

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE107050

學門分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：107/08/01~108/07/31

計畫名稱：應用鷹架支持於離散數學合作學習之研究
配合課程名稱：離散數學

計畫主持人(Principal Investigator)：王福星

執行機構及系所(Institution/Department)：中國文化大學資訊管理學系

繳交報告日期(Report Submission Date)：108/09/04

應用鷹架支持於離散數學合作學習之研究

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

請描述所選擇研究議題的問題挑戰與背景、教學實務現場遇到之挑戰以及該議題的重要性與影響力。

電腦軟體的快速發展，明顯地改變人們的生活以及工作型態，我國與歐美多個國家有鑑於資訊時代下之人才培養不是僅侷限於軟體工作者，而是應該將資訊教育全面性地融入於中等以下學校的教育中，讓所有學生學習如何利用數位工具進行學習，以及如何用數位工具解決生活上的問題，做好數位生活的準備。我國目前預計在107學年度實施的十二年國教科技領域課綱草案裡，將程式設計規劃為國中與高中生的必修課程，冀望學習者能夠具備資訊時代所強調的邏輯思考能力，並透過電腦科學相關知能的學習，以培養解決生活上以及工作上問題之能力。

本校呼應教育部高教深耕計畫「落實教學創新」、「發展學校特色」、「提升高教公共性」與「善盡社會責任」四項目標，以「紮根學習，多元創新，引領未來，發揚特色」為主軸，研提A計畫：「紮根基礎教學品質，創新教學內容形式」目標為提升學生學習成效、改善教學品質、培養學生具備使用及運用程式語言之能力及培養學生創新創意能力。本計畫為能保證學生程式語言能力之學習有成效，提出培養學生電腦數學能力的創新教學方法，著重於邏輯思考能力的訓練。由於邏輯思考能力培養的首要工作為強化學習者的基礎電腦數學能力，而電腦科學的數學語言是離散數學，學生可以透過學習離散數學裡面的概念和方法，增進邏輯運算及程式設計之知識與能力。

電腦科學的數學語言是離散數學，人們透過學習離散數學裡面的概念和方法，描述生活當中的問題，研究出演算法以解決問題。離散數學的學習迥異於傳統數學的學習過程，其中很明顯的差異之處是離散數學不要求學生具備高計算能力的背景，事實上繁複的公式計算是眾多學生在學習傳統數學科目所卻步之處。離散數學涵蓋了組合、機率、邏輯、圖論、演算法等等主題，課程的訓練過程重視邏輯推演以及驗證，是適合於銜接高中數學的課程訓練，而且能夠提升大學生的質量。離散數學如同微積分、代數等課程都是大學部學生的重要學習科目，不過微積分、代數課程的學習往往需要學生記憶很多公式，相對地，離散數學僅讓學

生記憶極少數公式，目的在於導引學生更有彈性的思考問題以及其解決方法，事實上，離散數學的學問就蘊涵在我們的日常生活的點滴當中，而學生學得離散數學的涵蓋主題，可以獲得解決問題的能力。

本計畫實施於離散數學課程，學生修習本課程後，應具備邏輯思考能力，並且能應用邏輯的推論規則驗證所欲解決的問題。離散數學課程是本系的一門必修課程，本教學實踐研究計畫探討相關教學實踐個案對於本課程的適用性，讓離散數學課程的學習過程不同於傳統生硬的數理課程，而應有效地課程突破，引發學習者的興趣，讓離散數學課程的學習不設背景知識能力的門檻，如此，不僅讓資訊相關科系的學生可以得到專業能力的確認，也能夠培養所有不同背景的學生為應付數位環境所需的資訊能力。本計畫的研究目的除了是讓離散數學課程之教學為既有課程的突破之外，也適合於跨領域課程的規劃。

