

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 行為與社會科學科

探究精神獎

052704

孤注一擲：購物傾向與價值知覺研究

學校名稱：國立馬祖高級中學

作者： 高一 陳子昀 高一 戴滿欣	指導老師： 廖立宇
---------------------------------	------------------

關鍵詞：購物行為、價值知覺、期望價值

摘要

本研究首先透過自行設計之數學混成學習挑戰問卷，了解臺灣學生認為數學混成學習效果的成因，並以此為基礎開發出數學混成學習智慧輔助教具。本研究開發之教具整合人工智慧聊天機器人ChatGPT與通訊軟體LINE，讓學習者在進行數學混成學習時可及時解決疑惑。最終，透過準實驗設計，驗證該教具的介入是否對於學習者在數學混成學習中有正向的幫助。結果表明將該教具導入於數學混成學習中可以有效提升學生的學習成效以及課堂的參與度。學生在課堂中學習效果不佳的原因多與遇到問題無法及時得到幫助而導致的課堂低參與度有關，此教具有助於對上述問題產生正面影響，並為混成學習提供啟示。

壹、前言

一、研究動機

2020年初，隨著新冠肺炎（COVID-19）的在臺灣爆發，為避免學生因在校園群聚而加劇疫情的傳播，多數高中職採用遠距學習的形式，意即教師與學生透過線上會議軟體（如：Google Meet, Microsoft Teams等）完成所有的教學活動。遠距學習雖然一定程度遏止了疫情在校園內傳遞，但卻造成高中職的教師與學生不小的衝擊與挑戰(黃加明, 2022)。郭伯臣(2020)曾在〈國土及公共治理季刊〉中提及遠距授課的挑戰包含教師數位教學意願與能力待提升、學生不習慣各類平台的使用、數位學習環境整備不足以及數位學習教材尚待補強等問題。因此，師生如何適應這種新型態的教學方式並改善上述之挑戰便成為遠距學習成功與否的一大因素。時至今日，隨著師生逐漸適應因疫情而改變之生活型態與教學方式後，教師與學生對於遠距學習工具與實施方式的理解亦隨之提升(黃加明, 2022)。再者，越來越多數位學習教材以及學習平台如雨後春筍般出現，進一步地加強教師在遠距學習形式的多元性，期望能提升學生在遠距學習的學習成果(洪詠善, 2020)。

其中，混成學習藉由整合多種資通訊科技（ICT）將遠距學習以及傳統現場授課進行連結，以此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；此外，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)。因此，混成學習逐漸成為各國「後疫情時代」所採用的教學型態之一。

廣義而言，混成學習（Blended learning）可以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學習對於學生的幫助。如：Bizami et al. (2022)指出混成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)針對混成學習進行的系統性回顧文章表示，學生在混成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，儘管有研究指出混成學習對於學生學習上的幫助，但其仍有許多面向需要改進與調整。此外，由於臺灣對於混成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學習的實行期間對於學習者之幫助甚微。是故，本研究首要任務便是了解臺灣推行混成學習遭遇最大的挑戰為何，並以此為基礎進行改善與檢討，針對現行混成學習之實施方式進行優化，最終提升臺灣學生在混成學習中的學習成果。

二、文獻回顧

(一) 數學教育中的混成學習

近年來隨著新冠肺炎(COVID-19)疫情大流行，傳統面對面的教學模式逐漸受到挑戰，也使得混成學習逐漸成為疫情下主流的教學型態。混成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。在混合式學習中，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)。廣義而言，混成學習可以根據性質劃分為三種模式，分別為賦權式混成(Enabling Blends)，增能式混成(Enhancing Blends)，以及翻轉式混成(Transforming Blends)。詳細描述如下表一。

表一 混成學習的種類

混成學習類別	描述
賦權式混成 Enabling Blends	透過事先錄製好的影片放置於教學平台提供學生觀看，這種教學方式能夠減少學生因特殊情況而無法跟上進度的問題，其優點：學生可以隨時補充他們所缺少的單元或知識，使得他們有更多的機會聆聽、理解和掌握教學內容，減少混成學習所帶來的學習差距。
增能式混成 Enhancing Blends	透過數位學習的方式，學生可以進一步加深和擴展他們的學習。這種教學模式對於授課老師來說，改變相對較小，老師可以繼續採用

	原本習慣的教學方法，同時透過額外的線上教學平台來補充學習內容。
翻轉式混成 Transforming Blends	教師會根據不同的教學情境重新調整他們的教學方法。透過實際操作和討論來引導學生學習，例如事先將部分課程內容錄製成影片，讓學生能在課前自行預習和建構知識。在實際上課時，教師會引導學生進行實作和討論，以加深對知識的理解。

許多研究指出，混成學習的實施可以有效提升學生的學習表現。如Kundu et al. (2021)在印度小學四年級的課堂中導入混合學習，並證實其對學習者的課堂參與有正向的幫助。Martínez et al. (2020)則提到由於混成學習結合了廣泛的線上學習資源，強化了學生學習的連續性，進而加強了學生學習的意願。由此可見混成學習對學生的幫助。

對於臺灣多數高中生而言，數學為重要卻難以學習的課程。根據Sepeng and Madzorera (2014)在研究中論述學生認為數學難以學習的原因在於難以定義數學單詞與問題陳述，並且對於教學詞彙中使用的代數術語難以理解。此時，混成學習的實施除了允許讓學生在數學課堂上不懂特定概念時可以反覆翻閱線上教材，廣泛的線上學習資源更可以協助學生了解數學單詞與問題陳述。此外，Quinn and Aarão (2020)亦在研究中證實了混成學習對於學生在數學學習效率的幫助。Fitri and Zahari (2019)則在研究中將Moodle學習平台融入在混成學習當中，並透過實驗證實了課堂中學生在學習數學時會感到更快樂、不易感受無聊。

綜上所述，為加強臺灣學生對於數學概念之理解與學習，本研究亦跟隨上述研究之趨勢將翻轉式混成學習導入於數學課程當中，以此做為本研究之主體研究背景。

(二) 混成學習的挑戰

雖然混成學習對於學生的幫助顯而易見，但在實踐於教學場域之中仍有些許挑戰。混成學習是一種以學生為中心 (Student-centered) 的教學方式，其結合線上學習和面對面教學，以滿足學生的不同學習需求。學生可以自行決定學習的方法和速度，並提供適合他們的學習資源。因此，混成學習給予學生更多的自主學習的機會，以獲得更深入的理解和技能。然而也因為混成學習給予學生更多的自主學習的機會，導致學習者容易在學習中迷失或是遭遇問題而放棄。根據Rasheed et al. (2020)的系統性回顧論文表示，學生在混成學習中可能面臨的挑戰可歸納為五類，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。以下針對這五類進行描述：

1. **自我調節挑戰(self-regulation challenges)**：由於混成學習提供學生高度自主性，導致學生時常在遠距學習時將大部分的時間用於其他活動，而課堂上投入學習的時間相對減少，導致學生出現拖延症的行為，根據研究顯示：由於混成學習提供了比起傳統性面對面教學更大的距離感，減少同儕之間互相督促的機會，缺少自發性的學習，也因此更考驗學生的自我控制能力。
2. **技術素養與能力挑戰(technological literacy and competency challenges)**：由於混成學習高度仰賴資通訊科技(ICT)工具的協助，因此，若是學生無法快速掌握課堂中所使用的ICT工具，例如：電腦等，則會造成學生無法及時接收到課堂資訊與得到老師的反饋，因此而落後其他學生，進而導致學生在混成學習中失敗。
3. **學生孤立挑戰(students' isolation challenges)**：由於在進行同步混成學習時，多數學生因為孤立感而缺乏學習動力，以至於在面對課程學習、繳交作業等活動容感到挑戰，也可能因為如此而形成焦慮感。此外，研究顯示：學生亦會因為使用麥克風、開啟鏡頭等因素而感到不舒服，這可能是因為個性特質所造成。
4. **技術充分性挑戰(technological sufficiency challenges)**：由於混成學習需要高度資通訊科技(ICT)工具來輔助，因此混成學習所需之軟硬體的普及度便是一項不容忽視的問題，最常見的問題有因網速過低或頻寬問題而造成使用ICT工具進行混成學習時的困難。
5. **技術複雜性挑戰(technological complexity challenges)**：從文獻中可以得知：由於各種學習程式的使用難易度不同，導致學生花費更多時間於學習程式上，對於課堂上知識的學習卻不是主要目的，此外，多數學生也會因為各課程教學平台的使用方式不盡相同，使得學生在正式課堂前需花費額外的時間來學習並熟悉如何使用不同形式的課程教學平台。綜上所述，雖然混成學習可以透過海量的數位學習教材幫助學生提升學習效率，但也伴隨許多挑戰。再者，由於臺灣因在COVID-19疫情，導致推行混成學習時間較為急迫，因而造就現階段混成學習成效不彰。因此，本研究將上述五類混成學習挑戰總結為**技術挑戰**、**自我調節挑戰**以及**學生孤立挑戰**，並作為基礎開發數學混成學習挑戰問卷的基礎，以此了解對於臺灣學生在COVID-19期間混成學習時的挑戰為何。

三、研究問題與方法

鑒於上述提及混成學習之挑戰以及優化臺灣對於混成學習推行之急迫性，本研究首先調查國內外文獻資料，廣泛蒐集過研究中提及混成學習的挑戰有哪些。隨後將蒐集到之國內外混成學習挑戰透過問卷與訪談之形式邀請臺灣學生填寫，以此了解臺灣學生在進行混成學習時遇到的挑戰。本研究針對問卷與訪談結果進行混成學習形式的優化，並將該優化機制導入於高中數學課當中，探討最適合臺灣採用之數學混成學習形式。為臺灣數學混成學習之推行盡一分心力。是故，本研究欲探討之研究問題如下：

1. 回顧過往文獻，過往研究所提及混成學習之挑戰該挑戰之成因為何？
2. 導致臺灣學生在COVID-19期間混成學習學習成效不佳的成因有哪些？
3. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進實驗參與者之數學學習成效？
4. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進實驗參與者數學課之參與度？
5. 在數學混成學習中，學習者之參與度如何影響數學成效？

貳、研究設備及器材

一、EndNote文獻管理程式

EndNote是一款專業的文獻管理程式，由科睿唯安研製開發，提供研究人員、學者和學生等專業人士進行文獻的管理和引用。其可以對文獻進行收集、組織、編輯和引用，並具有強大的檢索功能，幫助使用者快速找到所需的文獻。此外，EndNote不僅提供Microsoft Word、LibreOffice等文本軟體的整合功能，能夠轉換文獻的引用格式，如：APA、MLA、Chicago等，還可以自動生成參考文獻，以便與他人共享。同時，EndNote還可對蒐集到的文獻進行分類，讓使用者能夠有效率地找出自己所需的文獻。總而言之，EndNote是一款非常實用和方便的文獻管理工具，可以大大提高研究人員、學者和學生等專業人士的工作效率和工作品質。本組在編排Word報告時使用該工具進行文獻的分類與檢索。

