課程與教學季刊　2021, 24(4),頁 199～228
DOI:10.6384/CIQ.202110_24(4).0008

提問鷹架設計對學生社會性科學議題決策能力表現的影響

吳貞儀* 張文馨** 許瑛玿***

為探討在電腦輔助協作學習環境的提問鷹架設計對學生進行社會性科學議題決策學習之影響，本研究利用封閉性問題和開放性問題，設計混合提問鷹架與開放性提問鷹架兩種線上教學模組，以準實驗研究法隨機分派一所高中二年級學生參與水庫和綠建築兩個議題，各為期 4 節課的決策學習。兩種模組各 41 份有效樣本在發電議題前測決策表現沒有顯著差異；但學生的水庫議題學習單顯示，混合提問鷹架模組學生的決策表現顯著優於開放性提問鷹架模組的學生；而綠建築議題學習單，則兩種模組學生的決策表現無顯著差異；但核能議題後測的決策表現，開放性提問鷹架模組學生顯著優於混合提問鷹架模組的學生，並且低決策能力學生與高決策能力學生之間的表現落差已不顯著。此結果反映在協作學習環境中的開放性提問鷹架提供學生適當挑戰，能增進其決策表現的學習表現。

關鍵字：決策能力、協作學習、社會性科學議題、鷹架

*　吳貞儀：國立臺灣師範大學科學教育研究所博士後研究

**　張文馨：國立臺灣師範大學科學教育研究所博士後研究

***　許瑛玿：國立臺灣師範大學科學教育研究所教授

通訊作者：許瑛玿，e-mail: yshsu@ntnu.edu.tw

壹、緒論

現今許多國家課程綱要建議透過跨科概念與社會性科學議題（socio-scientific issues, SSIs），連結社會生活情境，培養學生的科學素養；尤其我國十二年國教規定各領域課程設計應適切融入議題，以提升學生面對議題的責任感與行動力（教育部，2018；National Research Council, 2013）。由於 SSI 是弱結構的複雜問題，沒有確切答案且結構模糊（Sadler, & Zeidler, 2005）；因此在 SSI 課程上，需要引導學生對複雜情境的問題進行探究，蒐集和分析多面向資訊，詮釋和利用科學證據，進而以科學證據為基礎來做決策（Kolstø, 2001; Sadler, 2004）。已有研究運用電腦科技結合鷹架設計來引導學生投入如 SSI 這類的問題導向學習（Belland, Gu, Kim, & Turner, 2016; Belland, Weiss, Kim, Piland, & Gu, 2019），研究發現科技結合鷹架設計能讓學生從中建構新的知識、獲得高層次思考技能並增進學習動機（Kim et al., 2020; Kim, Belland, & Walker, 2018）。

然而，隨著電腦輔助鷹架（computer-based scaffolding, CBS）的類型、特徵和使用情境的不同，產生不同的教學效果（Kim et al., 2018）。例如，提問鷹架是最常被使用且被認為是重要的教學策略（Ge, & Land, 2004; Hmelo-Silver, & Barrows, 2006; Zhang, Lundeberg, & Eberhardt, 2011）；但從 Kim 等人（2018）針對相關文獻進行後設分析顯示，相較於其他類型的鷹架（如暗示、回饋等），提問鷹架的教學效果並不顯著，主要原因是其設計的難度和複雜度會因學生的認知能力而有不同的教學效果。

此外，在電腦輔助協作學習（computer-supported collaborative learning, CSCL）環境中，不僅有電腦輔助鷹架，還需要考慮同儕鷹架、教師鷹架等如何在不同挑戰程度學習任務影響學習成效，方能設計出對學生而言是最佳挑戰程度的學習任務（Kim, Belland, & Axelrod, 2019）。基於 Kim 等人的最佳學習挑戰（optimal challenge）論點，本研究針對學生進行 SSI 決策的協作學習時，設計不同提問題型（開放性問題和封閉性問題）以產生不同程度的學習挑戰，探討何者為最佳學習挑戰，並且進一步檢視不同決策能力的學生是否會有不同的學習效果。

貳、文獻探討

一、社會性科學議題

由於 SSI 牽涉到多元面向，屬於高度複雜性的問題，例如全球氣候變遷、基因改造或能源使用等，需要從科學、技術、社會、經濟、倫理等角度來探討。

因此，SSI 教學上可以讓學生進行角色扮演（林樹聲、黃柏鴻，2009；Anker-Hansen, & Andrée, 2015），或是透過跨國或地區性跨校的分享交流，增進學生對於議題可能牽涉到的利益關係者或社會文化、價值觀等有所認識和進行深入思考（Grace, Lee, Asshoff, & Wallin, 2015; Lee, & Grace, 2012）。

然而，學生擁有的訊息通常有限，因此可能採用直覺式或情緒式推理（Sadler, & Zeidler, 2005），論述時較少尋求相關的證據來支持其論點（林樹聲、黃柏鴻，2009；Lin, & Mintzes, 2010）。藉由電腦科技或網路學習平台，能依據學生需求客製化課程內容，提供學生充分而多元的資訊，並且配合鷹架協助來降低學習任務的複雜性，減輕學生的認知負荷，讓學生能夠進行自主的探究活動（Quintana et al., 2004）。研究結果顯示，當學生就 SSI 線上教學模組進行自主學習時，能提升其決策能力（Hsu, & Lin, 2017），議題的思考面向亦趨於多元化（吳貞儀、許瑛玿、張文馨、方素琦，2017）。

此外，對 SSI 進行決策時，需要了解利益關係者的利益衝突，尋求證據來分析各個解決方案的利弊得失（Eggert, Ostermeyer, Hasselhorn, & Bogeholz, 2013）。Svenson（1996）提出證據導向的決策過程可以三個階段來說明：辨識議題 （Recognizing the decision problem）、區別出差異（Differentiation）以及確認決策 （Post-decision consolidation）。首先，辨識議題階段是讓學生了解議題之所以存在的原因，思考可能解決的方案。接著在差異化階段，學生需要從經驗、相關資訊和證據來建立判準和決策規則，分析各種可能方案利弊得失，評估各個不同面向，然後做出決定並說明理由。最後，鞏固階段是反思所作決定的適當性並提出配套措施，使決定更加周延。在此框架下，引導學生進行資料分析、推理思考、以及比較利弊得失後做成決定，此過程能培養學生對公共議題做出審慎且有證據支持的決定（Karpudewan, & Roth, 2018; Lee, & Grace, 2012）。

基於以上研究，本研究建置的 SSI 線上教學模組依循決策框架設計學習任務，引導學生聚焦於決策活動上；並且提供不同面向的資料，由學生評估資料的重要性，再選擇資料進行分析，以降低資料的複雜性和學生認知的負荷，讓學生聚焦於資料分析和思考決策。相較於過往讓學生個人進行線上教學模組的學習，本研究的目的為探討協作學習環境中不同鷹架設計對學生的 SSI 決策學習的影響。

二、鷹架系統與學習挑戰

學者認為在探究弱結構的複雜問題時，是否能夠提出有意義的問題，會影響推理思考的過程（Ge, & Land, 2004; Jonassen, 1997, 2011）。提問鷹架是引導

學生進行問題導向學習任務的重要教學策略（Ge, & Land, 2004; Hmelo-Silver, & Barrows, 2006; Zhang et al., 2011）。過去提問相關研究顯示，傳統式教學的教師通常僅讓學生經由回想、提取訊息，學生僅需簡短回答而較不易引發高層次思考，這類提問屬於既定內容的封閉性問題；而建構式教學的教師藉由提問鷹架讓學生就開放性問題來進行高層認知層次的思考，學生需要詳細闡述他們的解釋或預測（Chin, 2007）。以開放性問題向學生提問，較能促進學生在探究時做複雜推理（Webb, 2009; Wells, & Arauz, 2006）；而且能幫助學生進行認知和後設認知的思考（Ge, & Land, 2004）。但考慮學生的背景知識和先前學習經驗，建議依學習任務的複雜及學生認知能力給予適切的提問鷹架，有效地引導學生針對問題進行思考推理（Tawfik, Graesser, Gatewood, & Gishbaugher, 2020）。

