

生成式 AI 融入國小數學解題之行動研究

--以因材網及 E 度為例

An Action Research on Applying Generative Artificial Intelligence to Problem Solving in Elementary School

Mathematics: A Case Study with E-Du and the Taiwan

Adaptive Learning Platform

方炫文¹ 賴阿福² 陳彥宏³

Fang, HsuanWen¹ Lai, AhFur² Chen, YenHung³

¹ 臺北市立大學 資訊科學研究所 研究生

¹ Department of Computer Science, University of Taipei

E-mail : m11316009@go.utapei.edu.tw

² 臺北市立大學 資訊科學系 教授

² Department of Computer Science, University of Taipei

E-mail : laiahfur@gmail.com

³ 臺北市立大學 資訊科學系 教授

³ Department of Computer Science, University of Taipei

E-mail : yhchen@utapei.edu.tw

摘要

在人工智慧技術蓬勃發展的今日，生成式 AI (Generative AI) 如 ChatGPT 等大型語言模型 (Large Language Model, LLM) 在教育領域的應用越來越多元。本研究旨在探討生成式 AI 作為學習夥伴，融入國小高年級數學教學中的學習成效與困境。本研究採用行動研究法，於六年級數學「數量關係」單元中，結合「數位學習因材網」與「E 度學習夥伴」進行教學設計，引導學生透過和 E 度學習夥

伴對話進行自主學習。研究結果顯示，生成式 AI 能提供不同的鷹架，進行差異化教學。然而，研究也發現學生在與生成式 AI 學習夥伴對話時，七成學生無法提出有效回答的狀況會成為其學習瓶頸。因此，建議教師設計更詳細提問鷹架或範例，或結合其他學習科技應用，協助學生學會與 AI「對話」並從中獲得有效的學習回饋。

關鍵字：生成式 AI、學習夥伴、國小數學解題、數量關係、行動研究

Abstract

In the era of rapid advancements in artificial intelligence, generative AI technologies such as ChatGPT and other large language models (LLMs) are increasingly being integrated into the field of education. This study explores the effectiveness and challenges of applying generative AI as a learning companion in upper elementary school mathematics instruction. Utilizing an action research methodology, this study was conducted in a sixth-grade mathematics unit on "quantitative relationships." Instructional design incorporated two platforms: the personalized learning platform "Taiwan Adaptive Learning Platform" and the AI-based tool "Edo Learning Partner." Students were guided to engage in self-directed learning through interactive dialogue with the AI learning partner.

Findings reveal that generative AI can offer various forms of scaffolding to support differentiated instruction. However, the study also found that approximately 70% of students struggled to respond effectively during their conversations with the AI partner, which posed a significant learning bottleneck. Based on these results, it is recommended that teachers provide more detailed question prompts or exemplars, or integrate additional educational technologies to help students learn how to engage in meaningful "dialogue" with AI and receive effective feedback for learning.

**Keywords : generative AI , learning companion , Primary school
math problem solving , quantitative relationships, action research**

壹、前言

十二年國教數學領域課程綱要中提到數學是一種語言、一種實用的規律科學、也是一種人文素養，期待提供每位學生有感的數學學習機會，培養學生正確使用工具的素養(教育部，2018)。然而，以研究者實際在國小教學現場觀察到數學教與學之困境，發現教師可能面臨學生能力差異大的挑戰。在常態分班的班級中，學習能力較強的學生可能因為缺乏挑戰而失去學習動機；能力較弱的學生則容易在傳統教學中成為「教室裡的客人」，甚至在學習過程中缺乏主動參與的動機。

在人工智慧技術蓬勃發展的今日，生成式 AI 是 AI 領域中革命性的進展，如 ChatGPT 就是基於生成式 AI 的一種應用工具，其能夠提供對話、回答問題、撰寫文本等多種語言任務，能夠帶動教育領域的創新和變革。生成式 AI 可以提供即時反饋、個人化學習建議和資源，幫助學生更有效地達成學習目標（楊子奇，2023，頁 55）。因此研究者希望應用生成式 AI 技術改善上述數學教學困境。

本研究希望結合「數位學習因材網」與「E 度學習夥伴」進行教學設計，在六年級數學「數量關係」單元中進行實際教學與觀察，研究中強調 E 度學習夥伴的應用，希望運用其生成式 AI 技術融入數學解題教學，引導學生透過和 E 度學習夥伴進行對話、提問練習進行自主學習，以提升其解題能力與學習動機。並透過行動研究方法探討生成式 AI 作為「有耐心的一對一家教」在國小數學教學中的實際應用成效與限制，期望為未來生成式 AI 融入教學提供具體可行的參考。

