與小型內部線上課程 SPOC（Small Private Online Courses）課程的實施，開展了高中適性學習舞台，亦提供自主學習與翻轉教學的教學模式，不但能開展以學生學習為中心的教育理念，更產生天涯若比鄰、千里共嬋娟的學習成效(吳汀菱、楊伯軒、曾政清, 2023)。

廣義而言，混成教學模式下的學習（Blended learning）定義為教師與學生可以透過傳統現場授課或遠距學習的形式完成課程的教與學(Ma & Lee, 2021; Müller & Mildenerger, 2021)。多數研究皆提及混成教學模式下的學習對於學生的幫助。如：Bizami et al. (2022)指出混成教學模式下的學習可以利用不同的 ICT 工具來滿足教師與學生各方面的學習方式與需求，以此加強學生的學習目標與價值觀。Smith and Hill (2019)則指出混成教學模式下的學習可以提升學生對於獨立自主能力的發展，並且提高學生的學習成績。另一方面，混成教學模式下的學習雖提供了學生自行選擇授課方式以及自主學習的機會，但也因此造成學生各方面學習上的挑戰。根據 Rasheed et al. (2020)針對混成教學模式下的學習進行的系統性回顧文章表示，學生在混成教學模式下的學習中所面臨的挑戰大致可歸納為五類，包含自我調節挑戰（self-regulation challenges）、技術素養與能力挑戰（technological literacy and competency challenges）、學生孤立挑戰（students' isolation challenges）、技術充分性挑戰（technological sufficiency challenges）以及技術複雜性挑戰（technological complexity

challenges) 等。

綜上所述的研究指出混成教學模式下的學習對於學生學習上的幫助，但仍有許多面向需要改進與調整。此外，根據張麗慧(2024)在「疫情迫使國內高教學生學習模式的改變」指出，疫情加速高等教育教學轉型，但也暴露學生在自主學習、平台使用與教學資訊整合上的挑戰，學生在缺乏充分準備與支援的情況下，感到學習效率下降、社群聯結薄弱等問題，由於臺灣對於混成教學模式下的學習的推行時間甚短且急迫，導致 COVID-19 大流行乃至於後疫情時代混成教學模式下的學習的實行期間對於學習者之幫助甚微。數位 i+ 學習模式正是在此背景下應運而生，融合了遠距與現場授課的優勢，特別適用於高中數學補救教學，以提升學習成效與參與度。本文旨在探討此模式對學生數學學習的具體影響，並提出相應的教學建議。使用教育部數學學科中心之「創新數位 i+學習」，「i+」為個別化(individualization)、互動(interaction)與增能(+, enhancement)。關於「創新」為整合了台達磨課師、小型內部線上課程 SPOC 後台與 6 步驟教學法，以台達磨課師進行高中數學重補修課程計畫針對現行混成教學模式下的學習之實施方式進行優化，試圖提升臺灣學生在數學混成教學模式下的學習中的學習成果。

## 貳、文獻探討

### 一、數學教育中的混成教學模式下的學習

混成教學模式下的學習是一種結合傳統面對面授課與線上學習的一種新型的教學型態。在混成教學模式下的學習中，學生可以選擇在教室內或線上進行學習，得到更為全面和多樣化的學習體驗。該方法通過將現實世界的實際操作和網路技術的便利性相結合，最終達到提高學生的學習效率和滿意度等目的(Rasheed et al., 2020)。研究顯示，混成教學模式下的學習能有效提升學生的批判性思維、問題解決能力與跨學科整合能力，透過數位工具的多元應用，學生能在不同學科中建立知識連結，進一步促進深度學習。

混成教學模式下的學習模式支持差異化教學，教師可根據學生的學習歷程數據，調整課程內容與教學策略，實現個別化學習，進而縮小學習差距。廣義而言，混成教學模式下的學習可以根據性質劃分為三種模式，分別為支持式混成教學模式下的學習(Supporting Blends)，增能式混成(Enhancing Blends)，以及翻轉式混成(Transforming Blends)。詳細描述如下表 1。

表 1：混成教學模式下的學習的三種模式

混成教學模式下的學習類別	描述
支持式混成 Supporting Blends	透過預先錄製的教學影片上傳至學習平台，供學生隨時觀看，幫助因個別狀況而無法跟上進度的學生。此模式的優點在於學生可自主補足未理解的內容，增加學習的靈活性，並有效縮減學習差距。
增能式混成 Enhancing Blends	以數位學習作為延伸，深化學生的學習經驗。在此模式下，教師仍可維持傳統教學方式，並輔以線上學習資源，以強化教學效果，讓學生獲得更多延伸學習的機會。
翻轉式混成 Transforming Blends	教師根據不同教學情境調整授課策略，強調學生的主動參與。學生可在課前透過教學影片預習基本概念，上課時則以實作和討論深化理解，提升學習成效。