為了讓學生願意主動投入學習任務，使學習效果達到最大化，需要考慮到學習任務難度對學生的內在動機（intrinsic motivation）的影響（Shernoff, 2013; Soltani, Roslan, Abdullah, & Jan, 2011）。假使學習任務太難，學生可能感到焦慮而漫不經心（Willingham, 2009）；相對地，學習任務太簡單，則會讓學生感到無聊而沒興趣（Tozman, Magdas, MacDougall, & Vollmeyer, 2015）。因此，Kim 等人（2019）基於自我決定論（self-determination theory）（Deci, & Ryan, 2000）的學習動機，從影響學生的內在動機的三個基本心理需求：勝任（competence）、自主（autonomy）和歸屬（relatedness），探討鷹架系統中的最佳學習挑戰（optimal challenge）。Kim 等人（2019）認為與勝任、自主和歸屬這三個基本心理需求有關的因素主要有下列四個：學習過程的複雜度（complicated learning process）、引導支持的適切性（qualified facilitator）、自主學習的取向（self-directed learning），以及協作學習的參與（collaborative learning）。因此，他們針對電腦輔助協作學習（computer-supported collaborative learning, CSCL），提出學生中心的鷹架系統（learner-centered scaffolding systems），來探討改進學習挑戰的鷹架設計。依據學習任務的性質，運用概念鷹架、後設鷹架、策略鷹架和動機鷹架，來增進學生投入複雜學習過程的勝任感（Belland, Kim, & Hannafin, 2013）。透過教師、同儕和電腦等鷹架來提供適切的引導支持，而且不同的角色支持在功能上互補，研究顯示彼此之間有加乘效果（Kajamies, Vauras, & Kinnunen, 2010）。此外，學生進行協作以完成任務和成果分享，可以增進學生的自主性及歸屬感（Du, Ge, & Xu, 2015）。

由於學生發展成熟度、認知能力、學習風格等的不同會影響學生對複雜問題的學習，因此學生所需的鷹架支持可能不盡相同（蘇衍丞、林樹聲，2012；Ge, Chen, & Davis, 2005; Haruehansawasin, & Kiattikomol, 2018）。低成就的學生可能由於先前概念不足，而缺乏自信和動機投入學習任務，也羞怯於表達想法（Lin, Fan, & Xie, 2020; Shen, Lee, & Tsai, 2008）。學者認為透過協作學習的方式，能夠讓低成就學生有機會向高成就學生學習，甚至發現與高成就學生相比，

低成就學生進步分數更多，甚至有更好的學習成效（Giuliodori, Lujan, & DiCarlo, 2008; Lin et al., 2020）。Han、R. Capraro 與 M. M. Capraro（2015）的三年調查顯示，低成就學生的學習成長優於中和高成就學生，也就是說學生的學習落差顯著減少。Haruehansawasin 與 Kiattikomol（2018）更進一步發現當有學習單提供提問鷹架的指引時，若讓低成就學生有機會先自主學習，對問題進行思考，再與小組同儕共同合作，相較於整個學習過程都是協作的方式，不僅有較好的學習成效，學生也認為這種半協作學習的鷹架指引是有助於學習。

由此可知，雖然 CSCL 學習環境讓課程設計者或教師能利用科技來發展學習任務進行教學活動（Ludvigsen, & Steier, 2019）；然而，對於提供學生適當的學習挑戰，需要從教師、同儕和電腦等不同角色提供多元的鷹架，形成系統的支持來加以探討，以了解如何增進學生投入複雜的學習任務（Hsu, Y. S., Lai, & Hsu, W.-H., 2015; Belland, 2014）。在探究 SSI 的 CSCL 學習環境中，調查學生對教師、同儕和電腦鷹架效益的感受，結果發現學生對於電腦鷹架的感受最能夠預測學生個人的學習成就，而對同儕鷹架的感受則是唯一能夠預測小組成就的變項，顯示不同的鷹架在學習環境下的動態交互作用各有不同的影響效果（Shin, Brush, & Glazewski, 2020a）。

基於上述文獻的探討，本研究發展 SSI 線上教學模組，教材內容包括議題資訊、決策策略等概念鷹架、後設鷹架和策略鷹架，將於下節說明，在本研究中為控制變項。本研究的自變項為學習任務的提問鷹架，有兩種設計：在第一種教學模組（以下稱為開放性提問鷹架模組）都採開放性問題；第二種教學模組（以下稱為混合提問鷹架模組）則是前兩個決策階段的學習任務採封閉性問題，第三個決策階段採開放性問題（參見教學與課程設計的說明）。採用協作學習的方法，學生分成 3 至 4 人的小組，每人一台電腦在 CSCL 環境中自主學習，並與小組同儕共同討論 SSI 決策。除了比較在 CSCL 環境中，兩種提問鷹架設計對於學生進行 SSI 決策學習任務的影響，亦探討兩種提問鷹架設計的學習挑戰對高、低決策能力學生的學習成效差異。

本研究探討下列問題：

1. 在協作學習環境中，兩種提問鷹架模組的學生在 SSI 決策學習任務的表現（學習單的填寫）是否有差異？高、低決策能力學生的學習任務表現是否有差異？

2. 經過協作學習，兩種提問鷹架模組對學生在 SSI 決策測驗的表現是否有差異？高、低決策能力學生的決策測驗表現是否有差異？

參、研究方法

一、課程架構

根據文獻，SSI 課程設計必須以一個決策架構為基礎，才能促進有效的學習（Zeidler, Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2003）。本研究採用以證據為基礎的三階段決策過程（Fang, Hsu, & Lin, 2019; Svenson, 1996），作為 CSCL 學習環境的架構（圖 1）：辨識議題（recognizing the decision problem）、差異化（differentiation）以及鞏固（post-decision consolidation）。在此決策架構下，本研究先設計決策策略的訓練活動，以「挑選單車」的日常情境，引導學生考量用車的使用路況、預算、車款各項特性，評估重要判準，分析三種決策策略（刪去法、比較得分法和權重給分法），就不同方案比較差異，最後學生自行練習應用適合的決策策略來決定選擇符合需要的車款。藉此訓練活動當中的策略鷹架，讓學生了解理想的決策過程。

二、教學與課程設計

本研究研發兩個 SSI 線上教學模組，分別為水庫議題及綠建築議題（圖 1）。每個模組一開始是議題情境理解活動，提供相同的與議題相關的圖表資訊等概念鷹架協助學生理解議題，然後才進入 SSI 決策過程。這兩個 SSI 模組原本設計的學習任務皆採開放性問題，讓學生進行高層認知層次的思考，先前研究於高中實施的結果顯示具有教學成效（吳貞儀等人，2017；Hsu, & Lin, 2017）。本研究進一步參酌修改先前研究中學生在開放性問題的作答類型並召開多次專家與中學教師的討論會議，共同設計出封閉性問題的選項，嘗試由封閉性問題提供與議題相關的多元資訊，降低學習任務的複雜度。其中，混合提問鷹架模組在辨識議題和差異化的學習任務採用封閉性問題；在最後的鞏固學習任務則是開放性問題。開放性提問鷹架模組所有學習任務都是開放性問題。藉以探討在 SSI 決策過程中，分別採用封閉性問題或開放性問題，做為學生學習任務的引導鷹架，對學生在協作學習環境中 SSI 決策能力表現的影響。