本教學實踐研究計畫係屬於既有課程突破，由離散數學課程之任課教師進行鷹架式的教學，任課教師必須提供給學生概念框架，以提供學習社群的學生自行建構學習架構，並對知識產生進一步的理解。在教學上，鷹架是師生互動的方式與策略，強調教師在互動過程中，協助學生在貼近發展區間（zone of proximal development）向前發展。另外，為了確保每一位同學的吸收程度，單純倚靠學生個別單打獨鬥的練習，效果實在不佳，故本教學實踐研究計畫規劃同組同學間的合作學習，使得學生即使面對平時測驗，都應該鼓勵同學做到演算不鬆懈、作答不畏懼，才能確實讓授課由淺入深，故讓每一位同學能在學習離散數學的過程中，感受到不孤單，除了有老師的教誨之外，還有實質的同組夥伴“患難與共”。本研究探討在離散數學課程的教學中，結合了鷹架理論、具促進者的合作學習方式以及重視差異化學習的即時反饋系統，對於不同程度的學生應予以何種方式對於學習上較有幫助。本計畫在合作學習面向的研究目的為：

(1) 探討應用鷹架的合作學習之課程發展模式。

(2) 探討學生參與應用鷹架的合作學習之學習成效。

數學相關課程對於一般同學而言是較難迅速學習，故授課教師於授課過程中應該要確保每一位同學的吸收程度，才能確實讓授課由淺入深，計畫運用即時回饋系統於教學，預期能達到課堂即時評量之成效，而讓每一位同學能做到差異化的學習是本計畫的另一個具

體目標。

2. 文獻探討(Literature Review)

請針對本教學實踐研究計畫主題進行國內外相關文獻、研究情況與發展或實作案例等之評析。

鷹架理論源自於 Vygotsky 的貼近發展區間 (Vygotsky, 1978)，所謂貼近發展區(Zone of Proximal Development, ZPD)是指將認知的發展分成實際的發展層次以及潛在的發展層次，在這兩個層次之間的差距。鷹架理論的重點在教師輔助學習者將學習內容結構化，並透過學習歷程的層次漸進，建立學習者自我的學習之垂直鷹架，以及同儕的水平鷹架。鷹架理論著重溝通與認知，有助於促進學習者對問題的解決與反思能力 (張菟珍, 1997)。鷹架理論應用範圍廣闊，在教育界引起很大的響應。儘管有著後續的近代觀點，以輔助學習者維持學習方向與鷹架的動態架構仍然是最根本的鷹架理論觀點。因為使用鷹架教學教師需要瞭解學生的需求，能力教師需要對學生更有耐心，對於初學習的學生，要能忍耐他們的可能犯錯。使用鷹架教學教師需要從不同情境下，對於將採用的鷹架類型有所取捨 (Nussbaum, 2002)。

在 21 世紀教育委員會對聯合國教科文組織提出的一份重要教育報告「教育—財富蘊藏其中」中，提到了教育需在學會認知、學會做事、學會共同生活與學會生存等四種能力下重新組織及變革(聯合國教科文組織總部中文科, 1996)，顯示傳統教學型態已經逐漸的在改變，因此現在的教學模式已不侷限於老師單方向的傳授方式，合作學習已成為現在教學中重要的一環。合作學習可以提昇學生的學習動機、學習成就及合作技巧，是一項值得在教學中採用的教學策略，並可帶來相較於以往更多元化的想法 (Slavin, 1995)。合作學習(cooperative learning)教學是一種分組的教學設計，將學生以異質性的方式分成數個小組，各小組的成員必須共同努力完成小組的目標是合作學習的重要特徵。合作學習並不是一種新的教學觀念或教學方法，在過去的教學理論與實際中，一直都有合作學習的蹤跡。但是最近許多有關教學方面的研究均發現，合作學習是一種有效的學習方式，不僅可以增進學科方面的學習效果，而且可以促進社會及情意方面的學習效果，因此，乃成為目前較受矚目的一種學習方式(鄭孟州, 2008)。在合作學習中,首先將共同目標依照成員的能力以及所了解的程度進行分工，並將所蒐集來的資料進行研究討論，遇到困難時互相分析及分享不

