

結合 ORID 討論法與虛擬實驗之學習同伴系統於國小科普閱讀之先導性研究

A Pilot Study of Learning Companion System Integrating ORID Focused Discussion and

Virtual Experiments in Elementary Science Reading Education

胡禎^{1*}, 洪暉鈞², 劉晨鐘³, 張嘉惠⁴, 吳穎洵⁵

^{1,2,5} 臺灣中央大學 網路學習科技研究所

^{3,4} 臺灣中央大學 資訊工程學系

*gigihu0309@gmail.com

【摘要】 本研究探討採用 ORID 討論法之 GenAI 閱讀同伴系統，於國小科普閱讀情境中對學生閱讀理解與閱讀動機之影響，並比較結合虛擬實驗室是否能帶來額外效益。研究採準實驗設計，以 61 名國小六年級學生為對象，分為結合 CoSci 虛擬實驗室的實驗組與未使用 CoSci，僅與 GenAI 閱讀同伴進行對話互動的對照組。研究結果顯示，全體學生在使用本研究所設計之 GenAI 閱讀同伴後，閱讀理解後測表現顯著高於前測；兩組皆呈現進步趨勢，但組間差異未達顯著。在閱讀動機方面，實驗組於閱讀逃避向度顯著低於對照組，顯示結合虛擬實驗室之閱讀同伴設計，可能有助於改善學生閱讀逃避傾向。

【關鍵字】 ORID 討論法；GenAI 閱讀同伴；虛擬實驗室；科普閱讀

Abstract: This study examines the effects of a GenAI reading companion system using the ORID discussion method as a dialogic scaffold on elementary students' reading comprehension and motivation in a popular science reading context, and compares whether integrating a virtual laboratory provides additional benefits. A quasi-experimental design was conducted with 61 sixth-grade students, with 31 assigned to an experimental group using the system integrated with the CoSci virtual laboratory and 30 assigned to a control group using the same system without CoSci. Results showed that students' reading comprehension posttest scores were significantly higher than their pretest scores after using the proposed system. Although both groups demonstrated improvement, no significant between-group differences were found. Regarding motivation, the experimental group showed significantly lower reading avoidance, suggesting that integrating a virtual laboratory may be associated with lower reading avoidance.

Keywords: ORID discussion method, GenAI reading companion, virtual laboratory, popular science reading

1. 緒論

在科學教育研究中，科學閱讀被視為支持學生理解科學概念、建構科學知識與發展科學素養的重要學習活動。相關研究指出，學生在閱讀科學相關文本時，需將文字層次的理解轉化為概念層次的推論與解釋，此一歷程對於科學學習具有重要意義(Norris & Phillips, 2003)。在國小階段，科學閱讀常透過科普文本進行，以協助學生在較低閱讀門檻的情境下接觸科學概念。科普文本多採生活化敘述，能引發學生閱讀興趣，並作為連結日常經驗與科學概念的媒介。然而，相關研究指出，即使在科普閱讀情境中，學生仍需面對抽象概念、專業科學詞彙與因果關係推論等理解挑戰，閱讀歷程往往涉及多層次的推論與資訊整合，對學生造成較高的認知負荷(Bernholt et al., 2022; McNamara et al., 2011; Snow, 2010)。當學生無法有效整合文本資訊與既有知識時，其閱讀理解表現與閱讀投入程度皆可能受到影響，進而影響科學閱讀

的學習成效(Xie et al., 2023)。因此，在科普閱讀情境中，如何透過適切的教學設計與支援，協助學生降低閱讀理解負荷，是科學教育研究中重要的議題。

隨著人工智慧技術的發展，結合生成式人工智慧 (GenAI) 的對話互動型 AI 閱讀同伴逐漸被引入閱讀學習情境中，作為協助學生理解與思考歷程的工具。研究指出，當對話型智慧系統在學習歷程中能提供即時且具引導性的鷹架回饋時，有助於促進學生學習成效與學習投入 (Matsuda et al., 2020)。然而，若對話互動僅停留在被動回應、缺乏清楚的引導結構，學生較難被帶往更深層的理解層面；反之，若 GenAI 同伴能主動以鷹架問題引導學生，對理解表現的提升將更為顯著 (Yan et al., 2025)。其中，ORID 討論法即是一種具明確層次的討論架構，透過由淺入深的提問順序，可以引導學生從文本資訊擷取，逐步過渡至意義詮釋與立場形成 (Stanfield, 2000)。此種結構化對話歷程，能有效對應科學閱讀中由文字理解走向概念建構的認知需求，因而適合作為 GenAI 閱讀同伴在閱讀情境中的對話鷹架。