貳、文獻探討

一、數學解題教學

(一)數學解題策略

George Polya (1945) 在其著作《How to Solve It》一書中提出數學解四步驟：理解問題、設定解題策略、依序解題與回顧反思，此解題模式鼓勵學生在解題歷程中培養邏輯推理與自我反思能力。學生在解題時需先理解問題並能用自己的語言清楚表達問題的核心，接著選擇合適的策略，再依照策略有條理的解題，最後檢視答案合理性，並思考其他可能的解法或策略有效性。

Polya 的理論被視為現代數學教學的重要基礎，為許多研究提供了解題策略架構 (Schoenfeld, 1985)。Polya 強調解題是「學習如何學習」的歷程，在將生成式 AI 融入教學的過程中，若教師能搭配 Polya 的數學解題策略設計學習活動與提問鷹架，將能幫助學生內化解題歷程，提升問題理解力與策略遷移的能力。

(二)學生進行數學解題之困難

在國小數學「數量關係」單元中，學生常因缺乏有效的認知學習策略而產生理解困難與解題迷思。研究指出，學生常見的數學解題困難包括：無法選擇適當的策略、無法組織訊息、不能評估答案的正確性、在解題過程中出現策略選擇錯誤、運算失誤或計算多重步驟的問題有困難等 (陳佩秀, 2018; 林美蘭, 2010)。面對這些困難教師需要提供高度個別化的引導與即時回饋，但在實際教學現場中，受限於時間與人力資源，難以滿足每位學生的需求。若生成式 AI 能作為「個人學習夥伴」於教學中引導學生思考，將有助於提升其問題理解與後設認知能力，進而改善學生數學解題的整體表現。

二、 生成式 AI 與學習夥伴

(一) 學習夥伴系統的角色與成效

Chan 與 Baskin (1988) 提出了學習夥伴系統的概念，把電腦當作學習者的夥伴，透過模擬人際互動來促進學習。Chan (1991) 進一步探討了學習夥伴系統的設計與應用，指出有效的學習夥伴系統能透過互動促進學生的認知發展。

蕭顯勝等人 (2010) 研究了具學習夥伴機制的數位遊戲學習系統，發現將學習夥伴機制融入數位學習環境中，能有效提升國小學生的學習專注度與學習成效。

林裕峯（2024）研究以 GPT-4 進行數學錯誤分析學習活動，發現引導學生分析 AI 產生的錯誤解法，不僅能促進學生的問題解決能力，還能有效建立學生數學解題的信心，尤其以低成就學生的成效更為明顯。綜上所述，AI 學習夥伴若能搭配策略性教學設計，將成為學生進行深度反思與改善學習成效的有力工具。

（二）因材網及 E 度學習夥伴

此研究中使用「數位學習因材網」平台，此平台提供課綱各領域知識節點的數位教材與學習影片，讓學生能進行個別化、自主化的線上學習。學生可依照自己的學習進度觀看數學概念影片，並搭配練習題進行檢核。教師亦可透過平台掌握學生學習歷程與成果，進行適性教學調整(教育部，2022)。

「E 度學習夥伴」是因材網近年研發的生成式 AI 輔助工具，其結合大型語言模型（LLM）技術，並從學習的角度設計，透過蘇格拉底提問模擬一對一的對話式學習情境帶學生釐清問題。學生可將自己在解題過程中的困難輸入對話框，獲得即時引導。E 度學習夥伴亦會根據學生答題表現調整回饋方式與對話內容，增強學習互動性（教育部，2024）。

（二）蘇格拉底式教學法與數學對話的價值

蘇格拉底式教學法強調以對話與提問引導思考，透過遞進式的提問幫助學生釐清觀念（Fernandez, 1994）。因此，使用生成式 AI 融入教學時，能以蘇格拉底式提問法作為提問鷹架，幫助學生與 AI 互動對話。Zhao 等人（2023）研究發現當 AI 結合蘇格拉底式提問設計回饋時，學生在數學解題的思考歷程中表現出較高的反思與策略選擇能力。AI 不僅能和學生對話，亦能根據學生回應進行動態提問調整，成為引導學生探究與建構知識的重要學習夥伴。

參、研究實施與設計

一、教學實施目的

本教學實施目的包含探討生成式 AI 作為學習夥伴融入數學「數量關係」單元的解題教學，分析不同能力學生在生成式 AI 輔助學生數學解題的學習狀況及問題，並進行教師的教學省思及提出可行之建議。

二、研究方法

研究對象為新北市某中型學校的六年級學生，於 113 學年度上學期實施南一版數學第八單元「數量關係」共六節課之教學活動，並使用「因材網」與「E 度學習夥伴」等工具引導學生進行自主學習。