二、Apple iPad平板電腦

為盡可能使實驗參加者不受軟硬體設備的限制，實驗參與者每人會配發一台Apple的iPad平板電腦，其採用iPad第9代，晶片規格為A13仿生晶片。此平板可讓實驗參與者順暢的存取學習教材，並且可運行本研究所開發之數學混成學習之智慧教具。

三、數學混成學習挑戰問卷

為了解臺灣學生在COVID-19期間混成學習的挑戰為何，本研究回顧國內外針對混成學習挑戰的研究，並以此作為設計數學混成學習挑戰問卷的依據。此處將Rasheed et al. (2020)在研究中所定義的五項混成學習中所面臨的挑戰精簡成三項，分別為**學生孤立挑戰**、**自我調節挑戰**以及**技術挑戰**，最終定義出8個問項。問卷採李克特五點量表，由「非常不同意」得1分至「非常同意」得5分。下表二為本研究所設計之問項與其分類。此外，為驗證此問卷之信度，本研究計算個子分類的克隆巴赫係數（Cronbach's alpha），結果分別為0.783、0.732以及0.718，皆高於0.7，因此，此問卷具備足夠的可信度。

表二 混成學習挑戰問項與類別

類別	混成學習挑戰問項	內部 一致性
學生孤立挑戰	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，無法當面進行討論對您而言會造成學習上的困難。	0.783
	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，強制開鏡頭等網路所帶來的隱私權問題對您而言會造成困擾。	
自我調節挑戰	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，遇到實作課程(包括實驗課、專門技術課程..)、語言類學習課程等，無法實際操作演練，對您而言會造成學習上的困難。	0.702
	● 在COVID-19流行期間，使用線上平台進行測驗，對您而言是公平的。	
	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，學習環境改變對您而言會影響學習效果。	
技術挑戰	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，設備與頻寬的限制對您而言會造成學習上的困難。	0.741
	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，混成學習將影響教師的教學態度。	
	● 在COVID-19流行期間，採用混成學習方式授課的形式授課，對您而言長時間維持同姿勢盯著螢幕，會造成疲勞與視力下降。	

四、ChatGPT

ChatGPT是當前火熱的人工智慧聊天機器人，其源自於生成型預訓練變換模型（Generative Pre-trained Transformer；GPT）。ChatGPT使用GPT-3、GPT-3.5、GPT-4模型的強大功能，具有強大的語言處理能力，能夠以自然的方式理解和生成人類的語言，並可用於自然語言處理、對話與問答系統、機器翻譯甚至智慧助手等場景，回答許多來自不同領域的問題，是近年來成長最為快速地應用程式之一。

GPT是由OpenAI開發的一種自然語言生成模型，訓練過程基於自監督學習以及深度學習技術，意即模型從文本資料庫中學習生成下一個單詞的機率分佈，使模型能夠發現自己語言的規則與結構，進而產生出流暢且擬人化的文字。

本研究將透過ChatGPT 連結實驗參加者所使用之Apple iPad平板電腦與GPT所使用的文本資料庫，製作成數學混成學習智慧教具，提供實驗參加者在實驗期間使用。

五、學習參與度量表

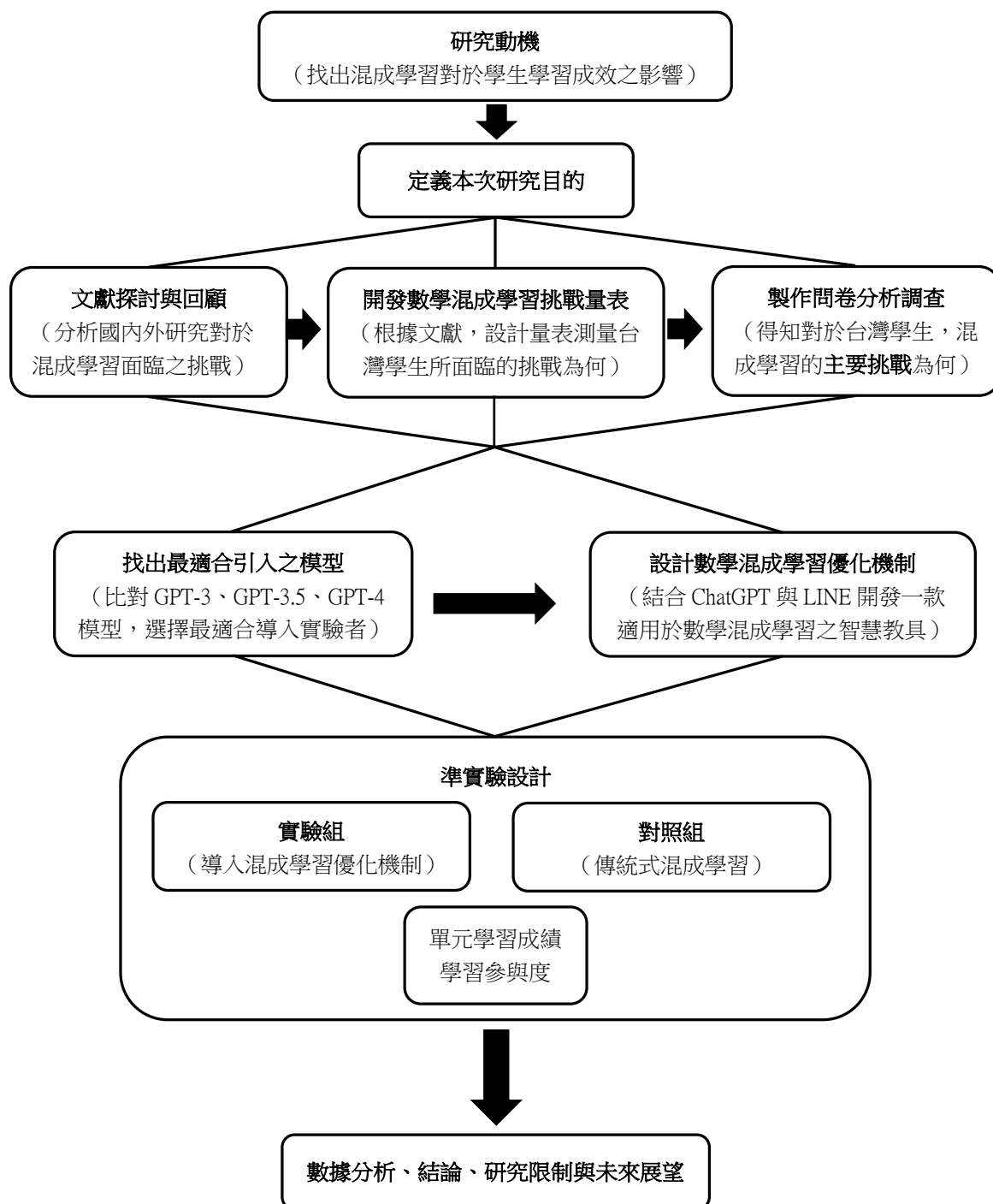
本研究所採用之學習參與度問卷改編自Wang et al. (2016)所提出的數學與科學參與度量表（Math and Science Engagement Scales）。該量表將參與度分為認知參與度、行為參與度、情感參與度以及社會參與度四個構面。其中認知參與度是指自我調節學習，運用必要的認知策略來理解複雜的想法；行為參與度則是指參與學術和課堂活動、存在積極行為以及不存在破壞性行為；情感參與度則被定義為對教師、同儕和課堂活動的積極情緒反應的存在，以及對學習內容的重視和興趣；社會參與度係指與同儕的社會互動品質，以及在學習過程中建立和維持關係的意願(Wang et al., 2016)。該問卷已經在過去研究中證實具有足夠高的信效度。為能符合本研究之用途，我們將該問卷之反向題剔除並翻譯成中文，並再進行一次信度分析。表三為該問卷原本之信度以及經修改後之信度。結果表明經修改後，信度皆高於0.7，具有足夠高之信度。

表三 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

參、研究過程或方法

根據上述之對於研究目的與過往文獻之論述，為了解對於臺灣學生在數學混成學習中的挑戰為何以及如何更進一步地提升學習者在數學混成學習中的表現，本研究規劃一連串之實驗流程，該流程如圖一所示。以下章節將根據每個流程進行描述。



圖一 實驗流程圖

一、數學混成學習挑戰問卷施測與結果

本研究將數學混成學習挑戰問卷透過Google表單的形式給予臺灣高中（職）學習者施測，共計收得147份有效問卷。根據李克特五點量表，由「非常不同意」得1分至「非常同意」得5分，以此計算出問卷之結果。可以得知自我調節是COVID-19期間對於施策學生最大的挑戰。根據自我調節挑戰的定義，自我調節挑戰之成因在於學生獲得高度自主性，導致學生時常在遠距學習時將大部分的時間用於其他活動，而課堂上投入學習的時間相對減少，導致學生出現拖延症的行為。因此，如何讓學習者在混成學習中的線上學習期間**專注於課堂上**便成為改善學習者混成學習學習成效的重要因素之一。

為更進一步了解學生為何將自我調節視為挑戰，本研究將自我調節挑戰的三個問項進行統計分析。可以得知大多學生認為在混成學習中**學習環境的改變**以及在**實作課程中容易遭受困難**兩項為主要的挑戰。因此，本研究後續將根據此二挑戰進行改善，以此設計出在COVID-19期間數學混成學習優化機制。

二、ChatGPT各模型回答內容與高中數學教科書內容比較

下表為實驗組使用本研究開發之教具詢問有關於本次實驗章節「空間概念」的基本觀念，與翰林版109年11月初版第四冊第一單元空間向量之數學教科書內容作為對照，並分別將GPT-3（text-davinci-003）、GPT-3.5（gpt-3.5-turbo）、GPT-4（8K context）模型所產生的回覆作比較，找出其中的差異性，進而找出最適合本次準實驗的模型。

