
以結構式探究教學促進國小學生了解 證據和從事論證之行動研究

董又愷¹ 林樹聲^{2*}

¹雲林縣立仁愛國民小學

²國立嘉義大學 數理教育所

摘 要

本研究旨在應用結構式探究教學促進國小學生了解證據和從事論證，同時也探究此一教學實踐上的問題與解決之道。研究採行動研究，以研究者任教的四年級三名學生為對象。授課主題為「交通工具、時間的測量」兩個單元，教學時間歷經兩個月，每週三節課。收集的資料包括「證據概念問卷、論證問卷、學習心得單、半結構式訪談資料、課堂師生對話、教師日誌」等。研究結果顯示：三位學生在教學後對「證據從何而來、證據呈現的形式、如何評估證據的信、效度、利用證據作論證」，皆有更多的了解；在教學過程中，教師遭遇到的問題包括學生「不知道收集的資料可作為證據、不知道如何判斷證據的強弱、不知道如何利用證據證成論點」等。針對這些問題，研究者查閱資料、與指導教授討論後，修正教學。在之後的教學中，教師就不斷地提醒學生有說服力的解釋包含「證據」、「主張」和「理由」，並引導學生「說清楚」自己提出的解釋，藉此訓練學生「提出證據」及「證成論點」，學生的問題因而獲得改善和解決。

關鍵詞：行動研究、結構式探究教學、國小、論證能力、證據概念

壹、研究背景與動機

當今社會不論是論述事理，或判斷事物的真偽，大家都強調要以證據為依歸，這顯示「運用證據」已成為我們生活之中不可或缺的能力。美國 National Research Council(1996) 在 National Science Education Standard 中，將「以證據為基礎評估某一資訊、利用證據支持自己的論點」

列為中、小學生應該具備的能力；隨後的 A Framework for K-12 Science Education (NRC, 2012)更明確指出科學學習必須包括「使用和評估證據(資訊)、利用證據建構解釋和論證」。我國九年一貫課程自然與生活科技領域，也將「對他人的資訊提出合理求證、檢核論據的可信度並提出質疑」作為中、小學生的能力指標(教育部，2008)。這表示不論國內、外的科學教育，都重視培養學生運用證據、為自己主張辯

*為本文通訊作者

護的能力。

過去的研究顯示：在教學介入之前，國小高年級學生無法使用證據支持自己提出的論點(Maloney, 2007)；六年級學生不了解什麼是證據，常以「補充理由」作為證據來支持想法(Lin & Mintzes, 2010)；Ryu 與 Sandoval(2012)發現國小學生對「提出理由為自己主張辯護」感到困難。這意味著國小學生對證據的了解、運用證據、證成主張等與論證有關的能力都必須加強。

Tytler 與 Peterson(2004)認為多數學生不會使用證據的原因肇因於學生對證據的認知不足；Osborne、Erduran 與 Simon(2004)提及唯有經過具體教學、多次練習，學生才有可能精熟論證。因此，教師若要提升學生包括使用證據在內的論證能力，就必須透過教學先強化學生了解證據，並加強學生練習使用證據作論證。

至於如何強化學生了解證據、做論證，「探究式教學」不失為一個可行的方法。由於科學探究過程強調「提出問題、收集與分析資料、以可信的資料作證據，支持自己的論點(解釋)」(Bell, Smetana, & Binns, 2005)，其中「收集與分析資料」、「以可信的資料作證據，支持自己的論點(解釋)」階段，都可作為加強學生了解證據、使用證據、從事論證的切入點。為了提出有說服力的解釋，學生必須展現對證據的了解來評估資料的可信度，並利用證據支持自己的主張。也就是說，教師能以探究式教學活動，促進學生認識證據，增

進學生的論證能力。

過去在國小階段實踐探究式教學的研究不少(例如楊秀停、王國華，2007；李松濤、林煥祥、洪振方，2010；Koksai & Berberoglu, 2014；Wang, Wang, Tai, & Chen, 2010；Wu & Hsieh, 2006)，但鮮少在過程中協助學生建構證據概念、具體指出如何引導學生評估證據、使用證據從事論證，本研究即是針對這些不足來設計教學。

而研究者從平日教學中察覺到學生對於證據的認知、評估資訊、利用證據的能力都很薄弱。所以，透過教學協助學生了解證據並提升學生使用證據做論證的能力，即為研究者亟欲解決的問題。再加上研究者透過進修，了解到行動研究能讓教師以研究的角度，在教學中嘗試問題和困難，因此研究者打算採取行動研究並結合探究式教學、學校課程來解決上述的問題。

貳、研究目的和待答問題

研究者以行動研究，探討結構式探究教學對學生建構證據概念與論證能力的影響，並藉此解決教學上的問題。引導探究的待答問題包括：結構式探究教學前、後，國小四年級學生對證據的了解、提出證據支持論證的情況和其改變為何？在此一行動研究中，研究者遭遇的困難及解決方法為何？

參、文獻探討

一、證據的相關概念

有關證據的相關概念可分為「證據的

本質、類型、評估」(Inch & Warnick, 2010)

三方面來說明：

(一) 證據的本質

人們為了鞏固主張或結論，往往會引用既存的資料，或是透過觀察或實驗取得訊息來加以支持。這些資料和訊息即為證據，包括具體的物件、已證實的陳述、客觀觀察或實驗獲得的結果 (Gott, Duggan, & Roberts, 2003)。

(二) 證據的類型

依「證據呈現」的方式，Inch 與 Warnick(2010)認為證據可以是「事實、統計數據、實體(具體物件)」；若以「證據來源」區分，McNeill 與 Krajcik(2012)指出證據可藉由人們親自觀察、測量或實驗得來，屬於「一手資料」；若有些是不易或不可能經由自身力量取得，我們就可使用已存在的「二手資料」作為證據。所謂的「二手資料」是指引用他人整理和詮釋過的資料，例如論文中的文獻探討、資料庫裡的統計資料或文本、書籍的內容……等 (Hug & McNeill, 2008)。

