

科學教育研究與發展季刊

*Research and Development in
Science Education Quarterly*

第 66 期

2013年9月

科學教育研究與發展季刊

目 錄

第66期

2013年9月

自然科學教育

以事例訪談探究專科學校低學習成效學生對化學物質變化之
另有概念 1
歐姿妤、黃貞觀

幼兒園兒童的「地球」初始概念探究 25
陳彥廷、蕭儒棠

省思九年一貫自然與生活科技課程綱要中的科學本質內涵 53
謝州恩、劉湘瑤

數學、資訊教育

應用電子白板於國小六年級代數推理教學之研究 77
劉文斌、劉曼麗

以事例訪談探究專科學校低學習成效 學生對化學物質變化之另有概念

歐姿妤¹、黃貞觀^{2*}

¹ 新生醫護管理專科學校美容造型科

² 中央警察大學犯罪防治研究所刑事司法組

*guan964009@gmail.com

(投稿日期：2012.3.27；修正日期：2012.6.4；接受日期：2012.6.26)

摘 要

本研究旨在藉由 White 和 Gunstone (1992) 提出探索理解的過程，以事例訪談教學策略介入化學課程，瞭解低學習成效學生對化學物質變化之另有概念。研究過程分兩階段，首先以即時回饋系統 (Interactive Response System, IRS) 結合化學課程，每週上課 2 小時共維持 3 週時間探討 99 位專科學校護理科新生對物質組成與變化之概念；其次選取 IRS 測驗總成績不及格者共 26 位，進行事例訪談探究學生在化學學習過程，存在化學物質變化之另有概念。研究結果發現低學習成效學生對化學物質變化另有概念種類有三，為名詞定義、內在化學成分與性質及外在型態改變，究其原因為受學科背景知識不足、用語不清、生活經驗法則及外觀判斷之影響。研究結果期望啟發師生雙方溝通橋樑，讓學生的學習成為教學現場的主題曲。

關鍵詞：另有概念、即時回饋系統、事例訪談、科學教育、學習成效

壹、前言

近年有關學生科學學習的觀念誤解與選擇概念之研究範疇著重於概念學習，亦是基於建構主義原理發展而來，其為研究學生對科學概念本質的差異或對其已獲得科學相關知識的內容與結構 (Huang, 2002)。科學教育主要目的在傳授學生基礎的科學知識，協助學生建立科學的世界，為達成此目的，科學知識要有系統性、批判性與觀念性，而非將零碎知識加以累積(歐姿妤、梁偉明，2003)。因此科學知識的傳播應具備多樣化與專業性，並強調多元批判性思考能力，批判性思考的教學內容，包括教師的教學態度需以啟發思考為手段，教材的內容應具問題取向與邏輯分析，過程進行除具備價值判斷並產生批判的能力來解決問題(洪久賢、黃鳳雀，1996)。

建構主義教學原理在引導學生建構知識，其主要目的在促進學生思考和了解，不在於記背知識，學習方式是以做中學、談中懂、寫中通等多元互動的社會建構，而非以聆聽、練習等單元單向的方式任意建構(張靜馨，1996)。由於知識是認知個體主動的建構，不是被動的接受或吸收，而認知功能在適應，是用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實；再者，知識是個人與別人經由磋商與和解的社會建構(張靜馨，1995)，因此科學教育若能將科學素養與專業技能結合，將有助於技職體系學生建構專業與技能，適應其所生存的世界。

科學哲學的派別歷經經驗主義、實證主義、邏輯經驗主義、理性主義、否認主義及後實證主義，對於科學發展的認識論與方法論各有不同的詮釋，因此對科學發展的本質亦未達成共識(翁秀玉、段曉林，1997；黃光國，2003)。在進行科學本質的教學中，學生的過去科學學習經驗，教室中討論的文化與教室內座位的安排，均影響科學本質教法的進行(翁秀玉、段曉林，1998)，學生若能對當代科學本質有所瞭解，不僅對科學有較完整的認識，學習方式則偏向以理解取代記憶，且若能正確聯結科學與個人生活的相關性，則間接正向增長其學習態度(翁秀玉、段曉林，1997)。因此本研究選擇以打破傳統老師單方講授、學生獨自聽課的學習生態，提高師生間的互動並增進活潑熱絡的課堂氣氛，透過問答間老師就能馬上診斷學生學習成效的即時回饋系統 (IRS)，瞭解專科學生化學學習內涵，來提升學生化學學習成效。

再者，本研究藉由 White 和 Gunstone (1992) 提出探索理解的過程如事例訪談 (Interviews about Events, IAE)，藉此瞭解化學低學習成效學生之學習另有概

念，並針對學生發問的問題探究其科學學習過程，成為科學學習中教與學的潛在資源，並期望學生能將課程所學應用於實際生活中，成為一位健全的快樂學習者。據此，本研究之研究目的首要瞭解學生基本屬性在 IRS 測驗成績之差異性；其次，利用 IRS 測驗瞭解學生對化學組成與物質變化之概念內涵；最後，以事例訪談探討影響低學習成效學生之「物質變化另有概念」之觀點因素。

貳、科學學習之另有概念

在科學教育啟發過程，Chin 和 Osborne (2008) 認為教師和學生兩者都應該重視發問的問題，科學學習過程實證研究重視問題的本質與類型，其次是影響教導學生提問技巧因素，學生的問題與選定變項以及教師反應、學生觀念與學生提問間的關係。教師常會不自覺傾向採取略顯窘困的態度，來回應學生非老師所預期的回答，他們把學生的這些信念貼上標籤，稱之為「誤解 (misunderstandings)」或「錯誤概念 (misconceptions)」。

時至今日，我們逐漸發現學生許多信念雖然是錯誤，但卻是有合理根據，利用事例訪談可追溯這些信念產生是在學生進入教室以前，根據個人經驗所建立起來的，對於現實的構念，所以我們已經不再指稱這些信念為「錯誤概念」，而改用「另有概念 (alternative conceptions)」。另有概念相關研究認為學習的最後階段，是將先前的知識和教學所呈現的新訊息兩者加以結合，但是先前的信念和教學是不相容的，矛盾的解答不但非常罕見，也不見得有哪一個觀點會勝過另外一個，反倒是，這兩種觀點會並存在記憶之中 (White & Gunstone, 1992)。

部分學者將學生另有概念的特性歸納如下：學生在進入教室學習之前，對科學之概念已經普遍存有其本身的看法，此類的看法通常不同於科學家的想法，且其想法是與生活環境交互影響的結果，所以多固持己見且不易被改變或改變為非預期的想法，再者，學生另有概念，不論在年齡、能力、國家或種族文化上常具有一致性與普遍性、想法是個人的特殊想法、個別之間可能是相互矛盾且不一致的、想法常常是不易被改變且穩固的，此外另有概念和專家概念間有差異存在，且有些另有概念和科學概念早期的發展是平行的，甚至有學者認為另有概念可能成為未來學習的阻礙 (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985；Fisher, 1985；Osborne & Wittrock, 1983)，而 Coli 和 Taylor (2001) 就認為高中生普遍存在嚴重的化學另有概念。