第一個 SSI 水庫議題的情境理解活動中，兩種設計的教材內容相同，皆提供圖表資訊做為概念鷹架，引導學生思考水庫的功能和環境影響，再從「翡翠水庫」和「石門水庫」資料庫工具以及好判準符合條件的後設鷹架，學習評估興建水庫地點的重要判準。接著，在水庫議題的決策活動，先提供水庫議題的情境資訊，包括人口成長及產業發展產生用水需求的估算、當地降雨量、目前可利用水量及環境等資訊，引導學生思考因應未來用水需求的議題，就不同的水庫興建方案分析利弊得失，思考方案決策的適當性。決策活動的學習任務提問鷹架則有兩種設計。在第一個決策階段—辨識議題的學習任務，需回答興建水庫時應注意哪些面向。對此學習任務，混合提問鷹架模組包括 12 個選項的封閉性問

題，學生從中選擇正確且重要的考量面向（圖 2）；而開放性提問鷹架模組則為開放性問題。在第二個決策階段—差異化的學習任務，學生利用一個虛擬水庫的資料庫工具，依據與考量面向相關的重要判準，蒐集六個預定地點的資料，運用決策策略來分析各地點的差異做出決定，並回答做出決定的理由和思考過程。在此差異化學習任務中，混合提問鷹架模組提供資料項目及決策策略的下拉式表單，學生可進行選擇和評估（圖 3（A））；而開放性提問鷹架模組僅列出資料項目，學生需自行填入適合的資料項目，並判斷需要運用哪種決策策略。最後第三個決策階段—鞏固的學習任務，兩種提問鷹架模組都採開放性問題，讓學生反思所做的決定有無不符合需求處及提出可行配套。

第二個 SSI 綠建築議題的情境理解活動是介紹綠建築的需求、設計目標、原理和方法，以學校建築為例，評估教室設計需考量的重要判準，學生不僅進行小組討論，也向全班發表，讓各組給予回饋。接著在綠建築議題的決策活動中，先閱讀屋頂綠化的政策說明，然後進行五個屋頂綠化方案的決策三階段學習任務。在此議題的情境資訊為全球暖化及熱島效應導致市區樓房建築蓄熱，引導學生思考為配合都市發展的屋頂綠化政策，就當地的建築形貌、住戶需求、成本及維護等資訊，評估適當的方案。開放性提問鷹架模組的學習任務都採開放性問題。至於混合提問鷹架模組在第一個決策階段—辨識議題的學習任務，思考綠化政策的限制和好處，各有 10 個選項讓學生選擇正確且重要的考量面向。第二個決策階段—差異化的學習任務，混合提問鷹架模組亦是提供資料評估項目及決策策略的下拉式表單，學生將列舉的重要判準進行配對（圖 3（B）），然後分析五個方案的差異來做出決定。最後鞏固的學習任務為反思所採綠化屋頂的方案可能產生的影響及可行配套，則是開放性問題。

這兩個模組的內容利用不同表徵來呈現，並建置於 CWISE 網路探究學習平台（Collaborative Web-based Inquiry Science Environment, http://cwise.gise.ntnu.edu.tw/），例如：以文字提示說明判準的兩個要件，讓學生理解判準的概念並自行檢核；也運用視覺化工具整合多元面向的資料，降低資料的複雜性和學生的認知負荷，方便學生利用資料圖層的選擇來探索重要的資料，以做出證據導向的決策。並依據決策架構，透過多樣化的教材表徵，以及步驟流程的引導，提供學生進行自主探究及同儕互動的學習環境（吳貞儀等人，2017；Hsu, & Lin, 2017）。

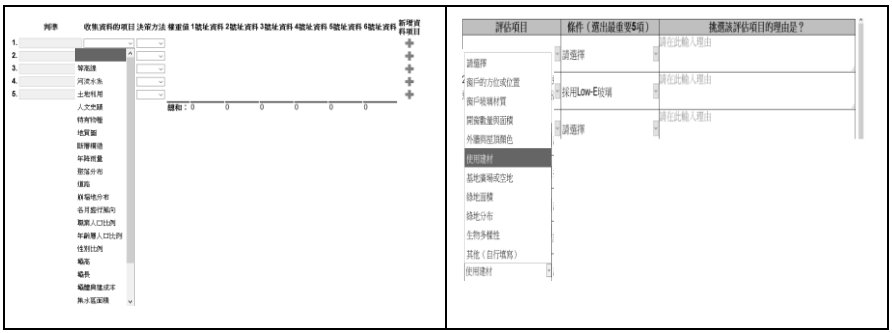
	實驗流程	SSI 決策階段	混合提問鷹架模組	開放性提問鷹架模組
	發電前測（25 分鐘）			
	↓			
協作學習	第一個 SSI：水庫（200 分鐘） 決策策略訓練課程：挑選單車 ↓ 議題情境理解：水庫知識庫 ↓ 水庫議題決策活動： 興建勁思水庫應注意哪些面向？	1. 辨識議題	封閉性問題 (含 12 個選項)	開放性問題
	↓ 蒐集資料來做出決定	2. 差異化	封閉性問題 (下拉式表單)	開放性問題
	↓ 反思與配套措施	3. 鞏固	開放性問題	開放性問題
	↓			
協作學習	第二個 SSI：綠建築（200 分鐘） 議題情境理解：綠建築簡介 ↓ 綠建築議題決策活動： 為什麼要推動建築物綠化？	1. 辨識議題	封閉性問題 (含 10 個選項)	開放性問題
	↓ 屋頂綠化方案評估	2. 差異化	封閉性問題 (下拉式表單)	開放性問題
	↓ 後續問題及解決方式	3. 鞏固	開放性問題	開放性問題
	↓			
	核能後測（25 分鐘）			

圖 1 課程設計及實驗流程

興建勁思水庫時應注意哪些面向？請由下面選項選出最重要的五項面向，依其重要性排列

A. 儲水區域要大到足以供應用水量成長的需求。
B. 集水區降雨量要夠多，以提供足夠的降水。
C. 泥沙淤積量不能太嚴重，以免使用年限過短，或維護費過高。
D. 對生態環境不要有太大的影響，盡量不要影響到稀有物種的棲地、原有生態系的平衡等。
E. 要注意安全性，壩體周圍岩石堅固，壩體堅固外，且須避開斷層，降低下游居民受暴洪的威脅。
F. 水庫淹沒區及集水區居民人口愈少愈好，以免影響太多人，造成民怨。
G. 水庫集水區污染源愈少愈好，以免水質不佳，影響用水品質。
H. 淹沒區最好不要有古蹟、遺址，以免破壞文物。
I. 除供水需求外，壩址的選定須同時考量是否具其他效益，如發電、觀光等。
J. 淹沒區地質條件要適合，以免造成水的滲漏，無法有效儲水。
K. 經費的使用要能確實，以最少的經費獲得最大的效益。
L. 須考慮輸水距離，節省運輸成本。

圖 2 封閉性問題：以水庫辨識議題學習任務為例



（A） 水庫　　（B） 綠建築

圖 3 差異化學習任務的下拉式表單設計界面

三、實施對象及流程

本研究採準實驗研究法，在臺灣中部一所高中二年級 6 個班級，隨機分派各 3 個班級（混合提問鷹架 118 位學生、開放性提問鷹架 119 位學生）實施其中一種提問鷹架設計的水庫和綠建築兩個 SSI 模組。所有班級由同一位教師任教，該教師先接受為時 8 小時的社會性科學議題教學工作坊研習，了解教學理念並進行模組實作；再與兩個 SSI 模組研發團隊及曾進行教學實施的教師共同諮詢和討論。

在課程實施前一週，先進行 25 分鐘的前測（情境為「發電議題」），以了解學生原本具備的 SSI 決策能力。課程的實施是每週 2 節（每節 50 分鐘），水庫議題和綠建築議題都各自進行 2 週（4 節課），共計 8 節課。每個模組的實施都由教師先進行課程引導，介紹課程任務要求和進度後，採用小組協作學習，每組 3 至 4 人。每位學生都有一台電腦執行課程任務及個人填寫學習單，同時教師鼓勵同組學生就課程任務共同合作、相互討論。課程結束的隔一週，進行 25 分鐘的後測（情境為「核能議題」），以了解進行學生 SSI 決策能力的改變情形。詳細實驗流程如圖 1 所示。