(三) 證據的評估

評估證據是指檢視證據是否具備信、效度(Herrick, 2007)。Inch 與 Warnick (2010)提出評估證據信度的判準包括：1.證據的內容是否已被「多次證實」？2.證據是否為「具權威性」之專家所提出？3.佐證同一主張或結論的證據之間「是否一致」？4.證據

的內容是否「與時俱進」？因為過久的證據可能已被推翻；5.二手資料可能在經由他人詮釋後失去原意，因此一手資料比二手資料可信。至於效度的判準，主要是檢視證據與主張或結論之間的「聯結」，聯結強，效度高，反之亦然。

二、證據與論證

論證是指個人針對某一議題提出證據支持的結論，並且闡述如何由證據推論至結論的過程 (Hong, Lin, Wang, Chen, & Yang, 2013)。有說服力的論點必須立基在可靠的證據之上，因此若要提升學生的論證能力，教師必須透過教學增進學生對證據的認知，並促進學生使用證據支持論證、說明證據與論點之間的關係。而這些認知和能力的培養，對國小學生來說並不容易。Warwick 與 Siraj-Blatchford(2006)就發現部分國小學生解讀資料後，不但拒絕以資料分析的結果作為證據，而且不會修正原來沒有證據支持的主張；Maloney(2007)也發現即使不同形式的證據呈現在國小學生眼前，多數學生卻無法評估和選用正確證據去支持主張；Lin 與 Mintzes(2010)則發現高學業成就的國小學生在論證時，大部分無法提出證據，或直接將解釋當成證據。

雖然上述研究涵蓋培養學生評估和利用證據從事論證的能力，但並未將「認識證據本質和類型、運用判準評估證據的信、效度、如何使用證據支持論點」列入

教學目標，本研究即是針對這些缺失進行教學改善。

三、探究式教學的類型

Hansen(2002)依「教師介入程度」的多寡，將探究式教學分為四類：(一) 教師介入程度最少的「開放式探究」(open inquiry)。在此類探究中，從「確立問題、設計實驗、分析結果、提出結論和解釋」皆由學生主導；(二) 教師選定主題後，由學生決定如何進行調查或實驗，教師從旁指導，此為「引導式探究」(guided inquiry)；(三)「融合式探究」(coupled inquiry)為「開放式探究」與「引導式探究」的結合。學生經歷一次引導式探究後，接著由學生提出研究主題，再進行一次開放式探究；(四)教師介入程度最多的為「結構式探究」(structured inquiry)，教師不但選定探究主題，且過程也由教師主導，學生依教師引導去觀察和操作實驗。

Hansen(2002)建議教師可依教學目標和學生程度，選擇適合的探究教學類型。對多數國小學生來說，教師不能奢望他們在缺少探究經驗下，能自行提出研究問題並進行探究(Banchi & Bell, 2008)。換言之，學生在學會提出問題與設計探究過程和方法前，教師應提供引導，以利探究活動的實施(Bell, Smetana, & Binns, 2005)。

過去利用探究式教學提升國小學生認知、情意、技能的研究不少，這些研究顯示的成效包括提升了學生的科學概念(Wang, Wang, Tai & Chen, 2010)、探究技

能、科學態度(Koksal & Berberoglu, 2014)、提出以證據為基礎的解釋(Wu & Hsieh, 2006)及論證能力(Wilson, Taylor, Kowalski, & Carlson, 2010)。然而，這些研究中的探究式教學設計，並未加強學生「了解證據」，再進一步促進學生學會「使用證據支持論證、為證據做辯護」等，而這正是本研究欲進行的部分。

雖然Minner、Levy與Century(2010)指出研究中以「引導式探究教學」最多，但研究者考量到本研究的對象缺乏自行設計實驗去解決問題的經驗，所以應實施教師為中心的結構式探究教學較佳。Bunterm等人(2014)指出，採用教師介入較多的探究式教學，並不代表學生的學習機會就會減少。也就是說，本研究採取教師介入較多的「結構式探究教學」，只要在教師善用鷹架策略的引導下，仍然有助於營造學生學習的場域。

四、教師行動研究

行動研究是「行動者從實務中發現問題，進而從事解決問題的研究」(林生傳，2010)。針對教育現場，教師從事行動研究的目的是為了增進教學品質與提升學生的學習成效，進而克服教師教學中面臨的困難(王文科，王智弘，2011)。由於工作中的問題，往往不能一次解決，因此行動研究是「發現問題、收集資料、解決問題、反思改進」不斷循環的過程(Graebner, Souza, & Saito, 2009)。教師若想改進教學實務、增進學生學習成效，採取行動研究是必要的。

肆、研究方法

一、研究情境

研究學校位於雲林縣鄉村地區，屬於小型學校。全校共六班，一個年級一班，有 10 位教師和 44 位學生。校長十分注重學生多元能力的培養，除了既定課程外，會請教師額外安排科學、藝術、品德教育的學習活動。另外，校長也重視教師專業能力的提升，會鼓勵教師透過進修增進教學專業知能。

二、對象

本文第一作者畢業於某師範學院的自然科學教育學系，教學年資共八年，其中教自然科的經驗為六年。平時教學以講述、口頭提問為主。研究對象共 3 名四年級學童，分別以 S1、S2、S3 代稱(S1、S3 是男生，S2 是女生)。在自然科的學習上，S1 表現最佳，S3 次之，S2 較差，但都達甲等以上的程度。三位學生都喜歡實驗，其中 S1 最具好奇心，常踴躍提問；S2 具領導特質，如果需要合作做實驗時，往往由他主導；S3 個性內向，總是配合同學的指令行動，甚少發言。由於研究者平時的教學顯少採用以學生為中心的探究式教學，也沒有特別協助學生去了解證據或引導學生利用證據做論證。因此，學生缺乏上述的經驗。