但是學生持有另有概念之原因甚為複雜，依不同研究者的觀點來看，其來源可以歸納為以下幾點：為日常的經驗與觀察、日常用語的影響和隱喻、學科背景不足、教科書上的誤導、來自同儕文化的影響、天賦的觀念、從類比所產生的混淆、事物明顯特徵的影響等等（王美芬、熊召弟，1998；謝秀月，1990、1995；Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Glynn, Yeany, & Britton, 1991; Head, 1986；引自蔡佳宏，2002），以化學學習為例，Talanquer (2006) 明確指出學生在化學學習概念產生困難，主要源於對日常推理邏輯的錯誤觀念，因此 Ünal、Cal-k、Ayas 和 Coll (2006) 等人在探究學生化學鍵學習時，就採用複雜的矩陣方式，矩陣主題包含需求、目標、方法、學生觀念探索、先備知識要求、學生另有概念、問題和建議等進行探究。

國內外有關另有概念的研究早在 1980 年代已經開始，舉凡物理、生物、化學、地球科學、天文及氣象等，表一列舉 2007 年後國內外以化學概念探究學生另有概念的研究文獻，其中四篇為國內研究，其他三篇則為土耳其國家之研究，可知化學課程容易造成學習者產生另有概念，尤其是在酸、鹼、鹽類化學反應部分，但是針對影響成績不及格學生化學學習成效之「另有概念」目前尚付之闕如。

表一、列舉 2007 年後探討化學領域另有概念之國內外文獻

研究者	研究樣本	研究目的
許健將(2009)	40 名台灣的高三學生	利用二段式選擇測驗及概念構圖，探究學習者「游離能」之相關化學迷思概念，進而發展更有效的教學模式以澄清其迷思概念。
李世峰、李田英(2007)	332 名台灣的高三學生	利用開放式試題結果所得資料，探討高中學生應用勒沙特列原理判斷非均勻相系化學平衡的迷思概念。
張容君、張惠博(2007)	1210 名台灣的國中生	從質量守恆、能量、化學反應和燃燒的條件四個概念領域，探討國中生對燃燒現象普遍持有的迷思概念。
Seçken, N. (2010)	121 名 18 至 23 歲，在土耳其大學上過基礎化學課程的學生	透過開放性問卷詢問學生「鹽類」的基本概念，並檢視高中時期被廣泛使用教科書，探究學生對於酸鹼中和及鹽類的另有概念形成原因。

研究者	研究樣本	研究目的
Sesen, B. A., & Tarhan, L. (2010)	45 名 17 歲土耳其高中生(21 名實驗組；24 名控制組)	藉由實驗性設計探討學生在「酸和鹼」主動學習應用效果，並分析學習過程之態度、另有概念及成效。
Özmen, H., Demircioğlu, H., & Demircioğlu, G. (2009)	58 名土耳其 11 年級高中生(28 名實驗組；30 名控制組)	藉由實驗性設計(傳統教學及概念改變結合電腦動畫教學)探討學生在「化學鍵」學習之另有概念及概念改變。

參、探索理解科學學習與學習成效

一、科學學習之探索理解

對技職體系學生而言，教育目的即是陶冶專業技術人才，其間會有很多面臨問題解決與批判性思考的機會，而科學素養所養成的思考邏輯模式，有助於未來適應多變的職場環境，此外建構主義者主張知識形成需經由個體主動建構而成，且新知識必須建立在原有知識基礎上，並受個體原有經驗及與環境互動所影響，故本研究運用探索理解 (probing understanding) 教學策略介入化學課程探究學生化學學習過程之另有概念。

本研究為達成建構主義教學原則，選擇以 Richard White 和 Richard Gunstone 在 1992 年出版的「探索理解」一書的教學策略介入化學課程，亦即在建構主義教學原則下，輔以事例訪談探討學生對化學物質變化之另有概念；Richard White 和 Richard Gunstone 曾為澳洲 Monash University 的教育學院的院長及副院長，且在科學教育的教與學品質研究不遺餘力，闡明教師必須帶領學生到知識現場，再設法開啟學生與知識之間的連結，但要扮演好如此媒介角色，就應該讓師生雙方都能夠充分瞭解，並且讓學生學習成為教學現場的主題曲。

有關學生概念研究的方法，可以採用會談、紙筆測驗及概念圖等進行探究，其中會談方式可大致分為結構式、半結構式和開放式晤談，本研究所採用之事例訪談為結構式會談，為針對固定事件進行訪談，可希望達到深入而敏銳的評量目的。依據 White 及 Gunstone (1992)說明如下(摘自李乙明譯，2004)：

「…對一則實例進行訪談，是一種深入評量學生理解單一概念的行動，可檢核學生是否能夠從特定實例中辨識出其中呈現的概念，以及是否能夠解釋自己的判斷，透過解釋，所顯露的即是學生的理解品質；同樣的，針對事件進行訪談，是深入而敏銳的評量行動，雖然此時的目標並非認知其中概念的能力，而是解釋現象的能力，其次，對於事例訪談的計分，雖然可以針對學生在訪談上的表現來計分，但很少有人會這麼做，其基於下列兩個理由，第一，教師不太可能有時間訪談全班所有的學生；第二，訪談建立在信任上，必須讓學生無拘無束地樂於反應，而不必衡量每一個字眼在得分上效果…」。

二、影響化學學習成效相關研究

有關化學學習成效相關研究，若以對象而言可大致區分為教師及學生，而我們深知教師教學信念會影響學生學習成效，以目前提倡的創新教學為例，Bauer (2005) 認為化學課程創新教學成效研究，應著重於增進學生知識層面理解程度及學習態度的提升，因此 Van Driel、Bulte 及 Verloop (2005) 調查在荷蘭高中教書的 348 位化學老師，對於創新課程的教學想法，經過因素分析結果發現兩個獨立的教師教學信念結構，其一為以標的物為導向教育信念，重視基礎化學結合全部課程的信念；其二以學習者為中心的教育信念，重視化學、科技與社會結合全部課程的信念。

其次，雖然 Davis (2006) 懷疑傳統學校的課室教學所能夠帶給學生的快樂學習的價值，但在台灣學校環境並非造成青少年生活痛苦之主因，反而是離開學校後如何應用所學才是衝擊所在。一項 2009 年青少年生活痛苦指數調查，結果發現 20 個指數分為五個構面，分別為學校環境、家庭影響、社會情境、未來發展及政府作為等因素，構面影響因素中青少年學生認為「未來發展」所造成的痛苦最高，其次為政府作為、社會情境、家庭影響因素及學校環境因素，顯然青少年對於未來前途，感到茫然與無助；20 個個別痛苦指數，排名前五高的是出人頭地困難、環境污染嚴重、未來就業不易、政治紛亂無章及法律缺乏保障等，而家庭影響與學校環境在歷年調查中，一向是青少年最不痛苦的構面，成為青少年最主要的精神支柱(財團法人向陽公益基金會，2009 年 12 月 12 日)。故科學教育相關教師應該更深入思索學習成效背後所呈現的義涵以及學習對其