此外，除閱讀理解外，學生在閱讀學習情境中的動機程度，會影響其投入閱讀活動的意願、持續閱讀的行為，以及面對理解困難時的堅持程度 (Guthrie et al., 2012)。科普閱讀中，學生若缺乏動機，即使有閱讀能力也會影響成效。此外，理解和實作經驗的連結常不足，學生可能理解文本但難以掌握科學概念。虛擬實驗室因能模擬科學現象與操作歷程，被視為補足實體實驗限制的重要學習資源 (de Jong et al., 2013)。然而，現有研究較少在相同閱讀支援與對話架構下，系統性比較在科普閱讀情境中結合虛擬實驗室對學生科學閱讀理解與閱讀動機所帶來的差異。

基於上述背景，本研究以科普文本作為學生閱讀教材，聚焦於科普閱讀情境中的科學閱讀學習歷程，並引入 ORID 討論法作為 GenAI 閱讀同伴系統之對話鷹架，以協助學生在閱讀過程中進行結構化討論，並促進其理解。透過此一設計，本研究旨在探討採用 ORID 對話架構之 GenAI 閱讀同伴系統，於國小科普閱讀情境中與學生閱讀理解表現之關聯，並進一步比較結合虛擬實驗室後，是否在閱讀理解與閱讀動機上呈現不同表現。綜上所述，本研究提出以下研究問題：

RQ1: 使用 ORID GenAI 閱讀同伴系統後，學生的閱讀理解表現是否存在差異？

RQ2: 使用結合虛擬實驗室之 ORID GenAI 閱讀同伴系統，相較於僅使用 ORID GenAI 閱讀同伴系統，在學生閱讀理解表現上的影響是否存在差異？

RQ3: 使用結合虛擬實驗室之 ORID GenAI 閱讀同伴系統，相較於僅使用 ORID GenAI 閱讀同伴系統，在學生閱讀動機上的影響是否存在差異？

2.文獻回顧

2.1. GenAI 閱讀同伴作為閱讀學習支援工具之相關研究

閱讀理解被視為一種涉及推論、整合與理解監控的動態歷程，而非僅止於文字解碼 (McNamara & Magliano, 2009)。因此，能夠於閱讀歷程中即時回應學生理解狀態、並透過互動協助其思考的學習輔助工具逐漸受到重視。相關研究指出，當閱讀活動中納入對話與互動機制時，有助於學生釐清文本內容，協助深層理解活動 (Mercer et al., 2019)。

隨著 GenAI 的發展，閱讀輔助工具進一步轉化為具對話互動能力的 GenAI 閱讀同伴。相較於以預設回饋為主的規則主導系統，GenAI 能根據學生的回應即時生成問題與提示，使其得以持續參與閱讀歷程。相關研究顯示，在具引導性的學習活動中，GenAI 有助於提升學生閱讀表現與閱讀參與 (Huang et al., 2025; Liu, Liao, et al., 2022)；然而，其學習成效仍與互動設計及引導方式密切相關 (Kasneci et al., 2023)。因此，在閱讀學習情境中，如何為 GenAI 閱讀