三、教學設計

本研究利用自然與生活科技課程從事行動研究，課本為康軒版。教學分兩個

階段：第一階段教學單元為「交通工具」，12 節課；第二階段為「時間的測量」，10 節課，每節課 40 分鐘。兩個單元之間間隔一個寒假，以利研究者與指導教授討論並調整教學內容和行動。根據研究者的經驗，這兩個單元中的實驗往往能激起學生的探究動機，且此二單元的內容與學生生活經驗吻合，所以在引導學生建構證據概念、訓練學生利用證據從事論證時，學生容易援引自己的經驗和常識來進行。

教學設計上，研究者遵循結構式探究「提出問題、收集與分析資料、提出證據支持的解釋」之順序來教學(Banchi & Bell, 2008)，除了引導學生提出以證據為基礎的主張，或是找出證據支持主張，也會強調有關證據的「本質、類型、評估」等概念。在「交通工具」中，研究者分三部分進行教學：

1. 交通工具的演進：(1)提出問題：哪一種形狀的鉛筆最容易滾動？(2)收集與分析資料：引導學生以圓柱、三角柱及六角柱三種形狀的鉛筆，進行實驗，測量鉛筆滑下斜坡後的距離並加以比較。(3)提出證據支持的解釋：引導學生將實驗結果作為證據並提出解釋，同時討論「多次證實、一致性」等評估證據的判準。
2. 交通工具與日常生活：(1)提出問題：臺灣的汽、機車愈來愈多嗎？如何證明？(2)收集與分析資料：指導學生到交通部網站查詢台灣汽機車數量統計資料，引導學生說出汽機車增減的趨

勢。(3)提出證據支持的解釋：引導學生針對自己的說法提出佐證，並藉此介紹證據的類型，也傳達「一手資料比二手資料可信」的概念。

3. 橡皮筋動力車：(1)提出問題：怎麼讓橡皮筋動力車跑得又快又遠？同時引導學生思考橡皮筋的扭轉圈數與玩具車移動距離的關係。(2)收集與分析資料：學生先預測結果，再以實驗結果證實。(3)提出證據支持的解釋：學生提出結論，並以實驗數據作為證據。教師也與學生討論如何以「相關性」評估證據、「證據來自實驗、觀察」的概念。

「時間的測量」單元，也同樣分三部分進行教學：

1. 時間與日常生活：(1)提出問題：每天日出、日落的時間都一樣嗎？(2)收集與分析資料：引導學生從中央氣象局網站上收集和分析資料。(3)提出證據支持的解釋：引導學生依資料提出主張，並思考如何以「權威性」等判準評估證據的可信度。
2. 線香與沙漏：(1)提出問題：一炷香的時間有多久？沙漏中的沙子每次從上方完全漏到下方所需的時間相同嗎？(2)收集與分析資料：引導學生預測實驗結果、設計實驗方法、收集並分析資料。(3)提出證據支持的解釋：引導學生由實驗數據提出結論，並思考如何以「一致性、多次證實、相關性」評估證據的可信度。

3. 單擺：(1)提出問題：單擺擺動 20 次的時間，會不會是擺動 10 次的兩倍？20 秒鐘內單擺擺動的次數，會不會是 10 秒鐘內擺動次數的兩倍？(2)收集與分析資料：引導學生從事實驗並探討單擺擺動與時間的關係。(3)提出證據支持的解釋：引導學生提出以實驗數據為基礎的結論。

四、研究工具與收集的資料

本研究收集資料的工具包括「證據概念問卷、論證問卷、學習心得單、半結構訪談架構」等，另外研究者會錄下「課堂中的師生對話」，也會在課後撰寫「教師日誌」。

(一) 證據概念問卷

此問卷在了解學生對證據概念的認知情形。研究者依據 Inch 與 Warnick(2010)、Herrick(2007)分析證據概念的向度，將試題分為「本質(1題)、類型(1題)、評估(6題)」，共 8 題。題目以「兩位卡通人物的對話」為情境，讓學生勾選他認同的說法，並寫下理由。各題的勾選皆有標準答案，例如「下滑的玩具車」此題屬「本質」向度，主要檢測學生是否了解「證據是能客觀地觀察到的結果」。情境裡，維尼熊說：「我用同一台玩具車從不同材質的斜坡滑下來，測量玩具車到達終點的時間，發現斜坡的材質愈粗糙，玩具車滑下斜坡需要的時間愈長」。大嘴鳥回應：「在我的經驗

中，我看過一台玩具車從斜坡上滑下來。斜坡的表面粗糙，玩具車慢慢移動，花了不少時間才滑下斜坡。」接著提供學生「維尼熊、大嘴鳥、都有、都沒有」四個選項，要求學生勾選他覺得哪一種說法比較有說服力並陳述理由。

(二) 論證問卷

此問卷在檢視學生是否能以證據支持論點，共計四題，各題皆有一段情境、三個論點提供學生擇一選擇。此一作法主要考量四年級學生仍無法自行提出完備的科學論點。學生閱讀題目後，必須尋找證據來支持選擇的論點並說明理由。例如第一題為「尚皮耶的鐵球」，題目描述「不等重的鐵球作擺錘的單擺，擺動 10 次都需要 11 秒」，並提供三個論點「1.三公斤重的鐵球來回擺動 15 次的時間少於 11 秒；2.四公斤重的鐵球來回擺動 10 次的時間也是 11 秒(標準答案)。3.一公斤重的鐵球來回擺動五次的時間多於 11 秒」，讓學生選擇。

(三) 學習心得單

主要在了解學生對課程內容的評價，在各階段的教學結束後填寫，實施兩次。題目共五題，採 Likert 四點量表設計，每一題都請學生在「非常同意、同意、無意見、不同意」中勾選，再說明理由。題目包括：學習本單元後，你是不是比以前 1.更了解什麼是「證據」？ 2.更了解「怎麼找證