表四 導入不同GPT模型之智慧輔助教具回覆與高中數學教科書內容比較

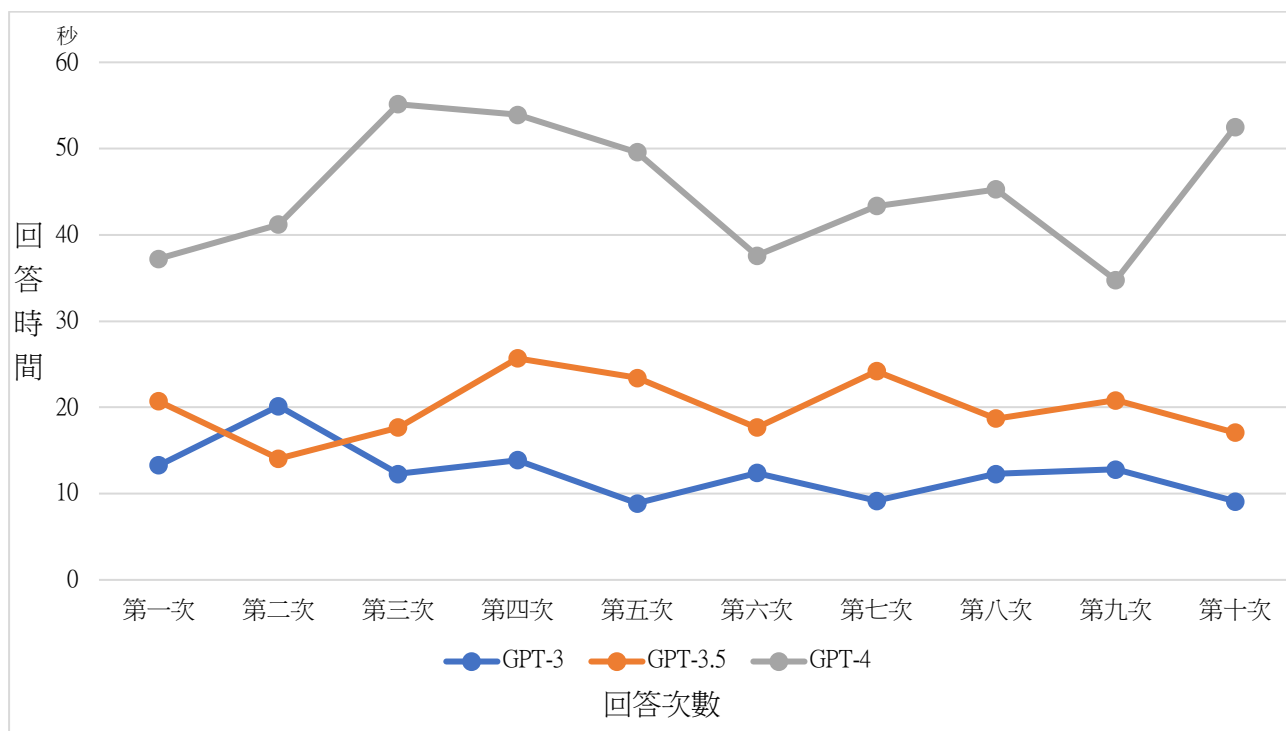
問題模型	在空間中平面與平面的位置關係有哪些？	說明在空間向量中，兩條直線歪斜的定義。
GPT-3	 <p>GPT-3</p> <p>【在空間中平面與平面的位置關係有哪些？】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 共面：兩個平面位於同一面上，方向相反也稱為“背對背”。 2. 平行：兩個平面平行但不在同一面上。 3. 交叉：兩個平面交叉，但沒有交線，互不共享一個角點。 4. 相接：兩個平面相接，有共同的角點，但沒有共同的邊。 5. 重疊：兩個平面都包括著同一個線。 	 <p>GPT-3 捷徑</p> <p>【說明在空間向量中，兩條直線歪斜的定義。】</p> <p>在空間向量中，兩條直線歪斜的定義是：假如將兩條直線投影到相同的平面上，它們之間沒有兩個對稱的點，這表明它們之間的角度不對稱，即直線彼此歪斜。</p>
GPT-3.5	 <p>GPT-3.5 捷徑</p> <p>【在空間中平面與平面的位置關係有哪些？】關於空間中平面與平面的位置關係，有以下幾種情況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平行或重合：兩個平面沒有任何交點，且方向相同，稱為平行或重合。 2. 相交：兩個平面有一條公共直線，稱為相交。 3. 垂直：兩個平面的法向量互相垂直，稱為垂直。 4. 過共線：兩個平面沿著同一條直線相交，此稱為過共線。 5. 傾斜：兩個平面沒有交點且方向不同。 	 <p>GPT-3.5 捷徑</p> <p>【說明在空間向量中，兩條直線歪斜的定義。】在空間向量中，當兩條直線不平行，也不相交的情況下，這兩條直線被稱為歪斜。也就是說，如果從一個線段的一個端點引出一條平行於另一直線且在另一線上不存在的直線，且這條直線不與第二條直線相交，那麼這兩條直線就是歪斜的。</p>
GPT-4	 <p>GPT-4 捷徑</p> <p>【在空間中平面與平面的位置關係有哪些？】在空間中，平面與平面之間的位置關係主要有以下幾種：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平行平面 (Parallel Planes)：兩個平面之間沒有交點，即任何兩個不在同一平面上的平面彼此均為平行。 例如地面和天花板，他們永遠不會相交。 2. 垂直平面 (Perpendicular Planes)：兩個平面相交時，形成了互相垂直的直線，這兩個平面則被稱為垂直平面。 例如牆壁和地面，它們相交以形成的邊緣處的邊是垂直的。 3. 傾斜平面 (Inclined Planes)：如果兩個平面相交但不垂直，則被稱為傾斜平面。它們相交時會在一條直線上。 例如斜坡或梯級，他們和地面交接但與地面存在一定角度。 	 <p>GPT-4 捷徑</p> <p>【說明在空間向量中，兩條直線歪斜的定義。】在空間向量中，兩條直線被稱為歪斜 (skew lines) 當它們既不相交 (intersect) 也不平行 (parallel) 時。換句話說，歪斜的直線是位於不同平面上的線條，它們沒有交點，也不共享相同的方向。</p>
數學教科書	<p>3 平面與平面的關係</p> <p>空間中兩個平面 E_1 與 E_2 的位置關係有下列三種情形。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 平面 E_1 與 E_2 不相交，此時也稱兩者平行，記為 $E_1 // E_2$，如圖 21 所示。 (2) 平面 E_1 與 E_2 相交於一直線，如圖 22 所示。 (3) 平面 E_1 與 E_2 重合，如圖 23 所示。 	<p>兩條直線如果共平面又不相交，根據前面的定義稱它們平行。兩條直線如果不共平面，則稱它們為歪斜，此時，根據第 9 頁性質 (c)，它們必不相交。兩歪斜線既不平行也不相交，就像立體交叉的公路，如圖 11 所示。</p>
比較	<p>由以上三圖可以發現：隨著模型的升級，我們所得到的回覆也更加完整，但是目前我們採用的模型尚未支援圖片，因此在學習上缺乏圖像記憶，可能會使學習者理解受影響。</p>	<p>由以上三圖可以發現：透過向智慧教具提問得到兩條直線歪斜定義，再將其與教科書做比對，相較於GPT-3，GPT-3.5、GPT-4模型較能提供詳細的解說，同時貼近教科書所指。</p>

下表為我們將表四數學空間概念的四個問題改以英文向ChatGPT發問，再將所得到的結果與中文的回覆做對比，透過表五可知：ChatGPT能夠在面對不同語言的提問下將需求者的疑問解答出來，且隨著模型的進步，回覆也更加充實、完整。

表五 GPT模型之智慧輔助教具問答比較表

問題 模型	Tell me the definition of skew lines.	Tell me the relationship between two planes.
GPT-3	<p>GPT-3</p> <p>【Tell me the definition of skew lines.】</p> <p>Skew lines are two non-intersecting lines in a 3-dimensional space that are not in the same plane. Skew lines never intersect, but the planes that contain the two lines do intersect in a line.</p> <p>取消 完成</p>	<p>GPT-3</p> <p>【Tell me the relationship between two planes.】</p> <p>Two planes can intersect in a single line if they are not parallel, they can be parallel to each other, or they can be skew lines that never intersect.</p> <p>取消 完成</p>
GPT-3.5	<p>GPT3.5 捷徑</p> <p>【Tell me the definition of skew lines.】 Skew lines are a pair of lines that are non-perpendicular, non-parallel, and do not intersect each other in three-dimensional space. In simpler terms, skew lines do not lie in the same plane, and they never cross or touch each other at any point.</p> <p>取消 完成</p>	<p>GPT-3.5</p> <p>【Tell me the relationship between two planes.】 Sure, I can help you with that.</p> <p>Two planes can either be parallel to each other, intersect at a point, or be the same plane.</p> <p>If two planes are parallel to each other, they never intersect and the distance between them remains the same.</p> <p>If two planes intersect at a point, then they have only one point in common.</p> <p>If two planes are the same plane, they have all points in common and are identical.</p> <p>I hope this helps! Let me know if you have any further questions.</p> <p>取消 完成</p>
GPT-4	<p>GPT-4</p> <p>【Tell me the definition of skew lines.】 Skew lines are lines in three-dimensional space that do not intersect and are not parallel. In other words, they are two lines that do not share a common plane and never cross each other at any point while they extend infinitely in their respective directions.</p> <p>取消 完成</p>	<p>GPT-4</p> <p>【Tell me the relationship between two planes.】 In mathematics and geometry, the relationship between two planes can be categorized as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Parallel planes: Two planes are parallel if they never intersect, meaning they maintain a consistent distance from each other at all points. 2. Coincident planes: Two planes are coincident if they are essentially the same plane with the same points and equations. In this case, they intersect at every point. 3. Intersecting planes: Two planes are intersecting if they cross or meet in a common straight line called the line of intersection. <p>Please note that these relationships pertain specifically to 3-dimensional Euclidean space.</p> <p>取消 完成</p>

透過向本研究開發之教具提出相同數學問題並比較處理和回答時間後，繪製下圖二。從圖二中可以看出，GPT-4模型所需的時間較長，而GPT-3.5的正確率和回答完整度與GPT-3相比較高，且時間差異較小。