同伴設計具體且可操作的對話引導架構，以系統性支持學生的閱讀理解歷程，成為值得進一步探究的方向。

2.2. ORID 討論法與結構化聊書的對話架構

在閱讀學習情境中，對話與討論被視為支持理解建構的重要教學策略之一；然而，若討論活動缺乏明確結構與引導層次，學習者的互動容易停留於意見交換或表層回應，較難促進深入的文本理解與概念整合(Mercer et al., 2019)。因此，如何透過具結構性的對話架構，引導學習者循序展開理解歷程，成為閱讀教學與閱讀支援系統設計中的重要課題。ORID 討論法源自加拿大 ICA (Institute of Cultural Affairs) 所發展的結構化討論模式，其核心在於透過「客觀事實 (Objective)」、「感受反應 (Reflective)」、「詮釋意義 (Interpretive)」與「決策行動 (Decisional)」四個層次的提問，引導參與者由具體事實逐步過渡至意義建構與立場形成 (Stanfield, 2000)。相關研究顯示，ORID 提問法能作為課堂討論的引導架構，協助學生聚焦討論重點，並促進其反思與理解歷程。如王秀鶯(2019)在高中資訊課程中結合 ORID 法進行教學，結果指出，透過結構化提問引導，學生能更有系統地回應學習內容，並展現較佳的學習參與與反思表現。國際研究亦開始關注 ORID 在不同教育情境中的應用潛力。如 Fadlelmula 與 Qadhi(2024)以服務學習為情境，探討 ORID 作為反思與評估架構的可行性，研究顯示，ORID 所提供的層次引導，有助於學生組織經驗、深化理解，並協助其進行較具深度的反思。根據上述回顧可知，ORID 不僅可作為一般討論工具，亦可作為支持學習歷程的結構化引導架構；當其被應用於閱讀學習情境中，特別是在需要引導學習者逐步釐清文本與建構意義的情境下，具備作為聊書對話架構的適切性。

2.3. 虛擬實驗室於科學閱讀學習中的支援角色

隨著教育科技的發展，已有多種虛擬實驗室 (virtual laboratories) 被建置並應用於科學教育情境中，作為補足實體實驗限制的重要學習資源。相關研究指出，虛擬實驗室能透過模擬科學現象與操作歷程，讓學生在安全且可控制的環境中進行觀察與探究，有助於理解抽象的科學概念與變因關係(de Jong et al., 2013)。在科學閱讀學習中，虛擬實驗室亦被視為連結文本描述與具體經驗的重要媒介，使學生能在閱讀科學文本後，透過操作與觀察來驗證與深化對文本內容的理解。

在眾多虛擬實驗室平台中，CoSci 為一個跨平台共享的免費線上模擬實驗室，由臺灣中央大學劉晨鐘教授團隊開發，具知名度且已累積實證基礎。相關研究顯示，CoSci 透過結合虛擬實驗與課程設計，能協助學生進行模型建構、變因操作與現象解釋，有助於科學概念理解與科學素養的發展(Chang et al., 2024; Liu, Wen, et al., 2022)。這些研究指出，當虛擬實驗室被妥善融入教學活動中，能為學生提供觀察、驗證與反思科學概念的機會，顯示 CoSci 在科學教育情境中具備良好的應用潛力。

然而，研究亦指出，科學探究活動本身具有高度的認知複雜性，若僅提供學生虛擬實驗室而缺乏適切的引導，學習成效未必能如預期提升。如 Liu 等人(2022)指出，在虛擬實驗情境中，學生可能因操作負荷過高或缺乏探究焦點，而無法有效建構科學概念；Chang 等人(2024)亦發現，虛擬實驗室的學習成效與課程設計與引導方式密切相關。相關研究顯示，若缺乏結構化的教學支援，虛擬實驗室可能淪為操作層次的體驗活動，難以有效促進深層理解。此外，Chen 等人(2025)的研究亦指出，即便在翻轉教室情境中，虛擬實驗室若未結合結構化探究設計，其對學習成就、動機與探究能力的提升仍有限。

綜上所述，虛擬實驗室在科學閱讀學習中具有輔助概念理解與提升學習投入的潛力，但其成效高度仰賴引導方式與學習支援設計。因此，若能在科學閱讀情境中，結合結構化的對話引導與即時學習輔助，協助學生在閱讀、操作與反思之間建立連結，將更有助於發揮虛擬實

驗室的教育價值。故本研究基於上述脈絡，將整合 CoSci 虛擬實驗室與具結構性的 ORID 對話鷹架及 GenAI 閱讀同伴，進一步探討其於科學閱讀學習情境中的影響。

3. 研究方法與系統設計

3.1. 研究對象

本研究之研究對象為台灣北部某國小六年級學生，共兩個班級，合計 61 人。其中一班為 31 人，另一班為 30 人，分別作為實驗組與對照組。所有學生皆依其原有班級編制參與研究活動。研究期間，學生於課堂中皆使用由學校提供之平板電腦進行科普閱讀聊書學習活動，受測學生皆具備基本平板操作能力，能獨立完成課堂中所安排之學習任務。研究進行前，已取得學生家長或監護人之書面知情同意，並確保研究資料僅用於學術分析，相關個人身分資訊皆予以匿名化處理。