對於臺灣的高中生而言，數學是一門極具挑戰性的核心學科。根據 Sepeng & Madzorera (2014) 的研究，學生認為數學困難主要因為難以理解數學用語與問題陳述，特別是在代數術語方面。混成教學模式下的學習的推行，不僅讓學生能在課後反覆複習不熟悉的概念，更能藉由豐富的線上資源，幫助他們釐清數學語彙與問題敘述的意義。此外，Quinn, D., & Aarão, J. (2020) 的研究指出，混成教學模式下的學習能有效提升學生在數學學習上的效率。而 Fitri&Zahari (2019) 則將 Moodle 學習平台結合混成教學模式下的學習進行實驗，結果顯示學生在此模式下學習數學時更具愉悅感且不易感到乏味。本研究將「翻轉式混成教學模式下的學習」納入數學課程設計，作為探討學生數學學習成效的核心背景，以期提升學生對數學概念的理解與應用能力。

## 二、混成教學模式下的學習的挑戰

儘管混成教學模式下的學習對學生的學習成效具有顯著的正面影響，但在實際應用於教學現場時，仍面臨一些挑戰。作為一種以學生為中心 (Student-centered) 的教學模式，混成教學模式下的學習結合了線上學習與面對面教學，旨在滿足學生多元化的學習需求。在此模式下，學生可自主決定學習的方式與進度，並選擇最適合自身需求的學習資源，進而促進更深層次的知識建構與技能培養。然而，正因混成教學模式下的學習強調學生自主性，部分學習者可能會因缺乏自我管理而在學習過程中感到迷失，甚至因遇到困難而選擇放棄。為有效應對這些挑戰，教師需加強數位教學設計的能力，靈活運用學習分析工具來追蹤學生的學習進度，並根據分析結果提供即時且個別化的學習指導，以確保學生在

自主學習的過程中獲得適當的支持與引導。透過教師專業學習社群的支持，教師能分享數位教學經驗，提升教學成效。根據 Rasheed et al. (2020)的系統性回顧論文表示，學生在混成教學模式下的學習中可能面臨的挑戰可歸納為五類，包含自我調節能力不足(self-regulation challenges)、數位素養差異(technological literacy and competency challenges)、學習孤立感(students' isolation challenges)、技術資源不足(technological sufficiency challenges)，以及數位工具的操作複雜性(technological complexity challenges)。以下針對這五類進行描述：

- (一) 自我調節能力不足 (Self-Regulation Challenges)：由於混成教學模式下的學習強調學生的自主性，部分學生在遠距學習階段容易將大量時間投入非學習活動，減少了課堂上的專注度，進而產生拖延的行為。研究指出，與傳統面對面教學相比，混成教學模式下的學習在師生與同儕互動方面存在較大的距離感，降低了同儕間的互相督促機會。這種學習模式更加考驗學生的自律與自我管理能力，缺乏足夠自發性的學習者往往容易面臨學習動力不足的問題。
- (二) 數位素養差異 (Technological Literacy and Competency Challenges)：混成教學模式下的學習倚賴資訊與通訊科技 (ICT) 工具作為重要的學習媒介，若學生缺乏足夠的數位素養或無法熟練操作如電腦等基礎設備，將可能導致無法有效接收課堂資訊或獲得即時的教師回饋。這種技能落差可能使學生在學習進度上落後於同儕，影響其學習成效。
- (三) 學習孤立感 (Students' Isolation Challenges)：在進行同步或非同步的混成教學模式下的學習過程中，學生可能因缺乏實體互動而感到孤立，進而降低學習動力。這種孤立感不僅會影響學生在課堂活動中的參與度，還可能增加在面對學習挑戰和完成作業時的焦慮感，進一步影響學習成果。
- (四) 技術資源不足 (Technological Sufficiency Challenges)：由於混成教學模式下的學習仰賴穩定的 ICT 設備與網路環境，硬體設備不足或網路連接不穩等問題常成為學習過程中的障礙。例如，網速不佳或頻寬限制可能導致線上課程中斷，影響學生的學習流暢度，進而降低學習效率。
- (五) 數位工具的操作複雜性 (Technological Complexity Challenges)：不同的數位學習平台與教學工具在操作上具有不同程度的複雜性，學生往往需要花費額外的時間來學習如何使用這些工具。當數位工具的使用變得過於繁瑣時，學生可能將過多精力投入在熟悉軟體操作上，反而影響了對課堂知識的吸收。此外，面對不同課程採用不同教學平台的情況，學生在適應與轉換之間可能產生額外的學習負擔。
- (六) 綜上所述，儘管混成教學模式下的學習能夠透過豐富的數位資源提升學生的學習成效，但同時也伴隨著技術挑戰、自我調節困難以及學習孤立感等問題。本研究將上述

五項挑戰歸納為三大類：技術挑戰、自我調節挑戰 以及 學生孤立挑戰，為克服上述挑戰，教師需提升數位教學設計能力，善用學習分析工具監測學生的學習進度，並提供即時的個別化指導。透過教師專業學習社群的支持，教師能分享數位教學經驗，提升教學成效，並以此作為開發數學混成教學模式下的學習挑戰問卷的理論基礎，進一步探討臺灣學生在混成教學模式下的學習環境中所面臨的主要困境。

