

因材網 e 度應用於數學文字題之成效分析-以小學五年級補救教學學童為例

An Analysis of the Effectiveness of Using the Generative Artificial Intelligence on

Mathematical Word Problems: A Case Study of Fifth-Grade Remedial Instruction Students

胡振猷¹，林秋斌¹，楊肅健^{2*}

¹台灣清華大學 學習科學與科技研究所

²台灣清華大學 跨院國際博士班學位學程

*sujiann@gmail.com

【摘要】數學文字題包含數學運算與閱讀理解，對於低學習成就學生而言，往往是學習上的一大挑戰。本研究融入生成式 AI 因材網 e 度工具，透過其蘇格拉底提問式教學法，引導學生理解題目並培養數學解題能力。研究對象為某國小五年級補救教學學生，採單組前後測設計，前 9 週由教師用蘇格拉底提問式教學法進行數學文字題教學，後 9 週則加入因材網 e 度進行數學文字題學習。研究結果顯示，因材網 e 度能夠提升國小五年級補救教學學生於數學文字題上的學習成就，其整體學習態度皆有提升，特別在學習焦慮方面，顯示學生在解數學文字題時的焦慮感顯著降低。

【關鍵字】因材網；補救教學；數學文字題；蘇格拉底提問式教學法

Abstract: Mathematical word problems involve both mathematical operations and reading comprehension, which often pose a significant challenge for students with low academic achievement. This study integrates generative AI (Adaptive Learning Platform, ALP) into instruction, using its Socratic questioning approach to guide students in understanding problems and developing problem-solving skills in mathematics. The participants were fifth-grade remedial students from an elementary school. A one-group pretest-posttest design was adopted: during the first 9 weeks, instruction on mathematical word problems was delivered by the teacher using the Socratic questioning method; in the following 9 weeks, the generative AI (ALP) was incorporated into the learning process. The results showed that the use of generative AI (ALP) effectively enhanced students' achievement in solving mathematical word problems. Overall, students' learning attitudes improved, with a notable reduction in learning anxiety, indicating that their anxiety when solving mathematical word problems significantly decreased.

Keywords: Generative AI, Mathematical Word Problems, Remedial Instruction, Socratic Method

1. 緒論

數學文字題又稱數學應用問題，是以文字及數字描述的一種題型。數學文字題能夠將日常生活情境融入問題中，因此學生較能理解問題情境，是數學學習中重要的一環(涂金堂，2007)。美國國家數學教師協會 NCTM (2000)指出，數學教育的核心目標之一為「問題解決」，期望學生能利用數學概念，解決現實世界中的問題。現今談及數學素養著重與現實生活的連結，強調數學的應用性與實用性(郭明田、溫嫩純，2021)。數學素養不僅關乎計算能力，更注重在不同情境中靈活運用數學知識(OECD, 2018)，而 PISA 測驗的題型中多以數學文字題呈現，便是為了評估學生在生活中運用數學的能力。研究者認為，數學文字題不僅是課程內容和教學中的核心要素，更是通往素養導向學習的關鍵，然而低成就學生常常因為多

重障礙，致造成學習成績低落。本研究主要針對數學低成就學生在解題數學文字題上所遇到之困難，特別關注在學生理解問題的能力，並希望透過生成式 AI-因材網 e 度的使用，幫助學生解題。本研究欲探討的研究問題為：(1)運用生成式 AI-因材網 e 度的使用是否能提升學生學習成效?(2)生成式 AI-因材網 e 度的教學模式，學生對於數學的學習態度是否帶來正向的影響？