本研究採用行動研究方法，研究過程中搭配 WSQ 學習單設計，讓學生觀賞因材網相關主題之影片、記錄學習重點，並透過 E 度學習夥伴進行數量關係單元相關內容練習與提問，蒐集互動歷程。最後透過觀察記錄、學習單記錄、E 度學習夥伴互動紀錄進行資料蒐集分析。

三、教學活動設計

(一) 準備活動

教師準備好平板、學習單等前置工具，並進行「平板使用規則」、「因材網及 E 度學習夥伴操作教學」等先備經驗之教學。

(二) 發展活動

發展活動採用四學模式，在自學方面學生觀看因材網上與數量關係單元相關的概念影片，包含如植樹問題、規律問題、年齡問題等（如影片 N-6-9-S09、R-6-2-S01、N-6-9-S02）。完成學習單中的提問過程中學生可隨時暫停影片，依照「Polya 數學解題歷程模式」清楚地記錄每道例題解決的策略與解法，完成教師指派的 WSQ 學習單，進行概念整理與重點記錄(如圖 1)。

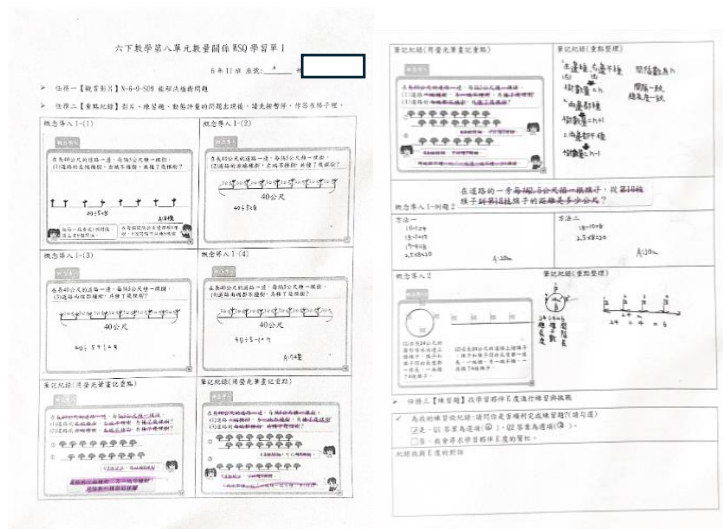


圖 1. 學生紀錄例題解決的策略與解法之學習單(以植樹問題為例)

在共學方面教師將學生進行異質性分組，各組依據分派到之例題進行組內共學，例題包含「吸管排列圖形」、「餐廳桌椅排放」、「繩子剪段」、「圍棋棋子排成空心正方形」等，以協助學生內化數量關係的數學概念。最後，各組分派一到兩人上台分享解題歷程，各組間進行互學(如圖 2)。

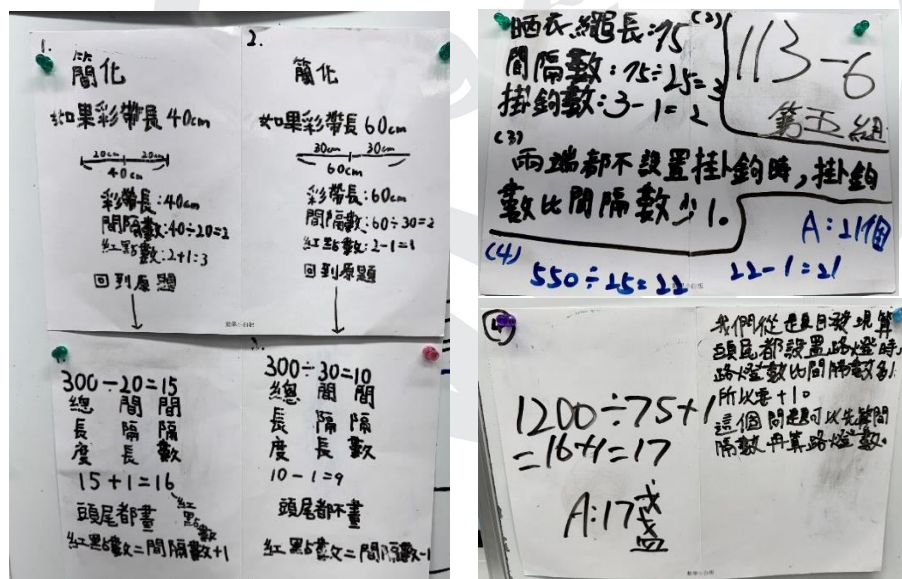


圖 2. 學生上台分享之解題歷程(組間互學)

