

## Promoting Self-Regulation Progress and Knowledge Construction in Blended Learning via ChatGPT-Based Learning Aid

將計算思維融入支架式學習 提升科學、技術、工程和數學動手學習的創新方法

## 文獻回顧 混合式學習（Blended Learning）

契機：

- COVID-19大流行進而使混合式學習成為這場危機中的主流教學方法（Kaffenberger，2021；Pokhrel and Chhetri，2021）。

定義：

- 將傳統面授教學與在線學習相結合的創新教學方法。學生可以選擇課堂學習或在線學習，獲得更全面、更多樣化的學習體驗（Hrastinski，2019）。融合現實實用性和數位技術便利性，實現了提高學生學習效率和滿意度的目標（Rasheed et al. 2020）

範例：

- Kundu 等人（2021 年）在印度的一個四年級課堂上引入了混合式學習，經過九周的教學，發現混合式學習顯著提高了學生的學習參與度。
- 馬丁內斯等人（2019）建議將大量已有的在線學習資源納入混合式學習，以確保課程的連續性。

缺點：拉希德等人（2020）的一篇系統性綜述文章，學生在混合式學習中可能遇到的挑戰大致可分為五類：

- 自我調節：學習者容易缺乏自律能力和學習動機,難以有效管理自己的學習進程。
- 技術素養：需要一定的信息技術基礎，學習者若不熟悉技術工具,可能難以適應混合學習模式。
- 學生隔離：同步學習時可能會感到孤獨和缺乏互動，影響學習效率和動機。
- 硬體設備：需要一定的信息基礎設施支持,如果硬件設備和網絡不足,也會影響混合學習效果。
- 技術複雜性：不熟悉不同平台的操作流程,可能增加學習的認知負擔。

## 文獻回顧 自我調節 (Self-Regulation Progress)

定義：

- 由Zimmerman (2000) 提出自我調節是指學習者能夠獨立地控制、監督和調節自己的學習過程，以實現學習目標 (Pintrich, 2000; Zimmerman, 2008)
  - 前思階段：分析學習任務，設定目標，並制定實現目標的方法。確保有足夠的動力完成學習任務。
  - 表現階段，實際參與學習活動的階段。需要積極參與，監控和調整自己的學習行為。
  - 自我反思階段，回顧和評估自己的學習效果和學習成果。

其他作者對該學習模型進行補充：

- Winne (2011) 提供學習者在其中不斷監測和調整自己的策略，從而闡明了自我調節學習的循環性和適應性。
- Efklides (2011) 則專注於自我調節學習中的自身認知因素。Järvelä 等人 (2013 年) 強調了合作的方面。
- 以上多角度觀點表明，一個強大的模型不應過分依賴於單一的方法。相反，它應該整合各種模式的寶貴見解，最終增強和支持學習者的獨特學習歷程 (Panadero, 2017)。

困境：

- 缺乏支持和指導，學習者往往會遇到無法解決的困難，導致學習動機和參與度低下，以及自我效能感下降和失敗 (Kim等人, 2019; Kizilcec等人, 2017; Wert等人, 2021)。

解決方案：

- 使用google解決遇到的問題和困難 (Isda 等人, 2021; Mracek, 2019)。但信息往往比較分散和雜亂，需要學習者中斷學習來檢索信息，從而影響自我調節的進度。

本研究在混合式學習中設計基於ChatGPT的學習輔助工具，並探究與傳統google相比，該輔助工具能否有效提升學生的自律進度和知識建構能力。

## 文獻回顧 大型語言模型

- 以數十億個參數為基礎進行深度訓練,從海量數據中學習生成人類自然語言。
- 主要用於自然語言處理任務,包括三個部分:感知、理解和生成。
  - 感知：通過 “標記化 ” 處理句子，將其轉換為機器可讀的格式。
  - 理解：分析句子的語法和語義等特征，優化訓練結果。
  - 生成：生成人類可讀、可理解的自然語言（Carlini et al. 2021）。
- Transformer，取代長短期記憶（LSTM）和遞歸神經網絡（RNN）模型的 NLP 方法（Vaswani 等人，2017 年）。其又區分為BERT（Ettinger，2020 年）和 GPT 模型（Radford 等人，2018 年）
- ChatGPT 以 GPT-3.5 為基礎，納入人類反饋強化學習（RLHF）訓練，減少無效輸出。其生成的回覆不僅可以幫助整理要點，還可以作為翻譯工具並執行基本的程序檢查。

### 相關文獻：

- Baidoo-Anu 和 Owusu Ansah（2023 年）研究 ChatGPT 如何促進教育中的個性化互動學習。
- Kung 等人（2023 年）ChatGPT 在美國醫學執業資格考試（USMLE）中有醫學教育中的潛力。
- Kasneci 等人（2023 年）ChatGPT 提供準確的解釋，引導學習者逐步理解問題的深層原因，為高中生提供個性化和有效的學習體驗。