2. 文獻探討

2.1. 蘇格拉底提問式教學法

蘇格拉底提問式教學法又稱「詰問法」、「產婆法」，是一種透過問題對話，逐步引導學生思考的教學方法。這種方法主要強調教師不直接提供答案，而是透過連續性的問題，幫助學生思考，從而建構知識。蘇格拉底提問式教學適用於醫學、法律、數學等多種學科，可以促進學生批判思考和問題解決能力(Wilberding, 2019)。透過蘇格拉底提問式教學法，能夠促進學生的高階思維能力、提升自主學習與自我改進能力、增強溝通與表達能力，也符合現代社會中，透過對話過程，學生能培養傾聽欣賞別人不同的意見、接納不同意見和觀點的態度(Dalim et al., 2022; Delic & Becirovic, 2016; Lam, 2011)。多項研究亦指出，蘇格拉底提問式教學法有助於提升閱讀理解能力(Acim, 2018; Mahfuddin, 2019; Mahmud & Tryana, 2023)，因此本項研究採用蘇格拉底提問式教學法於補救教學學生的數學文字題學習。

2.2. 生成式 AI 教學應用

近年來，生成式 AI 如雨後春筍般出現，正在逐漸推動教育的變革和發展。生成式 AI 指的是能夠生成文本、圖像、音訊等內容的人工智慧技術。在生成式 AI 平台中，數學文字題的解題處理能力方面展現了一定的應用潛力，是目前教育新興的應用場景。以 ChatGPT 而言，其在數學文字題方面，具有良好靈活性，使用者將數學文字題輸入後，可以與 ChatGPT 進行互動，並逐步引導解題，而後提供答案，有助於學生自主學習。透過生成式 AI 的生成鷹架輔助學生，有助於提高學生學習效果，並改善學生語言與認知能力(Singh et al., 2024)。不過，ChatGPT 在引導使用者解決問題的過程中，容易出現計算錯誤或是理解錯誤，根據 Shakarian et al. (2023)的研究指出，ChatGPT 在處理文字題時，其表現會因是否要展示解題過程而有顯著變化。當需要展示解題過程時，ChatGPT 的錯誤率為 20%，而不需要展示時則高達 84%，因此在引導解題過程中，使用者需多次自行確認與修正，才能得到正確的結果。

因材網打造了一款生成式 AI 學伴-e 度，其以對話引導形式為學生提供一對一的教學及輔導，提出個性化問答以引導學生深度學習，並能協助教師制定課程計劃和批改作業，為每一位學生定制學習方案。e 度能根據學生的回答和需求，動態調整教學內容和策略，從而更有效地幫助學生理解題意，並提升他們解決文字題的能力，這種互動式的學習方式，不僅可以提高學生的數學成績，還能增強他們的學習信心和動機。

2.3. AI 提問類型

提問是我們與 AI 溝通的橋樑，我們所提供的「提示詞(Prompt)」是否明確、具體且有邏輯，關乎 AI 的回應品質，有效的提問能夠顯著提升 AI 的回應質量。Liu et al. (2023)將使用者與 AI 的對話類型分成六大類：(1)搜尋查詢(Search Query)：直接輸入問題，以獲得答案。(2)漏斗式對話(Funneling Conversations)：先提出較大方向的問題，再根據 AI 的回應補充問題。(3)探索性對話(Exploring Conversations)：使用者與 AI 進行開放式對話，旨在探討某個主題或領域。(4)雕刻式對話(Chiseling Conversations)：使用者根據 AI 的回覆，反覆修改問題，以獲得更符合需求的回應。(5)擴展性對話(Expanding Conversations)：根據 AI 的回答，提問要求進一步的細節與內容。(6)精確性對話(Pinpointing Conversations)：提問內容非常具體，要求明確答案。本研究參考此分類架構，並透過分析學生使用 e 度的歷程數據，進一步歸納出五種主要的學生提問類型如表 5 所示。

Ahn et al. (2024)亦將使用者回應 AI 的態度分為四大類型：(1)無回應(No Verbal Input or Response)：使用者未回應 AI，保持沈默。(2)關鍵字回應(Keywords)：使用者使用單一或少數關鍵字回應 AI。(3)自然對話(Natural and Casual)：使用者使用完整句子回應 AI。(4)命令式回應(Giving a Demand)：使用者直接使用命令句回應 AI。本研究參考此分類架構，並透過分析學生使用 e 度的歷程數據，進一步歸納出四種主要的學生回應類型如表 6 所示。

