

以 ChatGPT 輔助微分學習：不同學習投入程度之技術型高中學生學習成效分析

Using ChatGPT to Assist Differential Calculus Learning: An Analysis of Learning Outcomes

Among Technological High School Students with Different Levels of Engagement

葉芳君^{1*}，陳鏗任^{2*}

¹ 國立陽明交通大學教育研究所

² 國立陽明交通大學教育研究所

* emily460674.hs12@nycu.edu.tw

* kenzenchen@nycu.edu.tw

【摘要】 微積分是技術型高中課程的核心科目，對學生高階思維與問題解決能力的養成至關重要。然而，傳統教學模式難以滿足個別化需求。生成式 AI 工具 ChatGPT 以即時問答與個性化指導功能，補足傳統教學的不足。本研究以技術型高中學生為對象，探討 ChatGPT 輔助微分學習的成效，並分析不同學習投入程度學生的使用行為與學習表現。

【關鍵字】 ChatGPT；微分；技術型高中；學習投入；AI 教育應用

Abstract: Calculus is a core subject in technical high school, essential for developing students' higher-order thinking and problem-solving abilities. However, traditional teaching methods often struggle to meet individualized learning needs. Generative AI tools, such as ChatGPT, can compensate for these shortcomings through real-time question-answering and personalized guidance. This study investigates the effectiveness of using ChatGPT to assist technical high school students in learning differentiation, analyzing the usage behaviors and academic performance among students with varying levels of learning engagement.

Keywords: ChatGPT, Differentiation, Technical High School, Learning Engagement, AI Educational Applications

1. 緒論

微積分是數學的重要基礎，對高階思維與問題解決能力養成至關重要。其應用廣泛，展現數學在科技創新中的重要地位（Hong, 2024）。然數學學習需系統與累積，傳統教學模式難以滿足學生多樣化的需求，視覺化工具雖能提供部分幫助，但缺乏即時回饋與個人化指導。生成式 AI 如 ChatGPT 以即時解答與提供適性化學習功能，有效補足傳統教學不足。研究指出，ChatGPT 有助於提升學生的深層理解與解題能力，但其仍有侷限性。如何探索最佳應用 ChatGPT 在數學教學中的應用模式，成為近年研究的焦點。

本研究旨在探討 ChatGPT 在技術型高中微分教學中的應用成效，分析不同學習投入程度對學習成效的影響。基於數學學業投入量表（李靜儀、龔心怡，2019），研究學生在認知、情感與行為投入上的表現，並結合 ChatGPT 使用接受度（Yilmaz et al., 2023），探索對學習成效的影響。藉由分群分析，識別不同學習者類型並比較其學習表現。

故本研究問題為：

問題 1-1：高中生學習投入的各層面對學習成效的影響幅度是否不同？

問題 1-2：高中生 ChatGPT 接受度的各構面對學習成效的影響幅度是否不同？

問題 1-3：高中生學習投入與 ChatGPT 使用態度是否存在關聯？

問題 2-1：根據學習投入與 ChatGPT 使用接受度，學生可分為哪些群體？

問題 2-2：擁有哪些特徵的學習者更適合使用 ChatGPT 學習微分？

2. 文獻回顧

2.1. 數位情境下使用對話機器人的學習成效

ChatGPT 逐漸成為教育領域的重要工具。特點包括高效文本生成、即時問答、語言翻譯及自動總結，能顯著提升學習效率（Hwang & Chen, 2023）。ChatGPT 簡易操作，能分析需求並協助設計適性化學習計劃，與提供類似大學本科的知識水準（Frieder et al., 2024）。故可提

升學生的批判性與創造性思維能力，提供資源建議與技能指導。亦引發如隱私、智慧財產權及學術不誠實等挑戰，並可能影響獨立思考能力（Javaid et al., 2023）。儘管如此，ChatGPT 為教育帶來數位改革的契機。適當監控與規範使用可應對挑戰，亦能提升媒體素養與批判性思維（Tlili et al., 2023）。在自然語言處理及互動學習輔助有優勢。能以連貫方式解釋數學概念。其即時反饋功能有效促進學生的自我調節學習能力與參與度，尤其個人化生成練習題與學習材料可提高學習效果（Mai et al., 2024）。然而，其在處理高階數學問題可能出現邏輯錯誤，需搭配專業工具，補足其在精確計算與視覺化方面的不足（Botana & Recio, 2024）。綜合以上，ChatGPT 憑藉其自然語言處理與互動特性，在教育場景中展現廣泛應用。藉由合理設計教學活動，可有效輔助教學並提高學生學習成效。