據」？ 3.更了解「證據有哪些類型」？並請學生具體說明學習到什麼。

(四) 半結構訪談架構

此一架構作為研究者訪談學生的依據，個別訪談安排在課餘時間進行。第一階段教學後的訪談是讓研究者了解學生尚未建構出哪些證據概念、是否能夠選擇證據支持論點，以便作為下一階段教學加強的重點；第二階段的訪談在了解學生的學習成效，也作為校正「證據概念問卷、論證問卷」的資料。研究者擬出 11 則問題，再依學生回答的情況加以追問。第一題探討學生是否了解「證據可用以支持某一主張，使主張更有說服力」；第 2 題至第 11 題分別以不同情境，並對應證據概念，檢測學生了解證據概念、利用證據提出論點的情形。例如：你覺得「地球有地心引力」這個證據，能不能支持「蘋果成熟後會掉到地上」的說法？為什麼？此題對應「已被證實的陳述可作為證據」，屬證據的本質。

(五) 教師日誌

研究者記錄下教學中發現的問題、學生的學習情況，以及個人的省思，藉此了解是否達成教學目標，並作為調整教學的基礎。

(六) 課堂中的師生對話

錄下教學過程中「師生對話」，讓研究者了解學生於教學當下的學習、教師的教學情況。

伍、資料的處理與分析

一、資料處理

研究者先將訪談、上課對話轉錄成逐字稿，其餘資料則加以編碼。本文中使用的代碼包括：三位學生 S1、S2、S3，教師 T、證據概念問卷 E、論證問卷 A、學習心得單 R、半結構訪談 I、教師日誌 J、課堂中的師生對話 D、前測 a、後測 b、第幾次和日期都直接標記數字。例如「AbS3」為學生 S3 在論證後測問卷中的作答；「R1S1」為學生 S1 在第一階段教學後的學習心得；「J0201」為教師在 2 月 1 日寫下的教師日誌。

二、資料分析

研究者反覆閱讀資料時，根據待答問題，找出對應的內容並加以歸類。所有過程皆與本文第二作者討論，以確認內容的適切性。

陸、研究結果

一、學生對證據概念的了解與改變

教學前 S1 認為若要支持「斜坡摩擦力愈大，車子滑下斜坡的時間愈長」，屬於「個人經驗」的說法較有說服力，理由是「因為輪胎摩擦到地板的速度比較慢」(Ea)；教學後 S1 寫下「觀察、科學家說的、實驗」(R2)都可取得證據。此外，S1 比較維尼熊與大嘴鳥的說法(實驗結果、個人經驗)，認為「維尼熊有實驗過，才知道結果」(Eb)。而對於「地心引力能否作為證據」，S1 認為「可以，因為科學家有研究過」(I0325)。

S2 原本認為「實驗結果」和「個人經驗」都有說服力，理由是「斜坡的表面很粗糙，玩具車不能很快的滑下來，所以兩個人都是對的」(Ea)；教學後 S2 認為「維尼熊有實驗，大嘴鳥沒有實驗，有實驗比較有說服力」(Eb)。另外，S2 自評比以前更了解如何收集證據，並指出「觀察、實驗和專家說的一段話」(R2)可當作證據支持說法。綜合來說，三名學生教學前並不了解可信的證據來自何處，但教學後他們都知道具說服力的證據可來自實驗、觀察和一段專家的話。

(一) 證據類型的認知

教學前 S2 認為肺部的照片(實體)是具說服力的證據，「肺如果是黑色的，對身體不好」(Ea)；教學後 S2 認為「實體、統計數據、事實的陳述」都適合說服別人戒菸，他說「柯南看過世界衛生組織的統計；兩津堪吉說會得到吸菸的後遺症，會讓人不再吸菸；怪醫黑傑克的圖片裡健康的肺是鮮紅色的，而吸菸者的肺是黑色的」(Eb)。

S3 起初認為「實體、統計數據」是有說服力的證據，理由是「兩津堪吉說抽菸抽久了會後悔和得肺癌」(Ea)，與照片或統計數據所傳達的訊息無關。教學後 S3 認為「實體、實驗的紀錄是證據的類型」(R2)，另外他也表示「去熱狗攤觀察，把觀察的經過記下來」(事實的描述)可了解「熱狗攤生意好不好」(I0325)。

總之，教學前學生不了解「實體、事實的描述、統計數據」都是證據的類型之一，但教學後所有學生都認為證據能以上述三種形式呈現。

(二) 證據評估的認知

教學前 S1 認為若要證明杯子不易破，應依據「多次證實」的實驗結果，理由是「喜羊羊把杯子摔 1000 次」(Ea)；一百個結果之中，小部份(5 個)的研究結果，比其他(95 個)的研究結果可信；十年前檢出農藥的報告，比半年前檢出農藥的報告可信，理由是「稻米上不應該會有農藥殘留」(Ea)。教學後 S1 認為「科學家講的比路人乙可信」(權威性)(R2)，也表示如果想知道學校有幾種水生植物，「自己觀察比較好」，因為「同學可能講錯」(I0325)；實驗 100 次的數據比 10 次可信，因為「只做一次的話，不知道這一次是不是不小心做錯」(I0115)。另外，S1 也表示「很多科學家相信睡午覺比較健康」(Eb)，所以多數人一致的研究結果比較可信(一致性)；「熱帶魚的資料比較新」(Eb)，因此半年前的報告比十年前的可信(與時俱進)。

S2 於前測時認為 100 份以不同研究方法得到的結果中，小部份(5 個)比其他(95 個)的可信(Ea)。教學後 S2 說明「專家和路人甲的話是專家比較可信(權威性)；實驗 1000 次的資料比實驗 1 次的可信(多次證實)」(R2)。訪談中

可知道 S2 也已了解其它判準。

T：想知道雲林縣花生的產量，你會想找一個月前，還是三年前的資料？

S2：一個月前。三年前的情況可能不一樣。【與時俱進】

T：要證明「地球是圓的」，用「籃球、棒球是圓的」當證據適合嗎？

S2：不適合。籃球和棒球是圓的跟「地球是圓的」沒關係。【證據與結論的聯結】

T：1000 個人量一棵樹的高度，其中有 990 個人量出 11 公尺，有 10 個人量出 8 公尺，你比較相信那一邊的說法？

S2：990 個人。比較多人測量的結果比較可信。【一致性】(I0319)