同的經驗及所取得的知識，以完成共同目標，在小組的互動中不但可以增進學習成效，學生也能透過合作學習來增加想主動學習的意願，而更投入積極參與學習，在小組學習中提出問題、分析、研究、討論問題等能力。

合作學習在教學上能夠被廣泛應用主要原因是它造了教育工作者對同儕互動創造性的運用，同儕互動是教學系統中尚待進一步開發的寶貴人力資源，是教學活動成功必備的重要元素，相較與傳統學習同儕間更積極的互相依賴、面對面的助長式互動、培養個人責任、社會技巧與團體歷程(黃政傑，林佩璇，2008)，學者 Preston 使用合作學習在程式設計教學上，發現兩人一組的分組方式對小組學生的成績有顯著的提升(Preston, 2005)，證實合作學習有助於成績上的提升，成為現今教學模式中最常見的一種教學方法。

3. 研究方法(Research Methodology)

3.1.研究架構

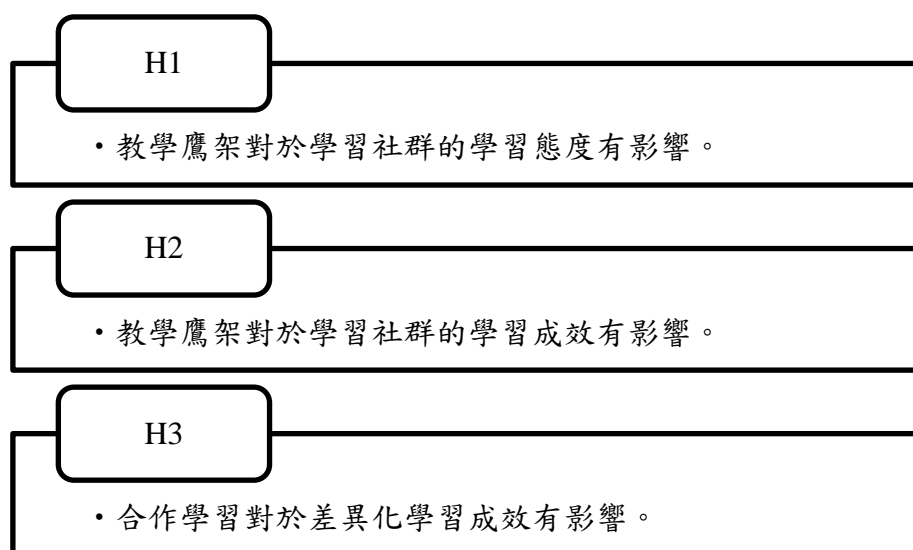
本研究之研究步驟共分為六個階段：

1. 多方閱讀相關理論與蒐集相關資料並進行文獻探討。
2. 發現問題、診斷問題。
3. 根據研究問題建立研究假設。
4. 進行教學投入及實施相關教學規劃
5. 進行評量及問卷調查
6. 進行資料分析以驗證研究假設並提出結論與建議。

計畫以文獻探討法蒐集過往研究學者的發表作品來完成相關研究，作出有系統的鑑定、安排，分析其研究結果與建議，並利用過往學者的成果驗證欲探索問題的假設，再加以說明此假設應用的價值性，以此作為研究的基礎擬定研究範圍。對既存學術進展的背景研究，整合一個在特定領域中已經被思考過與研究過的資訊，目的在於將已完成的研究彙整，並提供未來探討研究的議題。

3.2.研究假設

教師提供示範與鷹架策略，讓學習社群主動搭建自主學習的鷹架，方能有效達到自主學習的目標。自主學習強調學習者的學習態度，學習社群的學習歷程將會影響學生的學習態度，希望學習者能找到適合自己的學習態度與方式，增益學習者的自主學習能力。而教師可以依據適合的學習反饋資料，試著針對學生學習成效的個別差異，運用不同的教學策略幫助學生有效地學習，在整個自主教學歷程中，教師隨時修正與調整教學內容，期能達成最佳的學習成效。本研究提出以下假設：