2.2. 學習投入

學習投入描述學生在學習過程中的心理、情感及行為參與。Fredricks 等人（2004）將學習投入分為三個面向：行為投入、情感投入與認知投入。行為投入主要關注學生在課堂及校內相關活動中的具體參與情形。行為投入可包含遵守課堂規範、積極參與課堂討論和努力完成作業等行為。情感投入描述學生在學習過程中對學校、教師及學習任務的情感反應。正向情感如興趣、愉悅，能促進學習動機與投入，而負向情感如無聊、焦慮。情感投入不僅影響學習的持續性，還可能使情感與認知交互作用強化深度學習。認知投入體現在學生是否願意深入探索學習任務，並在問題解決和批判性思考中展現出高水平的參與。

學習投入的三個面向並非獨立存在，而是彼此交互影響。例如，情感投入（如興趣）可能促進行為投入（如參與度）與認知投入（如深層學習策略的應用）（Fredricks et al., 2004）。此外，Liao 和 Wu（2022）提到，行為投入可以進一步增強認知層面的參與，特別是在需要高程度合作與交流的學習環境中。同時，Hasnine 等人（2021）的研究顯示，積極情感的支持有助於提高整體學習投入，促進學生在學業上的進步。故學習投入共構成學生學習經驗的基礎，並對學習成效產生影響。現場教師應充分考量學生的投入狀態，設計適合的教學策略，以激發學生的學習動力與持續性，達成學習目標。

2.3. 高中階段微分教學與未來影響

高中微積分內容與教學方式與大學差異顯著，如高中以直觀方式描述極限，大學則採更嚴謹的定義。高中多聚焦於基本計算，大學則需處理更抽象的數學概念與靈活解題。微積分學習困難源於代數基礎薄弱、資源不足及課程設計不完善（Hong, 2024）。特別是資源匱乏的環境更易出現學習斷層，限制學生進一步學習與就業機會，如工程師需具備數學應用能力。若學習階段未掌握，將對大學及職涯發展造成限制（Biza et al., 2022）。許多研究提出學生為中心的教學模式，如合作學習、翻轉教室及自主練習（Leitner & Gabel, 2024）。智慧學習工具亦顯潛力，ALEKS 系統生成適性化題目，減輕教師負擔並提升學習效率（Kumor et al., 2024）。Urhan 等人（2024）指出 ChatGPT 即時輔導、簡化概念並促進學習，但需結合教師審核確保內容準確。故微積分教育結合 AI 工具與人為指導，有助提升教學效率與學生學習效果，實現概念性與程序性的平衡發展。

3. 研究方法

3.1. 研究對象

本研究對象為台灣北部三所公立技術型高中的學生，包括資訊科與化工科各兩班，每班約 30 人，共計 120 名學生，均於高二下學期學習四技二專統測數 C 類群要求的微分單元。同時，為維持實驗的熟悉度與自然性，授課由原班教師進行，教師對學生的了解有助於有效指導教學，並確保研究條件一致。研究選取的三校在科技設備與資源分配上無明顯差異，學生基本熟悉 ChatGPT 等 AI 工具，能迅速參與相關學習活動，為本研究提供適合的實驗基礎。

3.2. 研究流程與工具

本研究使用 Uedu 優學院（<https://uedu.tw>）作為研究工具，該平臺基於 ChatGPT 4o mini 的語言模型設計，是一個提供多用戶的數位學習平臺。Uedu 支援虛擬助教，並透過上傳教材文本，提供精準回覆。該平臺運用生成式 AI 技術追蹤學生學習軌跡，提供適性化教學輔助，

從而提升學習成效與教學效率。每堂課包含三階段活動：包含 20 分鐘教師講解基礎概念；20 分鐘 Uedu 合作學習；10 分鐘的教師與學生討論。每個模組結束後，進行 5 分鐘問卷調查，蒐集學生對教學效果的感受與回饋，並透過定期考試評估學生學習成效。研究數據包括平台上學生互動記錄、問卷回饋及考試成績。研究將探討合作學習對數學學習的影響，並歸納本教學模式的優點與改進方向。