本研究採用 2 x 2 的受試者間二因子設計，自變項為兩種不同提問鷹架設計，以及高低 SSI 決策能力。研究資料僅採用有完整前後測及兩個 SSI 模組學習任務資料的學生作為有效樣本，兩種提問鷹架模組的有效樣本總計各有 41 位（皆為男生 20 位，女生 21 位）。能力分組是以前測成績的中位數為依據，將學生分為高、低 SSI 決策能力兩類。

四、研究工具

（一）SSI 決策測驗

本研究的目的在探討混合提問鷹架與開放性提問鷹架兩種不同設計對高、低 SSI 決策能力的學生進行小組協作學習時，在三個向度（辨識議題、差異化、鞏固）的影響。這三個向度依循 SSI 課程的決策架構，包括：（1）辨識議題：能以多元觀點考量問題的需求、（2）差異化：能依據適當的多元判準搜集相關資料，並使用適當的決策方法進行比較已作出初步決定、（3）鞏固：能反思決策的適當性並提出配套措施。本研究以此決策架構的三個向度開發 SSI 決策測驗，及進行測驗與學習任務的評分。

本研究自行開發 SSI 決策測驗以評估學生的 SSI 決策能力，為避免學生對議題了解程度不同而影響其決策作答，測驗中都就議題情境提供正反論點的說明及相關證據資料，讓學生據以作答。測驗內容為發電議題和核能議題兩個不同 SSI 情境，資料的呈現方式和內容描述的遣詞用句相近，皆以相同提問方式

的 5 題開放性問答題進行 SSI 三個向度的評量：第一個向度—辨識議題有 3 題、第二個向度—差異化和第三個向度—鞏固各有 1 題（參見表 1）。兩個測驗採用相同的評分標準，表 1 以發電前測為例說明評分標準。本測驗的內容效度考驗是由科學教育領域的 1 位教授、1 位研究員及 2 位博士後研究員，進行審稿與修正。

信度的考驗是由臺灣北部的四所高中一年級 130 位學生進行試測，整份測驗的內部一致性係數 Cronbach's α 值為 .749，其中第一個發電情境 Cronbach's α 值為 .693，第二個核能情境 Cronbach's α 值為 .658，皆屬可接受範圍。考量避免學生產生練習效應或疲勞效應，本研究將兩個情境分為前後測，發電情境做為前測，核能情境做為後測。兩個情境測驗總分的相關係數為 .409（$p = .000 < .05$），屬於中度正相關，因此能以發電前測作為共變數，利用統計控制消除個體差異和系統偏差的影響（范德鑫，1992）。

表 1 前測「發電議題」題組問題及評分標準

SSI 評分向度	**說明**	**評分**
1. 辨識議題：能以多元觀點考量議題所涉及的各方立場 問答題 1：根據現有資料，你認為贊成興建「火力發電廠」的居民，他們所持的理由可能是？ 問答題 2：根據現有資料，你認為贊成興建「風力發電廠」的居民，他們所持的理由可能是？ 問答題 3：考量賽斯小鎮的電廠發電型態時，會面臨哪些進退兩難的考量？		
1.1. 贊成火力的正面理由	3 個以上的面向	1
	2 個面向	2/3
	1 個面向	1/3
1.2. 贊成風力的正面理由	3 個以上的面向	1
	2 個面向	2/3
	1 個面向	1/3
1.3. 進退兩難	綜合所有方案的優缺點並加入自己的觀點，提出兩難之處	1
	比較方案間的優點和缺點，提出兩難之處	2/3
	只提到一方案的優點和缺點	1/3

表 1 前測「發電議題」題組問題及評分標準（續）

SSI 評分向度	說明	評分
2. 差異化：能根據適當資料權衡正反面理由 你的看法是：支持興建 □火力發電廠 □風力發電廠 問答題 4：請說明你考量哪些證據或資料、並解釋這些證據何以能支持你最後挑選這項發電型態？		
	能根據證據或資料權衡正反面的理由	3
	能根據證據或資料提出兩個以上正面的支持理由	2
	能根據證據或資料提出一個正面的支持理由	1
3. 鞏固：能反思決策的適當性及提出配套措施 問答題 5：若有人要反對你的看法，你認為他可能會提出什麼理由質疑你的看法？你對這項質疑的回應是？		
	提到兩個反對理由及可能的配套措施	3
	提到一個反對理由及可能的配套措施	2.5
	提到兩個以上面向的反對理由	2
	提到一個面向的反對理由	1

（二）課程學習單

學生執行學習任務於學習單作答的評分標準亦是依循三個向度，如表 2 為水庫議題學習單的評分。兩個模組的學習單評分各有 2 位評分者。評分過程分成兩個階段。第一階段由研究者與各組評分者討論評分標準，協商各組對評分標準的理解，接著讓各組評分者獨自完成隨機挑選的 30 份學習單評分。各模組學習單的互評者信度 kappa 值介於 0.803～0.999，顯示評分者的評分具有高度一致性。

五、資料分析

為探討學生小組協作學習時，兩種不同提問鷹架設計對高、低 SSI 決策能力學生 SSI 決策能力的影響。本研究先以二因子變異數分析學生的發電前測成績，即 2（提問鷹架設計）x 2（SSI 決策能力），以了解 SSI 課程小組協作學習前，學生 SSI 決策能力的個別差異。

為比較各組學生 SSI 決策表現差異的變化，課程實施時學生的水庫學習單、綠建築學習單，以及核能後測成績，都進行 T 分數轉換，以發電前測成績為共變數，將各個成績的三個向度（辨識議題、差異化和鞏固）進行二因子多變量共變數分析。藉以比較在兩種提問鷹架設計的 SSI 課程小組協作學習，高、低

SSI 決策能力學生在學習過程中及課程結束後的 SSI 決策能力。

表 2 水庫議題學習單評分表

SSI 評分向度	評分說明
1. 辨識問題： 能以多元觀點考量問題的需求	合理的面向，每 1 面向給 1 分
2. 差異化： 2.1. 能訂定適當的、多元面向的判準	符合判準需求的資料項目，每 1 項目給 1 分
2.2. 能依據判準搜集相關資料	填入合適的資料，每 1 項目給 1 分
2.3. 能使用適當的決策方法進行比較以做出初步決定	除權衡正反向之外，並對判準重要性進行權重，4 分 除正向理由之外，並與反面影響進行權衡，3 分 提出兩個以上正向理由，2 分 提出一個正向理由，1 分
3. 鞏固： 能反思決策的適當性及配套措施	可行的配套，每 1 項給 1 分

肆、研究結果

一、學生的 SSI 決策測驗表現

為了解 SSI 模組小組協作學習前，學生 SSI 決策能力的個別差異，兩種提問鷹架模組的學生在課程實施前一週皆進行發電議題的決策能力前測。以發電前測成績的中位數為依據，將學生分為高、低 SSI 決策能力兩類，混合提問鷹架模組的低 SSI 決策能力有 22 位、高 SSI 決策能力有 19 位；開放性提問鷹架模組的低 SSI 決策能力有 20 位、高 SSI 決策能力有 21 位。二因子變異數分析結果顯示，提問鷹架設計與 SSI 決策能力在發電前測交互作用未達顯著水準，F（1, 78）= .113（ p = .738 > .05）。個別因子的主要效果僅 SSI 決策能力的主要效果達到顯著水準，F（1, 78）=153.891（p = .000 < .05）。提問鷹架設計的主要效果則未達顯著水準，F（1, 78）= .653（p = .421 > .05）。因此高 SSI 決策能力（M = 58.32）、低 SSI 決策能力（M = 42.10）兩類學生的發電前測 T 分數有