3.3.研究範圍

本研究是以大學二年級的離散數學為教材的範圍，研究主題著重於在學生接受離散數學的結構化解題鷹架之後，瞭解學生實施後的數學學習成效之改變，並適當地修正使用鷹架的輔助策略，可以減少學生在解題過程中的迷思，降低離散數學問題的解題門檻，故本計畫預期提升學生的問題探究能力，並且預期學生能夠內化鷹架內涵，以建構自己的知識。

本研究使用數位學習與合作學習進行探討，並根據過往文獻的統整，應用於本研究的教學規劃與建置。本研究編製所需的問卷與學習成就測驗，並進行試題分析，同時透過診斷式評分系統進行教學成效的評比，針對學生的作業解題檢驗學生整合數學概念及作業過程，

是否能指出一些作業要點或概念流程，或是可能包含某些不正確或無關之演算。本教學研究計畫分析學生學習過程的困難或迷思之處，作為教學改進的參考。

3.4.研究對象

教學實踐研究對象為電腦科學相關的使用者，而實驗的對象以修讀離散數學課程的學生為主。在教學內容設計上，配合眾多不同電腦科學相關使用者的背景能力，提供其所熟悉的與學習方式來學習。修讀本課程的學生不需要具備高門檻的先備特質或學習經驗，我們透過教學規畫的設計，逐步培養學生的抽象思維能力、和邏輯推理能力，特別要培養學生能夠運用所學，而有分析解決問題的能力。

3.5.研究方法及工具

本研究探究學習社群的合作學習歷程中，教師所扮演的角色與其所運用的教學鷹架對於學習社群的合作學習之影響。教師所扮演的角色包含學習促進者、目標設定協助者、學習進度監控者以及反思回饋提供者。本研究針對研究假設建立研究架構與實驗流程，以問卷調查法作為基礎，根據研究假設決定因素變項關係，並以問卷作為收集資料的工具。本研究使用學習態度問卷和學習成就測驗為研究工具，分述如下

(1)學習態度

學習態度是指個人對數學一般性看法、喜歡或厭惡的程度，也是個人對離散數學所持有的一種具有持久性而一致的行為傾向。本研究使用自編之「數學學習態度」問卷來調查學生經過使用具有鷹架的合作學習教學之後，學生的學習態度是否有差異。

(2)學習成效

一般學習成效之實驗設計研究通常有實驗組與對照組，藉由實驗法之變因操弄可看出變因對實驗對象之影響。本行動研究在學習成效上以學生之離散數學單元成績為主，進行統計分析，看學生在參與學習後，單元測驗之成績是否有進步來評析學習成效。

3.6.實施程序

本計畫的實施程序共分為三個部分：教學鷹架的搭建與學生熟悉輔助鷹架部分、同儕合作學習部分以及即時反饋部分。分述如下：

1. 教學鷹架的搭建與學生熟悉輔助鷹架部分。教師針對課程主題，以結構化的方式擬定離散數學的解題模式，作為使用的鷹架，故教師須付諸心思於講義製作，進行課程規劃。在介紹每一個學習單元的開始，任課教師以歷屆考古題作為鷹架的設計腳本，由任課教師設定學習目標，讓學生先建立概念框架，然後引領學生進入所需要解決問題之情境。一開始，先由教師啟發引導，然後教師在學生探索過程中適時提示並幫助學生藉由概念框架逐步達到學習目標，引發探究動機，引導學生將抽象的思考結構化，建立思考基礎。
2. 同儕合作學習部分。計畫期間，老師隨時觀察學習者學習行為，並維持秩序討論，亦在需要時引導學習者進行活動，為學習成效把關，以確保計畫順利進行。在活動進行中，我們使用學習活動記錄機制來全程收集學習者在系統內的學習活動資料。活動完成後，我們利用統計分析來分析與討論所收集之資料，最後根據原先設定之研究問題來提出本研究之結果與建議。