圖二 GPT各模型回答時間折線圖

表六 各模型計算能力比較表

問題 模型	向量a=(2,1,3)，向量b=(2,-2,1)，則向量a在向量b上的正射影為何？	投擲一枚均勻的硬幣三次，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率是多少？
GPT-3	 <p>GPT-3 捷徑</p> <p>【向量a=(2,1,3)，向量b=(2,-2,1)，則向量a在向量b上的正射影為何？】</p> <p>答：向量a在向量b上的正射影為 (1.2,-1.2,0.6)</p>	 <p>GPT-3 捷徑</p> <p>【投擲一枚均勻的硬幣三次，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率是多少？】</p> <p>答：機率為 1/4。</p>
GPT-3.5	 <p>GPT3.5 捷徑</p> <p>【向量a=(2,1,3)，向量b=(2,-2,1)，則向量a在向量b上的正射影為何？】若要計算向量a在向量b上的正射影，可以使用以下公式： $\text{proj}_b(a) = \frac{(a \cdot b)}{(b \cdot b)} * b$</p> <p>首先，計算向量a和向量b的點積 (a·b) 和向量b的點積 (b·b)。</p> <p>$a \cdot b = 2*2 + 1*(-2) + 3*1 = 4 - 2 + 3 = 5$ $b \cdot b = 2*2 + (-2)*(-2) + 1*1 = 4 + 4 + 1 = 9$</p> <p>接下來，將點積除以向量b的點積：$(a \cdot b) / (b \cdot b) = 5 / 9$</p> <p>最後，將得到的數值乘以向量b的每一個分量：</p> <p>$\text{proj}_b(a) = (5 / 9) * (2, -2, 1) = (10/9, -10/9, 5/9)$</p> <p>因此，向量a在向量b上的正射影為 (10/9, -10/9, 5/9)。</p>	 <p>GPT3.5 捷徑</p> <p>【投擲一枚均勻的硬幣三次，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率是多少？】投擲一枚均勻的硬幣三次，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率可以通過計算來得出。</p> <p>首先，投擲三次硬幣，總共有 $2^3 = 8$ 種可能的組合：(其中H代表正面，T代表反面)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HHH 2. HHT 3. HTH 4. THH 5. HTT 6. THT 7. TTH 8. TTT <p>已知至少出現一次正面，所以排除 TTT (全反面)，剩下7種情況。</p> <p>其中，恰好有兩次正面的組合有3種 (HHT、HTH、THH)。</p> <p>因此，恰好出現兩次正面的機率是：$3/7 \approx 0.42857$。</p>
GPT-4	 <p>GPT-4 捷徑</p> <p>【向量a=(2,1,3)，向量b=(2,-2,1)，則向量a在向量b上的正射影為何？】要找到向量a在向量b上的正射影，我們首先需要計算向量a和向量b的點積 (a·b) 以及向量b的模長平方。</p> <p>向量a·向量b = $(2 * 2) + (1 * -2) + (3 * 1) = 4 - 2 + 3 = 5$ 向量b的模長平方 = $(\text{向量b} \cdot \text{向量b}) = (2^2) + (-2^2) + (1^2) = 4 + 4 + 1 = 9$</p> <p>下一步是計算投影係數 (比例因子)： 投影係數 = $\text{向量a} \cdot \text{向量b} / (\text{向量b} \cdot \text{向量b}) = 5 / 9$</p> <p>最後，我們用投影係數乘以向量b來得到投影向量： 投影向量 = $\text{投影係數} \times \text{向量b} = (5/9) \times (2, -2, 1) = (10/9, -10/9, 5/9)$</p> <p>所以，向量a在向量b上的正射影為 (10/9, -10/9, 5/9)。</p>	 <p>GPT-4 捷徑</p> <p>【投擲一枚均勻的硬幣三次，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率是多少？】要計算恰好出現兩次正面的機率，我們首先需要考慮所有可能的拋硬幣組合。投擲一枚均勻硬幣三次，有8種可能的組合：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 正正正 (HHH) 2. 正正反 (HHT) 3. 正反正 (HTH) 4. 反正正 (THH) 5. 正反反 (HTT) 6. 反正反 (THT) 7. 反反正 (TTH) 8. 反反反 (TTT) <p>我們要計算至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率。首先，我們排除沒有正面的情況 (反反反，即 TTT)，剩下的7種組合都至少有一個正面。</p> <p>在這7種組合中，有3種組合恰好出現兩次正面，分別是 HHT、HTH 和 THH。所以，在至少出現一次正面的條件下，恰好出現兩次正面的機率是：$3 / (7)$ (恰好兩次正面的組合數量) / 7 (至少有一個正面的組合數量)，即 $3/7$。所以答案是 $3/7$，約等於 0.429。</p>
比較	<p>由以上三圖可以發現：隨著模型的升級，正確率及解釋變得更加詳盡，但是目前我們採用的模型尚未支援圖片，因此在學習上缺乏圖像記憶，可能會使學習者理解受影響。</p>	<p>由以上三圖可以發現：透過向本研究開發之教具提問數學計算題目，相較於 GPT-3，GPT-3.5、GPT-4 能夠詳盡解釋計算過程且計算出正確答案。</p>

綜合上述模型對比，我們歸納出的結果如表七，因考慮到實驗參與者在對ChatGPT進行相關問題提問時，能夠在相對節省時間當下達到最佳的回覆體驗，最終我們決定採用GPT-3.5模型作為本次智慧教具引入的模型，改善實驗者在混成學習當下遇到的學習困難。

表七 各模型效能比較圖

效能 \ 模型	GPT-3 (text-davinci-003)	GPT-3.5 (gpt-3.5-turbo)	GPT-4 (8K context)
內容充實度	較簡略	條列清楚	條列式、詳細、敘述多
與教科書內容 相似度	較低 較易出現錯誤回答	大致符合 相似度較高	完整度較高 內容清楚說明
計算能力	較易出現錯誤	大多正確	大多正確、明確表達計算過程
處理回答速度	快	中等	較慢
影像支援	無	無	無
定價	\$0.0200/ 1K tokens	\$0.002/ 1K tokens	Prompt : \$0.03/ 1K tokens Completion : \$0.06/ 1K tokens

利用特定的參數設定ChatGPT模型，這些參數在表八中有詳細說明。這個模型的主要目標是配置使用的大型語言模型。在這項研究中，我們選擇了高效的「gpt-3.5-turbo」作為智慧教具的基礎模型。max_tokens參數用於確定生成回答的最大字符數。在我們的研究中，我們將其設置為4000，以便智慧教具能夠提供全面的問答。通過允許更長的回答長度，我們旨在提高智慧教具解釋的詳盡程度。temperature參數影響生成回答時的抽樣溫度。它的範圍從0到2，較高的值會產生更隨機的輸出，而較低的值則會產生更集中和確定性的回答。在我們的研究中，我們將其設置為0.6，以在智慧教具的回答中引入多樣性，並提供更廣泛的潛在回應。presence_penalty參數是介於-2.0和2.0之間的值。正值鼓勵模型避免重複已經出現在生成文本中的詞語，從而促進對新主題的探索。在我們的研究中，我們將其設置為0.2，旨在使智慧教具的回答更具創新性，避免冗余。總的來說，通過在智慧教具中配置這些參數，目的在於優化模型的性能，使其能夠提供全面、多樣且創新的回答。

表八 gpt-3.5-turbo參數配置表

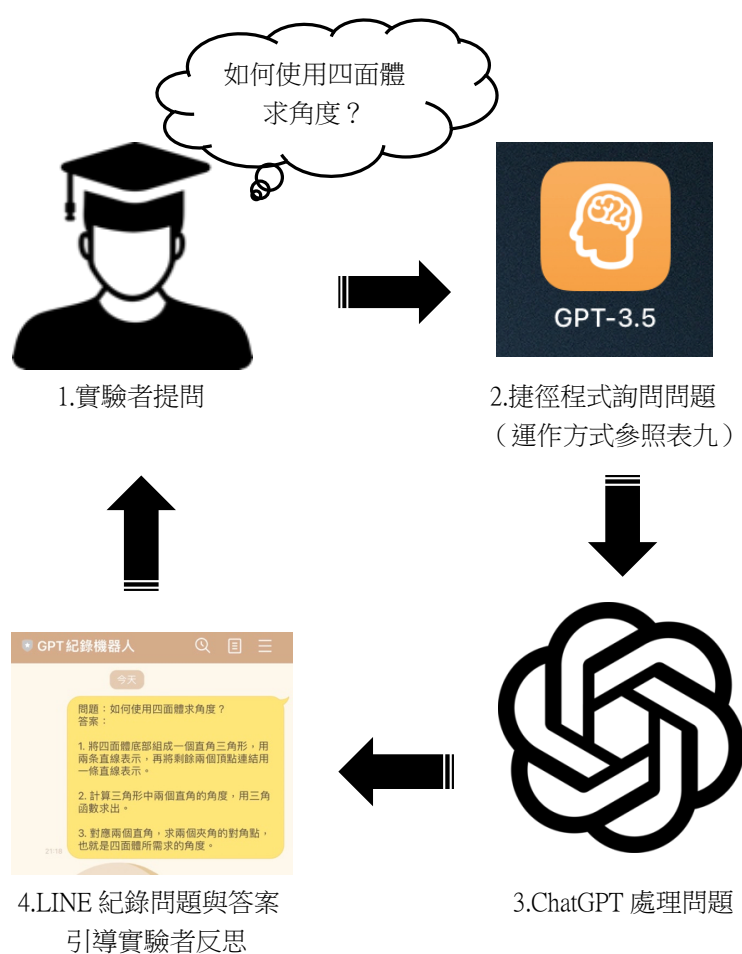
參數	model	max_tokens	temperature	presence_penalty
數值	gpt-3.5-turbo	4000	0.6	0.2

三、 數學混成學習優化機制設計

為改善在混成學習中學習環境的改變以及在實作課程中容易遭受困難兩項為主要的挑戰，本研究提出結合人工智慧聊天機器人ChatGPT與通訊軟體LINE的一項用於數學混成學習的智慧教具。該教具透過強大的聊天機器人ChatGPT可以解決大部分實驗參與者的疑惑，並透過iPad內建捷徑軟體作為平板電腦與ChatGPT溝通的媒介，最終透過通訊軟體LINE紀錄參與者曾經查詢過的問題，幫助參與者回憶並反思課程內容。

需特別注意的是，本研究並非採用常見LINEBot與ChatGPT進行串接製作成LINE聊天機器人的形式進行開發，原因在於建置LINEBot時需將後端服務架設於Serverless託管平台上，目前大多使用Vercel託管平台。該平台只能等待10秒的回應時間，意即，若詢問的問題較為困難或是返回結果較多時便會超過10秒，導致Vercel無法將回應傳送至LINE聊天室，因而造成採用LINE聊天機器人的形式開發之方案無法回答過難過長的問題。

有鑑於此，本研究利用捷徑軟體製作腳本程式，直接寄送（POST）詢問的問題至ChatGPT的網頁中，並直接從網頁取回（GET）問題的答案。後續再將問題的答案呈現於平板電腦的畫面中，並同步將詢問的問題與結果傳送於LINE進行記錄與保存。運作流程圖如圖三所示。



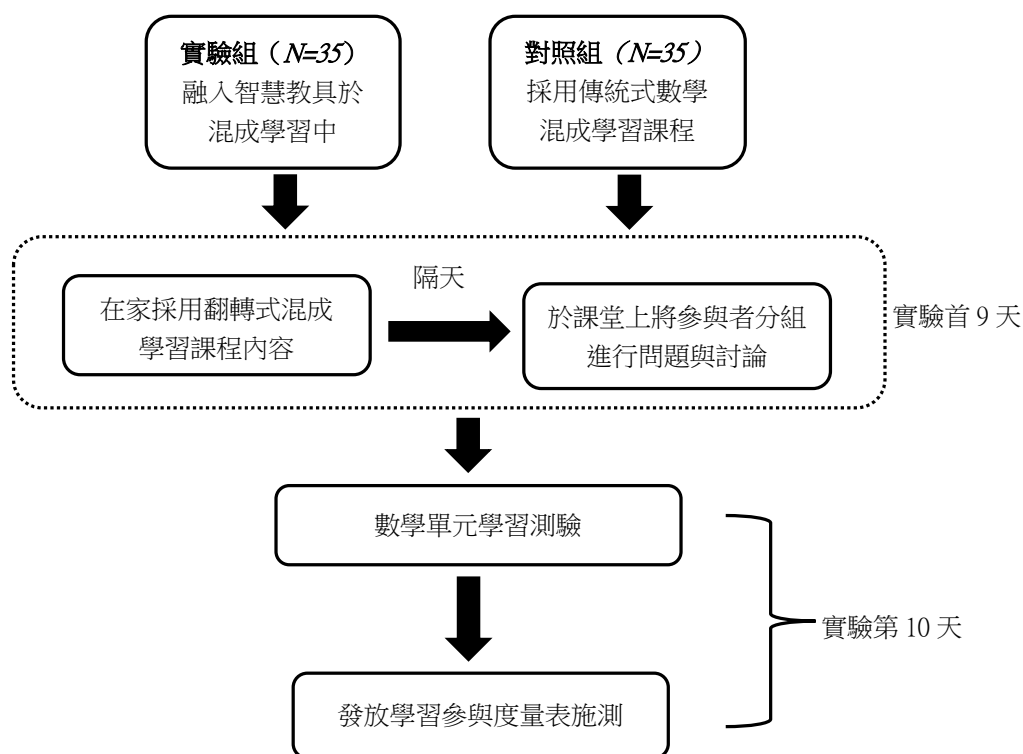
圖三 數學混成學習智慧教具運作流程圖

表九 數學混成學習智慧教具使用流程表

步驟	流程示意圖與說明
步驟一	 <p>設計數學混成學習智慧教具的指令。</p>
步驟二	 <p>點選捷徑後即可開始詢問問題。</p>
步驟三	 <p>機器人會將搜集到的問題解答回覆給使用者。</p>
步驟四	 <p>結束問答後，會將問答結果自動回傳至LINE記錄機器人，以便實驗者加深記憶。</p>