未來發展的影響。

此外，教師若能夠在教學過程，瞭解影響學生學習的種種因素，則可提升學生學習成效，也才能達到教學相長的目標。舉例來說，Xie、Lin 和 Zhang (2001) 研究提出學生通常較喜歡透過網路線上學習，因為他們覺得線上教學比傳統課室教學更能引發興趣，且學習壓力較少。此外，Moran 和 Hughes (2006) 則發現傾向以幽默方式處理人際關係的學生其感受壓力所帶來的身體症狀較少，教師若在課室教學能有效運用幽默感，亦能暫時化解嚴肅學習氣氛以增加學生學習動機，間接影響學習成效。

一份針對台灣 19 位教育學程學生為樣本的研究，利用紮根理論研究學生利用討論與書寫的協同學習方式下的科學知識建構，研究結果發現，大部分學生感受到此種科學教育過程十分豐富、有趣且優於傳統科學教學，且可以刺激彼此建構知識，有效幫助他們瞭解科學概念，其中書寫可以幫助學生在討論時更明確且具建設性；討論則可以幫助學生針對書寫內容更明確化，藉由此過程讓學生更能培養學生敞開心胸的正向學習態度，但是卻有接近四分之一的學生否定此新方法，且認為易造成學習混淆，此研究除獲得此有意義結果外，這些大學生將來即將成為化學與地球科學相關課程教師，相信這個介入研究的影響力將可啟發這些未來的老師更重視具互動的科學教育 (Jang, 2007)。

據此本研究選擇以打破傳統老師單方講授、學生獨自聽課的學習生態，提高師生間的互動並增進活潑熱絡的課堂氣氛，透過問答間老師就能馬上診斷學生學習成效的即時回饋系統，瞭解專科學生化學學習「另有概念」，並結合探索理解的事例訪談法評量影響低學習成效學生學習之相關因素。

肆、名詞定義

一、事例訪談(Interviews about Events, IAE)：

本研究所使用訪談教學法，主要利用 White 和 Gunstone (1992) 提出事例訪談，為深入評量學生理解單一概念的行動，可檢核學生是否能夠從特定實例中辨識出其中呈現概念，及是否能夠解釋自己的判斷。事例訪談目標並非評量認知概念的能力，而是解釋現象的能力，透過解釋，可顯露出學生理解品質程度。本研究將針對影響成績不及格學生化學學習成效之「化學物質變化」之另有概念進行訪談。

二、另有概念(alternative conceptions)：

本研究所稱之「另有概念」，指在學習的最後階段，是將先前的知識和教學所呈現的新訊息兩者加以結合，但是先前的信念和教師、課本、學者專家對概念的看法與信念是不相容的，且兩種知識不見得有哪一個觀點會勝過另外一個，這兩種觀點會並存在記憶之中 (White & Gunstone, 1992; Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994)，本研究則藉事例訪談探究學生對化學物質變化之另有概念。

三、即時回饋系統(Interactive Response System, IRS)：

本研究過程所使用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，包含硬體和軟體兩部份，硬體部份含遙控器和接收器，必須搭配教室中電腦與單槍投影機；軟體部份可提供教師事先編製選擇題，並透過單槍投影機展示問題，引導學生按下手持式遙控器之按鈕選擇答案。該系統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，藉此促進課堂學生的互動與溝通(網奕資訊，2008年12月)。

四、化學物質變化：

本研究所要探討化學物質變化包含物理和化學變化，「物理變化」通常不會改變物質的化學成分和性質，通常只有外在型態改變；「化學變化」通常會改變物質的化學成分和性質，且通常為不可逆反應(易光輝、歐明秋、劉惠銘、莊麗津、石瑩等、徐照程，2009)。

伍、研究方法

本研究設計採兩階段完成，第一階段首先利用 IRS 結合化學課程在上課前探討學生對物質組成與變化之概念；其次以事例訪談法探究影響 IRS 成績不及格學生「物質變化另有概念」，目的在瞭解學生對化學物質變化學習之「另有概念」及影響低學習成就學生之相關另有概念。針對研究有關之研究對象及研究設計及工具說明如下。

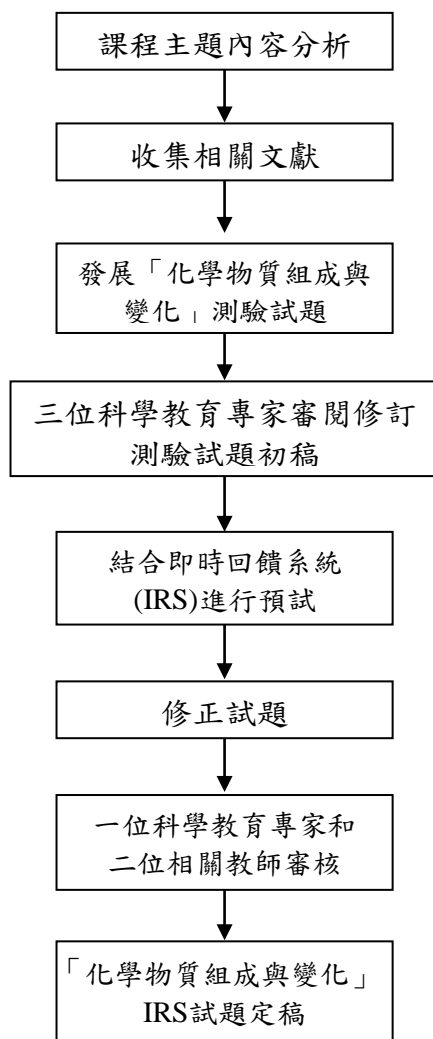
一、研究樣本

本研究樣本為桃園縣一所醫護管理專科學校，甫於 2005 年 8 月正式獲教育部核准改制專科學校，主要辦學目標在於培養當今國內醫護管理及幼保人才，全校學生人數約 4,000 人，為一中型規模技職體系專科學校。本研究以護理科一年級新生約 600 位為觀察研究對象，並隨機挑選二個班級共 99 位新生進行「化學物質變化另有概念」之探究。

二、研究設計及工具

(一) 第一階段：

利用 IRS 結合化學課程，在每節上課前探討學生對化學課程中物質組成與變化之概念，即時回饋系統試題發展過程如圖一所示，依據課程選用教科書(易光輝等，2009)發展測驗試題，第一次上課前 IRS 測驗為一般先備知識測驗，並未列入記錄，其後兩次 IRS 測驗試題各 22 題；隨後利用每次上課詳實記錄作答結果，詳細瞭解學生「物質變化另有概念」。實際每週上課 2 小時，共 3 週，實施及記錄過程如圖二示意圖所示，以化學物質組成與變化為主題共實施二次 IRS 測驗，隨後以事例訪談法探究影響 IRS 測驗成績不及格學生存在「物質變化另有概念」之相關因素。