## 參、研究方法

本研究採取混合式研究設計，結合量化與質性方法，探討「創新數位 i+學習」模式在高中數學補救教學中的應用效果。研究對象為參與台達磨課師課程的高中學生。實驗組與對照組為台灣某一所社區高中隨機抽取高中二年級重補修人數為 70 人，實驗組(N=35)，對照組(N=35)，使用高二學期成績 S 型分布為兩組，實驗實施時間為暑假重補修時間一個月，前測為第一次上課，後測為一個月後最後一次上課，實驗程序上，實驗組學生採用本研究設計之「創新數位 i+學習」模式進行課程，課程中需使用 DeltaMOOCx 平台觀看影片並搭配課堂的四學互動機制。控制組學生則由另一位授課經驗相當的數學教師，採用傳統講述式教學法，兩組的課程內容與單元進度相同。整個重補修課程實驗期程共計 4 週，共 24 小時。研究者於第一次上課實施數學前測與學習參與度前測問卷，並於 4 週後課程結束進行後測與問卷，研究中以學期數學成績及前測成績作為共變異數，控制學生原有的數學先備知識差異，本研究以教學模式（實驗組與對照組）為自變項，單元測驗後測分數為依變項，依變項由該社區高中三位任教十年以上數學教師審查確保內容效度，參照課綱指標進行數學單元測驗命題，題型為選擇題，前後測為同型測驗，並以前測分數為共變項進行 ANCOVA 分析。以檢驗實驗組與控制組之間是否存在顯著的學習成效差異。研究方法如下：

### 一、學習參與度量表與計畫執行 SOP

#### (一)學習參與度量表的設計

本研究所採用之學習參與度問卷改編自 Wang et al. (2016)所提出的數學與科學參與度量表 (Math and Science Engagement Scales)。該量表將學習參與度劃分為四個主要構面，分別為：認知參與度、行為參與度、情感參與度 以及社會參與度。分別敘述如下：

1. 認知參與度：指學生在學習過程中運用自我調節策略，並採取有效的認知方法來理解和建構複雜概念。

2. 行為參與度：涵蓋學生參與課堂及學術活動的積極程度，表現為主動參與學習任務、維持正向行為，且避免出現干擾性或破壞性行為。
3. 情感參與度：反映學生對教師、同儕及課堂活動的情感態度，具體表現為對學習內容的關注、興趣及正向情緒反應。
4. 社會參與度：強調學生在學習歷程中與同儕互動的品質，並涵蓋其在學習情境中建立和維繫良好人際關係的意願（Wang et al., 2016）。

該量表在既有文獻中已被證實具備良好的信效度。為確保符合本研究之需求，我們對問卷進行了適當的調整，包括刪除反向題項及翻譯為中文，並重新進行信度分析，改編後問卷的信度使用「內部一致性信度（internal consistency reliability）」來評估，計算方式為 Cronbach's  $\alpha$ （克朗巴赫係數）。經分析結果顯示，調整後問卷各構面的信度值均超過 0.7，達到良好的信度標準，具備足夠的測量穩定性與一致性。表 2 呈現了問卷在修改前後的信度比較結果。

表 2：學習參與度量表信度分析

參與度 信度	總體參與度	認知參與度	行為參與度	情感參與度	社會參與度
原先信度	0.93	0.75	0.82	0.89	0.74
修改後信度	0.94	0.78	0.81	0.90	0.73

## 二、重補修協作計畫執行四面向與數位學習教學流程

### (一) 計畫執行四面向

#### 1. 學校端

STEP1：確認補考時間，可事先提供學生 DeltaMOOCx 的影片給學生補考前複習用。

STEP2：確認重修報名學生名單，並提供上課學生的學校 email 給任課教師。

#### 2. 教師端

STEP1：老師所選評量題型可提供補考出題老師參考，補考試題若能有所搭配，補考前學生就學校公布的磨課師影片自學即可發揮效用。

STEP2：將學生的 email 提供給學科中心(email: fa202@gl.ck.tp.edu.tw)建立小型內部線上課程 SPOC 課程，以利於追蹤學生影片觀看和習題練習進度。

STEP3：重修報名結束且確認開課班級後，寄送「給學生的一封信」，告知學生重修上課將使用數位學習影片提升學生自主學習和找回對數學的自信心。

STEP4：第一堂課先教學生登入 DeltaMOOCx 網站(<https://high.deltamoocx.net/>)，以及如何觀看小型內部線上課程 SPOC 課程影片。