(三) 總結活動

學生利用 E 度學科領域學習夥伴進行動態評量，E 度會根據學生完成的知識節點指派練習題(如圖 3)，若順利完成練習題，學習夥伴可給予更進階的挑戰；

若無法完成，則可以尋求學習夥伴的即時回饋與個別化協助，像是補足其缺乏之概念(如圖 4)。



我是人工智慧學習夥伴，如果在討論過程中有任何疑問或錯誤的地方，歡迎提出來討論。



我們現在要學習的概念是：「[同R-6-4-S09]能解決植樹問題。」

11:36:56



現在要討論的題目是：
在一條長48公尺的道路上，共插5枝旗子。頭尾兩端都插，請問相鄰的兩枝旗子相鄰多少公尺？
(1) 5公尺
(2) 8公尺
(3) 9.6公尺
(4) 12公尺

我會使用詰問法與你交談互動。如果準備好要開始討論，請按下下面的按鈕 [開始討論]，或者輸入文字開始。

11:36:56

圖 3. E 度學習夥伴的提問(以植樹問題為例)

3

14:15:27



好的，我們一起來檢查一下你的答案是否正確。

首先，我們需要計算圍周上有多少個8公尺的間隔。這可以通過將周長240公尺除以每個間隔的距離8公尺來得到：

$$\frac{240}{8} = 30$$

這意味著圍周上有30個8公尺的間隔。因此，我們需要放30個花盆。

所以正確答案應該是選項 (2) 30個。

由於你類似題做錯了，所以將學習這個題目相關的基本概念。

14:15:29

圖 4. E 度學習夥伴的即時回饋與個別化協助(以植樹問題為例)

觀察學生在數量關係中可能出現的迷思有：無法選擇適當的策略、無法組織訊息、不能評估答案的正確性、在解題過程中出現策略選擇錯誤，其中教師會針對學生在數量關係單元常見的迷思提供鷹架與導學，如表 1。

表 1 數量關係迷思及鷹架(教師導學)

學生迷思	因應迷思提供之鷹架
無法選擇適當的策略	引導學生簡化題目中的數字或藉由圖來思考，根據簡化的題型與圖示選擇策略，應用於原題目中。

無法組織訊息	協助學生練習閱讀問題、重述並了解問題，採用漸進提示策略，一步步給予學生需要的提示，近一步找出題目的線索。
不能評估答案的正確性	引導學生一步步檢核自己的計算過程，並在計算完成後進行驗算。
在解題過程中出現策略選擇錯誤	使用蘇格拉底式提問法（如：為什麼會這樣想？從推理中得到哪些結論？）請學生詳細說出自己使用的策略，分析、反思判斷策略的可行性。

肆、結果與討論

本研究應用 WSQ 學習單的設計實施了「觀看－紀錄－提問」的教學模式，提供教師與研究者即時觀察與分析的資料來源，以利於行動研究階段性的調整與改善。研究者發現此學習模式能培養學生自主學習的能力，觀察學生學習情形發現低成就的孩子在學習單的一步步引導下也能記錄完整的解題歷程(如圖 5)。

Figure 5 shows two pages of a student's completed WSQ learning sheet for a math problem. The sheet includes a concept introduction, problem-solving steps, and a reflection section. The student has handwritten answers and calculations for a problem about age differences.

Page 1 (Left):

- 概念導入:** 解題法年齡的問題。完成下表。
- 問題一:** 解題法年齡的問題。今年爸爸34歲，爸爸5歲後，爸爸和弟弟的年齡是弟弟的3倍，爸爸今年幾歲？
- 問題二:** 解題法年齡的問題。爸爸和弟弟的年齡是弟弟的3倍，爸爸今年幾歲？

Page 2 (Right):

- 問題三:** 解題法年齡的問題。今年爸爸34歲，爸爸5歲後，爸爸和弟弟的年齡是弟弟的3倍，爸爸今年幾歲？
- 問題四:** 解題法年齡的問題。今年爸爸34歲，爸爸5歲後，爸爸和弟弟的年齡是弟弟的3倍，爸爸今年幾歲？
- 筆記紀錄(重點整理):** 弟弟年齡越大，爸爸也會越大，爸爸和弟弟的年齡是不變的，爸爸會越來越小。
- 任務三【練習題】** 找學習單律不度後律學習與做題。

圖 5. 低成就學生之學習單完成情形(以年齡問題為例)