本研究：基於 ChatGPT 的混合式學習輔助工具，為學生提供即時、有用的支持，解決他們的問題。與google相比，本研究還探討了該工具能否幫助學生在學習過程中構建知識。

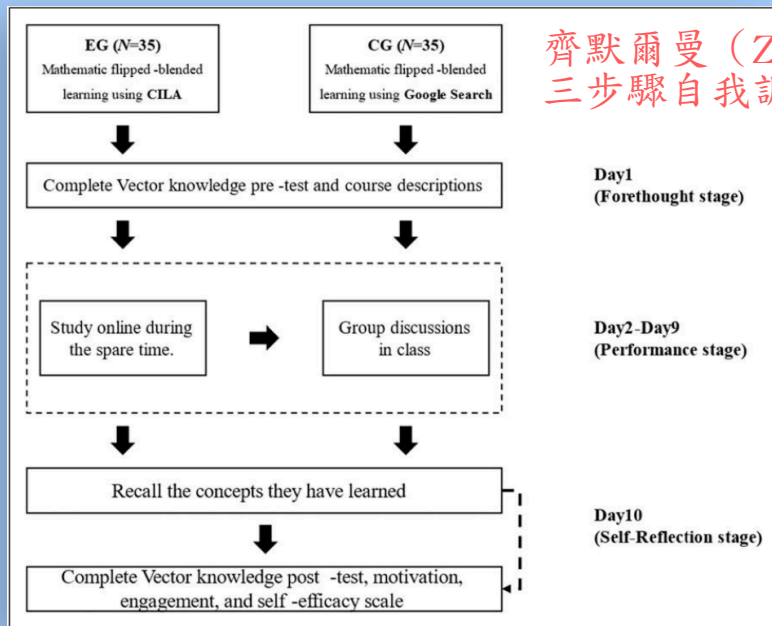
# 研究架構

## 研究對象

- 台灣中部一所高中，共 70 名 K-12 學生（40 男30 女），分組為實驗組（EG）（21 名男生和 14 名女生）、對照組（CG）（19 名男生和 16 名女生）。
- 指導 EG 和 CG 為同一位教師，所有參與者都配備了 iPad，以消除潛在的硬件限制（Rasheed et al. 2020）
- 實驗活動為必修數學課程，歷時十天。
- 按照齊默爾曼（Zimmerman，2000 年）的三步驟自我調節進度進行活動設計。

## 實驗過程

- 第一天：前測，教導向量知識的原理和應用。學員制定自己的學習計劃和目標
- 從第二天到第九天：實現既定目標（在線教程、網絡研討會、數字教科書和互動練習等）
- 第十天：回顧，後側