STEP5：課前製作單元前、後測卷，課中進行分組(如果有分組需求)，課後交待回家需觀看的學習影片。

STEP6：重修課程最後一堂，給予學生填寫學習回饋問卷。

STEP7：重修課程結束後，請填寫教師教學回饋問卷。

### 3. 學生端

STEP1：收到任課教師寄來的一封，感受教師帶來的用心和鼓勵。

STEP2：填寫單元前、後測卷，並於課堂或課前觀看學習影片，進行分組討論和小組報告。

STEP3：除了符合重補修任課教師的規定外,也可以自行加強與學習更進階的概念與題目。

STEP4：重修課程最後一堂課填寫回饋問卷。

### 4. 學科中心端

STEP1：提供各學期 C 級磨課師影片清單給學校端，讓學校在補考前先公告學習資料給學生複習使用。

STEP2：請老師提供 DeltaMOOCx 帳號 email，或請專辦直接替老師開設 DeltaMOOCx 帳號。

STEP3：於六月底前建置完成各位老師的小型內部線上課程 SPOC 課程，並將老師加入課程團隊。

STEP4：收到學生 email 請專辦協助替學生開設 DeltaMOOCx 帳號，並將名單匯入小型內部線上課程 SPOC 課程。

STEP5：發送教師教學回饋及學生學習回饋問卷連結給授課教師，請教師轉貼連結或 QR Code 讓學生於最後一堂課考試前填寫學習回饋問卷。

## (二) 「創新數位 i+學習」的教學與學生學習機制流程

計畫採清晰的教學脈絡，採用四學的教學模式並輔以單元前後測，所謂四學是指：學生自學、組內共學、組間互學跟教師導學，在一次次的教學循環中，培養出學生的數學的自學能力，如下圖 1。



圖 1：創新數位 i+學習的教學與學生學習機制流程圖

### 三、SPOC 教師後台管理

計畫採 DeltaMOOCx 開放教師自營「小型內部線上課程(Small Private Online Course, SPOC)」利用 DeltaMOOCx 影片，實際導入教學現場，提升學生學習動機與成就並連結平台空間與學習分析系統，來進行翻轉教學，如下圖 2、圖 3。

教師控制台 在STUDIO中檢視詳情

課程資訊 成員 學生管理員 學習歷程查詢 提交狀態

學習歷程查詢

學生名單輸入中  查詢

匯出學習歷程總表

匯出學習歷程清單

練習題紀錄

搜尋:  每頁 10  筆

章節	小節	單元	題次	回答總次數
加載中...				

沒有數據 上一頁 下一頁

影片觀看紀錄

搜尋:  每頁 10  筆

章節	小節	單元	時長	觀看次數	觀看累計時間	觀看比例
週期性現象	弧度的定義與單位換算	1.弧度的定義	00:12:28	0	00:00:00	0%
週期性現象	弧度的定義與單位換算	2.弧度量與度的換算	00:11:16	0	00:00:00	0%
週期性現象	弧度的應用與探索	1.扇形的弧長	00:12:16	0	00:00:00	0%
週期性現象	弧度的應用與探索	2.扇形的面積	00:07:42	0	00:00:00	0%
週期性現象	週期性數學模型	1.正弦函數圖形	00:09:20	0	00:00:00	0%
週期性現象	週期性數學模型	2.正弦函數的圖形性質應用	00:20:28	0	00:00:00	0%
週期性現象	週期性現象的數學解讀	1.素養導向週期性現象	00:04:25	0	00:00:00	0%
週期性現象	週期性現象的數學解讀	2.以數學素養為導向的探究性解題	00:07:59	0	00:00:00	0%
按比例成長	對數	1.線型的成長模型	00:10:27	0	00:00:00	0%
按比例成長	對數	4.對數的定義	00:12:35	0	00:00:00	0%