3. 研究方法

3.1. 研究流程

本研究採用單組前後測設計法，研究時程共十八週，旨在探討生成式 AI-因材網 e 度對五年級補救教學學生於數學文字題的學習成效及學習態度之影響。研究對象為經「國民小學及國民中學學生學習扶助科技化評量」教學未通過的五名五年級數學低成就學生，前九週教師以蘇格拉底提問式進行數學文字題教學，並進行文字題前測及後測，以了解其成效並分析學生錯誤類型。後九週則使用因材網 e 度進行文字題教學，期間進行前後測，並加入數學文字題學習態度量表施測，以探討學生在學習態度上的變化。實驗結束後，進行學生訪談，透過質性分析深入了解學生使用 e 度的情形。

3.2. 研究工具

本研究教材內容採用因材網(<https://adl.edu.tw/>)，網站上 e 度連結了 ChatGPT，學生可以打字或語音方式輸入數學文字題，e 度將透過蘇格拉底對話方式，逐步引導學生思考與解題。學生在使用 e 度的過程中，所有的對話紀錄都會被自動保存下來，教師可到後台即時查看學生的學習歷程，掌握使用狀況及其解題過程。而第一、二次前後測，試卷乃參考學習扶助科技化平台歷年的測驗卷，搜羅出與數學文字題相關題目，並將其數字稍作修改，經過預試篩選成最終試題各 10 題二張，內容具一致性及可靠性。數學學習態度量表乃參考徐揚智(2020)「數學科領域學習態度量表」和康雅芳(2006)「國小高年級數學態度量表」進行改編，量表分為數學自信、數學有用性、學習動機、學習焦慮四個面向，各分量表的 Cronbach's α 係數依序為 0.89、0.9、0.91、0.88，解釋量分別為 56.57%、53.45%、52.29%、63.34%，每個面向五題，共二十題，並採李克特四點量表計分。

4. 結果分析

4.1. 前九週教師採蘇格拉底提問式教學之分析

研究者在經由五位學生前測結果，將數學錯誤類型分成數學概念不足、計算錯誤、不理解的題意、學習態度所致四大類，經過蘇格拉底提問式教學法，後測之後再分析其數學錯誤類型，其結果如表 1 所示。前後測分析比較，清楚的數學概念有所提升；計算錯誤則比率一樣；反而不理解題意和學習態度不佳比率增多。

表 1 第一次前/後測錯題分析

試題內容/學生	甲生		乙生		丙生		丁生		戊生	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測
正方形面積計算	A	o	A	A	A	A	A	A	A	o
同分母分數整數倍計算	o	o	A	C	o	o	o	o	A	B
較大位數除法直式計算	o	o	o	o	D	C	o	C	o	B
較大位數乘法直式計算	B	o	D	B	B	o	C	o	o	o
同分母分數減法計算	o	o	A	A	A	C	o	D	B	A

較大位數乘法直式計算	o	o	o	D	B	o	o	o	o	B
較大位數除法直式計算	?	o	o	D	B	D	o	D	o	o
長方形面積計算	A	o	o	o	A	A	o	o	o	o
同分母分數減法計算	o	o	A	D	A	A	D	o	o	A
同分母分數減法計算	o	o	B	o	B	D	D	C	B	o
總分	60	100	40	30	10	30	60	50	60	50

註：A 數學概念不足、B 計算錯誤、C 不理解題意、D 學習態度所致、o 代表通過、? 為無法判定

4.2. 後九週 e 度融入進行文字題教學之分析

研究者分析五位學生前測結果，將數學錯誤類型分成數學概念不足、計算錯誤、不理解題意、學習態度所致四大類，經過 e 度融入進行文字題教學，後測之後再分析其數學錯誤類型，其結果如表 2 所示。比較分析結果，整體而言，所有學生的錯誤類型皆有減少，特別是歸責於不理解題意的錯誤明顯下降，顯示學生在使用 e 度後，不僅分數有所提升，在題意理解、學習態度、計算能力與數學概念上皆有正向改變。