教學前 S3 認為測試 3 次的實驗結果證明杯子不易破，理由是「如果測試 1000 次的話，杯子會破掉」(Ea)；其他在證據概念問卷上的填答，S3 也都答非所問。例如十年前未檢出農藥的檢驗報告比較可信，理由是「稻米上不會有農藥殘留」。教學後 S3 說明「新的比舊的可信(與時俱進)、科學家說的比別人可信(權威性)」(R2)。他還認為「拋 1000 次沒有破，就比較能證明是超級玻璃杯」(多次證實)、「氣象局網站的資料是較真的」(權威性、一手)、「可能 5 名科學家研究錯」(一致性)(Eb)。訪談時，可看出 S3 已建構出使用「判

準」評判證據的概念。

T：如果要知道學校多少種植物，你覺得自己觀察還是問同學好？

S3：自己觀察，同學可能會看錯。【一手或二手】

T：想知道雲林縣花生的產量，你去找最近一個月還是三年前的資料？

S3：最近一個月的資料說現在比較準。【與時俱進】

T：要證明我們學校人數少，如果用「四年級只有四個人」當證據，你覺得如何？

S3：沒有說服力，應該還要說出其他班級的人數。【證據與結論的聯結】(I0319)

由以上結果可知，三位學生在教學後已了解如何運用一些判準來評估證據。

二、學生論證能力的改變

「能為自己的選擇提出合理的證據和理由」是本研究檢視學生是否能表現論證能力的焦點。前測中 S1 都勾選了標準答案(有證據支持的論點)，但只在第二題中提出合理的理由「蚊香燃燒一公分的時間不準」(Aa)，其餘各題都沒有提出理由。教學後 S1 認為「證據可證明自己的說法，讓說法比較有說服力，別人就會相信」(I0320)，並且能以證據支持主張。例如「動力車的吸管轉圈越多，跑得越遠，實驗的紀錄表有測量動力車跑的距離，跟我的說法一樣；今天天氣一定很熱，因為我觀察

到家家戶戶都在吹冷氣」(R2)。後測時 S1 已能利用各題情境中的訊息，支持所選擇的論點。例如「布袋蓮的葉柄有空氣，所以會有浮力讓布袋蓮浮起來；實驗的紀錄告訴我們迴力車後退的距離越長，放手後就跑得越遠」(Ab)。

前測時 S2 只在第四題提出「布袋蓮的葉柄能儲存空氣，它會浮出水面」(Aa)，屬合理的理由；其他題不是空白，就是理由不合理，例如「迴力車要先後退，放手後才能前進」(Aa)，此說法沒有解釋到迴力車要跑得遠，後退的距離要「多一些」。教學後 S2 認為「如果要讓別人相信自己說的話，就要拿出證據。我們從氣象局網站找資料，就可以證明每天日出、日落的時間不一樣」(I0320)，並且能提出證據支持論點，例如：「汽、機車愈來愈多，證據是交通部的統計資料(R1)；林書豪是神射手，因為他投 1000 球進了 999 球(R2)」。後測時，S2 也提出「1 公斤和 3 公斤的鐵球來回擺動 10 次都需 11 秒；每次實驗的時間都差幾秒，所以蚊香不能準確計時；題目說後退 10cm 可前進 60cm，後退 20cm 可前進 80cm，這邊可證明我是對的」(Ab)等敘述來支持論點。

S3 教學前能寫出「迴力車往後退的長度遠一點，就能跑得更遠；布袋蓮裡面有空氣，所以它可以浮起來」(Aa)，支持自己選擇的論點，其餘答題都沒有提出證據支持。教學後 S3 能寫出「從資料看出鐵球的重量不影響擺動的時間；他每次燃燒蚊香一公分長的時間差很多，所以不能準

確計時」(Ab)來支持自己選擇的論點。同時，S3 也能提出「圓柱形的鉛筆滾最遠，因為我們做過實驗讓各種形狀的鉛筆從斜坡滑下去，測量它滾動的距離(R1)；這邊的花很美，因為有很多人來看花；去問他們，他們也說這裡的花很漂亮(R2)」等證據支持自己的說法。再者，S3 也表示「有證據的說法比較可信；我們以前查過雲林縣到台北市各種路線花的錢，如果要證明哪一條路線最省錢，這些資料可以當證據」(I0320)。

基本上，學生在前測中並不知道提取文字情境的訊息作為證據去支持自己勾選的論點，然而教學後，他們不但了解證據可使說法更具說服力，也學會了利用證據支持主張。

三、教學時面對的問題與解決方法

(一)「交通工具」單元

1. 各種交通工具

(1) 提出問題：教師提出「如果要從雲林縣到台北市，應該如何規劃路線？」讓學生思考。

(2) 收集資料：教師引導學生上網查詢各種路線花費的時間和金錢，並以此作為證據支持「心目中最理想路線」。

T：如果你要查油錢，要在哪個網站查？如果想知道高鐵票價呢？

S2：中油和台灣高鐵的網站。(D1210)

(3) 分析資料：教師引導學生比較各個路線所需的時間和金錢。

S1：路線二是最理想的路線，因為它

需要的時間最少。(D1210)

(4) 提出證據支持的解釋：教師問：「有沒有證據證明路線二最省時？」S1 說：「這樣才不會遲到。」這表示學生不知道如何提證據，因此說明：「S1 的資料中，路線二只需要 1 小時 44 分，是最省時的，可以用它當作證據。」(D1210)對於這一天的教學，研究者省思：

今天學生收集、分析資料後，我問他們有什麼證據支持時卻答非所問。我得改用「如果人家不相信，要怎麼證明你是對的」的問法。(J1210)

(5) 證據的討論：教師與學生討論「權威性、與時俱進」等概念。剛開始 S1 認為中油和高鐵網站的資料可信，因為「電腦很聰明」(D1212)，答非所問；S2 則認為「不可信」，繼續問他為什麼，他說不知道。因此：