圖一、「化學物質組成與變化」IRS 試題發展過程

以事例訪談探究專科學校低學習成效學生對化學物質變化之另有概念



圖二、課程運作配合 IRS 示意圖

資料來源：取自網奕資訊(2008年12月)。IRS 即時反饋系統。2011年12月25日取自 <http://www.habook.com.tw/Software/>

(二) 第二階段

隨後選擇 IRS 測驗總成績不及格者，進行事例訪談探究學生在化學學習過程，存在物質變化另有概念之原因及種類，選擇以兩次總成績不及格學生之目的為確認學生並非不適應 IRS 操作或上課模式所導致學習低成效。藉由 White 和 Gunstone (1992) 提出探索理解的過程，以事例訪談法瞭解護理專科學生物質變化另有概念，對於事例訪談的計分，White 和 Gunstone (1992) 認為訪談需建立在信任上，要讓學生無拘無束地樂於反應，而不必衡量每一個字眼在得分上效果，舉例事例訪談題目如下：

～給予學生觀看染頭髮、蠟燭燃燒、腳踏車生鏽、水蒸發四種圖片，評量學生對「化學物質變化」的理解，並回答以下提問：

- 根據你對物質組成的瞭解，你會說這是「化學變化」嗎？
- 在這張圖裡面，你有看到「化學變化」嗎？
- 你為什麼這樣說？
- 為什麼「??」不是「化學變化」？

隨後將資料以 ATLAS/ti 5.0 軟體轉譯逐字稿檔案，採持續比較方式將事例訪談內容逐字摘意，編為譯碼，並將同義的譯碼歸成範疇，同時比較譯碼間的

關聯、譯碼與範疇間的從屬關係正確性，再以逐步確認、發展與聯繫為原則，尋找跨領域的主旨/主題(themes)。主旨/主題形成過程使用 Kappa 一致性係數(K coefficient of agreement)，來表示評分者間一致性的關係(林清山，1992)，由三位科教專家初步評估結果 Kappa 係數為.86，隨後針對不一致分類部分進行專家間一致性討論以達成共識。訪談資料則以 ATLAS/ti 5.0 軟體轉譯訪談逐字稿檔案，以持續比較方式(constant comparison method)將資料內容配合描述性統計分析資料進行逐字摘意，作為補充說明資料。

進一步尋找助於概念連結的跨領域分析，找出重複出現主旨，使澄清概念及其間關係，直到可清楚地辨識出主要變項，資料不斷分析直至沒有新資料出現，意即對影響專科學生化學課程學習成效之化學物質變化另有概念內容觀點達飽和的狀態。

陸、研究結果

一、基本屬性對 IRS 成績之差異性比較

參與二次 IRS 測驗之學員共 99 人如表二所示，平均年齡為 15.19 歲(範圍為 15-16 歲)且因為皆為護理科系學生故皆為女性。父母親兩者最高教育程度以高中職或國中有 75 位為多數，且大部分與父母同住(佔 77.77%)，其次為父母離異或死亡之單親家庭(佔 14.14%)，選擇其他者僅 8 位為與父母以外者同住(如祖父母或親戚)，家庭氣氛大都屬於融洽。

學生在校生活大都屬於快樂及非常快樂者有 92 位，屬於不快樂或非常不快樂僅少部分有 4 位，與自己較好的朋友數以四位(含)以上者較多數有 69 位，部分同意化學是一門有趣課程者有 25 位，但卻有 55 位同學持不同意及非常不同意之意見，且沒有同學持「非常同意」之意見。

以上學生基本屬性與 IRS 成績之差異性比較，僅「認為化學是有趣課程」呈顯著差異($F=2.865$, $P < 0.05$)，且持「部分同意」意見者 IRS 成績較持「非常不同意」者成績較高，且呈顯著性差異。

表二、基本屬性對 IRS 成績之差異性分析 (N=99)

項目	n (%)	F	項目	n (%)	F
父母親最高教育程度		1.186	校園生活		2.194
小學以下	10(10.10)		非常不快樂	3(3.03)	
國中	19(19.19)		不快樂	1(1.01)	
高中/職	56(56.57)		普通	3(3.03)	
大學/專科學校	14(14.14)		快樂	71(71.72)	
			非常快樂	21(21.21)	
家庭狀況		.731	較好朋友數		.643
與父母同住	77(77.78)		小於1位	8(8.08)	
單親家庭	14(14.14)		2位	7(7.07)	
其他	8(8.08)		3位	15(15.15)	
			4位(含)以上	69(69.70)	
家庭氣氛		.450	認為化學有趣		2.865*
非常不融洽	1(1.01)		(1)非常不同意	19(19.19)	
不融洽	2(2.02)		(2)不同意	36(36.37)	
普通	5(5.05)		(3)沒意見	19(19.19)	(4)>(1)
融洽	66(66.67)		(4)部分同意	25(25.25)	
非常融洽	25(25.25)				

* p < .05

二、「化學組成與變化」IRS 試題測驗結果

學生對化學物質組成與變化 IRS 測驗二次各 22 題，從表三可知學生對「化學組成與變化」之 IRS 測驗得分內涵，第一次測驗得分最小值為 0 分，最大值為 100 分，平均得分為 64.59 分($SD=17.70$)，成績低於 60 分為不及格者有 33 位(佔 33.33%)；第二次測驗得分最小值為 40 分，最大值為 94 分，平均得分為 71.10

分($SD=13.59$)，成績低於 60 分為不及格者有 20 位(佔 20.20%)。

「化學組成與變化」之 IRS 測驗兩次成績加總之平均最小值為 27 分，平均最大值為 97 分，平均得分為 67.84 分($SD=13.65$)，平均成績低於 60 分為不及格者有 26 位(佔 26.26%)，其次選取 IRS 測驗總成績不及格者共 26 位，進行事例訪談探究學生在化學學習過程，存在物質變化另有概念之原因及種類。

表三、「化學組成與變化」之 IRS 測驗得分內涵

項目	範圍 (最大值- 最小值)	$M \pm SD$	n (%)			
			≤ 59分	60-70分	70-80分	≥ 80分
第一次成績	0-100	64.59 ± 17.70	33 (33.33)	25 (25.25)	20 (20.20)	21 (21.21)
第二次成績	40-94	71.10 ± 13.59	20(20.20)	24(24.24)	29(29.29)	26 (26.26)
總成績	27-97	67.84 ± 13.65	26 (26.26)	29 (29.29)	21 (21.21)	23 (23.23)

三、對化學物質變化之另有概念

IRS 測驗總成績不及格者共 26 位，進行事例訪談探究學生在化學學習過程，存在物質變化另有概念之原因及種類。在化學物質變化之先備知識部分，學生必須具備以下概念：

「物理變化通常不會改變物質的化學成分和性質，物質變化後也不會產生新物質，僅外在型態改變；化學變化通常會改變物質的化學成分和性質，而且變化後會產生新的物質。」(易光輝等人，2009)

事例訪談結果發現學生對物質變化另有概念種類有三，為名詞定義、內在化學成分與性質及外在型態改變，究其原因為受學科背景知識不足、用語不清、生活經驗法則及外觀判斷之影響，現分述如下：