第 1 頁 / 總 3 頁 上一頁 1 2 3 下一頁

圖 2：平台空間與學習分析系統

1	序號	姓名	電子郵件	修習時數 (時:分)	影片完成率	習題答	習題完成率 (%)
2	1		1127edison@gmail.com	01:18:28	27.3	24	100
3	2	王晞蓁	1616school1234@gmail.com	05:06:24	100	72	100
4	3	詩睿	transparencconut@yahoo.com.tw	00:04:23	1.53	2	66.67
5	4		Harryya0705@gmail.com	05:20:50	100	69	100
6	5	湯閔淵	LuZhen960725@gmail.com	04:38:25	96.88	71	100
7	6	邱彥程	abc0918758829@gmail.com	04:46:25	99.66	68	100
8	7		aduhowswn@gmail.com	00:00:00	0	0	0
9	8	廖如毓	emma0828yu@gmail.com	05:06:54	100	72	100
10	9	黃嘉男	t0315@djsh.tc.edu.tw	00:00:00	0	0	0
11	10		guanzech37@gmail.vcom	00:00:00	0	0	0
12	11		guanzech37@gmail.com	00:00:00	0	63	100
13	12		hank02jnks@gmail.com	05:16:32	100	63	100
14	13	黃榆鈞	helloyuchun1229@gmail.com	04:11:44	87.59	72	100
15	14		ho.kuan.kuan@gmail.com	04:11:09	87.39	60	100
16	15		huien.chen0624@gmail.com	01:22:20	28.65	24	100
17	16		ianrong0708@gmail.com	04:33:23	95.13	72	100
18	17		idkidcany@gmail.com	06:25:02	100	72	100
19	18		james951222@gmail.com	01:17:13	26.87	21	100
20	19		jingwenxu448@gmail.com	04:37:18	96.49	72	100
21	20		lee9512291229@gmail.com	02:32:30	53.07	44	100
22	21		lib46890@gmail.com	04:35:49	95.98	72	100
23	22		liyizhen0408@gmail.com	04:14:02	88.4	65	100
24	23	數學學科中	math@film.edu	00:00:00	0	0	0
25	24		mingliliu24@gmail.com	05:07:12	100	72	100
26	25		nerdy1214@gmail.com	05:17:04	100	72	100
27	26		plolaiki@gmail.com	04:56:23	100	72	100
28	27		ruby960608@gmail.com	05:02:13	100	72	100
29	28	HUANG(專辦)	sj-huang@mx.nthu.edu.tw	00:00:00	0	0	0
30	29		skps10205@gmail.com	04:34:30	95.52	72	100
31	30		stea31922@gmail.com	01:36:51	33.7	6	100
32	31	盧邵毅	aduhowswn@gmail.com	03:42:52	77.55	72	100
33	32		xiez3292@gmail.com	04:50:52	100	69	100
34	33		yeyoucheng25@gmail.com	04:40:56	97.76	68	100
35	34		zongpinlin@gmail.com	04:37:47	96.66	72	100

圖 3：平台空間與學習分析學生學習系統

## 肆、研究結果與討論

### 一、探討數學混成教學模式下的學習—「創新數位 i+學習」教學介入對學生數學學習成效影響

本研究採用共變異數分析分析 (ANCOVA) 進行數據分析，實驗組與對照組，為台灣某一所社區高中隨機抽取高中二年級重補修人數為 70 人，實驗組(N=35)及對照組(N=35)，使用高二學期成績 S 型分布為兩組，實驗實施時間為暑假重補修時間一個月，前測為第一次上課，後測為一個月後最後一次上課。研究中以學期數學成績及前測成績作為共變異數，控制學生原有的數學先備知識差異，本研究以教學模式（實驗組與對照組）為自變項，單元測驗後測分數為依變項，依變項由該社區高中三位任教十年以上數學教師審查確保內容效度，參照課綱指標進行數學單元測驗命題，題型為選擇題，前後測為同型測驗，並以前測分數為共變項進行 ANCOVA 分析。以檢驗實驗組與控制組之間是否存在顯著的學習成效差異。

在進行 ANCOVA 分析之前，為確保分析結果的有效性，本研究先進行 Levene 同質性檢定，以檢查實驗組與控制組在自變數上的變異數是否具有同質性。檢定結果顯示，兩組數據並未達到顯著差異 ( $F = 1.63, p = 0.206 > 0.05$ )，因此不拒絕虛無假設，表示兩組數據具備同質性，適合進行 ANCOVA 分析。確認同質性假設成立後，進一步進行 ANCOVA 分析，結果如表 3 所示。分析結果顯示，在控制數學先備知識的條件下，實驗組與控制組的數學單元測驗成績存在顯著差異 ( $F = 15.9, p < 0.001$ )。進一步比較兩組的平均數，發現實驗組 ( $M = 66.7, SD = 16.53$ ) 成績顯著優於控制組 ( $M = 52.4, SD = 19.89$ )。

表 3：數學單元測驗 ANCOVA 分析結果

	離均差平方和	自由度	均方	F 值	p 值	效果量
數學先備知識	6305	1	6305	26.0	<0.001***	0.28
組別	3854	1	3854	15.9	<0.001***	0.192
誤差	16234	67	242			

Note. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

## 二、探討「創新數位 i+學習」的教學與學生學習優化機制是否增進實驗參與者數學課之參與度

為深入探討本研究問題，本研究採用獨立樣本  $t$  檢定，以分析實驗組與控制組在不同學習參與度構面上的差異，進而評估「創新數位 i+學習」教學模式對學生學習參與度的影響。表 4 呈現了相關的統計分析結果。分析結果顯示，實驗組與控制組在以下三個學習參與度構面上皆達到顯著差異，分述如下：

- (一) 認知參與度 ( $t = 2.112, p < 0.05$ )：表示在學習過程中，實驗組學生在知識建構、自我調節學習策略的運用以及理解複雜概念方面，表現顯著優於控制組。這可能歸因於「創新數位 i+學習」提供了多元的數位資源，幫助學生以更具深度的方式進行思考與知識整合。
- (二) 行為參與度 ( $t = 2.261, p < 0.05$ )：顯示實驗組學生在課堂參與度、學習任務的完成度以及積極互動行為上有較佳表現。「創新數位 i+學習」透過數位工具與互動式學習活動，可能有效提升學生的課堂參與動機，進而促進其學習行為的積極性。
- (三) 情感參與度 ( $t = 2.473, p < 0.05$ )：結果顯示實驗組學生在對學習內容的興趣、對教師及同儕的正向情感連結方面具有顯著優勢。數位化學習環境提供了更具吸引力的學習體驗，並鼓勵學生以正向態度面對學習挑戰，這可能是情感參與度提升的關鍵因素。