顯差異。而混合提問鷹架模組學生（M = 50.74）與開放性提問鷹架模組學生的發電前測 T 分數（M = 49.68），並沒有顯著差異。

經過水庫和綠建築兩個 SSI 課程小組協作學習後，隔一週進行核能議題的決策能力後測。本研究以學生的發電前測 T 分數作為共變數，以排除學生 SSI 決策能力個別差異，進行多變量共變數分析，探討兩種設計的高、低 SSI 決策能力兩類學生的核能後測 SSI 決策能力的三個向度（辨識議題、差異化、鞏固）表現是否有顯著差異。結果顯示滿足組內迴歸係數同質性假設，排除共變項的影響後，高、低能力兩類學生後測成績差異的顯著考驗 Wilk's λ值為 .957（$p = .343 > .05$），未達顯著水準。兩種提問鷹架模組學生後測成績差異的顯著考驗 Wilk's λ值為 .827（$p = .002 < .05$）達到顯著水準，表示排除共變數的影響後，兩種提問鷹架模組學生的核能後測成績有顯著差異存在。

進一步從單變量共變數 F 值來看，兩種提問鷹架模組學生核能後測成績的差異主要是在辨識議題（$F(1, 77) = 13.729$, $p = .000 < .05$）這個向度，至於差異化（$F(1, 77) = .016$, $p = .901 > .05$）及鞏固（$F(1, 77) = 2.536$, $p = .115 > .05$）兩個向度則無顯著差異（表 3）。由調整後平均數來看，開放性提問鷹架模組學生的辨識議題後測成績（M 辨識議題=2.20）高於混合提問鷹架模組學生的辨識議題後測成績（M 辨識議題=1.86）。至於差異化向度和鞏固向度的核能後測成績，開放性提問鷹架模組學生與混合提問鷹架模組學生兩者間則未達顯著差異。

另外，針對學生在辨識議題向度的前、後測表現進行比較。辨識議題向度是評量學生是否能以多元觀點來考量議題涉及的面向。在前測時，兩種提問鷹架模組有超過 50%的高能力學生能對不同的方案列出三個以上的面向，而低能力學生則大多列出二個以下的面向（圖 4）。不過，在後測時，則是開放性提問鷹架模組的高、低能力學生都有超過 50%的人數能對支持或反對核能方案列出三個以上的面向；混合提問鷹架模組僅有半數以上的高能力學生能對支持核能方案列出三個以上的面向（圖 5）。

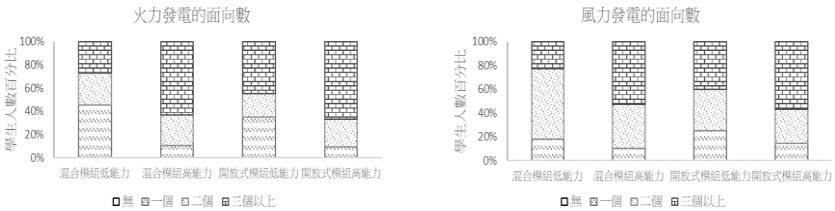
由多變量共變數分析結果顯示，經過 SSI 兩個課程小組協作學習後，無論是開放性提問鷹架或混合提問鷹架設計，高、低能力學生的核能後測成績都沒有顯著差異，表示雖然在學習前學生的 SSI 決策能力有明顯的個別差異，但 SSI 兩個課程的小組協作學習使得低能力學生的 SSI 決策能力提高，與高能力學生的 SSI 決策能力相當。此外，無論是高能力或低能力的學生在開放性提問鷹架設計下，核能後測在辨識議題向度的成績顯著高於混合提問鷹架設計學生的成績。並且，在開放性提問鷹架模組中，有較多比例的學生能對議題方案有多元的考量面向，表示在開放性提問鷹架模組的小組協作學習，從長期的效果來看，

優於混合提問鷹架模組的小組協作學習成效，有助於學生在辨識議題的學習遷移到新的 SSI 情境，盡量以多元觀點來考量議題涉及的面向。

表 3 不同 SSI 決策能力與提問鷹架設計在學生核能後測成績之二因子多變量共變數分析摘要表

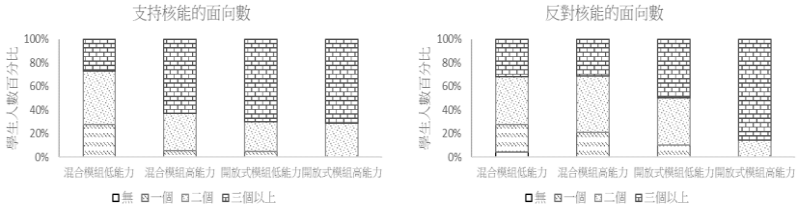
變異來源	依變項	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	事後比較
共變數	辨識議題	.013	1	.013	.081	.777	
	差異化	.005	1	.005	.009	.927	
	鞏固	1.301	1	1.301	2.025	.159	
提問鷹架設計	辨識議題	2.271	1	2.271	13.729	.000***	開放性提問鷹架>混合提問鷹架
	差異化	.009	1	.009	.016	.901	
	鞏固	1.629	1	1.629	2.536	.115	
SSI 決策能力	辨識議題	.268	1	.268	1.620	.207	
	差異化	.008	1	.008	.014	.905	
	鞏固	1.229	1	1.229	1.913	.171	
交互作用	辨識議題	.103	1	.103	.625	.432	
	差異化	.119	1	.119	.219	.641	
	鞏固	.792	1	.792	1.233	.270	
誤差	辨識議題	12.737	77	.165			
	差異化	41.911	77	.544			
	鞏固	49.464	77	.642			

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$



（A） （B）

圖 4 學生在前測的辨識議題考量面向數：（A）火力發電方案和（B）風力發電



（A）　　（B）

圖 5 學生在後測的辨識議題考量面向數：（A）支持核能方案和（B）反對核能方案

二、學生在水庫 SSI 模組的學習單表現

在第一個 SSI 模組—水庫的混合提問鷹架設計，在辨識議題和差異化的學習任務是採封閉性問題；在最後的鞏固學習任務則是開放性問題。開放性提問鷹架設計的學習任務都是開放性問題。

為比較兩種提問鷹架模組學生在水庫議題的學習單表現，以學生的發電前測 T 分數作為共變數，進行多變量共變數分析。結果顯示高、低能力學生水庫學習單成績差異的顯著考驗 Wilk's λ 值為 .930（$p = .140 > .05$）未達顯著水準。兩種提問鷹架模組學生水庫學習單成績差異的顯著考驗 Wilk's λ 值為 .383（$p = .000 < .05$）達到顯著水準，表示排除共變數的影響後，兩種提問鷹架模組學生的水庫學習單成績有顯著差異存在。

再從單變量共變數 F 值來看，兩種提問鷹架模組學生的水庫學習單成績的差異主要是辨識議題（$F = 120.382, p = .000 < .05$），差異化（$F = .058, p = .810 > .05$）及鞏固（$F = .771, p = .383 > .05$）兩個向度則無顯著差異（表 4）。由調整後平均數來看，混合提問鷹架模組學生的辨識議題成績（M 辨識議題=4.58）高於開放性提問鷹架模組學生的辨識議題成績（M 辨識議題=2.48）。至於差異化向度和鞏固向度的水庫學習單成績，兩種提問鷹架模組學生之間未達顯著差異。

綜合來看學生在水庫議題的學習表現，由多變量共變數分析結果顯示，學生進行水庫議題的小組協作學習時，無論是開放性提問鷹架或混合提問鷹架設計，高、低能力學生的水庫學習單成績沒有顯著差異，表示雖然在教學前學生的 SSI 決策能力有明顯的個別差異，但 SSI 模組的小組協作學習成效使得低能力學生的 SSI 決策能力提高，與高能力學生的 SSI 決策能力相當，半數以上的學生能就議題考量三個以上的面向數。此外，在混合提問鷹架設計的封閉性問題引導下，無論是高能力或低能力的學生都對水庫議題方案有更多元的考量面