(一)名詞定義另有概念：

學生混淆物理與化學變化在名詞定義上最主要的區別，如學生(06)表示：「…染頭髮用藥劑讓他外觀改變了，因為無法變回原形所以是物理變化…」，另有

學生(12)表示：「…腳踏車生鏽是因為空氣碰觸生鏽，表面改變所以是物理變化…」。

(二)內在化學成分與性質另有概念：

學生雖然明瞭物理與化學變化之最主要區別為內在化學成分與性質之改變，但是對於生活中發生之染頭髮、蠟燭燃燒及腳踏車生鏽等，不認為其內在化學成分與性質發生改變，如學生(26)表示：「…就拿染頭髮來說好了，頭髮不管染成什麼顏色，性質不會改變…經變化後沒有產生新物質，可以再還原為原來的頭髮阿…」，而學生(10)說：「…蠟燭燃燒主成分沒改變，沒有產生新物質…」，學生(02)表示：「…腳踏車生鏽是物理變化，就自然而成，沒有經過化學作用…而物理變化就是產生反應都一樣…」。

(三)外在型態改變另有概念：

學生雖然明瞭物理變化後也不會產生新物質，僅外在型態改變，但卻僅考量視覺感受外在型態是否改變或可以恢復來判定物質變化，如學生(09)表示：「…染頭髮若是過了很久，顏色會退掉，所以我想應該是物理變化，因為它會退成原本的黑色的頭髮的顏色…」，又如學生(20)說：「…蠟燭燃燒後滴下來的蠟油可以再做成蠟燭，可以變回原樣，不會改變的變化屬於物理變化…」，學生(11)表示：「…化學變化會使原始物質變得不一樣，而物理變化可以變回來，所以腳踏車生鏽後，可以保養回來，所以是物理變化…」。

柒、討論與建議

一、學生基本屬性對 IRS 測驗成績之差異性

參與二次 IRS 測驗之學員共 99 人，平均年齡為 15.19 歲(範圍為 15-16 歲)且因參與學員為護理科學生故以女性為主。學生在校生活大都屬於快樂及非常快樂者，僅少部分屬於不快樂或非常不快樂，此研究與財團法人向陽公益基金會(2009 年 12 月 12 日)公佈「2009 年青少年生活痛苦指數調查」雷同，學生在校學習所接觸學校環境屬於較不痛苦指數，且本研究學生屬於護理科背景，也較不擔憂未來就業問題。

其次，在化學學習是有趣的項目沒有同學持「非常同意有趣」之意見，大部分同學不同意化學是一門有趣課程，且持「部分同意有趣」者 IRS 成績較持「非常不同意有趣」者成績較高，且呈顯著性差異，此結果與 Jang (2007)、Xie 與 Zhang (2001) 及 Moran 和 Hughes (2006) 認為學習成效與學生興趣及學習態度有關相符。由於化學學科屬於通識教育必修課程，從筆者教授十多年護理專科學校學生化學課程的教學經驗，發現大部分學生對於化學課程內容缺乏興趣且感到學習困難，因此建議在專科養成教育過程，若教師能夠利用適當教學策略，幫助學生將學科學習變成一門有趣的課程，或許可提高學生學習動機。

二、以 IRS 測驗學生對化學組成與物質變化之概念內涵

學生對化學物質組成與變化 IRS 測驗二次共 44 題，第二次成績明顯比第一次成績較佳，且更具常態分佈曲線，究其原因在學生部分，學生因為第一次評量的即時回饋，可以馬上澄清另有概念，而老師也可針對最多人答錯的題目做進一步說明。在實際施測過程，研究者認為可以達到 IRS 的自動點名、課堂即時評量、提升課堂教學品質及課後學生輔導機制等功能(網奕資訊，2008 年 12 月)，其中最主要功效為讓老師可以課前與學生互動，瞭解學生先備知識，並於課後瞭解學生學習成效。

再者，由於另有概念可能成為未來學習的阻礙 (Osborne & Wittrock, 1983; Driver et al, 1985; Fisher, 1985)，而 Coli 和 Taylor (2001) 又認為高中生普遍存在嚴重的化學另有概念，因此建議未來科學教育相關學習可利用 IRS 學習過程皆全程記錄之功能，有助於教師於課後檢視學生學習歷程改變，並檢視學生另有概念。

三、影響學生存在「物質變化另有概念」之觀點因素

為達成建構主義教學目的在促進學生思考和了解，不在於記背知識(張靜馨 1996)，因此針對 IRS 測驗總成績不及格亦即學習低成效學生，進行事例訪談探究學生物質變化另有概念之原因及種類，結果發現學習低成效學生對物質變化另有概念種類有三，為名詞定義、內在化學成分與性質及外在型態改變，其原因為受學科背景知識不足、用語不清、生活經驗法則及外觀判斷之影響。

在「名詞定義不清」部分，在事例訪談過程有學生提及水蒸發是化學變化，因為化學變化可以變回原形，而染頭髮是物理變化，因為物理變化是無法變回原來狀態等觀念，可知學生另有概念的形成是受學科背景不足或混淆物質變化相關概念所致；其次，在「內在化學成分與性質」部分，學生述及頭髮不管染成什麼顏色，其性質不會改變，頭髮是改變頭髮的顏色，但是頭髮還是頭髮有同學提及染頭髮經變化後沒有產生新物質，即可再還原所以是物理變化等另有概念；而在「外在型態改變」另有概念部分，有同學提及蠟燭燃燒後燭液仍可再凝固，蠟燭燃燒後滴下來的蠟油可以再做成蠟燭，所以蠟燭燃燒是一種物理現象等觀念，可知學習低成效學生常以生活經驗法則來做外觀判斷，有些學生並非專業知識不足，但有些則是對專門用語不夠清楚，此結果與 Talanquer(2006)認為學生在化學學習另有概念源自對日常推理邏輯的錯誤觀念有關相符，且大部分學生對於自己想法是與生活環境交互影響有關，大多固持己見且不易被改變，再者，學生另有概念不會考慮相互矛盾或不一致性，這些另有概念都很有可能成為未來化學學習的阻礙 (Osborne & Wittrock, 1983; Driver et al, 1985; Fisher, 1985)。因此，建議相關教師在教授艱澀學理知識時，雖適時引用日常生活經驗，但也要對日常推理邏輯進行探究，利用 IRS 可以在簡短時間內找出同學問題所在，並在課堂上做概念澄清，亦可達到教學相長之效。

最後，學生科學學習障礙與另有概念有關(盧秀琴，2004；Talanquer, 2006; Ünal, Cal-k, Ayas, & Coll, 2006)，教師若僅從學業成績將無法發現問題所在，因此建議未來相關教學可以運用更多探索理解教學策略，藉此以瞭解學生科學學習過程之另有概念。