T：想知道油價，聽媽媽講，還是上官方網站查比較準確？

S2：媽媽說的不一定對。

S1：臺灣中油的網站會顯示正確的油價。(D1212)

教師於是接著說明「中油網站有權威性，是可信的」。教師反省此日的教學，認為討論評估證據的判準時，「用比較的方式引導，學生比較好回答」(J1212)。

2. 交通工具的演進

(1) 交通工具和輪子的演進：教師與學生

討論交通工具和輪子演進的歷程。

- (2) 哪種形狀的鉛筆最易滾動：教師提出「圓柱、三角柱、六角柱三種不同形狀的鉛筆，哪一種最容易滾動？」(D1217)讓學生思考。

- (3) 收集資料：學生測量鉛筆滑下斜坡的距離。

S1：我要記錄，還有讓鉛筆滑下來。

(開始實驗)

S3：85 公分。(D1217)

- (4) 分析資料與提出證據支持的解釋：教師引導學生分析何者滾動的距離最遠。S1 表示「根據紀錄表，圓柱鉛筆滾的距離最長」；S2 認為「圓柱鉛筆滾最遠，紀錄表就是證據」(D1217)。

- (5) 證據的討論：教師與學生討論「多次證實、一致性」等評估證據信度的判斷。教師問「實驗操作一、兩次就夠了，對嗎？」(D1217)學生都表示「不夠」，但無法解釋。教師接著引導學生思考：

T：如果實驗時推到鉛筆，這樣的結果準確嗎？

S2：不準確。

T：如果只實驗兩次，說不定這兩次我就不小心推到鉛筆，這樣有說服力嗎？

三位學生：沒有。

T：多做幾次實驗，會更有說服力。

另外，教師再引導學生思考「如果測量鉛筆滾動的距離 100 次，有 3 次測量的結果特別小，需要考慮它們

嗎？」S2 說「要」，教師再問「其中 3 次只有 100 公分，可能的原因是？」S1 認為「可能鉛筆撞到東西」，而 S2 改變了想法，回答「不要」。

3. 交通工具與日常生活

- (1) 交通工具現代化對人類生活的影響：教師與學生討論交通工具現代化，出現噪音、空氣汙染等問題。

- (2) 交通工具數量的增加：教師以「臺灣的汽、機車有沒有一直在增加？」(D1225)引導學生思考如何收集證據。

T：怎麼證明臺灣的汽、機車一直在增加？

S1：帶他去看路上的車多不多。

T：有沒有辦法上網搜尋到這樣的資料？國家掌管交通的機關是？

S1：上交通部的網站。(D1225)

- (3) 收集與分析資料：教師引導學生上交通部網站，找出歷年來臺灣汽、機車的數量統計，並且看出臺灣汽、機車數量增、減的趨勢。S3 發現「長條圖的長條愈來愈高」，S1 說「表示車子愈來愈多。」(D1225)

- (4) 提出證據支持的解釋：教師試圖讓學生提出證據證明臺灣的汽、機車逐年增加，但 S3 說「帶他去看」，表示他不知道可以用剛才查到的資料去佐證。因此，教師問：「我們為什麼要上網查資料？」S2 回應：「看汽、機車的數量有沒有增加」，S1 補充：「汽、機車愈來愈多」。教師再追問 S3：「為

什麼 S1 這麼肯定？」S3 回答：「因為他拿資料當證據」。(D1225)

- (5) 證據的討論：教師引導學生以「權威性」評估證據，S1 認為「交通部網站是官方網站，所以可信。」(D1225)S2 說：「剛剛找了統計圖來證明自己的說法。」教師藉此說：「統計數據也是證據的一種」。對於這一天的教學，教師省思到：「今天令我沮喪的是，學生說交通部網站上的統計圖表能看出『汽機車愈來愈多』之後，我緊接著問他們如何證明，S3 還是回答『帶他去看』。我想我應該要再多強調「收集資料就是為了找證據」！(J1225)

4. 橡皮筋動力車

- (1) 製作橡皮筋動力車：教師引導學生製作橡皮筋動力車。
- (2) 讓動力車跑得遠：教師以「如何讓動力車跑得遠？」(D1231)作為探究主題。S1 認為「要一直轉吸管」，並表示可以「做做看」來證明。
- (3) 收集與分析資料：教師引導學生實驗並比較扭轉橡皮筋不同圈數的情況下，動力車前進的距離。
- T：20 圈和 30 圈的結果怎樣？
- S2：轉 20 圈跑 110 公分，30 圈跑 150 公分。
- T：好，轉動 40 圈。(學生啟動車子)
- S3：210 公分。
- 實驗後 S2 表示：「橡皮筋轉 40 圈，車子可以跑超過 200 公分，但是轉 20 圈的時候不行。」(D1231)

- (4) 提出證據支持的解釋：S1 說「橡皮筋轉愈多圈，車子跑愈遠。」教師提醒：「能不能說說看這些數據跟你說的有什麼關係？」S1 說：「實驗的紀錄。」教師追問：「是不是還要說些什麼？這個表格可以看到什麼？」S1 說：「橡皮筋轉 20 圈、30 圈、40 圈以後，車子跑的距離。」教師再追問：「橡皮筋轉比較多圈，車子前進的距離怎麼樣？比較少圈的呢？」此時 S1 回答：「比較多圈的車子比較遠，比較少的比較近。所以橡皮筋轉比較多圈，車子會跑得比較遠。」(D1231)

第一階段的教學中，研究者提出問題引發學生的學習動機，從收集和分析資料引導學生認識證據，在提出證據支持解釋和主張的過程中，訓練學生提出證據做論證，而證據必須來自先前資料的分析結果；同時，也在適當時機針對證據的「本質、類型、評估」加以討論和說明。

研究者採用「口語鷹架」的引導(Vygotsky, 1978)協助學生提出證據支持的解釋。例如研究者提問：「能不能說說看這些數據跟你說得有什麼關係？」「是不是還要說些什麼？這個表格可以看到什麼？」(D1228)這些引導是為了讓學生提出有說服力的解釋，並且由他們自己說出。