四、 準實驗設計

為驗證本研究所開發之數學混成學習智慧教具對於改善數學混成學習實驗參與者的學習成效是否有幫助。本研究規劃了為期10天的數學混成學習課程，以「空間向量」作為主要學習單元，並採用翻轉式混成學習，參與者在家透過教師所提供之線上教材完成基本知識的建構，而在課堂上則進行小組的討論與數學專案的實作。實驗流程圖如圖四所示。



圖四 準實驗活動流程圖

本研究招募了70名臺灣中部某高中二年級學生作為實驗參與者，並隨機分配至實驗組與控制組。所有參與者及其家長均有簽署實驗的同意書。在實驗組（N=35）中使用了本研究所設計的數學混成學習智慧教具，以幫助參與者回答課堂中的疑問，過程中，老師不提供學相關問題之解惑，意即：實驗參與者只能透過智慧教具釐清問題。控制組（N=35）採用完全相同的教學模式，唯獨未提供相對應之教具使用，參與者須自行尋找方法解決疑問。為保持實驗的公平性，兩組皆由同一位數學教師進行授課。

在實驗的第一天至第九天的數學課採用翻轉式混成學習的形式，參與者在家中透過觀看教育部所提供的相關線上數學教材，如：因才網、DeltaMOOCx等以建構基礎的知識，隔天到課堂上時，以小組討論的形式討論並解決彼此自學時的疑惑。在最後的第十天，進行數學單元的測驗與學習參與度量表的施測，藉此搜集參與者在本次實驗活動中的學習成效。

五、 分析工具

1. 共變異數分析（Analysis of Covariance，ANCOVA）

共變異數分析是一種統計方法，用於分析兩個或多個變數之間的關係，並檢驗它們對於應變量的影響是否有統計上的差異。在 ANCOVA 中，通常將一個或多個自變數分為兩個部分：一個稱為因子（Factor）的分類變數，以及一個或多個稱為共變數（Covariate）的連續變數。共變量通常用來控制或調整另一個或多個自變數對應變量的影響。在本研究中，我們將上學期之數學成績作為共變數，數學單元測驗的分數作為自變數，以此在減少數學先備知識差異影響的前提下，探討實驗組與控制組在數學單元測驗分數的差異性。

2. 獨立樣本T檢定（Independent *t*-test）

獨立樣本T檢定是一種統計檢定方法，用於比較兩個獨立樣本之間的平均數是否相等。在進行獨立樣本T檢定前，必須先確定兩個假設，包含零假設，即兩個樣本的平均數相等；以及對立假設，即兩個樣本的平均數不相等。透過計算每個樣本的平均數、標準差和樣本大小，以及計算兩個樣本之間的T值。如果T值的絕對值超過一個臨界值，就可以拒絕零假設，並且可以得出統計學上的結論，即兩個樣本的平均數不相等。在本研究中，我們使用獨立樣本T檢定探討實驗組與控制組在學習參與度上的差異性。

3. 皮爾森相關係數分析（Pearson's Correlation Coefficient analysis）

皮爾森相關係數分析是一種衡量兩個變數之間線性相關程度的統計方法，其往往用來描述兩連續變數之間的關係。皮爾森相關係數的取值範圍是-1到+1之間。當相關係數為+1時，表示兩個變量呈完全正相關，也就是說，一個變量增大時，另一個變量也增大，反之亦然。當相關係數為0時，表示兩個變量之間沒有線性相關性。在本研究中，我們使用皮爾森相關係數分析探討在數學混成學習中數學學習成效與各維度參與度間的關聯。

肆、研究結果

本章節將根據所得之研究資料進行整理與分析，以此回答本研究之研究問題：

1. 回顧過往文獻，過往研究所提及混成學習之挑戰該挑戰之成因為何？

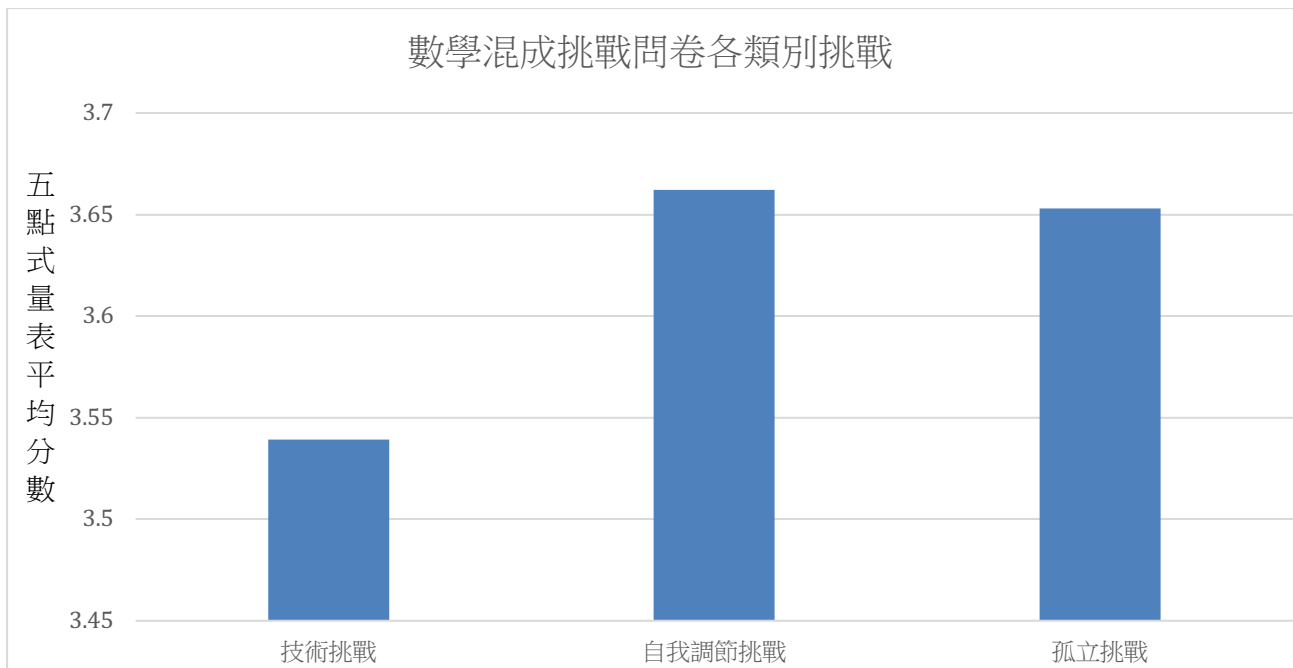
根據Rasheed et al. (2020)的系統性回顧論文表示，學生在混成學習中可能面臨的挑戰大致可歸納為五類，包含自我調節挑戰（self-regulation challenges）、技術素養與能力挑戰（technological literacy and competency challenges）、學生孤立挑戰（students' isolation challenges）、技術充分性挑戰（technological sufficiency challenges）以及技術複雜性挑戰（technological complexity challenges）。

此五類挑戰大致可以總結為**技術挑戰**、**自我調節挑戰**以及**學生孤立挑戰**。技術挑戰的成因源自於學習者因設備的缺乏或是教學軟體的使用上出現問題而導致在混成學習中出現困難。而自我調節挑戰發生於學生高度自主性，導致學生時常在遠距學習時將大部分的時間用於其他活動，導致學生出現拖延症的行為。學生孤立挑戰則是在進行混成學習時，學生會因為孤立感而缺乏學習動力，致使形成焦慮感。

綜上所述，雖然混成學習可以透過海量的數位學習教材幫助學生提升學習效率，但伴隨而來的也具備許多挑戰。再者，臺灣由於COVID-19疫情，導致推行混成學習時間較為急迫，因而造就現階段混成學習成效不彰。因此，此結果將支撐我們進行後續問卷的設計，以此量測出對於臺灣學生而言，在COVID-19期間混成學習學習成效不佳的成因有哪些。

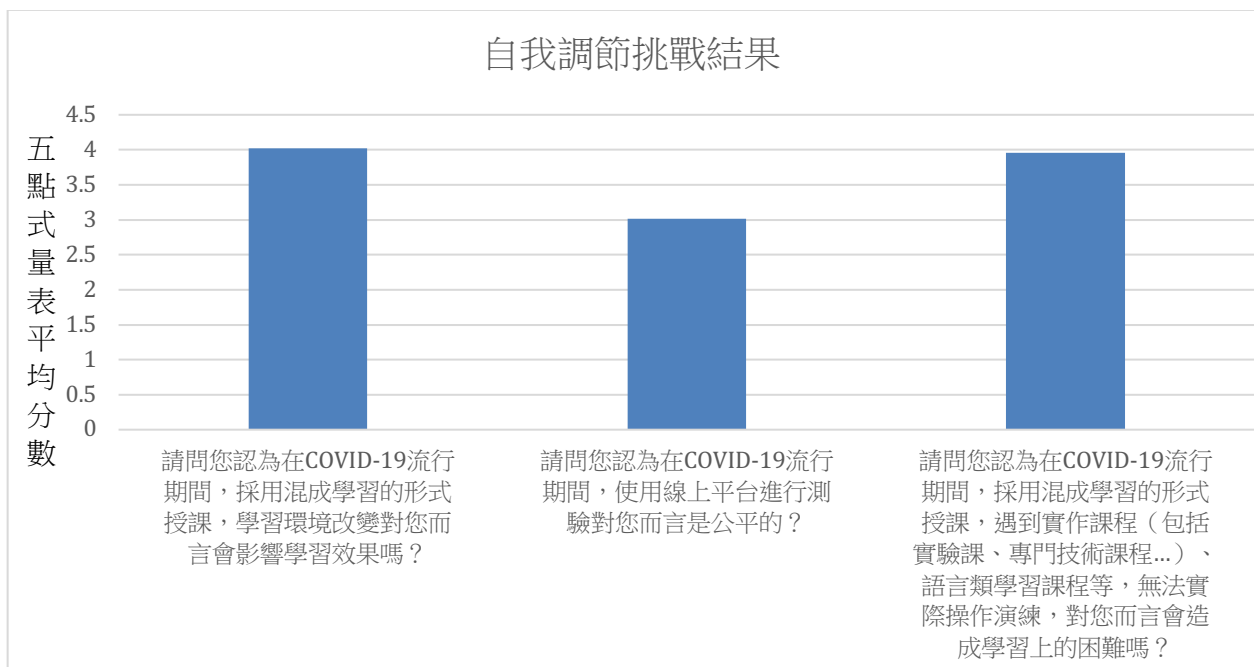
2. 導致臺灣學生在COVID-19期間混成學習學習成效不佳的成因有哪些？

為了解此研究問題，本研究根據文獻所調查之混成學習挑戰為基礎，即**技術挑戰**、**自我調節挑戰**以及**學生孤立挑戰**。自行研擬出數學混成學習挑戰問卷以此了解臺灣學生在COVID-19期間混成學習學習成效不佳的成因。該問卷共收得147份有效問卷。問卷統計結果如圖五與圖六。由圖五可知，自我調節是COVID-19期間對於施測學生最大的挑戰。