實驗活動完成後，我們利用統計分析來分析與討論所收集之資料，最後根據原先設定之研究問題來提出本研究之結果與建議。

(一)資料整理與分析：在活動進行中，我們使用學習活動記錄機制來全程收集學習者在系統內的學習活動資料。實驗活動結束後，我們利用所收集之資料來分析與討論是否有激勵線上字謎遊戲學習的成效。

(二)撰寫研究報告：最後將資料整理完畢後，並根據原先設定之研究問題來提出研究結果與建議。

4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

(2) 教師教學反思

(3) 學生學習回饋

本計畫的教學成果具體呈現方式為創新教材教法，教師針對課程主題，以結構化的方式擬定離散數學的解題模式，作為使用的鷹架，藉由輔助鷹架熟練結構化的解題策略，並且透過分組的討論，上台發表全組的解題內容，發展為具體可行的教學模式，提供給同儕參考。教師與學生可透過基礎鷹架，提供學習者的學習路徑，除了評估學生的學習之外，也必須評估師生的互動。教師可進一步利用作答結果的呈現，引導學生進行答案理由之說明與深入討論。

實作評量階段採用即時反饋系統，即時反饋系統是一種促進課堂學生反應與群體討論的教學輔助系統，其中硬體部份主要包含一個紅外線接收器和每一位學生被分配持有的遙控器，另外，須要搭配教室中既有的電腦與投影設備。上課前，教師事先於課程段落安排編製選擇題，以進行普測，而學生藉由遙控器選擇答案，如此即時反饋即可同時蒐集所有學生的答案，並以視覺化圖表或同時展示所有答案的方式呈現作答結果。教師可進一步利用作答結果的呈現，引導學生進行答案理由之說明與深入討論。

在學生接受離散數學的結構化解題鷹架之後，瞭解學生實施後的數學學習成效之改變，並適當地修正使用鷹架的輔助策略，可以減少學生在解題過程中的迷思，降低離散數學問題的解題門檻，故本計畫預期提升學生的問題探究能力，並且預期學生能夠內化鷹架內涵，以建構自己的知識。如果學生能夠主動地參與學習活動，並且自我調整學習，讓教師以引導者的角色，提供學生分組合作學習的情境，再加上同儕互評的策略，鼓勵學習者主動思考，來提升學習者之學習成效。

計畫以循序漸進的方式漸增挑戰程度，或是使用重複概念的題型來確認學習者是否了解關鍵概念，透過合作學習讓同一組的學習者能互相督促進度，讓學習者不必重複練習簡易的題目，並且可以延續學習者上次練習的進度。預期有以下成效：

- 一、參與發表：學生學習社群的發展可促進學生聚焦於學習效能，在小組討論時必須確實的每個人都有在隨堂測驗的作答過程發表意見。
- 二、提高學生自主學習動機：透過學生學習社群的團隊合作，增進成員間的良好夥伴關係，鼓舞學生學習動機，讓小組合作時的氣氛更為融洽。
- 三、認知：在小組完成評量的同時，與其他小組成員作心得分享的動作，藉此可以透過其他小組的看法或建議了解自己是否有觀念不足的部分。
- 四、後設認知：在整合過學生學習社群成員的意見後，可以聚焦學生學習，解決探究之學習知能問題。

另外，運用即時回饋系統於教學，預期能達到課堂即時評量之成效。教師在規劃上課的章節時，可以適時在講義裡安插測驗問題且進行全班的普測，如此做法，在傳統的教學環境是一大挑戰且不易達成，所以，過去授課過程常採用的做法多是隨機抽問學生，責由及少數人回答問題，其結果當然無法普遍了解所有學生的即時學習成效；反觀，若採取即時回饋系統於教學，教師可以隨時要求所有學生同時進行問答，並能於“按一個按鈕”的時間延遲，即可測試出所有學生的了解程度，故透過運用即時回饋系統於離散數學課程之教授，特別能夠讓這一門可能會讓同學聞之生畏的課程，在學生學習的過程中，由於老師能夠掌握學生的學習成效，而能確保多數學生都能在每一次的課程學習，做到有效率的吸收與了解，而學生也因為這一種即時反饋的機制，變得更專心於聽講。