表 2 第二次前/後測錯題分析

試題內容/學生	甲生		乙生		丙生		丁生		戊生	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測
連除兩步驟	o	C	C	C	C	o	o	C	C	C
乘法結合律	A	o	C	o	B	o	o	o	B	o
單位複名數計算	o	o	B	o	B	o	o	o	o	o
單位複名數計算	A	o	C	B	o	o	A	A	D	o
單位複名數計算	A	o	D	B	A	B	A	o	D	B
單位複名數計算	o	o	C	o	B	o	o	o	D	o
單位複名數計算	D	o	D	o	B	B	A	o	A	o
單位複名數計算	C	o	C	o	D	o	B	o	C	o
單位複名數計算	o	o	C	o	o	o	C	o	o	o
乘法結合律	o	o	o	o	C	B	C	B	o	o
總分	50	90	0	70	20	70	40	50	30	80

註：A 數學概念不足、B 計算錯誤、C 不理解題意、D 學習態度所致、o 代表通過

4.3. 學習成效

第一次和第二次前後測進行無母數統計分析，其結果如表 3 所示，前九週教師口頭蘇格拉底式對話進行數學文字題教學，學生前後測的學習成效並無顯著差異；而後九週生成式 AI-因材網 e 度對於補救教學學生在數學文字題上的學習成效，其 z 值等於-2.032， $p=.042$ ，達顯著差異。

表 3 學習成效無母數統計分析

第一次前後測						第二次前後測			
項目	人數	平均數	標準差	z 值	p 值	平均數	標準差	z 值	p 值
前測	5	46	21.91	-.412	.680	28	19.24	-2.032	.042*
後測	5	52	28.64			72	14.83		

註：* $p < .05$

4.4. 學習態度

學習態度調查分成數學自信、數學有用性、學習動機與學習焦慮四個面向，每個面向各有五題，共計二十題，其描述性統計及無母數統計結果如表 4 所示，在數學自信方面，前測平均分數為 2.64 分，屬於中等水平，部分學生仍在數學文字題上較無信心，然而，後測分數提升至 3.12 分，學生在使用 e 度後，對數學文字題的信心有所增加。此外，根據訪談結果，受訪學生都認為，在使用 e 度後，信心提升很多，不再排斥解數學問題。在數學有用性方面，前測平均分數為 2.88 分，後測分數則提升至 3.32 分，結果顯示學生在使用 e 度後，更能認為數學文字題是有用處的，並在生活中具有應用價值。在學習動機方面，前測時平均分數為 2.68 分，屬中等水平。後測分數提升至 3.36 分，結果顯示學生在使用 e 度後，對數學文字題的興趣有所提升，更願意主動練習。另外，訪談結果更進一步支持此發現，受訪學生表示，在遇到不會的題目時，他們會選擇使用 e 度進行解題，並會主動進一步練習。在學習焦慮方面，前測時的平均分數為 2.72 分，後測下降至 1.16 分，結果顯示，學生在解數學文字題時的焦慮感明顯降低，並達顯著差異。透過訪談分析發現，受訪學生對使用 e 度的體驗持正向態度，認為 e 度在引導過程中更有耐心，使學習氛圍更為輕鬆愉快，進而減少學習焦慮，與前述量化結果相呼應。整體而言，學生使用 e 度學習後，在數學自信、數學有用性、學習動機皆有所提升，尤以學習焦慮在前測與後測之間呈現顯著差異($p = .042 < .05$)，學習焦慮明顯降低，對於學習態度帶來正向影響。

表 4 學習態度量表統計分析

面向		題數	平均數	標準差	題平均數	z	p
數學自信	前測	5	13.2	2.59	2.64	-1.461	.144
	後測	5	15.6	0.89	3.12		
數學有用性	前測	5	14.4	1.34	2.88	-1.633	.102
	後測	5	16.6	1.95	3.32		
學習動機	前測	5	13.4	3.05	2.68	-1.604	.109
	後測	5	16.8	2.49	3.36		
學習焦慮	前測	5	13.6	3.78	2.72	-2.032	.042*
	後測	5	5.8	0.84	1.16		
量表總分	前測	20	54.6	0.80	2.73		
	後測	20	54.8	0.80	2.74		