3.2. 實驗設計

本研究採準實驗設計，分為實驗組與對照組，兩組皆進行前後測。實驗期間為期五週，兩組學生皆於課堂中進行相同主題之科普閱讀聊書活動，並使用本研究自開發之 GenAI 閱讀同伴系統進行閱讀討論。兩組差異在於實驗組所使用之 ORID GenAI 閱讀同伴系統會於聊書歷程中整合 CoSci 虛擬實驗室於介面上作為輔助學習資源；對照組則僅使用未結合虛擬實驗室之 ORID GenAI 閱讀同伴系統。兩組在閱讀教材、教學時間、授課教師與使用設備等條件上皆保持一致，以降低非研究變項對學習成效之影響；其中，所使用之科普文本節錄自坊間科普文章，經專家確認其內容適合作為國小閱讀教材，且主題與自然科學課綱相關，兩組學生於各週閱讀之教材內容亦相同，以控制內容差異對學習表現的可能影響。

具體研究流程如下：於第一週進行前測，包含閱讀理解測驗與閱讀動機量表之施測，並由研究者向學生說明研究目的、整體流程與 GenAI 閱讀同伴系統之基本操作方式。閱讀動機量表採用 Wigfield 與 Guthrie(1997)所發展之閱讀動機問卷（The Motivation for Reading Questionnaire, MRQ），並以 Cronbach's α 檢驗其內部一致性，結果顯示前測之 Cronbach's α 為.880，後測為.899，顯示該量表於本研究中具有良好內部一致性。閱讀理解測驗則以《閱讀理解—文章與試題範例》一書及 PIRLS 2006 年樣本試題作為測驗素材加以編製，題型包含選擇題與簡答題，主要評量學生對文本內容之理解、訊息擷取與推論表現。第二至第四週進行系統介入，學生於每周活動開始前閱讀指定科普文本，於活動期間則透過平板電腦操作 GenAI 閱讀同伴系統進行結構化聊書；實驗組之系統於此階段另結合 CoSci 虛擬實驗室進行相關科學現象之模擬操作。系統介入活動每週進行一次，每次 40 分鐘。於第五週進行後測，除施測閱讀理解測驗與閱讀動機量表外，另以自編開放式問答蒐集學生回饋，以補充量化資料，作為理解學生學習歷程與學習感受之輔助資料來源。

3.3. ORID GenAI 閱讀同伴系統

本研究所開發之 ORID GenAI 閱讀同伴系統，旨在於科普閱讀情境中提供即時且具結構性的閱讀對話支援，協助學生於閱讀歷程中釐清理解並進行反思。系統以生成式人工智慧為核心，能依據學生在閱讀與對話過程中的回應，即時生成引導性問題與回饋，以支持學生逐步建構對文本內容的理解。為避免對話互動流於零散問答，本系統引入 ORID 討論法作為對話鷹架，透過具層次性的提問設計，引導學生依序進行文本資訊擷取（Objective）、感受與回應（Reflective）、意義詮釋（Interpretive）與整體理解反思（Decisional）。

系統互動以結構化聊書為核心，學生於每周活動前完成科普文本閱讀，接著於活動時段透過平板與系統進行 40 分鐘的對話活動。系統會依 ORID 各層次之對話架構，逐步引導學生回