二. 參考文獻(References)

黃政傑，林佩璇(2008)，合作學習，台北：五南。

張菟珍（1997），鷹架理論在成人教學實務之應用，成人教育雙月刊，第40期，第43-52頁。

鄭孟洲，(2008)，合作學習結合資訊科技在教學上的應用探討[線上資料]，來源：
<http://www.jles.chc.edu.tw/eclass2/report.htm> [2009, Apr 22]。

聯合國教科文組織總部中文科，(1996)，教育—財富蘊藏其中，北京：教育科學出版社。

- Arco-Tirado, J. L., Ferna'ndez-Marti'n, F. D., & Ferna'ndez-Balboa, J.-M. (2011). The impact of a peer-tutoring program on quality standards in higher education. *High Education*, 62(6), 773-788.
- Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding? *Science Education*, 84, 486–506.
- Davis, E. A., & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *The Journal of the Learning Science*, 13, 265-272.
- Dixon, F. A., Yssel, N., McConnell, J. M. & Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37, 111–127.
- Ge, X., & Er, N. (2005). An online support system to scaffold real-world problem solving. *Interactive Learning Environments*, 13(3), 139-157.
- Ge, X., Chen, C. H., & Davis, K. A. (2005). Scaffolding novice instructional designers' problem-solving processes using question prompts in a web-based learning environment. *Journal of Educational Computing Research*, 33(2), 219-248.
- Hall, T., Strangman, N., & Meyer, A. (2003). Differentiated instruction and implications for UDL implementation, Retrieved from the Access Center Web site: <http://aem.cast.org/about/publications/2003/ncac-differentiated-instruction-udl.html#.Wlvo36iWY2w>.
- Kwon, K., Kumalasari, C. D., & Howland, J. L. (2011). Self-explanation prompts on problem-solving performance in an interactive learning environment. *Journal of Interactive Online Learning*, 10(2), 96-112.
- Land, S. & Greene, B. (2000). Project-based learning with the World Wide Web: A qualitative study of resource integration. *Educational Technology Research Development* 48(3), 61–78.
- Lin, M. H. & Chen, C. F. (2011). 3W scaffolding in curriculum of database management and application – applying the human-centered computing systems. *Studies in Computational Intelligence*, 381, 341-351.
- Lin, M. H. & Chen, C. F. (2012). Scaffolding opportunity in problem solving – the perspective of weak-tie. *Advanced Methods for Computational Collective Intelligence*, 457, 71-81.
- Lin, M. H., Chen, M. P., & Chen, C. F. (2015). Effects of question prompts and self-explanation on

- database problem solving in a peer tutoring context. *LNAI*, 9012, 180-189.
- Lin, M. H., Chen, M. P., & Chen, C. F. (2013). Exploring peer scaffolding opportunities on experiential problem solving learning. *LNCS*, 8083, 572-581.
- van Merriënboer, J. J. G. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64(1), 153-160.
- Nussbaum, M. E. (2002). Scaffolding argumentation in the social studies classroom. *Social Studies*, 93(3), 79-84.
- Preston, D. (2005). Pair programming as a model of cooperative learning: A review of the research. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 20, 39-45.
- Rogers, Everett M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press. New York.
- Slavin, R. E. (1995). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership*, 48, 71-82.
- Tomlinson, C. A. (1999). Mapping a route toward a differential instruction. *Educational Leadership*, 57, 12-16.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.
- Yu, W. F., She, H. C., & Lee, Y. M. (2010). The effects of a web-based/non web-based problem solving instruction and high/low achievement on students' problem solving ability and biology achievement. *Innovations in Education and Teaching International*, 47, 187-199.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: historical background, Methodological Developments, and Future Prospects. *American Educational Research Journal*, 45, 166-183.