註：* $p < .05$

4.5. e 度提問類型分析

本研究參考 Liu et al. (2023)將使用者與 AI 的對話類型分成直接提問型、探索提問型、嘗試提問型、主動學習型提問、非學習型提問五類，紀錄了五位學生在使用 e 度過程中的提問次數與類型分佈如表 5 所示，學生在使用 e 度的過程中，以直接提問型比例最高，所有的學生主要提問方式皆是直接輸入問題讓 e 度引導解題。探索型提問及嘗試型提問比例相近，主動學習型提問的比例較低，非學習型提問最少，顯示他們在使用 e 度時，很少出現與學習無關的提問。

表 5 學生提問類型表

學生	直接型	探索型	嘗試型	主動學習型	非學習型	總計
甲生	21(41.8%)	7(16.3%)	8(18.6%)	4(9.3%)	3(7.0%)	43(100%)
乙生	21(44.7%)	8(17.0%)	9(19.1%)	5(10.6%)	4(8.5%)	47(100%)
丙生	18(46.2%)	8(20.5%)	6(15.4%)	4(10.3%)	3(7.7%)	39(100%)
丁生	17(41.5%)	8(19.5%)	7(17.1%)	6(14.6%)	3(7.3%)	41(100%)
戊生	16(40.0%)	9(22.5%)	6(15.0%)	6(15.0%)	3(7.5%)	40(100%)

4.6. 學生回應類型分析

學生在輸入問題後，仔細閱讀 e 度回應的自然對話，本研究紀錄了五位學生在使用過程中的回應次數與類型分佈如表 6 所示，學生在回應 e 度時，以積極型回應比例最高（74.4%~90.2%），所有的學生主要回應方式都以積極型為主，顯見他們在使用 e 度時，多數情形下能主動參與、接受引導並作出相對回應。被動回應型（4.9%~11.6%）與忽略回應型（4.9%~14.0%）比例則相對較低，學生在使用 e 度時偶爾回應方式較為被動，或是偶爾會直接忽略 e 度的引導，未作出回應。困惑型回應的比例最低（0.0%~4.3%），大部分學生在與 e 度互動時，都能理解 e 度的引導，僅有乙生（4.3%）與戊生（2.5%）偶爾會對 e 度表現出困惑。

從 e 度的回應面來看，其能夠以「直接給答案」、「引導思考」、「階段回應」、「錯誤診斷」多種回應方式，幫助學生循序漸進地理解題目並解出答案。然而，在少數情況下，e 度仍有可能出現「回答錯誤」的狀況，略影響學生學習效果。整體而言，e 度在學生學習數學文字題的過程中發揮一定的正向影響，學生能夠透過 e 度的引導解題並修正錯誤，並能主動使用 e 度來詢問不會的數學題。然而，學生的提問方式與回應態度可能會影響其學習效果，因此，未來得進一步探討如何幫著學生設計良好提問，以達更有效的學習。

表 6 學生回應類型表

學生	積極型	被動型	忽略型	困惑型	總計
甲生	32(74.4%)	5(11.6%)	6(14.0%)	0(0.0%)	43(100%)
乙生	38(80.9%)	4(8.5%)	3(6.4%)	2(4.3%)	47(100%)
丙生	33(84.6%)	3(7.7%)	3(7.7%)	0(0.0%)	39(100%)
丁生	37(90.2%)	2(4.9%)	2(4.9%)	0(0.0%)	41(100%)
戊生	31(77.5%)	4(10.0%)	4(10.0%)	1(2.5%)	40(100%)

5. 結論

5.1. 學習成就

學生在使用 e 度進行數學文字題學習後，其平均分數明顯提升，並達顯著差異，表示 e 度能夠幫助補救教學學生提升數學文字題的理解與解題能力，進而提升學習成效。在錯題分析，結果顯示學生在後測中的錯誤類型明顯減少，在「不理解題意」、「數學概念不足」、「計算錯誤」與「學習態度所致」方面皆少於前測，其中，「不理解題意」的錯誤減少最多，顯示 e 度的引導能夠幫助學生理解題意及解題，進而提升學習成效。