應閱讀內容，協助其整理文本重點、檢視理解狀態，並形成對文本的整體認知。藉此設計，閱讀對話得以圍繞文本關鍵概念展開，並支持學生進行較具深度的理解與反思歷程。

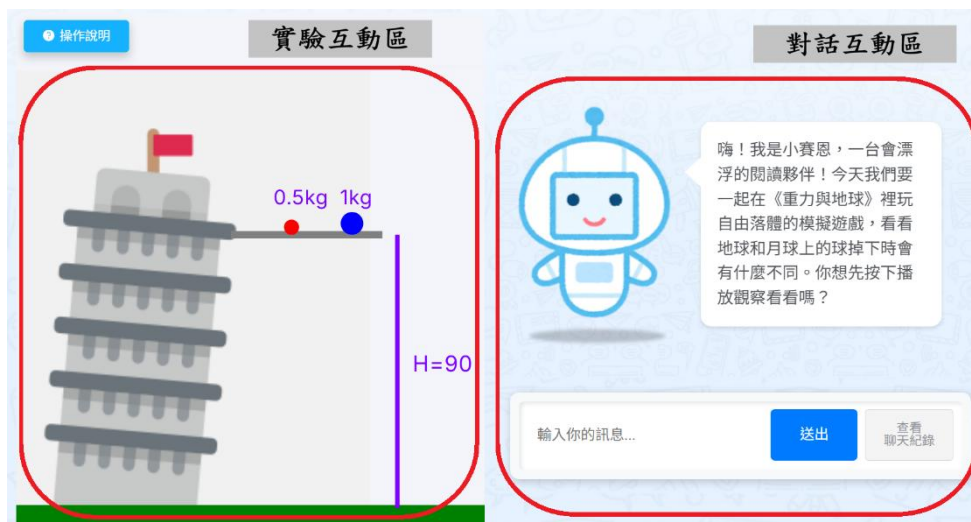


圖 1 系統介面圖

系統介面如圖 1 所示，主要包含對話互動區與實驗互動區。學生於對話互動區與 GenAI 機器人進行對話，回應系統所提出的 ORID 導向問題，系統則依據學生的回應即時生成後續提問與回饋，引導學生進一步思考與釐清理解。於實驗組中，實驗互動區整合 CoSci 虛擬實驗室，學生可於此進行與閱讀內容相關之科學現象模擬操作，以連結文本描述與具體觀察經驗；而對照組之實驗互動區則僅呈現本周指定閱讀主題之書籍簡介，未包含虛擬實驗室。除實驗互動區呈現之內容不同外，兩組之系統介面配置、對話互動機制與操作流程皆保持一致。透過結構化對話鷹架的設計，ORID GenAI 閱讀同伴系統得以引導學生以互動方式參與閱讀理解歷程，並於實驗組中結合虛擬實驗資源，協助其在科普閱讀情境中的理解建構與學習投入。

4. 結果

4.1. ORID GenAI 閱讀同伴對學生閱讀理解之影響

為了解全體學生在使用本研究設計之 ORID GenAI 閱讀同伴系統前後，其閱讀理解表現是否存在差異，本研究先針對全體學生之前後測閱讀理解成績進行分析。由於成績未符合常態分配（Shapiro-Wilk 檢定， $p < .01$ ），故採用 Wilcoxon 符號等級檢定進行比較。結果顯示，學生於後測之閱讀理解成績（ $M = 15.37$, $SD = 3.54$ ）顯著高於前測（ $M = 12.24$, $SD = 5.11$ ），達統計顯著標準（ $Z = -4.127$, $p < .001$ ），顯示在使用本研究所設計之 ORID GenAI 閱讀同伴系統後，學生整體閱讀理解表現呈現顯著提升。

4.2. 不同系統設計下學生閱讀理解增益之比較

為了解不同系統設計對學生閱讀理解的影響，本研究首先分別檢視兩組學生於教學介入前後之閱讀理解變化，並以 Wilcoxon 符號等級檢定進行分析。結果顯示，對照組學生於後測之閱讀理解成績顯著高於前測（ $Z = -2.802$, $p = .005$ ），實驗組學生亦呈現顯著提升（ $Z = -3.049$, $p = .002$ ），顯示兩組學生在導入 ORID GenAI 閱讀同伴系統後，其閱讀理解表現於教學介入後皆有明顯改善。接著進一步以 Mann-Whitney U 檢定比較兩組學生之閱讀理解成績差異。結果顯示，兩組學生於前測之閱讀理解表現未達顯著差異（ $U = 387.000$, $p = .187$ ），顯示兩組在教學介入前具有相近的閱讀理解基礎；而於後測成績之比較中，兩組之閱讀理解表現亦未達顯著差異（ $U = 370.000$, $p = .329$ ）。

然而，透過觀察敘述性統計結果可見，兩組學生於教學介入後之閱讀理解平均數皆呈現上升趨勢。對照組學生的閱讀理解平均數由前測的 11.79 提升至後測的 14.86；實驗組學生則由前測的 13.16 提升至後測的 15.84。此結果顯示，在本研究的教學介入期間內，兩種 ORID GenAI 閱讀同伴系統設計皆與學生閱讀理解表現的提升呈現一致趨勢，而結合虛擬實驗室之系統在平均表現上呈現較高數值，但兩組間之差異尚未達到統計顯著水準。