表 4：各維度學習參與度獨立樣本 t 檢定分析結果

	組別	平均數	標準差	t 值	效果量
認知參與度	實驗組	20.3	3.52	2.123*	0.53
	控制組	18.5	2.15		
行為參與度	實驗組	16.6	2.55	2.269*	0.56
	控制組	15.4	1.85		
情感參與度	實驗組	20.4	3.35	2.474*	0.57
	控制組	18.8	2.82		
社會參與度	實驗組	17.2	2.29	1.765	0.44
	控制組	16.2	1.34		

Note. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

根據兩組的平均數比較，實驗組在上述三個構面中皆明顯優於控制組，說明「創新數位 i+學習」不僅提升了學生的學習成效，還能有效促進學生在學習過程中的主動參與與情感投入。這種提升可能來自以下幾個方面的影響：

- (一) 多元化的學習資源：數位學習平台提供多媒體教材、互動式練習等，幫助學生以更靈活的方式進行學習，增加認知參與度。
- (二) 自主學習機制：「創新數位 i+學習」強調學生的主動學習，鼓勵學生自我探索和管理學習進度，進而增強行為參與度。
- (三) 互動性與即時回饋：透過數位工具，學生可以與教師、同儕進行即時互動，提升課堂的情感連結與學習興趣，促進情感參與度。

### 三、在「創新數位 i+學習」的教學與學生學習優化機制中，學習者之參與度是否影響數學成效

為探討學習者的參與度如何影響數學學習成效，本研究採用皮爾森相關係數分析 (Pearson Correlation Coefficient)，以檢驗數學單元測驗成績與各構面學習參與度之間的關聯性。分析結果如表 5 所示。根據分析結果，發現以下顯著相關性：

- (一) 認知參與度 ( $r = 0.335$ ,  $p < 0.01$ )：與數學成績呈現顯著正相關，表示學生在學習過程中若能積極運用認知策略、自我調節學習，將有助於提升其數學表現。
- (二) 行為參與度 ( $r = 0.364$ ,  $p < 0.01$ )：同樣與數學成績呈現顯著正相關，顯示學生在課堂活動的積極參與、主動完成學習任務等行為，對其學習成效具有正向影響。
- (三) 情感參與度 ( $r = 0.365$ ,  $p < 0.01$ )：與數學成績的正相關性最高，說明學生對學習內

容的興趣、對教師及同儕的正向情感連結，有助於增強學習動機與成效。

相較之下，社會參與度 ( $r = 0.019$ ,  $p > 0.05$ ) 與數學成績之間並未顯示出顯著相關，表示學生在與同儕互動或社交層面的參與程度，對其數學學習成效的影響相對有限。

**表 5：數學單元測驗成績與各維度參與度之相關係數結果**

	認知參與度	行為參與度	情感參與度	社會參與度
數學單元測驗	0.335**	0.364**	0.365**	0.019

Note. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

本研究結果顯示，學習參與度中認知、行為與情感參與度皆對數學成效具有顯著的正向影響，顯示在數學混成教學模式下的學習環境中，學生若能積極投入思考、自主參與課堂活動，並保持正向學習態度，將有助於提升學習成效。相反地，單純的社交互動或同儕關係並不直接影響數學成績，可能因數學學習本身較強調個人思考與解題能力。

#### 四、「創新數位 i+學習」的教學與學生學習優化機制對於學習參與度的影響

根據表 5 的分析結果顯示，「創新數位 i+學習」教學模式及其相關學習機制的介入，對於提升學習者的認知參與度、行為參與度以及情感參與度具有顯著的正向效果。以下針對各構面進行說明：

- (一) 認知參與度：「創新數位 i+學習」透過多元化的數位資源與互動式學習工具，能有效加速學生的知識建構歷程。此學習模式鼓勵學生運用高層次的認知策略進行自我調節學習，如批判性思考、問題解決與概念整合，從而提升他們在學習過程中的認知參與程度。學生能更主動地探索複雜概念，並在數位學習環境中培養獨立思考與分析能力，使其對學習內容產生更深層的理解與投入。
- (二) 行為參與度：研究結果顯示，實驗組學生在學習行為上表現出更積極的態度。「創新數位 i+學習」透過設計具挑戰性與互動性的學習活動，激發學生主動參與課堂討論、完成學習任務及參加課外延伸活動。此外，數位平台即時回饋的特性，能有效強化學生的成就感，促使他們在學習過程中展現出更高的持續參與意願與積極行為，進而顯著改善其行為參與度。