圖五 數學混成學習挑戰問卷各類別挑戰結果

其中，為更進一步了解具體的挑戰為何，本研究將自我調節挑戰的三個問項進行統計分析，結果如圖六所示。大多學生認為在混成學習中**學習環境的改變**以及在**實作課程中容易遭受困難**兩項為主要的挑戰。



圖六 自我調節挑戰結果分析

3. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進實驗參與者之數學學習成效？

為了解實驗組與控制組在介入了數學混成學習智慧教具與否後，數學成效是否有顯著的差異，本研究採用了ANCOVA分析，以上學期之數學成績作為共變數，數學單元測驗的分數作為自變數，以此在減少數學先備知識差異影響的前提下，探討實驗組與控制組在數學單元測驗分數的差異性。

為了檢驗使用ANCOVA進行分析的適宜性，本研究先進行Levene檢驗來驗證實驗組和與控制組自變數的同質性。結果顯示所測量值沒有達到顯著效果（ $F=2.01, p=0.161>0.05$ ），於是拒絕虛無假設。因此此數據可利用ANCOVA分析。由表十可知，在考慮數學先備知識的前提下，實驗組與控制組所得的數學單元測驗成績有明顯差異（ $F=15.9, p<0.001$ ）。由數據呈現的兩組平均數可以發現，實驗組（ $M=67.9, SD=16.64$ ）的成績明顯高於控制組的成績（ $M=52.0, SD=20.65$ ）。因此，這表明本研究設計的數學混成學習智慧教具可以有效地提高學習者的數學成效。

表十 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	6863	1	6863	27.0	<0.001***	0.287
組別	4033	1	4033	15.9	<0.001***	0.2
誤差	17048	67	254			

Note. * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

4. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進實驗參與者數學課之參與度？

為探討此研究問題，本研究使用獨立樣本t檢定用以了解實驗組與控制組在各維度的學習參與度是否有顯著差異。獨立樣本t檢定分析結果如表十一所示。由表十一可知，實驗組與控制組在認知參與度（ $t=2.112, p<0.05$ ）、行為參與度（ $t=2.261, p<0.05$ ）以及情感參與度（ $t=2.473, p<0.05$ ）皆有顯著的差異，並且根據平均數可知，實驗組在認知參與度、行為參與度以及情感參與度皆顯著高於控制組。由此結果可知，本研究所設計之數學混成學習智慧教具可以有效地提升學習者在數學混成學習中的學習參與度。

表十一 各維度學習參與度獨立樣本檢定分析結果

	組別	平均數	標準差	<i>t</i> 值	效果量
認知參與度	實驗組	20.2	3.62	2.112*	0.51
	控制組	18.7	2.05		
行為參與度	實驗組	16.7	2.65	2.261*	0.54
	控制組	15.5	1.95		
情感參與度	實驗組	20.5	3.15	2.473*	0.55
	控制組	18.9	2.52		
社會參與度	實驗組	17.0	2.39	1.755	0.42
	控制組	16.1	1.44		

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

5. 在數學混成學習中，學習者之參與度如何影響數學成效?

為了解學習者之參與度如何影響數學成效，本研究採用皮爾森相關係數分析探討數學單元測驗成績與各維度學習參與度間的關聯。結果如表十二所示。結果表明，認知參與度（ $r=0.332, p < 0.01$ ）、行為參與度（ $r=0.354, p < 0.01$ ）與情感參與度（ $r=0.345, p < 0.01$ ）與數學成績皆有高度的顯著正相關。反之，社會參與度（ $r=0.017, p > 0.05$ ）與數學成績之間並不存在關聯性。由此結果可知，學習參與度在數學混成學習中的重要性，並且會一定程度地影響實驗參與者的數學成效。

表十二 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	0.332**	0.354**	0.345**	0.017

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

伍、討論

本研究旨在探討在臺灣COVID-19大流行期間混成學習推行主要的挑戰為何，並根據該挑戰進行優化與解決，最終提高學習者之學習成效與學習參與度。是故，本章節將根據上述所得之結果進行討論與分析，以此理解該量化分析結果的成因。

一、數學混成學習智慧教具對於數學成效的影響

對臺灣大部分高中學生而言，數學是一門重要且困難的科目，因此無論是在傳統授課或是混成學習來說，如何在學習上遇到困難時即時的將問題解決便成為提高學習成效的一大關鍵。因此，本研究教具結合ChatGPT與LINE開發出數學混成學習智慧教具，以此有效地幫助學習者解決課堂上的疑惑，顯著地改善學習者在數學混成學習中的學習成效。由於困難即時地被解決，使得學習者不會中斷知識的吸收，因而加速知識建構的進程。此外，由於混成學習中線上學習是極為重要的部分，在線上學習時並不會像傳統課堂遇到問題可以詢問老師。因此，數學混成學習智慧教具的介入便可有效地改善此問題，使學習者在家自學時也可方便地解決遇到的困難與疑問，最終使學習者在數學混成學習中取得較好的成效。

二、數學混成學習智慧教具對於學習參與度的影響

在表十二的結果中，本研究發現數學混成學習智慧教具的介入可以有效地改善學習者的認知參與度、行為參與度以及情感參與度。

(一) **認知參與度**：由於數學混成學習智慧教具可以即時解決學習者遭遇到的困難，進而加速知識建構的進程，因此對於認知參與度的影響顯而易見。

(二) **行為參與度**：由於學生在數學混成學習中不再因為遭遇困難而被迫中斷學習，因此相較於控制組參與者，實驗組參與者會在學習上採取更多的積極行為，進而改善行為參與度。

(三) **情感參與度**：在課堂上的情感表現是重要的學習目標之一(林郁婷 & 龔心怡, 2022)，對數學教育而言，遭遇困難與挫敗而導致的低學習動機與態度一直以來都是造成學生在數學課中輟或失敗的主因之一(Luttenberger et al., 2018)。因此，透過本研究所開發之數學混成學習智慧教具，可以有效地幫助實驗者解決問題，進而減少學習者在數學混成學習課程中的挫敗感，最終提升學習者的情感參與度。

陸、結論

一、研究發現

鑒於臺灣混成學習因新冠肺炎的大流行而導致在推行上較為急迫，本研究從發現研究問題開始著手，調查國內外研究所提及之混成學習挑戰為何，並以此為基礎自行設計之數學混成學習挑戰問卷瞭解對於臺灣學生而言真正混成學習的挑戰是什麼。根據該挑戰進行準實驗的設計與實施，以此驗證本研究之方法對於改善學習者在數學混成學習數學成效與學習參與度的幫助。以下列舉本研究之發現與貢獻：

1. 本研究由國內外文獻調查出混成學習的挑戰包含：**技術挑戰**、**自我調節挑戰**及**孤立挑戰**。
2. 根據上述三者挑戰，本研究自行設計**數學混成學習挑戰**的八個題項，並且經過內部一致性分析證明其具一定之信度。
3. 根據問卷調查的結果，本研究得知對臺灣學生而言，**自我調節挑戰**是學生認為混成學習主要的挑戰。其成因主要為**學習環境的改變**以及**實作實驗課程容易遭遇問題無法被解決**。
4. 透過比對GPT-3、GPT-3.5、GPT-4模型可知：GPT-4模型的使用收費成本高且等待速度慢，而GPT-3.5相較於GPT-3**正確率**和**回答完整度**都較高，且時間比起GPT-4，能更有效率地處理及回答問題，因此我們採用**GPT3.5**模型作為本次智慧教具所導入的模型。
5. 為改善上述問題，本研究結合聊天機器人ChatGPT與LINE聊天機器人，開發出**數學混成學習智慧教具**，以此輔助學習者在數學混成學習課堂上的學習。
6. 經過準實驗設計的驗證，數學混成學習智慧教具的介入可以有效地改善學習者的**數學成效**以及**學習參與度**（包含**認知**、**行為**與**情感參與度**）。
7. 由於數學混成學習智慧教具可以即時解答學習者在學習中的疑惑與困難，使得**學習者不會中斷知識的吸收**，因而**加速知識建構的進程**，此情形很好解釋數學成效改善之成因。
8. 透過此智慧教具的實施確實能夠提升實驗參與者的**認知參與度**、**行為參與度**、**情感參與度**。
9. 本研究提出一優化數學混成學習之方案，即數學混成學習智慧教具的開發與設計，透過導入該智慧教具後，能為臺灣數學混成學習之推行做出貢獻。

二、研究限制

1. 數學混成學習智慧教具僅能在Apple設備上使用。
2. 最新模型（GPT-4）的使用**收費成本高且等待速度慢**。
3. 因考量時間與人力成本，本研究僅蒐集147份數學混成學習挑戰問卷，可能會導致在統計抽樣上的偏差以及缺少特定族群的建議與想法。

三、未來展望

1. 未來我們期望可以更大規模地針對**不同地方、年齡**之學習者進行問卷的施測，使所得之結果能更貼近於實際情況。
2. 目前本實驗所採用的模型皆**尚未具備圖片、影片功能**，期望此功能開放後，能更進一步改善實驗參與者的學習狀況。
3. 本研究所開發之數學混成學習智慧教具安裝與建置成本較低，僅需一台Apple設備即可。因此，未來期望可將此**智慧教具進行推廣**，使其可使用在**不同學科**的學習上，為臺灣教育領域的發展以及混成學習的推行做出貢獻。

柒、參考資料及其他

- 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.
- 洪詠善. (2020). 停課不停學: 當自主學習成為日常. *Journal of Curriculum Studies*, 15(1), 15-33.
- 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.
- 國立臺灣大學. (2023). 教學新知 - 混成教學. http://ctld.ntu.edu.tw/fd/teaching_resource/page1-1_detail.php?bgid=2&gid=18&nid=541
- 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.
- 游森棚、林延輯、柯建彰、洪士薰、洪育祥、張宮明. 數學4A. 翰林版109年11月初版第四冊.
- Bizami, N. A., Tasir, Z., & Kew, S. N. (2022). Innovative pedagogical principles and technological tools capabilities for immersive blended learning: a systematic literature review. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11243-w>
- Fitri, S., & Zahari, C. (2019). The implementation of blended learning to improve understanding of mathematics. *Journal of physics: Conference series*,
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10306-0>
- Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology research and behavior management*, 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. (2020). Transitioning From Face-to-Face to Blended and Full Online Learning Engineering Master's Program. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 2-9. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2925320>
- 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, 100394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100394>
- Quinn, D., & Araújo, J. (2020). Blended learning in first year engineering mathematics. *ZDM*, 52(5), 927-941. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01160-y>
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., & Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, 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. <https://doi.org/10.1080/09751122.2014.11890134>
- Smith, K., & Hill, J. (2019). Defining the nature of blended learning through its depiction in current research. *Higher Education Research & Development*, 38(2), 383-397.
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.01.008>