向，因此混合提問鷹架設計的學生在辨識議題向度的表現較好。至於差異化向度的學習任務，提問鷹架設計採用封閉性問題或是開放性問題對學生學習表現的影響並不顯著。

表 4 不同 SSI 決策能力與提問鷹架設計在學生水庫學習單成績之二因子多變量共變數分析摘要表

變異來源	依變項	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	事後比較
共變數	辨識議題	1.401	1	1.401	1.865	.176	
	差異化	.723	1	.723	.075	.785	
	鞏固	.146	1	.146	.221	.640	
提問鷹架設計	辨識議題	90.432	1	90.432	120.382	.000***	混合提問鷹架>開放性提問鷹架
	差異化	.561	1	.561	.058	.810	
	鞏固	.509	1	.509	.771	.383	
SSI 決策能力	辨識議題	1.933	1	1.933	2.573	.113	
	差異化	18.167	1	18.167	1.883	.174	
	鞏固	.392	1	.392	.595	.443	
交互作用	辨識議題	.208	1	.208	.277	.600	
	差異化	7.303	1	7.303	.757	.387	
	鞏固	.073	1	.073	.110	.741	
誤差	辨識議題	57.843	77	.751			
	差異化	742.756	77	9.646			
	鞏固	50.794	77	.660			

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

三、學生在綠建築 SSI 模組的學習單表現

在綠建築 SSI 模組，混合提問鷹架設計是同樣在辨識議題和差異化的學習任務是採用封閉性問題；在最後的鞏固學習任務是開放性問題。開放性提問鷹架設計的學習任務仍然都是開放性問題。

對於兩種提問鷹架模組的學生在綠建築議題的學習單表現，以學生的發電前測 T 分數作為共變數，多變量共變數分析的結果顯示，高、低能力學生綠建築學習單成績差異的顯著考驗 Wilk's λ 值為 .902（$p = .050$）未達顯著水準。儘管單變量檢定顯示在辨識議題向度，高能力學生成績高於低能力學生（$F = 120.382$, $p = .000 < .05$），其它兩個向度則未達顯著差異。除了高、低能力學生

的成績落差已明顯縮短之外，兩種提問鷹架模組學生的綠建築學習單成績差異的顯著考驗 Wilk's λ 值為 .945（$p = .23 > .05$），顯示沒有顯著差異；並且從單變量共變數 F 值來看，在 SSI 決策能力的三個向度成績亦都沒有顯著差異（表 5）。

綜合而言，無論是開放性提問鷹架或混合提問鷹架設計，高、低能力學生的綠建築學習單成績沒有顯著差異。雖然兩種提問鷹架模組在綠建築的辨識議題向度的學習任務採用不同的設計，但是學生的表現差異並不顯著，可能是此議題比較貼近日常生活，開放性提問鷹架模組的學生即使沒有封閉性問題的選項鷹架，透過小組討論及全班發表，也能考量到不同面向。而差異化向度的學習任務，無論是採用封閉性問題或是開放性問題的設計，仍然對學生學習表現的影響不顯著。由此可知，這兩種提問鷹架設計，並沒有改變學生的決策策略，多數學生是根據兩個以上正面的支持理由來做出決定。

表 5 不同 SSI 決策能力與提問鷹架設計在學生綠建築學習單成績之二因子多變量共變數分析摘要表

變異來源	依變項	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	事後比較
共變數	辨識議題	8.907	1	8.907	2.639	.108	
	差異化	.001	1	.001	.001	.978	
	鞏固	1.463	1	1.463	1.917	.170	
提問鷹架設計	辨識議題	5.169	1	5.169	1.532	.220	
	差異化	2.194	1	2.194	2.148	.147	
	鞏固	.393	1	.393	.515	.475	
SSI 決策能力	辨識議題	18.741	1	18.741	5.553	.021***	高能力>低能力
	差異化	1.384	1	1.384	1.355	.248	
	鞏固	.468	1	.468	.614	.436	
交互作用	辨識議題	.767	1	.767	.227	.635	
	差異化	3.306	1	3.306	3.237	.076	
	鞏固	.066	1	.066	.087	.769	
誤差	辨識議題	259.877	77	3.375			
	差異化	78.644	77	1.021			
	鞏固	58.762	77	.763			

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

四、小結

從發電議題前測、水庫議題和綠建築議題學習單，及核能議題後測的成績 T 分數比較如圖 6。由前測成績的分析結果發現，雖然學生的 SSI 決策能力有高低之分，但混合提問鷹架與開放性提問鷹架模組學生的能力沒有顯著差異。

針對研究問題一，將學生在第一個水庫議題學習單表現以多變量共變數分析，結果顯示無論是兩種提問鷹架模組學生的 SSI 決策能力高低之分已不顯著；不過，混合提問鷹架模組學生在水庫學習單表現（M = 53.17）顯著優於開放性提問鷹架模組學生的水庫學習單表現（M = 46.82），主要是辨識議題向度的差異。而經過第一個水庫議題的小組協作學習之後，在第二個綠建築議題中，混合提問鷹架模組學生的綠建築學習單表現（M = 51.32）與開放性提問鷹架模組學生的表現（M = 48.75）已經沒有顯著差異。

針對研究問題二，開放性提問鷹架模組學生的後測表現（M = 52.28）反而高於混合提問鷹架模組學生的表現（M = 47.76），尤其是在辨識議題這個向度。根據圖 5，無論是高、低 SSI 決策能力，對於支持核能和反對核能的考量面向數都多於混合提問鷹架模組的學生。這顯示開放性提問鷹架模組的小組協作學習能夠顯著提昇學生的辨識議題表現，並且縮短高、低能力學生之間的落差。

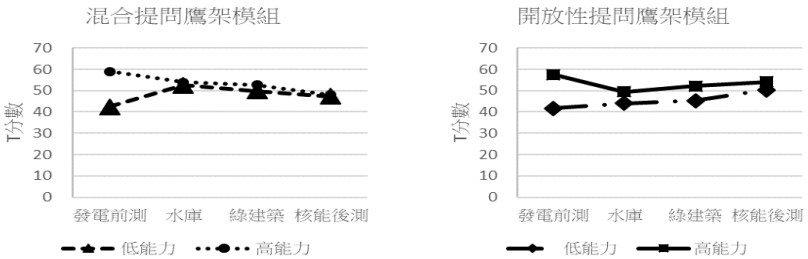


圖 6 不同 SSI 決策能力與提問鷹架設計的 T 分數比較

五、討論與建議

本研究實施兩種電腦輔助鷹架提問設計的 SSI 課程小組協作學習，高中二年級 6 班採隨機分派各 3 班進行混合提問鷹架設計或開放性提問鷹架設計的水庫和綠建築兩個模組，在課程實施前、後進行 SSI 決策測驗。本研究中兩種模

組學生的決策表現差異，依最佳學習挑戰的理論架構（Kim et al., 2019），包括勝任、自主和歸屬三個面向進行討論。

本研究中的開放性提問鷹架設計在提問內容層次屬於深入複雜的層次（Tawfik et al., 2020），開放性提問鷹架的資訊提供量較混合提問鷹架設計來得少，學生需要從先備知識去提取相關的內容對 SSI 議題進行多元觀點的考量，任務的難度可能比混合提問鷹架設計來得高，因此開放性提問鷹架模組學生在辨識議題的面向類別較為侷限。然而，透過課程當中的文字、視覺化工具等鷹架協助學生對學習任務產生勝任感，進一步探索，並且在開放性提問鷹架引導下，可能促進學生進行高層認知層次的思考（Chin, 2007），使得開放性提問鷹架模組學生有機會進行自主的學習挑戰，對議題做更多元面向的思考，再依據資料證據來判斷重要性而做出決定。