齊默爾曼（Zimmerman，2000 年）  
三步驟自我調節進度

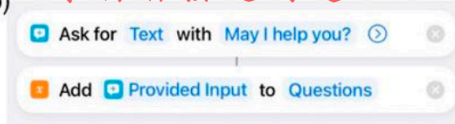
# 研究架構

(a) 註冊郵件獲得密鑰



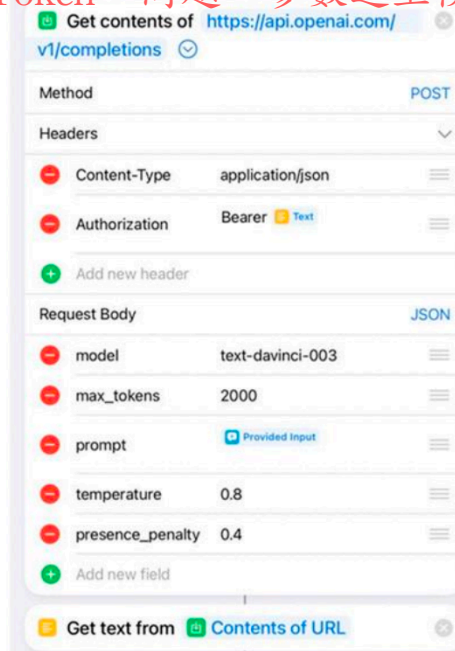
Authentication key of ChatGPT

(b) 學習者發送問題



Enter and post the question to ChatGPT

(c) Token、問題、參數送至模型



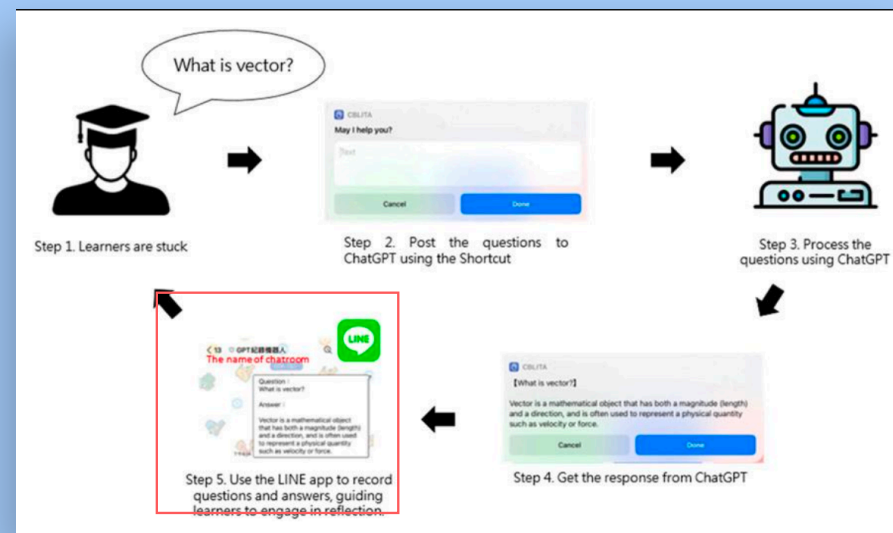
Process the question through ChatGPT

(d) 回覆



Record the results in LINE app

LINE作為一個記錄問題和答案的平台





## 研究工具 前後測

- 20 道選擇題組成
- 本研究使用的 "知識建構" 一詞是指個人建立對特定主題或學科領域的理解的過程（van Kesteren and Meeter, 2020）。意味著通過積極的認知過程將信息轉化為知識，創造出與原有認知結構相結合的新的理解、想法或概念（Gan 等人，2020 年）。
- 為了保持測驗的適當性和有效性：測驗的內部一致性（Cronbach's  $\alpha$  值）為 .78，根據納納利（Nunnally，1978 年）的觀點，這一數值代表了足夠高的內部一致性，從而確保了我們的 "知識建構" 量表的有效性。

## 研究工具 動機量表（motivation scale）

- 本研究使用的動機量表改編自 Guay 等人（2000 年）提出的情境動機量表（SIMS）
- 該量表將學習動機分為四個維度：內在動機、認同調節、外部調節和非動機。
  - 內在動機：由個人興趣、樂趣和滿意度等內部因素驅動。
  - 認同調節：是一種外部動機，當個人認識到某項活動的重要性而進行這項活動時之動機。
  - 外部調節：涉及由獎勵、懲罰或社會壓力等外部因素驅動的活動。
  - 非動機：被視為與習得性無助感相似，個體會體驗到一種無能感和一種無法控制的預期（Guay et al、2000).
- 原版量表再經過本研究進行修改，信度仍維持在 0.7 以上，屬於足夠高的信度（Nunnally，1978 年）。

## 研究工具 參與量表（Engagement Scale.）

- 改編自 Wang 等人（2016）提出的數學和科學參與量表。
- 該量表將參與度分為四個維度：認知參與度、行為參與度、情感參與度和社會參與度。
  - 認知參與：自我調節和使用必要的認知策略來理解覆雜的想法。
  - 行為參與：參與學術和課堂活動，表現出積極的行為。
  - 情感投入：對教師、同伴和課堂活動的積極情感反應，以及對學習內容的關注和興趣。
  - 社會參與：與同伴進行社會互動的質量，以及在學習過程中建立和維持關係的意願（Wang 等人，2016 年）。
- 在過去的研究中，已被證明具有足夠高的信度和效度。
- 原版量表再經過本研究進行修改，信度仍維持在0.7以上，屬於足夠高的信度（Nunnally，1978 年）。

## 研究工具 自我效能感量表（Self-Efficacy Scale.）

- 改編自 Chen 等人（2001）提出的新通用自我效能感量表。
- 由 Schwarzer 和 Jerusalem（1995 年）提出的一般自我效能感量表修訂而成，以解決內容效度低和多維性等問題。
- 該量表將自我效能感定義為相信自己有能力調動動機、認知知識和行動計劃來滿足特定情境的具體要求。自我效能感在一定程度上與自信心有關，學生認為自己有一定的自信心在課堂上表現出色。
- 在過去的研究中已被證明具有足夠高的信度和效度。
- 本研究進行修改後信度結果為 0.88，屬於足夠高的信度（Nunnally，1978 年）。