【評語】 052705

該研究對於混成學習的種類，與定義，遇到的挑戰，做了蠻好的回顧，並且選出三種主要的挑戰，設計問卷，請學生進行同意度的評分，找出學生最大的挑戰，是自我調節

之後比較不同 ChatGPT 版本，對於回答數學定義問題，與現有數學教科書的接近程度或正確詳細程度，結果是 GPT-4 最好，但收費較高，速度較慢，因此選擇 GPT3.5 並設計出混成的教具使用流程

之後比較傳統與混成教學，發現他們先備知識無差異，但混成教學組的認知，行為與情感參與度較高。但最後學習成效的部份，只有看到這三項參與度與成效有相關，但沒有比較兩組的成效是否有差異。

整體來說，是很完整的作品。

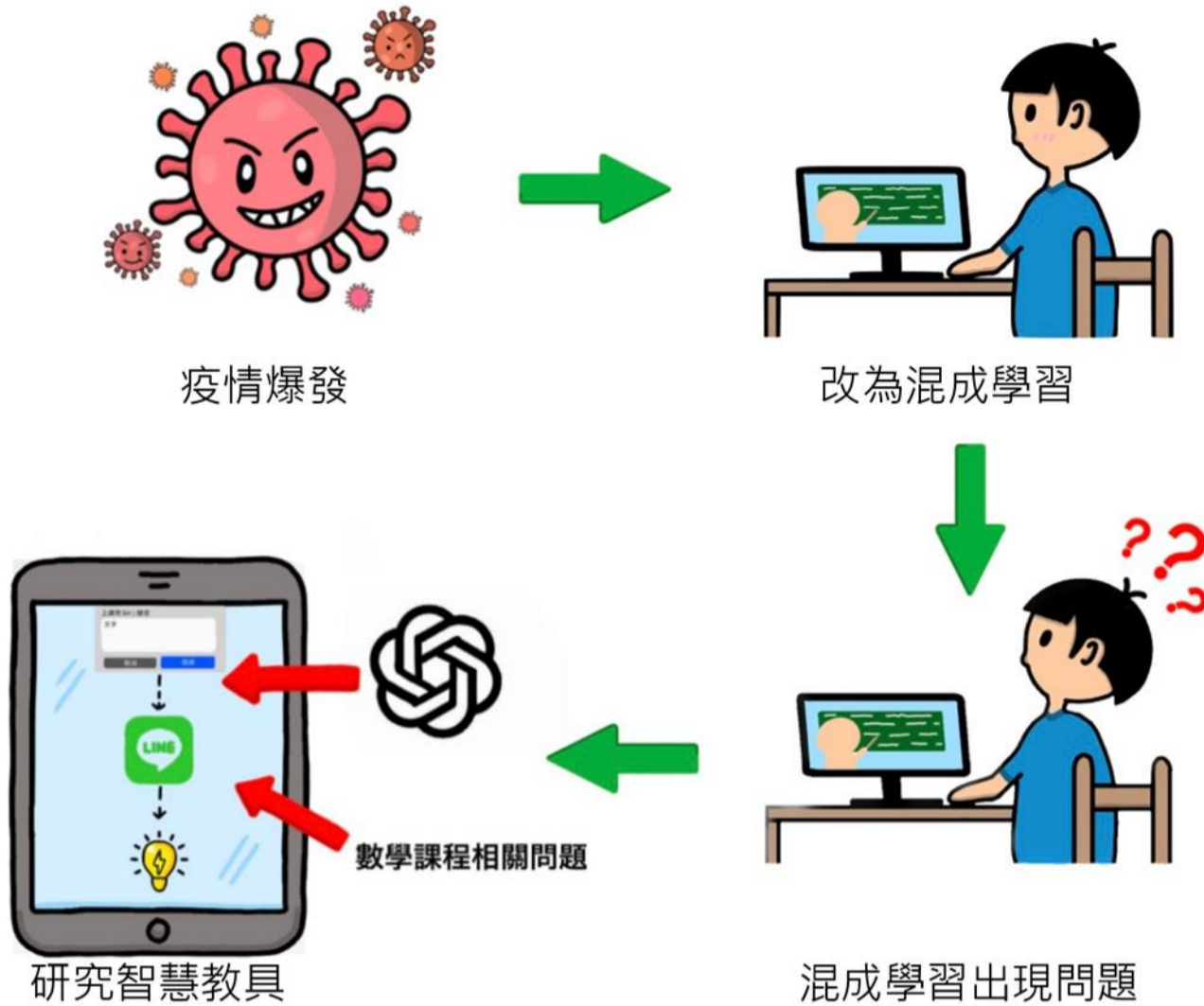
作品海報

疫情之下的學習——探討 ChatGPT 對於高中學生

數學混成學習成效與學習參與度之影響

研究動機

隨著 COVID-19 爆發，多數高中職採用混成學習。混成學習期間師生遇到許多問題。數學科相較於其他科目而言自學不易，因此，本研究首要任務便是了解臺灣混成學習遭遇最大的挑戰為何，並以此進行優化，期望改善混成學習面臨到的困難，最終提升臺灣學生在混成學習中的學習成果。

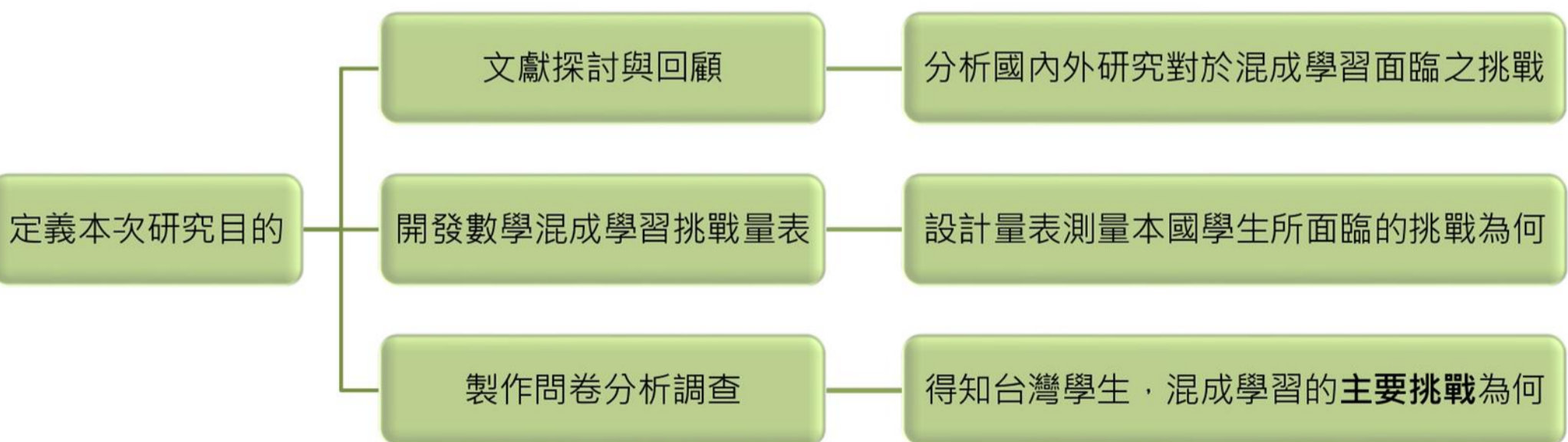


研究目的

1. 回顧過往文獻，研究其所提及之混成學習挑戰成因為何？
2. 導致臺灣學生在 COVID-19 期間混成學習學習成效不佳的成因有哪些？
3. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進學生之數學學習成效？
4. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進學生數學課之參與度？
5. 在數學混成學習中，學習者之參與度如何影響數學成效？

研究方法

以下述研究方法，找出臺灣混成學習成效不佳之肇因，並以此設計優化機制。

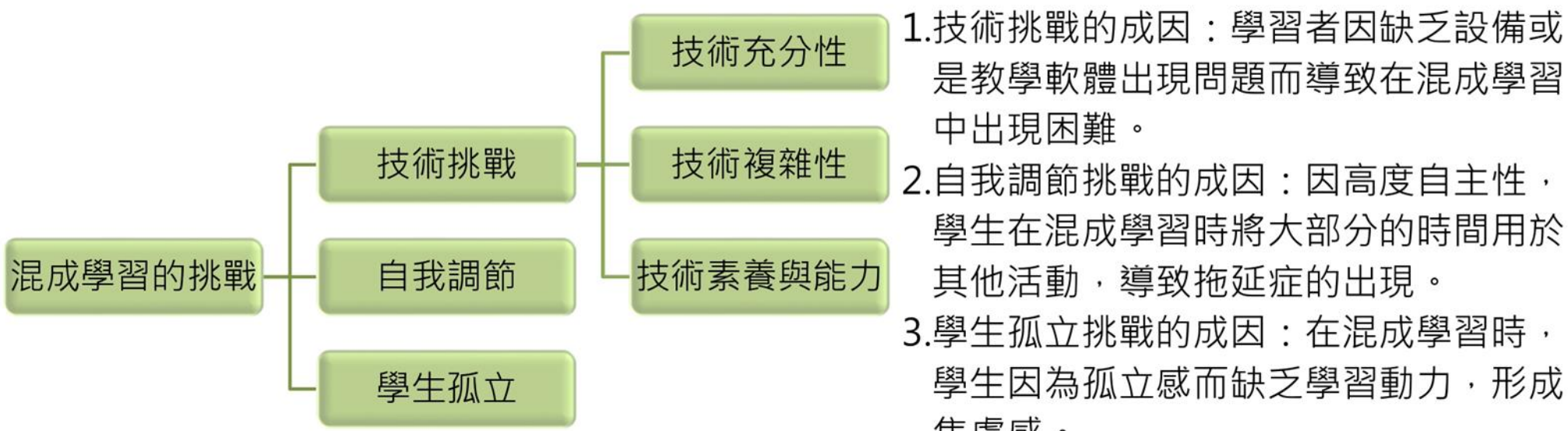


實驗流程圖一



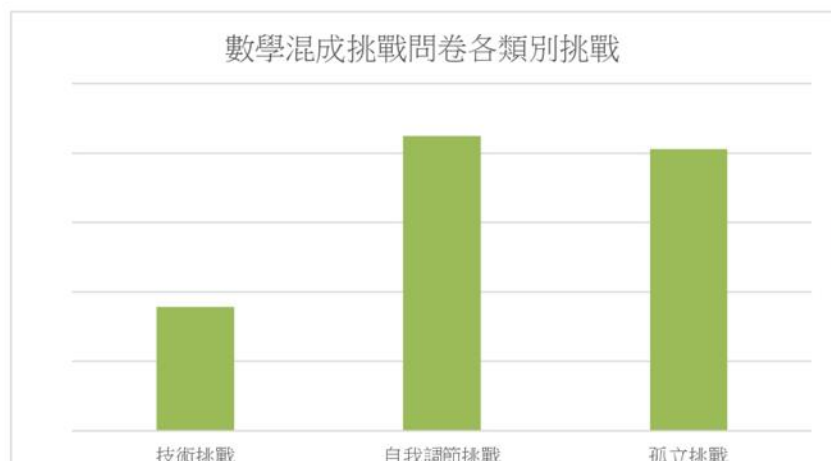
實驗流程圖二

1. 回顧過往文獻，過往研究所提及混成學習之挑戰該挑戰之成因為何？



2. 導致臺灣學生在 COVID-19 期間混成學習學習成效不佳的成因有哪些？

為了解此研究問題，本研究根據文獻所調查之混成學習挑戰為基礎。自行研擬出數學混成學習挑戰問卷以此了解我國學生在混成學習期間學習成效不佳的成因。該問卷共收得 147 份有效問卷。