此外，由於本研究的課程實施是採用小組協作的方式進行，在此深入複雜層次的提問鷹架引導下，除了促進學生對 SSI 議題進行思考，也可能進而引發小組成員之間相互討論激盪，並且能夠加以統整來回答學習任務。也就是說，在小組協作學習的情境，開放性提問鷹架設計的鷹架促成學生產生歸屬感的連結，形成同儕鷹架，兩種鷹架的交互作用形成適當的學習挑戰，增進學生對學習任務的自主性和勝任感（Kim et al., 2019）。因此，開放性提問鷹架模組的學生發生較為有效的學習，能將學習成果遷移到新的情境中，培養出自我思考及統整論述的能力。

相對地，混合提問鷹架設計的鷹架提供學生較多資訊量，學生可以從資訊中尋找線索，確認選項的正確性或是比較選項的重要性，提問內容層次屬於淺顯簡單的層次（Tawfik et al., 2020）。在這樣的情況下，學生較少進行自我思考，也較少對思考內容有條理進行小組討論和論述，以致學習遷移成效較低。因此，由後測成績的分析結果可以驗證，開放性提問鷹架模組學生的表現，尤其是在辨識議題這個向度高於混合提問鷹架模組學生的表現。

對於高、低決策能力學生的表現落差，雖然在課程實施前，由前測結果顯示學生的 SSI 決策能力有高低差異，但由兩個模組的學習單表現和後測結果可知，原本的能力落差已不顯著。課程電腦鷹架的支持，協助低 SSI 決策能力的學生進行探索，縮短了學習落差。在 SSI 決策能力三個向度的表現都與高能力學生的表現沒有顯著不同。尤其在開放性提問鷹架模組中，低能力學生可能在開放性問題的思考引導及小組協作之下，顯著提昇 SSI 決策能力，並產生有效的學習遷移。這個研究結果呼應先前的研究，在協作學習的情況下，每位學生自行完成學習單，有獨立思考的機會，引發投入學習任務的學習動機（Haruehansawasin, & Kiattikomol, 2018）；而且低成就學生有機會向高成就學生

學習（Giuliodori et al., 2008; Lin et al., 2020）。在未來研究可針對不同能力學生採行個人和小組討論兩種不同的學習情境，檢視兩種提問鷹架對學生學習 SSI 決策時如何受到同儕互動的影響。

在 Shin 等人（2020a）的調查中，雖然學生對電腦輔助鷹架的感受最能夠預測學生個人的學習成就，然而小組協作學習時的同儕鷹架則顯著影響小組的學習成就。因此，關於兩種提問鷹架模組實施時，學生的勝任感、自主性和歸屬感，以及小組協作學習的情形是否有差異，將於未來進一步做分析比較。而成功的協作學習，依賴學生個體間有效的交換訊息、建立共同的目標、發展解決計畫、監控進展過程，並且尊重及兼顧多元觀點（Sun et al., 2020）。因此，分析學生在協作學習過程中，彼此分享、協調及合作的情況，將更能清楚評估不同鷹架設計的教學成效。藉由比較高、低能力學生對提問鷹架的反應，彼此提問和回應的型態，可進一步釐清電腦提問鷹架與學生同儕鷹架的交互作用（Ge et al., 2005; Shin, Brush, & Glazewski, 2020b）。另一方面，可以配合教師在教室溝通對話的支持類型（Chin, 2007），從教師、同儕和電腦的鷹架系統來整體探討，尤其是高、低不同能力學生對於教師、同儕及電腦鷹架的依賴是否有差異，以反思如何針對不同能力的學生在辨識議題、差異化和鞏固等不同的決策階段，提供適當的鷹架設計，更加提昇 SSI 決策教學的效果。

由於本研究僅於中部一所高中的選修課程中實施，學生樣本數少，只區分決策能力高、低兩群，建議未來可針對不同地區學校的學生，並增加樣本數再分成高、中、低三群進行決策表現的比較，以進一步驗證本研究發現。此外，本研究的教學目標為讓學生學習 SSI 決策過程以發展決策能力，因此教學模組和測驗工具將議題情境的正反論點及相關證據資料提供給學生，往後可進一步探討學生如何從自行蒐集現實情境的資訊來進行 SSI 決策，以及其相關資訊搜尋能力與資訊素養的發展情形。

致謝

本研究感謝合作教師的襄助，以及科技部專題研究計畫（編號 MOST 104-2511-S-003-054-MY3）與教育部高等教育深耕計畫之學習科學跨國頂尖研究中心的經費支持。

參考文獻

吳貞儀、許瑛玿、張文馨、方素琦（2017）。社會性科學議題線上教學模組對高中生多元面向決策的影響。**數位學習科技期刊，9**(3)，69-94。

林樹聲、黃柏鴻（2009）。國小六年級學生在社會性科學議題教學中之論證能力研究——不同學業成就學生間之比較。**科學教育學刊，17**，111-133。

范德鑫（1992）。共變數分析功能、假設及使用之限制。**師大學報，37**，133-163。

教育部（2018）。**十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域。**

蘇衍丞、林樹聲（2012）。在社會性科學議題情境下應用鷹架教學提升國小六年級學生論證能力。**科學教育學刊，20**，343-366。

Anker-Hansen, J., & Andrée, M. (2015). Affordances and constraints of using the socio-political debate for authentic summative assessment. *International Journal of Science Education, 37*(15), 2577–2596. doi:10.1080/09500693.2015.1087068

Belland, B. R. (2014). Scaffolding: Definition, current debates, and future directions. In J. M. Spector, M. D. Mer-rill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 505–518). New York, NY: Springer.

Belland, B. R., Gu, J., Kim, N. J., & Turner, D. J. (2016). An ethnomethodological perspective on how middle school students addressed a water quality problem. *Educational Technology Research and Development, 64*(6), 1135–1161. doi:10.1007/s11423-016-9451-8

Belland, B. R., Kim, C., & Hannafin, M. J. (2013). A framework for designing scaffolds that improve motivation and cognition. *Educational Psychologist, 48*(4), 243–270. doi:10.1080/00461520.2013.838920

Belland, B. R., Weiss, D. M., Kim, N. J., Piland, J., & Gu, J. (2019). An Examination of Credit Recovery Students' Use of Computer-Based Scaffolding in a Problem-Based, Scientific Inquiry Unit. *International Journal of Science and Mathematics Education, 17*(2), 273–293. doi:10.1007/s10763-017-9872-9

Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(6), 815–843. doi:10.1002/tea.20171

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry, 11*(4), 227–268. doi:10.1207/S15327965PLI1104_01

Du, J., Ge, X., & Xu, J. (2015). Online collaborative learning activities: The perspectives of African American female students. *Computers & Education, 82*, 152–161.

Eggert, S., Ostermeyer, F., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Socioscientific decision making in the science classroom: The effect of embedded metacognitive instructions on students’ learning outcomes. *Education Research International, 2013*, 1-12. doi:10.1155/2013/309894

Fang, S.-C., Hsu, Y. S., & Lin, S.-S. (2019). Conceptualizing Socioscientific Decision Making from a Review of Research in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 17*(3), 427–448.

Ge, X., & Land, S. M. (2004). A conceptual framework for scaffolding III-structured problem-solving processes using question prompts and peer interactions. *Educational Technology Research and Development, 52*(2), 5–22.

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. doi:10.2190/5F6J-HHVF-2U2B-8T3G

Giuliodori, M. J., Lujan, H. L., & DiCarlo, S. E. (2008). Collaborative group testing benefits high- and low-performing students. *Advances in Physiology Education, 32*, 274–278.