情感參與度：情感參與度被視為影響學習動機與學習成效的重要因素之一（林郁婷 & 龔心怡, 2022）。在數學學習中，學生常因面臨挑戰與挫折而產生低落的學習動機與負面情緒，這已被認為是數學學習成效不佳的主要原因之一（Luttenberger et al., 2018）。透過創新

數位 i+學習的教學設計，學生可以在面臨困難時獲得更多支持與即時回饋，有助於降低學習挫敗感。此外，數位學習環境中多樣化的互動元素與學習資源，能提升學生對課程內容的興趣，進而強化其正向學習態度與情感連結，最終有效提升情感參與度。

## 伍、結論與建議

「創新數位 i+學習」教學模式及其相關學習機制對提升學生數學學習成效具有顯著的正向效果。此結果支持了數位化學習策略在數學教育領域的有效性與可行性。本研究旨在探討混成教學模式下的學習模式，特別是透過「創新數位 i+學習」機制，對高中數學補救教學的學習成效與參與度之影響。研究結果顯示，混成教學模式下的學習不僅能顯著提升學生的數學學習成效，還能有效增強學生在學習歷程中的認知參與、行為參與與情感參與。主要研究發現如下：

### 一、學習成效的提升

透過 ANCOVA 分析結果顯示，實驗組學生在數學單元測驗中的成績顯著高於控制組，證明了「創新數位 i+學習」機制對數學學習成效具有正向影響。數位化教學工具與多元學習資源的整合，幫助學生克服傳統教學中的學習障礙，提升了其問題解決能力與自主學習能力。

### 二、學習參與度的增強

在學習參與度方面，實驗組學生的認知參與度、行為參與度及情感參與度皆顯著高於控制組，顯示「創新數位 i+學習」模式能有效促進學生在學習過程中的積極參與與情感投入。特別是在情感參與度的提升方面，數位學習機制能有效減少學生面對數學學習困難時的挫折感，增強其學習動機與正向態度。

### 三、學習參與度與學習成效的關聯

進一步的皮爾森相關分析結果表明，認知參與度、行為參與度及情感參與度與數學成績之間存在顯著正相關，說明學習參與度的提高能有效促進學習成效。然而，社會參與度在本研究中未顯示出顯著影響，可能與數學學習特性較偏向個人思考有關，這不代表其在其他學科或學習情境中不具重要性。

### 四、學生態度與學習成效的正向關聯

研究結果亦發現，學生對數位學習的態度與其學習成效呈現正向關聯，顯示「創新數位 i+學習」模式能有效提升學生的學習滿意度與學習動機。

## 五、建議

### (一) 推廣「創新數位 i+學習」模式

建議教育單位可進一步推廣「創新數位 i+學習」模式，特別是在數學補救教學領域，以提升學生的學習成效與參與度，縮減學習差距。

### (二) 強化教師的數位教學專業發展

建議學校及教育機構加強教師在數位教學設計與數據分析應用方面的專業發展，幫助教師善用學習數據進行精準教學，進一步改善學生的學習困難。

## 六、未來研究方向

未來研究可延伸探討數位學習在不同學科與學習情境下的成效，並結合人工智慧(AI)與大數據技術，提升數位學習的個別化與精準度。此外，建議進一步研究數位學習對學生長期學習成效與自主學習能力的影響，以建立更完整的數位教育理論基礎與實踐策略。

整體而言，「創新數位 i+學習」模式在數學混成教學模式下的學習環境中展現了顯著的優勢，能有效促進學生的學習參與與成效。此研究結果為未來數位教育的課程設計、教學策略及學習成效提升提供了具體且實證的參考依據，期望能為教育現場帶來更多創新與進步。

## 參考文獻

- Bizami, N. A., Tasir, Z., & Kew, S. N. (2023). Innovative pedagogical principles and technological tools capabilities for immersive blended learning: A systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 28(2), 1373–1425.
- Fitri, S., & Zahari, C. L. (2019, March). The implementation of blended learning to improve understanding of mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188(1), Article 012109.
- Kundu, A., Bej, T., & Rice, M. (2021). Time to engage: Implementing math and literacy blended learning routines in an Indian elementary classroom. *Education and Information Technologies*, 26(1), 1201–1220.
- Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology Research and Behavior Management*, 11, 311–322.
- Ma, L., & Lee, C. S. (2021). Evaluating the effectiveness of blended learning using the ARCS model. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(5), 1397–1408.
- Martínez, P. J., Aguilar, F. J., & Ortiz, M. (2019). Transitioning from face-to-face to blended and full online learning engineering master's program. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 2–9.
- Müller, C., & Mildenerger, T. (2021). Facilitating flexible learning by replacing classroom time with an online learning environment: A systematic review of blended learning in higher education. *Educational Research Review*, 34, Article 100394.
- Quinn, D., & Aarão, J. (2020). Blended learning in first year engineering mathematics. *ZDM – Mathematics Education*, 52(5), 927–941.
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., & Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, Article 103701.
- Sepeng, P., & Madzorera, A. (2014). Sources of difficulty in comprehending and solving mathematical word problems. *International Journal of Educational Sciences*, 6(2), 217–225.
- Wang, M. T., Fredricks, J. A., Ye, F., Hofkens, T. L., & Linn, J. S. (2016). The math and science engagement scales: Scale development, validation, and psychometric properties. *Learning and Instruction*, 43, 16–26.
- 吳汀菱、楊伯軒、曾政清（2023，11月）。**奠基台達磨課師適性學習新攻略—以補救教學為例**〔論文發表〕。全國高中數學教師教學研討會 (MTS 2023)，台北市。
- 林郁婷、龔心怡（2022）。以 PISA 2012 探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之影響。**臺灣數學教育期刊**，9(2)，33 – 62。
- 郭伯臣（2020）。校園防疫與中小學數位學習之現況與未來。**國土及公共治理季刊**，8(4)，72 – 79。
- 張麗慧（2024）。疫情迫使國內高教學生學習模式的改變。**教育評論學刊**，13(8)，15 – 28。
- 黃加明（2022）。COVID-19 後疫情時期中等學校線上及混成教學的挑戰與實踐。**中等教育**，73(1)，96 – 113。