省思後，研究者認為學生由證據推論至主張的能力仍待加強。McNeill 與 Krajcik(2012)曾建議教師必須讓學

生了解「完整、有說服力的解釋」包含「主張、證據、合理的推論」等三部分，學生才易將主張和證據做合理的連結。與指導教授討論過後，研究者決定在第二階段的教學中，運用上述策略解決問題。

在第二階段的教學中，研究者仍依循著結構式探究的教學模式(提出問題、收集與分析資料、提出證據支持的解釋)進行教學，並且將「提出完整、有說服力的解釋」作為教學的重點。此階段所進行的教學活動、探究主題、學生所提出的解釋，以及研究者給予的回饋如表 1。

(二)「時間的測量」單元

表 1：第二階段教學中遭遇的問題與解決方式

教學活動	探究主題	學生提出的解釋	遭遇的問題與解決方式
1 時間與日常生活	每天日出、日落的時間都一樣嗎？	S1 認為「每天日出的時間不一樣」，僅表示「氣象局的圖表」可作為證據。	S1 的陳述過於簡短。教師提醒學生：「每天日出的時間不一樣，這是說法；氣象局的資料是證據。可是有人可能還是聽不懂，所以你還要解釋為什麼氣象局的資料可以支持你的說法」。(D0221)
2 古人測量時間的工具	一炷香的時間有多久？	S3 說「一炷香的時間是 1 小時 5 分 20 秒」，教師要求 S3 提出證據，S3 僅回答：「實驗」。	S3 的陳述過於簡短。為了讓學生了解何謂「說清楚」，教師補充說明：「如果我想證明台灣的汽、機車愈來愈多，除了用交通部網站的統計資料當作證據，還必須說明從 77 年到 101 年，長條圖的長條愈來愈長，表示台灣的汽、機車愈來愈多。這些補充說明是我的推論，可以讓我的解釋更有說服力。」(D0224)
	沙漏中的沙子每次完全漏下所需時間相同嗎？	S2 說「沙漏的沙子漏光需要 3 分鐘左右，證據是我的實驗。」	S2 的陳述缺少「推論」。教師提醒：「最好還要向別人說明你的實驗發現什麼，所以可以支持你的說法。」(D0225)
3. 單擺	單擺擺動 10 次需要多久？20 次呢？	S1 說：「實驗以後，我發現擺動 10 次時間的兩倍是擺動 20 次的時間」；S2 說：「所以這個實驗結果可以當證據。」	教師鼓勵 S2 綜合 S1 和自己的說法再說一次：「單擺擺動 20 次的時間是 10 次的兩倍，因為我有實驗，發現擺動 20 次大約 20 秒，是 10 次的兩倍。」(D0304)
	單擺 20 秒鐘內擺動的次數，會不會是 10 秒的兩倍？	S3 認為「單擺 20 秒內的擺動次數是 10 秒的兩倍，我實驗發現它們的關係是兩倍。」	教師提醒 S3：「如果詳細地說出你每一次的實驗數據，你提出的解釋會更棒。」(D0305)

研究者盡可能讓學生了解他們所提出的解釋還缺了什麼，因而少了說服力。雖然示範與解說耗費許多時間，但也因為這樣，學生在教學的後半段漸漸地能使用較完整的語句交代收集證據的方式、分析資料的結果、闡述推論的內容，進而強化他們對「證據與結論之間聯結」的認知，並展現出「論證能力」。

柒、討論

一、教學對學生建構證據概念的影響

教學前，三位學生對證據從何而來、有哪些類型、如何評估證據的信、效度皆不了解。顯然地，不論在自然科或其他科目，學生過去的學習經驗似乎都缺乏這個部分。Nicolaidou 等人(2011)指出，「不知道什麼是可信、有效的證據」是普遍存在於中學或大學生的問題，而本研究發現小學生也是如此。

兩階段的教學後，三位學生已能很自然地表達出「證據能夠透過實驗或觀察取得」，同時也知道能用「一段話」來證明自己的說法，而這「一段話」必須是有根據的，例如學生就分別寫下「專家說的一段話」(R2S2)、「科學家說的一段話」(R2S3)能作為證據。同時，學生在教學後也了解到無論是「看得到、摸得到的實體、一段事實的描述、統計數據」都是證據的類型之一，也懂得「專家的說法比路人甲可信、實驗次數多的證據比較可信、自己觀察或實驗比問朋友、家人好」，也知道若要支持

「學校人數少」的說法，以「四年級的人數」作為證據的說服力低，必須再「說出其他年級的人數」(IS30319)，可見學生了解證據與結論之間的聯結薄弱時，必須再說明清楚予以強化。

Schalk、Schee 與 Boersma(2013)指出，教師若能提供學生一連串的情境讓學生進行探究活動，並且不斷地以提問來引導學生提出證據支持的解釋，學生便能認識證據、學習如何評估證據；Bunterm 等人(2014)指出，教師引導得多，不代表學生的學習機會就會減少。本研究採取的是教師介入較多的「結構式探究」，但也因為研究者在教學中融入許多情境和提問，並輔以舉例、解說等，再加上重覆引導學生收集和分析資料、提出證據支持的解釋，所以學生才能在證據的本質、類型和評估等方面，順利建構出應有的了解。

二、教學對學生論證能力的提升

本研究欲提升學生的論證能力，聚焦在訓練學生能為自己的選擇提出合理的證據和理由。教學前，學生雖能選出論點，但大多沒有提出證據支持，也無法證成自己的選擇。Glassner、Weinstock 與 Neuman(2005)認為有說服力的解釋必須具備主張和證據，更重要的，還必須解釋「為什麼證據能夠支持論點」。Ryu 與 Sandoval(2012)提到「證成主張」是決定論證品質好壞的重要因素之一。在教學中，若研究者發現學生提出的解釋看不出證據如何推論至論點，就會接著提出「你怎麼