## 研究結果

問題一：

與google的發散性信息相比，通過 CILA 提供的趨同性信息對混合式學習中學生自我調節能力的提高有多大影響？

→CILA對於自我調節之影響

• 跑EG、CG之動機方面獨立t檢定

**Table 5.** Independent Sample t test for Motivation.

	Group	Mean	SD	T	p	Effect Size
Intrinsic motivation	EG	18.89	2.76	2.92	.005**	.697
	CG	17.0	2.56			
Identified regulation	EG	18.83	3.40	1.21	.229	.290
	CG	18.0	2.43			
External regulation	EG	17.86	1.48	1.09	.278	.262
	CG	17.4	2.17			
Amotivation	EG	9.14	3.02	-2.05	.044*	-.490
	CG	10.7	3.16			

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

有效提高學習者在混合式數學學習中的內在動機，並有效降低他們的非內在動機。

研究結果

• 跑EG、CG之參與度獨立t檢定

Table 6. Independent Sample t test for Engagement.

	Group	Mean	SD	t	p	Effect size
Cognitive engagement	EG	19.63	3.27	2.68	.009**	.641
	CG	17.6	3.05			
Behavioral engagement	EG	18.0	2.72	3.02	.004**	.721
	CG	16.2	2.33			
Emotional engagement	EG	18.69	3.26	3.35	.001**	.801
	CG	16.1	3.16			
Social engagement	EG	16.29	2.58	1.24	.220	.296
	CG	15.5	2.63			

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

本研究開發的 CILA在混合式學習環境中有效提高學習者的認知、行為和情感參與度。

• 跑EG、CG之自我效能獨立t檢定

Table 7. Independent Sample t test for Self-Efficacy.

	Group	Mean	SD	t	p	Effect size
Self-efficacy	EG	18.11	3.45	2.24	.029*	.535
	CG	16.2	3.70			

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

本研究開發的 CILA在混合式學習環境中有效提高學習者的認知、行為和情感參與度。

綜上所述，CILA 的實施有效地提高了學生的參與度、學習動機和自我效能感，進而提高了混合式學習中學習者的自我調節能力。

## 研究結果

問題二：

與google的發散性信息相比，通過 CILA 提供的趨同信息對混合式學習中學生的知識建構有多大影響？

→CILA對於知識建構之影響

- 要跑使用ANCOVA，向量知識前測作為因變量，後測作為自變量。考察 EG 和 CG 在後測得分上的差異，同時減少矢量先驗知識差異的影響。
- 為了評估使用使用ANCOVA的適當性，先使用Levene 檢驗，以驗證 EG 和 CG 之間方差的同質性。結果指出：（ $F = 2.17$ ， $p = .146 > .05$ ）。因此不拒絕零假設。可以採用ANCOVA。

**Table 8.** ANCOVA for Knowledge Construction.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	Partial $\eta^2$
Pre-test score	4093	1	4093	30.03	<.001***	.309
Group	1349	1	1349	9.89	.002**	.129
Residuals	9133	67	136			

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

本研究設計的 CILA 能更有效地促進學習者的知識建構。

## 研究結果

問題三：

混合式學習中的自我調節過程對知識建構的影響有多大？

→ 自律進步與知識建構之間的關係

- 進行 Shapiro-Wilk 驗證樣本是否服從正態分布。結果表明  $W = .981$ ， $p = .36 > .05$ ）
- Durbin-Watson 用來檢驗殘差項的獨立性，結果顯示殘差是獨立的（ $DW = 1.69$ ， $p = .138 > .05$ ）。因此，我們可以使用多元線性回歸來探討自我調節進步（參與、動機和自我效能）與知識建構（測試後矢量知識）之間的關係和可預測性。

**Table 9.** Multiple Linear Regression for Self-Regulation Progress on Knowledge Construction.

$R^2$	Adjusted $R^2$	Component	Original Coefficients		Standardized Coefficients	t	p	VIF
			B	Std. Error				
.885	.867	Constant	9.209	10.891		.846	.401	
		IM 內在動機	1.154	.402	.2214	2.869	.006**	3.10
		IR 認同調節	.225	.248	.0455	.904	.370	1.32
		ER 外部調節	-.581	.388	-.0739	-1.496	.140	1.27
		AM 非動機	-1.081	.282	-.2339	-3.835	<.001***	1.94
		CE 認知參與	.719	.318	.1624	2.259	.028*	2.69
		BE 行為參與	.883	.320	.1617	2.761	.008**	1.79
		EE 情感參與	.890	.382	.2095	2.331	.023*	4.20
		SE 社會參與	-.334	.260	-.0597	-1.284	.204	1.13
		SEF 自我效能	.604	.275	.1520	2.197	.032*	2.49

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

在混合式學習環境中，學習者的自我調節進展能夠有效地影響知識建構，並在內在動機、非內在動機、認知參與、行為參與、情感參與和自我效能等維度上顯著影響學習者的知識建構。