## 附錄、原始參與度量表與改編參與度量表對照表

認知參與度		
改編中文題項	原始英文題項	修改情形說明
我在課堂上遇到問題時，我會嘗試去理解問題並解決它。	I try to understand my mistakes when I get something wrong.	接近直譯
我有確實地檢查了數學課的作業並確保內容是正確的。	I go through my work and make sure that it's right.	接近直譯
我會嘗試將正在學習的東西與我以前學過的東西聯繫起來。	I try to connect what I am learning to things I learned before.	直譯
我會採用不同的方法來解決一個問題。	I think about different ways to solve a problem.	直譯

行為參與度		
改編中文題項	原始英文題項	修改情形說明
我在上課時會保持專注。	I stay focused in class.	直譯
即使在課堂中遇到困難，我也會努力解決。	I keep trying even when something is hard.	直譯
我有按時地完成課堂上指派的工作。	I complete my work on time.	直譯
我會在課餘時間與同學談論數學內容。	I talk about math outside of class.	直譯

情感參與度		
改編中文題項	原始英文題項	修改情形說明
我會期待數學課的到來。	I look forward to math class.	直譯
我喜歡學習有關數學的新事物。	I enjoy learning new things about math.	直譯
我想了解在數學課上學到了什麼。	I want to understand what I learn in math class.	直譯
我上數學課時感覺很好。	I feel good when I' m in math class.	直譯

社會參與度		
改編中文題項	原始英文題項	修改情形說明
我的想法往往建立在別人的想法之上。	I build on others' ideas.	直譯
我試圖在數學課中理解其他人的想法。	I try to understand other people' s ideas in class.	直譯
我會希望與可以在數學方面幫助我的人一起工作。	I try to work with others who can help me with math.	直譯
我會努力幫助那些在數學上苦苦掙扎的人。	I try to help others who are struggling in math.	直譯

投稿日期：114 年 04 月 28 日

接受日期：114 年 07 月 10 日

# The Impact of the Innovative Digital i+ Learning Model Utilizing Delta MOOCs on High School Students' Mathematics Learning Outcomes and Learning Engagement in Remedial Mathematics Courses

**Chia-Nan Huang\*, Cheng-Ching Tseng, Shun-Yuan Hsu, and Ching-Yu Huang**

Taichung Municipal Dajia Senior High School  
Taipei Municipal Chien Kuo High School  
The Affiliated Zhongli Senior High School of National Central University  
New Taipei Municipal Shiding High School

## *Abstract*

This study aims to explore the impact of the Innovative Digital i+ Learning Model on students' mathematics learning outcomes and engagement in high school remedial courses. In response to the challenges posed by the COVID-19 pandemic, blended learning has emerged as an effective teaching approach that integrates traditional face-to-face instruction with digital learning. A quasi-experimental design was adopted, involving high school students in Taiwan, with participants divided into an experimental group (applying the i+ learning model) and a control group (traditional instruction). Research tools included mathematics unit tests, a learning engagement questionnaire, and learning process observations. Data were analyzed using ANCOVA and independent sample t-tests. The results indicated that students in the experimental group significantly outperformed the control group in mathematics unit tests ( $F = 15.9, p < 0.001$ ), demonstrating the positive effect of the i+ learning model on academic achievement. Additionally, the experimental group showed significantly higher levels of cognitive, behavioral, and emotional engagement ( $p < 0.05$ ), with these three dimensions positively correlated with mathematics performance ( $r > 0.3, p < 0.01$ ). In contrast, social engagement showed no significant correlation with academic performance. This study confirms that digital learning not only enhances students' mathematical performance but also effectively fosters learning motivation and active participation.

**Keywords: digital learning, blended learning, learning outcomes, learning engagement, high school mathematics**

---

\* corresponding author