然而在實際與生成式 AI 學習夥伴互動的過程中發現僅有 30% 的學生能順利回答解題歷程(如圖 6)，其餘 70% 學生會遇到「無法提出有效回答」的困境。觀察與紀錄學生與學習夥伴的對話發現，學生可能出現不知道如何回答(如圖 7)、直接講答案無法敘述歷程，對話內容與學習概念無關等情形。進一步分析學生的作答內容後，依 Bloom 認知層次進行分類，發現大多數學生無法順利回答，能回答的學生多停留在「記憶」、「理解」層級，僅有 30% 學生能達到「應用」、「分析」、「評鑑」層級(如圖 6)。上述原因皆導致 AI 無法提供精準的回饋與進一步的協助。



The screenshot shows a chat interface with a green cartoon character representing the AI tutor. The conversation is as follows:

- AI Tutor (14:01:38):** 好的，請你用自己的話描述一下這個問題，並說出你認為相關的數學概念是什麼。
- Student (14:03:06):** 兩端都種樹時 樹數 = 間隔數 + 1
- AI Tutor (14:03:08):** 很好！你描述得很清楚，這個問題涉及的數學概念主要是「間隔數」和「植樹問題」。那麼接下來，我們可以討論一下解題策略。你認為用哪種策略來解這個問題會比較好？
- Student (14:04:19):** 總長 ÷ 間隔長 = 間隔數
- AI Tutor:** 你的策略是正確的。讓我們來一步一步地解決這個問題：
 1. 首先，我們知道道路的總長是 40 公尺，每隔 8 公尺種一棵樹。
 2. 我們可以先算出道路上的間隔數，然後再加上

圖 6. 學生能順利與學習夥伴對話回答解題歷程



The screenshot shows a chat interface with the same green cartoon character. The conversation is as follows:

- AI Tutor (14:12:57):** 請用你自己的話描述這個問題，並說出你認為相關的數學概念是什麼。
- Student (14:13:08):** 我不知道
- AI Tutor:** 沒關係，我們一起來看看這個問題吧。

題目是：「在周長360公尺的圓形花園邊上，每隔9公尺要放一個動物雕像，共需要幾個動物雕像？」

這裡我們需要考慮的是：

 1. 圓形花園的周長是360公尺。
 2. 每隔9公尺放一個動物雕像。

你可以想像成在一條周長為360公尺的圓形道路上，每隔9公尺放一個雕像，那麼我們需要計算這樣的間隔數量。

相關的數學概念包括：

圖 7. 學生無法順利與學習夥伴對話，不知道如何回答問題

伍、 未來展望

生成式 AI 融入國小數學解題教學能提供不同的鷹架，幫助進行差異化教學。然而學生在與學習夥伴對話時，無法提出有效回答的狀況會成為其學習瓶頸。教師應設計更清楚提問鷹架或範例，協助學生學會與 AI「對話」並從中獲得有效的學習回饋。亦能結合其他數位學習工具（如：Padlet）進行提問練習，讓學生能觀摩與模仿他人提問內容，強化提問層次。未來建議教師更深入了解 AI 特性，設計適合學生的 AI 互動任務；研究上則可以擴大規模跨領域驗證成效，並在設計上加入更完整的互動框架，提升學生與 AI 對話的精準度。

參考文獻

一、 中文部分

- 林美蘭（2010）。國小學生應用題類型之建模與解題策略分析研究。國立高雄師範大學教育研究所碩士論文。
- 教育部（2022）。數位學習因材網平台簡介。
- 教育部（2024）。E 度學習夥伴系統簡介影片。
- 陳佩秀（2018）。資訊科技與提問教學策略對數學學習困難學童在數量關係單元解題表現之成效。臺北市立大學學報・教育類，49(2)，53–78。
- 陳柏榮（2013）。具學習夥伴之線上遊戲學習系統之研究。國立正大學資訊工程研究所碩士論文。
- 楊子奇（2023）。生成式 AI 對學與教的啟發與挑戰。載於張芬芬（編），**ChatGPT 對課程和教學帶來的挑戰與契機：師生怎樣善用生成式 AI 工具**（頁 53–59）。五南圖書出版公司。

蕭顯勝、黃元暉、洪琬諦、林建佑、蔡福興（2010）。具學習夥伴之線上遊戲學習系統之研究。數位學習科技期刊，2(2)，1-21。

二、 英文部分

Chan, T. W., & Baskin, A. B. (1988). Learning Companion Systems. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems* (pp. 141–149). Springer.

Lin, Y. F. (2024). *Designing Error Analysis Activities for Students Using Generative AI to Improve Authentic Mathematical Problem-Solving Skills and Confidence*. Doctoral dissertation, National Central University, Taiwan.

Polya, G. (1945). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press.