致謝

本研究得以如期完成，感謝國家科學委員會經費補助，並幸蒙本校相關教師與學生全力配合，讓此研究得以順利進行及完成，在此深表感謝！

參考文獻

- 王美芬、熊召弟(1998)。國民小學自然科教材教法。臺北市：心理出版社。
- 歐姿妤、梁偉明(2003)。批判性思考之科學教育教學評量。耕莘學報，1，97-102。

- 李世峰、李田英(2007)。高中學生應用勒沙特列原理判斷非均勻相系化學平衡的迷思概念探討。**科學教育**，**301**，2-16。
- 李乙明(譯)(2004)。**學習理解之多元評量**(原作者：R. White & R.Gunstone)。臺北市：洪葉文化。
- 林清山(1992)。**心理與教育統計學**。臺北市：東華書局。
- 易光輝、歐明秋、劉惠銘、莊麗津、石瑩、徐照程(2009)。**化學**。新北市：啟英。
- 洪久賢、黃鳳雀(1996)。國中家政實施批判思考教學之策略。**中等教育**，**47(5)**，3-18。
- 翁秀玉、段曉林(1997)。科學本質在科學教育上的啟示與作法。**科學教育月刊**，**201**，2-15。
- 翁秀玉、段曉林(1998)。國小自然科教師傳達科學本質之行動究。**科學教育**，**8**，36-52。
- 財團法人向陽公益基金會(2009年12月12日)。**2009年青少年生活痛苦指數調查**。2010年10月3日取自
http://www.tosun.org.tw/news_detail.asp?main_id=00089
- 張容君、張惠博(2007)。國中學生「燃燒」概念診斷之研究。**科學教育學刊**，**15(6)**，671-701。
- 張靜譽(1995)。何謂建構主義。**建構與教學**，**3**，1-4。
- 張靜譽(1996)。傳統教學有何不妥？。**中部地區科學教育簡訊**，**4**，1-4。
- 許健將(2009)。化學概念學習之真實評量研究。**教育科學期刊**，**8(2)**，93-115。
- 黃光國(2003)。**社會科學的理路**。臺北市：心理。
- 網奕資訊(2008年12月)。**IRS即時反饋式創新教學初級教育訓練講義**。2011年12月25日取自 <http://www.habook.com.tw/Software/>
- 蔡佳宏(2002)。**國小學童熱與溫度的另有概念對問題解決影響之探討**(未出版之碩士論文)。國立嘉義大學，嘉義市。
- 盧秀琴(2004)。中小學「細胞相關課程閱讀理解能力測驗」的發展與效化。**國立臺北師範學院學報**，**17(2)**，83-114。
- 謝秀月(1990)。**小學、師院學生熱與溫度概念的另有架構**(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化市。
- 謝秀月(1995)。**師院非數理系學生熱與溫度概念架構之探討**。**臺南師院學報**，**28**，479-507。

- Bauer, C. F. (2005). Beyond "student attitudes": Chemistry self-concept inventory for assessment of the affective component of student learning. *Journal of Chemical Education*, 82(12), 1864-1870.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Coli, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171-191.
- Davis, M. R. (2006). "Unschooling" stresses curiosity more than traditional academics. *Education Week*, 26 (16), 8.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. London: Open University Press.
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Aminoacids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (1), 53-62.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (1991). A constructive view of learning science. In S. M., Glynn, R. H., Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Head, J. (1986). Research into 'alternative frameworks' : Promise and problems. *Research in Science & Technological Education*, 4(2), 203-211.
- Huang, C. M. (2002). Exploring students' cognitive structures in learning science: A review of relative methods. *Journal of Biological Education*, 36(4), 163-170.
- Jang, S. J. (2007). A study of students' construction of science knowledge: Talk and writing in a collaborative group. *Educational Research*, 49(1), 65-81.
- Moran, C., & Hughes, L. (2006). Coping with stress: Social work students and humour. *Social Work Education*, 25(5), 501-517.
- Osborne, R., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, (67),489-508.
- Özmen, H., Demircioğlu, H., & Demircioğlu, G. (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education*, 52(3), 681-695.

- Seçken, N. (2010). Identifying student's misconceptions about SALT. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 234-245.
- Sesen, B. A., & Tarhan, L. (2010). Promoting active learning in high school chemistry: Learning achievement and attitude. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2625-2630.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811.
- Ünal, S., Cal-k, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: Needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 141.
- Van Driel, J., Bulte, A., & Verloop, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), 303-322.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York, NY: Macmillan.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London, England: Falmer Press.
- Xie, X., Lin, F., & Zhang, T. (2001). Comparison between on- and off- campus behavior and adaptability in online learning: A case from China. *Behaviour & Information Technology*, 20(4), 281-291.

附錄一

「化學物質組成與變化」IRS 試題 (第一次)

- 1.物質由固態直接變成氣態，此種變化稱為【蒸發；揮發；昇華；汽化】
- 2.下列何者是元素？【水；海水；水泥；水銀】
- 3.空氣是什麼物質？【純物質；混合物；化合物；元素】
- 4.由兩種或兩種以上原子構成的純物質為【元素；單質；混合物；化合物】
- 5.下列何者為化學性質？【可燃性；沸點；硬度；顏色】
- 6.下列那一變化屬於化學變化？【水的蒸發；水的電解；碘的昇華；汽油揮發】
- 7.原子學說是由何人提出？【道耳頓；拉瓦節；亞佛加厥；給呂薩克】
- 8.現行 IUPAC 原子量是以下列何者為標準來訂定的？【H=1；C=12；N=14；O=16】
- 9.人呼吸需要何種物質？【氫氣；氮氣；氯氣；氧氣】
- 10.「氧」為元素週期表幾 A 族？【VA；VIA；VIIA；VIIIA】
- 11.「氧」原子為元素週期表幾週期？【1；2；3；4】
- 12.「氧」原子可稱什麼族？【惰性氣體；鹵素；氧族；氮族】
- 13.組成物質的最小粒子是【原子；分子；電子；離子】
- 14.乾冰是固態的【NO；NO₂；CO；CO₂】
- 15.在化學方程式中，(aq)符號是表示在何種狀態？【固態；液態；氣態；水溶液】
- 16.當一純物質被分析得知含有碳、氫及氧時，此純物質應為【元素；化合物；混合物；溶液】
- 17.葡萄糖的分子 90 克，相當於多少莫耳？【 5.0×10^{-1} ； 5.0×10^{-2} ； 5.0×10^{-3} ； 5.0×10^{-4} 】
- 18.可以使燃燒現象更劇烈之氣體是【O₂；N₂；CO；CO₂】
- 19.在化學方程式中，(g)符號是表示在何種狀態？【固態；液態；氣態；水溶液】
- 20.有關道耳頓原子說，那一項不符合現代原子理論？【所有物質皆由原子組成；原子是最小的粒子，不可再分割；不同的原子結合成化合物；化學反應只是原子重新排列組合原子種類，數目不變】
- 21.下列何者屬於純物質？【井水；甲醇；奶茶；醬油】