Grace, M., Lee, Y. C., Asshoff, R., & Wallin, A. (2015). Student decision-making about a globally familiar socioscientific issue: The value of sharing and comparing views with international counterparts. *International Journal of Science Education, 37*(11), 1855–1874. doi:10.1080/09500693.2015.1054000

Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education, 13*(5), 1089–1113. doi:10.1007/s10763-014-9526-0

Haruehansawasin, S., & Kiattikomol, P. (2018). Scaffolding in problem-based learning for low-achieving learners. *Journal of Educational Research, 111*(3), 363–370. doi:10.1080/00220671.2017.1287045

Hmelo-Silver, C. E., & Barrows, H. S. (2006). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 1*(1), 21–39.

Hsu, Y. S., & Lin, S.-S. (2017). Prompting students to make socioscientific decisions: embedding metacognitive guidance in an e-Learning environment. *International Journal of Science Education, 39*(7), 964–979.

Hsu, Y. S., Lai, T.-L., & Hsu, W.-H. (2015). A Design Model of Distributed Scaffolding for Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education, 45*(2), 241–273. doi:10.1007/s11165-014-9421-2.

Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development, 45*(1), 65–94.

Jonassen, D. H. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments* (1st ed.). London, UK: Routledge.

Kajamies, A., Vauras, M., & Kinnunen, R. (2010). Instructing low-achievers in mathematical word problem solving. *Scandinavian Journal of Educational Research, 54*(4), 335–355. doi:10.1080/00313831.2010.493341

Karpudewan, M., & Roth, W. M. (2018). Changes in primary students' informal reasoning during an environment-related curriculum on socio-scientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*(3), 401–419. doi:10.1007/s10763-016-9787-x

Kim, N. J., Belland, B. R., & Axelrod, D. (2019). Scaffolding for optimal challenge in k–12 problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 13*(1), Article 3. doi:10.7771/1541-5015.1712

Kim, N. J., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2018). Effectiveness of computer-based scaffolding in the context of problem-based learning for Stem education: Bayesian meta-analysis. *Educational Psychology Review, 30*(2), 397–429. doi:10.1007/s10648-017-9419-1

Kim, N. J., Belland, B. R., Lefler, M., Andreasen, L., Walker, A., & Axelrod, D. (2020). Computer-based scaffolding targeting individual versus groups in problem-centered instruction for STEM education: Meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*(2), 415–461. doi:10.1007/s10648-019-09502-3

Kolstø, S. D. (2001). "To trust or not to trust,.."—Pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education, 23*(9), 877–901. doi:10.1080/09500690010016102

Lee, Y. C., & Grace, M. (2012). Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. *Science Education, 96*(5), 787–807. doi:10.1002/sce.21021

Lin, Y.-R., Fan, B., & Xie, K. (2020). The influence of a web-based learning environment on low achievers' science argumentation. *Computers & Education, 151*: 103860. doi:10.1016/j.compedu.2020.103860.

Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993–1017. doi:10.1007/s10763-010-9215-6

Ludvigsen, S., & Steier, R. (2019). Reflections and looking ahead for CSCL: Digital infrastructures, digital tools, and collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 14*(4), 415–423. doi:10.1007/s11412-019-09312-3

National Research Council [NRC]. (2013). *Next generation science standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., … , Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 337-386. doi:10.1207/s15327809jls1303_4

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 513–536. doi:10.1002/tea.20009

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 112–138. doi:10.1002/tea.20042

Shen, P. D., Lee, T. H., & Tsai, C. W. (2008). Enhancing skills of application software via Web-Enabled Problem-Based learning and Self-Regulated learning: An Exploratory study. *International Journal of Distance Education Technologies, 6*, 69–84.

Shernoff, D. J. (2013). *Optimal learning environments to promote student engagement*. New York, NY: Springer.

Shin, S., Brush, T. A., & Glazewski, K. D. (2020a). Examining the hard, peer, and teacher scaffolding framework in inquiry-based technology-enhanced learning environments: Impact on academic achievement and group performance. *Educational Technology Research and Development*. doi:10.1007/s11423-020-09763-8

Shin, S., Brush, T. A., & Glazewski, K. D. (2020b). Patterns of peer scaffolding in technology-enhanced inquiry classrooms: Application of social network analysis. *Educational Technology Research and Development*. doi:10.1007/s11423-020-09779-0

Soltani, A., Roslan, S., Abdullah, M. C., & Jan, C. C. (2011). Effects of manipulating optimal challenge in a music intervention program on situational intrinsic motivation among people with intellectual disability. *Europe's Journal of Psychology, 7*(3), 487–501. doi:10.5964/ejop .v7i3.145

Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A., Yonehiro, J., Duran, N., & D'Mello, S. (2020). Towards a generalized competency model of collaborative problem solving.

Computers & Education, 143, Article 103672. doi:10.1016/j.compedu.2019.103672

Svenson, O. (1996). Decision making and the search for fundamental psychological regularities: What can be learned from a process perspective? *Organizational Behaviour and Human Decision Processes, 65*(3), 252–267. doi:10.1006/obhd.1996.0026

Tawfik, A. A., Graesser, A., Gatewood, J., & Gishbaugher, J. (2020). Role of questions in inquiry-based instruction: towards a design taxonomy for question-asking and implications for design. *Educational Technology Research and Development, 68*(2), 653–678. doi:10.1007/s11423-020-09738-9

Tozman, T., Magdas, E. S., MacDougall, H. G., & Vollmeyer, R. (2015). Understanding the psychophysiology of flow: A driving simulator experiment to investigate the relation-ship between flow and heart rate variability. *Computers in Human Behavior, 52*, 408–418.

Webb, N. M. (2009). The teacher's role in promoting collaborative dialogue in the classroom. *The British Journal of Educational Psychology, 79*(1), 1–28.

Wells, G., & Arauz, R. M. (2006). Dialogue in the classroom. *Journal of the Learning Sciences, 15*(3), 379–428.

Willingham, D. (2009). *Why don't students like school?* San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Zeidler, D. L., Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 97–116). Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Zhang, M., Lundeberg, M., & Eberhardt, J. (2011). Strategic facilitation of problem-based discussion for teacher professional development. *Journal of the Learning Sciences, 20*(3), 342–394. doi:10.1080/10508406.2011.553258

專論

The Effects of Question-Prompt Scaffolding Designs on Students' Decision-Making on Socio-Scientific Issues

Jen-Yi Wu *　Wen-Xin Zhang **　Ying-Shao Hsu ***

To explore the effects of question prompt scaffolding on students' decision-making on socio-scientific issues in a computer-supported collaborative learning environment, this study designed a SSI online module with open-ended question prompts and another module mixed with open-ended or close-ended question prompts. Using the quasi-experimental research method, the 11th-grade classes in a senior high school were randomly assigned to two modules to learn about the decision-making on issues of water reservoir and green building lasting for four class periods. The results of 41 valid samples showed no significant difference found between the performances on the pretest about electricity supply of students in the two modules. Regarding their performances on the tasks in the first water-reservoir issue, the students in the module with mixture design performed significantly better than those in the module of open-ended question prompts. However, no significant difference was found between the performances on tasks about the second green-building issue of students in the two modules. Moreover, in the posttest about nuclear power issue, the students in the module of open-ended question prompts performed better than those in the module with mixture design. In addition, the performance gap between the students with low decision-making ability and high decision-making ability was no longer obvious. It is suggested that in the collaborative learning environment, open-ended question prompts provide certain optimal challenges that can significantly promote students' performances on decision-making.

Keywords: decision-making ability, collaborative learning, socio-scientific issue, scaffold

* Jen-Yi Wu, Postdoctoral research fellow, Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

** Wen-Xin Zhang, Postdoctoral research fellow, Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

*** Ying-Shao Hsu, Professor, Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Corresponding Author: Ying-Shao Hsu, e-mail: yshsu@ntnu.edu.tw