4.3. 不同系統設計下學生閱讀動機變化之比較

為比較不同系統設計對學生閱讀動機變化之影響，本研究透過 Mann-Whitney U 檢定，分析實驗組與對照組於閱讀動機問卷整體平均分數及各分向度之組間差異。結果顯示，兩組學生於前測階段在整體閱讀動機表現上未達顯著差異 ($U=432.50$, $Z=-0.023$, $p=.982$)，顯示兩組在教學介入前的閱讀動機程度相當；於後測階段，實驗組在閱讀動機整體平均分數之等級平均數 (32.23) 高於對照組 (27.54)，但差異未達統計顯著水準 ($U=365.00$, $Z=-1.047$, $p=.295$)，顯示實驗組閱讀動機表現可能存在較高之趨勢。

進一步檢視閱讀動機各向度的組間比較結果顯示，在「閱讀效能」、「閱讀挑戰」、「閱讀好奇心」、「閱讀認可」及「閱讀競爭」等向度上，兩組學生於後測階段皆未達顯著差異 ($p>.05$)。然而，在「閱讀逃避」向度之後測結果中，實驗組與對照組之間達到顯著差異 ($U=272.50$, $Z=-2.142$, $p=.032$)。結合敘述性統計結果可見，實驗組學生於閱讀逃避向度之平均分數由前測至後測呈現下降，而對照組則呈現上升，顯示結合虛擬實驗室之 ORID GenAI 閱讀同伴系統，可能有助於降低學生在閱讀活動中的逃避傾向。

5. 討論與結論

本研究以國小科普閱讀為教學情境，探討採用 ORID 討論法之 GenAI 閱讀同伴系統在閱讀理解與閱讀動機上的應用表現，並比較整合虛擬實驗室是否帶來不同影響。結果顯示，在短期教學介入下，結構化對話鷹架與虛擬實驗室可能分別在不同學習面向中發揮作用。

在閱讀理解表現方面，本研究發現全體學生於使用本研究所設計之 GenAI 閱讀同伴系統後，其閱讀理解成績於教學介入後顯著提升。此結果呼應既有研究所指出，具結構性的對話安排有助於支持學習者在閱讀歷程中進行理解監控與意義建構(Mercer et al., 2019)。ORID 討論法所提供的層次化提問流程，能引導學習者由文本資訊擷取逐步過渡至詮釋與反思，有助於支持閱讀理解歷程(Stanfield, 2000)。

進一步比較不同系統設計下的閱讀理解增益結果顯示，無論是否結合虛擬實驗室，兩組學生於教學介入後皆呈現顯著進步，但組間差異未達統計顯著水準。此結果顯示，在本研究的短期介入條件下，閱讀理解表現的提升可能主要來自結構化對話所提供的理解支持，而虛擬實驗室的附加效果尚未在理解層面明顯展現。此現象亦與先前研究指出，虛擬實驗室的學習成效高度仰賴教學引導與課程設計之觀點相符(de Jong et al., 2013; Liu, Wen, et al., 2022)。

相較之下，閱讀動機的分析結果呈現出不同樣貌。整體閱讀動機分數未達顯著差異，但在「閱讀逃避」向度上，結合虛擬實驗室之系統與未結合者之間出現顯著差異。敘述性統計結果顯示，實驗組學生於閱讀逃避向度呈現下降趨勢。表示虛擬實驗室透過模擬科學現象與操作歷程，可能協助學生將抽象文本轉化為具體經驗，進而影響其對閱讀活動的情感反應(de Jong et al., 2013)。相關研究亦指出，CoSci 等虛擬實驗室若能妥善融入教學活動，能支持學生參與探究與反思歷程，提升其學習投入(Chang et al., 2024)。

基於本研究之結果，將 ORID 討論法作為 GenAI 閱讀同伴系統的對話鷹架，可能有助於輔助學生的閱讀理解歷程；而虛擬實驗室的導入，則較可能在閱讀動機中與情感態度相關的向度發揮影響。然而，由於本研究未設置不含 ORID 討論法之比較組別，故尚無法單獨辨識 ORID

討論法本身的獨立效果；此外，本研究屬短期介入之先導性研究，樣本數與介入時程皆有限，相關結果仍需在較長期、較大樣本與不同教學情境中進一步驗證。未來研究可持續探討 ORID 對話、GenAI 閱讀同伴與虛擬實驗室之整合設計，如何共同協助學生於科學閱讀學習中的理解與動機發展。