22.下列何種物質變化，不屬於化學變化？【紙類燃燒；蘋果變色；冰受熱溶化；
酸鹼中和】

Exploring the Low Learning Effect Junior College Students' Alternative Conceptions of Material Changes in Chemistry with Interviews about Events

Tzu-Yu Ou¹ Chen-Kuan Huang^{2*}

¹PhD, Assistant Professor, Department of Styling and Cosmetology, Hsin Sheng College of Medical Care and Management

²RN, MSN, Doctoral Candidate, Graduate School of Crime Prevention and Corrections, Central Police University

*guan964009@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was attempts to explore how college low learning effect students' chemistry learning can be enhanced when "Probing Understanding," the theory developed by White and Gunstone in 1992, is involved as the pedagogic intervention. The participants of this study were 99 first-year chemistry class students in a junior college. This study will be undertaken in two phases. In the first phase, students' "alternative conceptions of Chemistry," as students held them before each Chemistry class, will be discussed with the aid of an "Interactive Response System" (IRS). They learned the lesson of "chemical material changes" then via the IRS to understanding the alternative conceptions in a two-hour a week class lasting three-weeks, that is, 6-hours. In the second phases, those 26 students who fail the IRS test will have to participate in event interviews, through which it is possible to analyze for their alternative conceptions. The results found the alternative conceptions of chemical material changes were the nature of the internal and external chemical composition and type of change, and the reasons were lack of disciplines knowledge, unclear the professional terms, experience of life and the impact with the appearance. It is expected that the result can provide the science curriculum of the vocational schools with an efficient probing understanding method.

Keywords: Alternative conceptions, Interactive Response System, Interviews about events, Science education, Learning efficacy

幼兒園兒童的「地球」初始概念探究

陳彥廷^{1*}、蕭儒棠²

¹ 國立臺中教育大學數學教育學系

² 國家教育研究院測驗及評量研究中心

*clief0000@yahoo.com.tw

(投稿日期：2012.5.7；修正日期：2012.6.20；接受日期：2012.6.28)

摘要

本研究旨在透過晤談方式探討 34 位公立幼稚園五~六歲幼兒對「地球」概念的初始想法。過程中，研究者參考過去研究自行設計圖卡與問題進行晤談，並針對晤談語料進行分析。結果顯示：29 位幼兒對「地球」相關概念理解並不穩定。他們對於地球概念的想法呈現 4 種心智模式：(1)符合科學概念的人類住在具有地心引力的地球表面四周；(2)人類住在兩半球的下半球橫剖面上；(3)人類住在中空地球的上半球表面；(4)人類住在中空地球的表面四周。研究之建議將提供未來地球相關概念學習活動之參考。

關鍵詞：另有概念、地球概念、初始概念

壹、緒論

多年來，相關研究(余秀麗，譚克平，2005；Ausbel, 1968; Collins & Gentner, 1987; Driver & Easley, 1978; Novak, 1987; Vosniadou & Brewer, 1992)指出，無論是大人或孩童都是用他們的生活經驗建構對週遭世界的理解。但是，這些理解經常與當前被接受的科學解釋不同，而且難以改變(Anderson & Smith, 1986)。而這些與當前科學解釋不同的想法，就被稱為先備概念(preconceptions) (Ausbel, 1968)、迷思概念(misconceptions) (Novak, 1987)、另有架構(alternative frameworks) (Driver & Easley, 1978)或心智模式(mental models) (Collins & Gentner, 1987; White & Frederiksen, 1986)。因此，教師若能掌握學生的先備概念，將能使學生的學習更有意義，並協助他們學習。

近年來關於探究學生概念發展的研究，一直是國內外科學教育研究的重點之一。但林碧芬(2002)指出，國內概念發展的研究，大多以中年級以上學生為對象，涉及小學低年級者，比例不超過 10%；而涉及學前幼兒者更是稀少。莊麗娟(2008)綜覽多年來國內數百篇關於科學概念理解的研究甚至指出，這些研究隱含著「年齡斷層」的問題。也就是對於幼兒階段科學概念理解的探究其實很少。但是，美國科學基金會(National Science Foundation, NSF)提到，幼兒科學教育是全民科學教育運動的基礎，因此，其補助研究之科學教育專案計畫多將幼稚園階段包含在科學教育的方案之中(Martin, Sexton, Wagner & Gerlovich, 1998)。因此，探究幼兒科學概念之現況與發展，具其重要性。

但是，在幼兒階段，什麼科學概念是重要的呢？環顧國內近年來的研究，僅有數篇研究針對幼兒的「重量」(莊麗娟，2006)、「電路、齒輪」(周淑惠，2003a)、「光與影」(周淑惠，2003b)與「浮沉」(陳玉真、簡淑真，2004)等概念進行探究，其他則寥寥無幾。這些研究的概念內涵多屬物理範疇，其他科學概念(如：地球科學概念)則幾乎少見。但是，「地球概念」(如：地球形狀、地心引力)卻是幼兒日常生活中已不斷接觸與感受的經驗，Vosniadou 與 Brewer (1992)更指出，地球概念是建構天文學理論的核心概念，是幼兒早期即會產生的想法。例如，幼兒會覺得「地球是靜止的」；「太陽繞著地球轉」；「地球是平的」等諸如此類的想法(Glynn, Yeany & Britton, 1991)，由此可見，孩童對地球的相關知識，抱持很多不同的想法(Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976; Sneider & Pulos, 1983)。因此，若能針對地球相關概念(以下簡稱地球概念)進行

探究，將有助於補充當前幼兒階段未探究之概念範疇，建立幼兒對此概念理解的資訊，進而提供幼教現場教師站在幼兒所具有的先備知識之基礎，設計適合幼兒學習之學習課程。

然而，研究者透過相關文獻(Glynn, Yeany & Britton, 1991; Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976; Sneider & Pulos, 1983)分析發現，國外的研究雖已針對兒童對於地球相關概念提出其心智模式，但是，這些研究的對象多是小學階段的兒童。這些研究所發現的學生心智模式是否與國內幼兒階段的孩童相似？此乃本研究之旨趣。鑑此，本研究將以國外相關學者所提出關於地球相關概念的心智模式，對幼兒進行一對一晤談，以檢視其對地球相關概念的初始想法。藉此結果，期望能提供教師瞭解學前階段的幼兒具備的地球概念，進而作為下一步思索課程如何設計與實施的基礎。此為本研究之目的。

貳、文獻探討

一、兒童「地球」概念的內涵

關於兒童「地球」概念的研究，乃起源於Nussbaum的一系列研究(Nussbaum & Novak, 1976; Nussbaum, 1979; Nussbaum & Sharoni-Dagan, 1983; Nussbaum, 1985)。這些研究發現，兒童關於地球的概念有「我們居住的地球是平坦的，不像球一樣是圓的¹」、「地球是由上下兩個半球所組成的巨大球體，我們居住在下半球橫剖面的平坦處²」、「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物垂直落下，無地心引力，我們住在地球的上方或四周³」、「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地球(表)，我們居住在地球的地表四周⁴」與「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地心，我們居住在圓球體的四周⁵」等五個觀點。統整來說，這些觀點包括「地球的形狀(觀點 1、觀點 2)」、「人住在地球何處(觀點 2、觀點 3、觀點 4、觀點 5)」、「地球與太空的關係(觀點 3、