3.3. 分析方法與預期結果

本研究以 Uedu 平台蒐集的學生與 ChatGPT 互動數據為基礎，結合數學學業投入量表（李靜儀、龔心怡，2019）與 ChatGPT 使用接受度量表（Yilmaz et al., 2023），採用多元迴歸模型分析學習行為與 ChatGPT 使用接受度對學習成效的影響。利用 K-Means 分群分析將學生依學習投入與 ChatGPT 使用接受度劃分群體，並將分群結果納入多元迴歸模型，探索促進學生使用 ChatGPT 學習效能的特徵，並檢驗不同群體間學習成效的差異。

本研究預期高學習投入學生更頻繁深入地使用 ChatGPT，將其視為有效學習工具；而低學習投入學生雖使用深度較低，但藉助 ChatGPT 的支持仍可提升成效。預期行為投入與認知投入為主要影響因素，而 ChatGPT 的易用性與滿意度能輔助提升學業表現，特別是高學習投入學生的表現提升更為明顯。

參考文獻

- 李靜儀、龔心怡（2019）。「國中學生數學學業投入量表」之發展與編製及其信、效度研究。《測驗學刊》，66(1)，83-116
- Biza, I., González-Martín, A. S., & Pinto, A. (2022). 'Scaffolding' or 'filtering': a review of studies on the diverse roles of calculus courses for students, professionals and teachers. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 8(2), 389-418.
- Botana, F., & Recio, T. (2024). Geometric Loci and ChatGPT: Caveat Emptor! *Computation*, 12(2), 30.
- Bui, P. (2023). Promoting flexible mathematical thinking with growth mindset, deliberate practice, and serious games. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 8(1).
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of educational research*, 74(1), 59-109.
- Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R.-R., Salvatori, T., Lukasiewicz, T., Petersen, P., & Berner, J. (2024). Mathematical capabilities of chatgpt. *Advances in neural information processing systems*, 36.
- Hasnine, M. N., Bui, H. T., Tran, T. T. T., Nguyen, H. T., Akçapınar, G., & Ueda, H. (2021). Students' emotion extraction and visualization for engagement detection in online learning. *Procedia Computer Science*, 192, 3423-3431.
- Hong, D. S. (2024). How do students learn definite integrals? Exploring students' learning opportunities. *School Science and Mathematics*, 124(1), 32-47.
- Hwang, G.-J., & Chen, N.-S. (2023). Editorial position paper. *Educational Technology & Society*, 26(2).
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., & Khan, I. H. (2023). Unlocking the opportunities through ChatGPT Tool towards ameliorating the education system. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(2), 100115.
- Kumor, T., Uribe-Flórez, L., Trespalacios, J., & Yang, D. (2024). ALEKS in High School Mathematics Classrooms: Exploring Teachers' Perceptions and Use of this Tool. *TechTrends*, 1-14.
- Leitner, A., & Gabel, M. (2024). Students' Self-work During Lectures in Calculus Courses—Cognitive and Affective Effects of a Small Intervention. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 1-23.

- Liao, C.-H., & Wu, J.-Y. (2022). Deploying multimodal learning analytics models to explore the impact of digital distraction and peer learning on student performance. *Computers & Education, 190*, 104599.
- Mai, D. T. T., Da, C. V., & Hanh, N. V. (2024). The use of ChatGPT in teaching and learning: a systematic review through SWOT analysis approach. *Frontiers in Education*.
- Nguyen, H. A., Stec, H., Hou, X., Di, S., & McLaren, B. M. (2023). Evaluating chatgpt's decimal skills and feedback generation in a digital learning game. *European Conference on Technology Enhanced Learning*.
- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart learning environments, 10*(1), 15.
- Urhan, S., Gençaslan, O., & Dost, Ş. (2024). An argumentation experience regarding concepts of calculus with ChatGPT. *Interactive Learning Environments*, 1-26.
- Yilmaz, H., Maxutov, S., Baitekov, A., & Balta, N. (2023). Student attitudes towards Chat GPT: A technology acceptance model survey. *International Educational Review, 1*(1), 57-83.