致謝

本研究感謝國科會專題研究計畫（計畫編號：NSTC(113-2628-H-008-001-MY3)及(114-2423-H-008-002-)）以及臺灣中央大學學習科技研究中心支持。

參考文獻

- Bernholt, S., Härtig, H., & Retelsdorf, J. (2022). Reproduction Rather than Comprehension? Analysis of Gains in Students' Science Text Comprehension. *Research in Science Education*, 53(3), 493-506.
- Chang, H.-Y., Liu, C.-C., Wen, C.-T., Chang, M.-H., Fan Chiang, S.-H., & Hwang, F.-K. (2024). The effect of the cyclic curricular design of modelling-based instruction with virtual labs. *International Journal of Science Education*, 46(1), 46-72.
- Chen, C., Rabu, S. N. A., & Jamiat, N. (2025). Enhancing Physics Learning Achievement, Motivation and Inquiry Skills in a Flipped Classroom: A Structured Inquiry-Based Virtual Lab Approach. *Journal of Baltic Science Education*, 24(1), 37-52.
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- Guthrie, J. T., Wigfield, A., & You, W. (2012). Instructional Contexts for Engagement and Achievement in Reading. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 601-634). Springer US.
- Huang, C., Zhong, Y., Li, Y., Wang, X., Han, Z., Zhang, D., & Liu, M. (2025). Enhancing student reading performance through a personalized two-tier problem-based learning approach with generative artificial intelligence. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 645.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T.,...Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Kayan Fadlilmula, F., & Qadhi, S. M. (2024). Beyond the Classroom: Integrating the ORID Model for In-Depth Reflection and Assessment in Service-Learning. *Education Sciences*, 14(9), 987.
- Liu, C.-C., Liao, M.-G., Chang, C.-H., & Lin, H.-M. (2022). An analysis of children' interaction with an AI chatbot and its impact on their interest in reading. *Computers & Education*, 189, 104576.
- Liu, C.-C., Wen, C.-T., Chang, H.-Y., Chang, M.-H., Lai, P.-H., Fan Chiang, S.-H., Yang, C.-W., & Hwang, F.-K. (2022). Augmenting the effect of virtual labs with "teacher demonstration"

- and "student critique" instructional designs to scaffold the development of scientific literacy. *Instructional Science*, 50(2), 303-333.
- Matsuda, N., Weng, W., & Wall, N. (2020). The Effect of Metacognitive Scaffolding for Learning by Teaching a Teachable Agent. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(1), 1-37.
- McNamara, D. S., & Magliano, J. (2009). Chapter 9 Toward a Comprehensive Model of Comprehension. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 51, pp. 297-384). Academic Press.
- McNamara, D. S., Ozuru, Y., & Floyd, R. G. (2011). Comprehension challenges in the fourth grade: The roles of text cohesion, text genre, and readers' prior knowledge. *International electronic journal of elementary education*, 4(1), 229-257.
- Mercer, N., Wegerif, R., & Major, L. C. (2019). *The Routledge international handbook of research on dialogic education*. Routledge Abingdon.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Snow, C. E. (2010). Reading comprehension: Reading for learning.
- Stanfield, R. (2000). The Art of Focussing Conversations: 100 Ways to Access Group Wisdom in the Workplace. *The Institute for Cultural Affairs, Chicago, IL*.
- Wigfield, A., & Guthrie, J. T. (1997). Relations of children's motivation for reading to the amount and breadth of their reading. *Journal of Educational Psychology*, 89(3), 420-432.
- Xie, Y., Wang, J., Li, S., & Zheng, Y. (2023). Research on the Influence Path of Metacognitive Reading Strategies on Scientific Literacy. *Journal of Intelligence*, 11(5), 78.
- Yan, L., Martinez-Maldonado, R., Jin, Y., Echeverria, V., Milesi, M., Fan, J., Zhao, L., Alfredo, R., Li, X., & Gašević, D. (2025). The effects of generative AI agents and scaffolding on enhancing students' comprehension of visual learning analytics. *Computers & Education*, 234, 105322.
- 王秀鶯. (2019). 翻轉學習結合 ORID 提問法應用於高中資訊科技概論課程的教學實踐. *教育研究月刊*第 301 期: *Journal of Education Research* No. 301, 82.