向別人說明？是不是還要補充什麼？」(D1231)，讓學生證成自己論點。研究者也會再要求學生自行將「提出的證據」及「證據如何推論至論點」完整地陳述一次，並檢核學生是否學會。

正因為有上述的訓練，學生才有機會在「提出證據支持論點」上或「證成所選證據」有所成長。即使學生在後測時只是從題目中擷取部份內容，或是加以闡釋情境中的敘述來作為理由，這些表現也許不盡理想，且品質上仍有進步的空間，但就本研究欲提升國小學生的能力來說，從「幾乎無法表現這樣的能力」到後來「能展現出這些能力」，仍可視為進步和改變。

捌、結論與建議

本研究採用行動研究，藉由結構式探究教學提昇國小四年級學生了解證據相關的概念，以及提出理由的論證能力。研究結果顯示經過這樣的教學，三位學生從「不知」到「了解、會」，整體而言已反映了教學的成效、達成了教學目標。而研究者在教學中遇到的困難包括「學生不知道收集的資料可作為證據」、「學生不知道如何判斷證據的強、弱」、「學生無法使用證據證成論點」等，這些問題也在研究者反思並採取適當策略後有所改善。

然而，研究者也必須承認在此次行動研究後，仍存在著一些教學上的缺失和問題。例如學生使用證據作論證的品質仍需要再加強、教師可示範同時使用多個判準評估證據的過程。而教學若擴及人數較多

的班級時，是否會有其他問題或困難產生？……等等，都有待未來研究再深入的探討。

參考文獻

- 王文科、王智弘(2011)。《教育研究法》(第15版)。台北：五南。
- 李松濤、林煥祥、洪振方(2010)。探究式教學對學童科學論證能力影響之探究。《科學教育月刊》，18(3)，177-203。
- 林生傳(2010)。《教育研究法》。台北市：心理。
- 教育部(2008)。《國民中小學九年一貫課程綱要》。台北：教育部。
- 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。《科學教育月刊》，15(4)，439-459。
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Bunterm, T., Lee, K., Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.
- Glassner, A., Weinstock, M., & Neuman, Y. (2005). Pupils' evaluation and generation of evidence and explanation in argumentation. *British Educational Research Journal*, 75(1), 105-118.
- Gott, R., Duggan, S., & Roberts, R. (2003). *Understanding and using scientific evidence*. London: Sage.
- Graebner, I. T., Souza, E. M. T., & Saito, C. H. (2009). Action research and food and nutrition security: A school experience mediated by conceptual graphic representation tool. *International Journal of Science Education*, 31(6), 809-827.
- Hansen, L. M. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in

- the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Herrick, J. A. (2007). *Argumentation: Understanding and shaping arguments*. State College, PA: Strata.
- Hong, Z., Lin, H., Wang, H., Chen, H., & Yang, K. (2013). Promoting and scaffolding elementary students' attitudes toward science and argumentation through a science and society intervention. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1625-1648.
- Hug, B., & McNeill, K. L. (2008). Use of first-hand and second-hand data in science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30(13), 1725-1751.
- Inch, E. S., & Warnick, B. (2010). *Critical thinking and communications: The use of reason in argument*. Boston: Pearson.
- Koksal, E. A., & Berberoglu, G. (2014). The effect of guided-inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66-78.
- 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.
- Maloney, J. (2007). Children's roles and use of evidence in science: An analysis of decision-making in small groups. *British Educational Research Journal*, 33(3), 371-401.
- Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science*. Boston: Pearson.
- Minner, D. D., Levy, A. J., Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academy Press.
- Nicolaidou, I., Kyza, E. A., Terzian, F., Hadjichambis, A., & Kafouris, D. (2011). A framework for scaffolding students' assessment of the credibility of evidence. *Journal of Research in Science Education*, 48(7), 711-744.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Ryu, S. & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
- Schalk, H., Schee, J., & Boersma, K. (2013). The development of understanding of evidence in pre-university biology education in the Netherlands. *Research in Science Education*, 43(2), 551-578.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic explanation: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 94-118.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, J., Wang, Y., Tai, H., & Chen, W. (2010). Investigating the effectiveness of inquiry-based instruction on students with different prior knowledge and reading abilities. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(5), 801-820.
- Warwick, P., & Siraj-Blatchford, J. (2006). Using data comparison and interpretation to develop procedural understanding in the primary classroom: Case study evidence from action research. *International Journal of Science Education*, 28(5), 443-467.

Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

Wu, H. K., & Hsieh, C. E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313.

投稿日期：103年06月27日

接受日期：103年11月10日

An Action Research to Advance 4th Graders' Understanding of Concept of Evidence and Abilities to Make Argumentation through Structured Inquiry Instruction

Yu-Kai Tung¹ and Shu-Sheng Lin^{2*}

¹Ren-Ai Elementary School, Yunlin County

²Graduate Institute of Mathematics & Science Education, National Chiayi University

Abstract

The study adopted action research approach to improve fourth graders' understanding of concept of evidence and abilities to make argumentation through structured inquiry instruction. The researcher and three students involved in this study. The instructional units were "Transportation tools" and "Time measurement". The period of teaching time lasted two months, two hours each week. Data collected included questionnaire about concept of evidence, argumentation skills questionnaire, learning sheets, semi-structured student interviews, teacher's journals, and classroom observation and dialogues. The results showed that three students had great improvements in understanding the sources of evidence, the type of evidence, evaluating evidence, and formulating evidence-based argumentation. During the period of teaching, the problems the researcher faced included that the students did not know the collected data could serve as evidence to support conclusion. They were not able to judge the strength of evidence, and could not justify their arguments with appropriate evidence. Through reading papers, constant reflection, and discussing the instruction with the thesis advisor, the researcher further revised some of the teaching contents to enhance the students' understanding of evidence, a claim, warrants and their relationships, and gave them more opportunities to formulate evidence and justify arguments with evidence. The implications were discussed with respect to the instruction and further studies in the future.

Keywords: action research, argumentation ability, concept of evidence, elementary school, structured inquiry instruction

* corresponding author