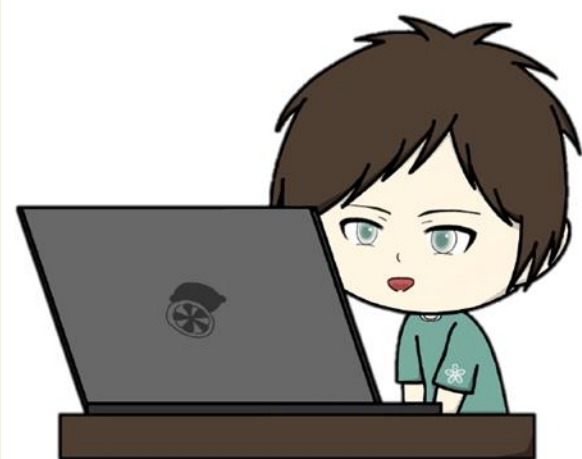
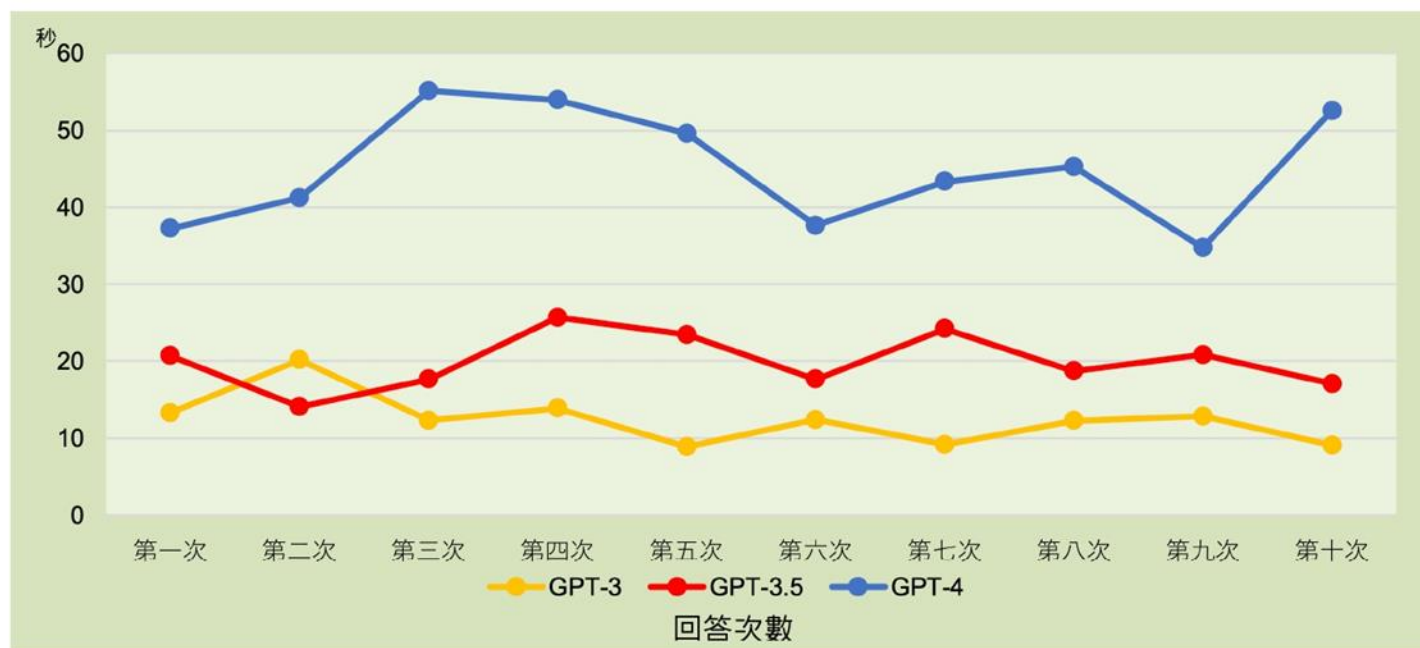
由上圖可知，自我調節是 COVID-19 期間對於施策學生最大的挑戰。



進一步分析自我調節挑戰，結果發現大多學生認為學習環境改變以及在實作課程中容易遭受困難為主要的挑戰。

3. 透過本研究所設計之混成學習優化機制，是否可以增進學生之數學學習成效與課堂參與度？

以熱門的 ChatGPT 與通訊軟體 LINE 製作數學混成學習智慧教具。透過強大的 ChatGPT 資料庫可以解決大部分學生的疑惑，並以 iPad 內建捷徑軟體作為 iPad 與 ChatGPT 溝通的媒介，最終透過通訊軟體 LINE 紀錄學生曾經查詢過的問題。



模型效能	GPT-3 (text-davinci-003)	GPT-3.5 (gpt-3.5-turbo)	GPT-4 (8K context)
內容充實度與教科書內容相似度	較簡略 較低 較易出現錯誤回答	條列清楚 大致符合 相似度較高	條列式、詳細、敘述多 完整度較高 內容清楚說明
計算能力	較易出現錯誤	大多正確	大多正確、明確表達計算過程
處理回答速度	快	中等	較慢
影像支援	無	無	無
定價	\$0.0200 / 1K tokens	\$0.002 / 1K tokens	Prompt : \$0.03 / 1K tokens Completion : \$0.06 / 1K tokens

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
先備知識	6863	1	6863	27.0	<0.001***	0.287
組別	4033	1	4033	15.9	<0.001***	0.2
誤差	17048	67	254			

Note. *p<.05, **p<.01, ***p<.001

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	20.2	3.62	2.112*	0.51
	對照組	18.7	2.05		
行為參與度	實驗組	16.7	2.65	2.261*	0.54
	對照組	15.5	1.95		
情感參與度	實驗組	20.5	3.15	2.473*	0.55
	對照組	18.9	2.52		
社會參與度	實驗組	17.0	2.39	1.755	0.42
	對照組	16.1	1.44		

為了解介入數學混成學習智慧教具後，數學成績是否有顯著的差異，利用 ANCOVA 分析兩組所得的數學單元測驗成績有明顯差異，因此，本研究設計的數學混成學習智慧教具可以**有效地提高學習者的數學成效**。

本研究使用獨立樣本 t 檢定用以了解實驗組與對照組在各維度的學習參與度是否有顯著差異。數學混成學習智慧教具可以**有效提升學習者的學習參與度**。



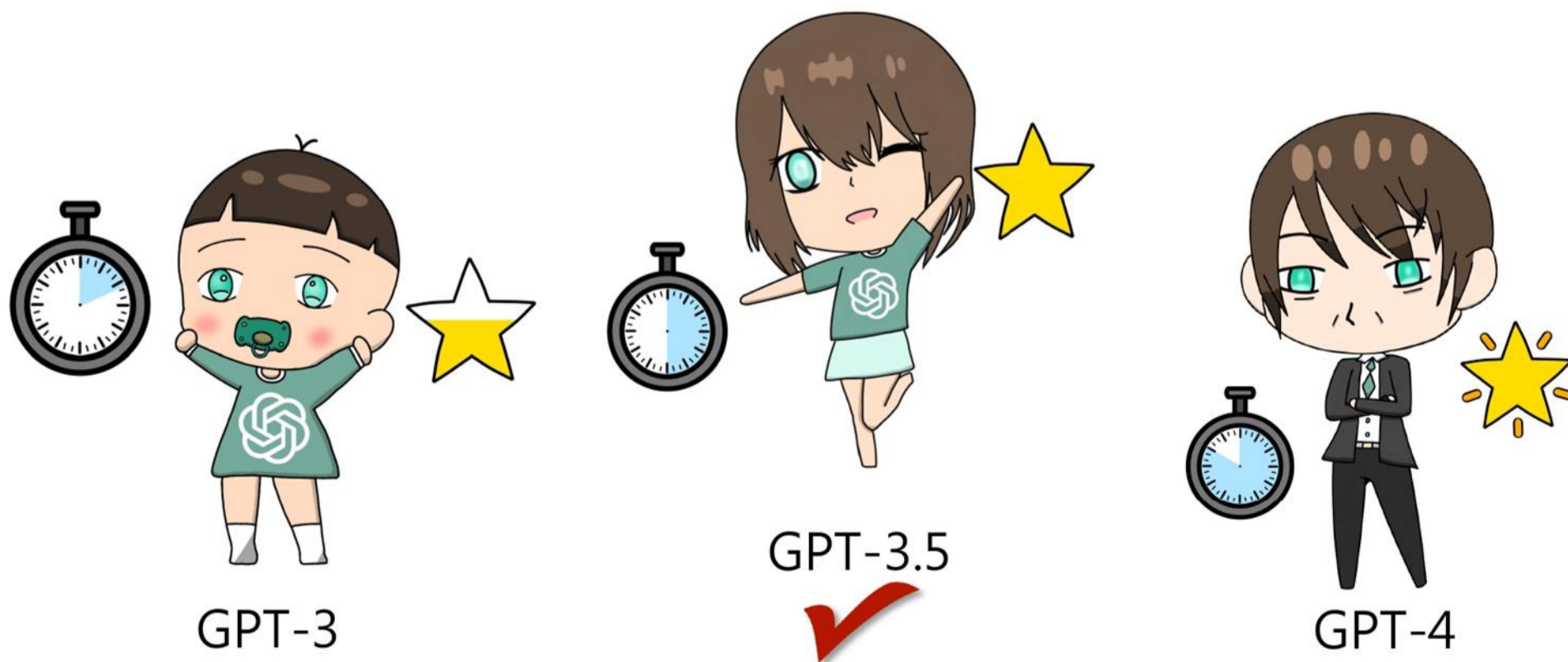
數學單元測驗與各維度參與度相關係數結果

	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	0.332**	0.354**	0.345**	0.017

本研究採用皮爾森相關係數分析數學單元測驗成效與各維度學習參與度間的關聯。除社會參與度，其餘三者皆與數學成效有**顯著的正相關**。

結論

1. 本研究由國內外文獻調查出混成學習的挑戰包含：**技術挑戰**、**自我調節挑戰**以及**孤立挑戰**。
2. 混成學習重**最主要的**挑戰為**自我調節挑戰**，成因：**學習環境的改變**以及**實作實驗課程容易遭遇問題而無法被解決**。
3. 經由準實驗設計，數學混成學習智慧教具的介入可以有效地改善學習者的**數學成效**以及**學習參與度**。
4. 透過比對 GPT-3、GPT-3.5、GPT-4 模型可知：綜合時間與回答完整性，我們將**GPT-3.5** 模型作為本次智慧教具導入的模型。



參考文獻資料

- 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.
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., & Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, 103701.