5.2. 學習態度

本研究透過數學文字題態度量表，從數學自信、數學有用性、學習動機和學習焦慮四面向，探討 e 度是否能影響學生在數學文字題上的學習態度。研究結果顯示，學生在使用 e 度進行學習後，整體學習態度皆有提升，特別在學習焦慮方面，達顯著差異，顯示學生在解數學文字題時的焦慮感顯著降低。

參考文獻

- 涂金堂(2007)。國小學生數學文字題問題結構與數學解題表現之相關研究。屏東教育大學學報, 26, 101-136。
- 徐揚智(2020)。應用數位遊戲式學習於國小六年級數學低成就學生數學課後複習學習成效之研究——以 PaGamO 數位遊戲式平台為例 [未出版碩士論文]。國立清華大學。
- 康雅芳(2006)。國小五年級學童認知風格、數學態度與數學解題表現之關係研究 [未出版碩士論文]。國立高雄師範大學。
- 郭明田、溫嫩純(2021)。國中數學素養導向教學設計與學習成效之行動研究。臺灣教育評論月刊, 10(10), 196-228。
- Acim, R. (2018). The Socratic method of instruction: An experience with a reading comprehension course. *Journal of Educational Research and Practice*, 8(1), 41–53. <https://doi.org/10.5590/JERAP.2018.08.1.04>
- Ahn, S.-Y., Kim, S., Lee, E.-Y., Lee, H., Song, E.-Y., Song, J., & Won, J. (2024). *How do AI and human users interact? Positioning of AI and human users in customer service*. Text & Talk. <https://doi.org/10.1515/text-2023-0116>
- Dalim, S. F., Ishak, A. S., & Hamzah, L. M. (2022). Promoting students' critical thinking through Socratic method: Views and challenges. *Asian Journal of University Education*, 18(4), 1034-1047. <https://doi.org/10.24191/ajue.v18i4.20012>
- Delic, H., & Senad, B. (2016). Socratic method as an approach to teaching. *European Researcher*, 111(10), 511-517. <https://doi.org/10.13187/er.2016.111.511>
- Lam, F. (2011). *The Socratic method as an approach to learning and its benefits* [Unpublished honors thesis]. Dietrich College of Humanities and Social Sciences, Carnegie Mellon University.
- Liu, F., Budiu, R., Zhang, A., & Cionca, E. (2023). *ChatGPT, Bard, or Bing Chat? Differences among 3 generative-AI bots*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ai-bot-comparison/>
- Mahfuddin, M. H. (2019). *The effect of Socratic questioning on students' reading comprehension of analytical exposition text: A quasi-experimental study at eleventh grade of SMA PGRI 56 Ciputat* [Undergraduate thesis]. Syarif Hidayatullah State Islamic University.
- Mahmud, L. H., & Tryana. (2023). Promoting reading comprehension by using Socratic questioning. *Jurnal Onoma: Pendidikan, Bahasa, dan Sastra*, 9(1). <https://doi.org/10.30605/onoma.v9i1.2221>
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- OECD (2018). *Preparing our youth for an inclusive and sustainable world: The OECD PISA global competence framework*. <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/global-competence/Handbook-PISA-2018-Global-Competence.pdf>
- Shakarian, P., Koyyalamudi, A., Ngu, N., & Mareedu, L. (2023). An independent evaluation of ChatGPT on mathematical word problems (MWP). *CEUR Workshop Proceedings*, 3433.
- Singh, Y., Singh, D. P., Chander, N., Singh, Y. P., & Singh, P. R. (2024). Generative AI for enhancing education and skill development. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 883–888. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24nov431>

Wilberding, E. (2019). *Socratic methods in the classroom: Encouraging critical thinking and problem solving through dialogue*. Prufrock Press.