¹ 本研究稱此為「觀點 1」。

² 本研究稱此為「觀點 2」。

³ 本研究稱此為「觀點 3」。

⁴ 本研究稱此為「觀點 4」。

⁵ 本研究稱此為「觀點 5」。

觀點 4、觀點 5)」、「地球的地心引力(觀點 3、觀點 5)」等要素。

自從 Nussbaum 與 Novak (1976)提出上述兒童對於地球概念的想法後，Mali 與 Howe (1979)、Sneider 與 Pulos (1983)也進行了類似的研究，結果和 Nussbaum 與 Novak (1976)類似。此外，Sneider 與 Pulos (1983)彙整過去研究結果提出，一、10 歲以前孩童抱持的是觀點 1、觀點 2 與觀點 3；二、11~12 歲孩童抱持的概念分布最廣；三、大部分 13~14 歲的孩童抱持觀點 4 或觀點 5。由此看來，兒童對於「地球」概念的發展，似乎具有線性的關係。隨著發展成熟，會逐漸朝向符合當前想法的觀點發展。並且，上述結果也顯示，幼兒園階段的孩童似乎會集中於較低層次的概念理解。但是，隨著時代演變，科技進步加速了知識的傳播，家庭教育亦愈來愈受重視，研究者發現，幼兒對於一些科學概念的發展，似乎超越了過去研究的預期。這也意味，我們似乎可重新檢視現階段幼兒對科學概念的想法。

到了 1990 年代，Vosniadou 與 Brewer (1992)針對小學一、三、五年級學生抱持的「地球形狀」想法進行探討，結果發現他們抱持五種另有概念：「地球是長方形」、「地球是圓片狀」、「有兩個地球」、「地球是一個中空圓球體」及「地球是一個圓扁的球體」。在未進行教學前，抱持前二個另有概念的孩童，在接受教學後，會調整「地球是圓球體」的想法，而產生「中空圓球體」與「壓過的圓扁球體」的另有概念；然而，抱持「有兩個地球」另有概念的孩童，會認為一個地球圓圓高掛在天上，人住在平坦的那個地球上，教學後也會逐漸朝向一個地球的觀點改變。而 Sharp (1996)的研究也有類似的發現，兒童對於地球的看法有七個另有概念：平坦的地球、二個地球、中空的地球、無地心引力圓球體狀的地球、壓過的圓扁地球、萬物落向地面或地心的圓球體狀地球、幾近圓球體的地球。

後期，Roald 與 Mikalsen (2001)也針對地球形狀進行探討，Salierno, Edelson 與 Sherin (2005)也針對五年級學生對地球的相關概念進行探究，其結果也呼應上述前期學者的發現。

檢視上述學者的結果，茲彙整孩童對「地球」概念的想法如下(表 1)。他們的分類雖有差異，但卻在相異中呈現一個趨勢：他們探討的地球概念，包括「地球的形狀」、「人住在地球何處」、「地球與太空的關係」、「地球的地心引力」等類別。

表 1：過去研究對地球概念想法彙整

觀點	Nussbaum (1985)	Vosniadou 與 Brewer (1992)	Sharp (1996)
1	地球是平坦的，不像球	地球是長方形	平坦的地球
2	一樣是圓的	地球是圓片狀	
3	地球是由上下兩個半球所組成的巨大球體，我們居住在下半球橫剖面的平坦處	有兩個地球	有兩個地球
4		地球是一個中空的中空圓球體	中空的地球
5	地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物垂直落下，無地心引力，我們住在地球的上方或四周		無地心引力圓球體狀的地球（人住在上方）
6	地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地球（表），我們居住在地球的地表四周	地球是一個壓扁的圓球體	壓扁圓球體狀的地球（人住在四周）
7	地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地心，我們居住在圓球體的四周	地球是一個圓球體	萬物落向地面或地心的圓球體狀地球
8			圓球體狀的地球（人住在四周）

上述結果提供本研究一個立基點，就是我們可運用過去研究對兒童所探討的地球概念重新檢視台灣當前幼兒對此想法的觀點。爰此，茲將本研究欲探討的「地球」概念內涵以概念圖呈現如下(圖 1)：

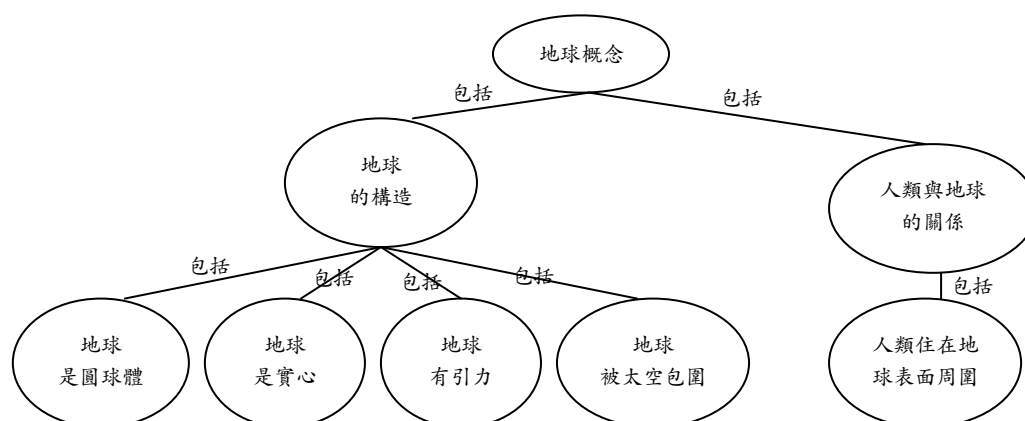


圖 1：本研究探討「地球」相關概念之概念圖

再者，過去進行兒童地球概念探討時，大多透過圖卡並輔以晤談方式進行(如：周淑惠，2003c；Nussbaum, 1985；Vosniadou & Brewer, 1992；Sharp, 1996)。因此，研究者立基於過去的基礎，仿製他們所用的圖卡並輔以晤談進行資料蒐集，以評估參與本研究之 34 位幼兒他們對於地球概念的初始想法。

二、兒童「地球」概念的相關研究

Vosniadou 與 Brewer (1992)指出，兒童對於天文(地球、月球、太陽、日夜、四季)的心智模式可分為三類：一、直觀性想法：這是指想法與直接感官所得的經驗接近；二、科學性想法：這是指想法與當前被接受的科學理論接近；三、綜合性想法：混合直觀性與科學性的想法。而 Barnett (2002)對於兒童的天文概念發展也提出一個值得思考的議題，即概念引入的序列問題。Vosniadou (1991)、Nussbaum 與 Sharoni-Dagan (1983)指出，兒童必須理解「地球的形狀」後才有可能了解「地心引力」，換言之，即是須先具備「地球是太空中的球狀星體」概念，才能理解「地心引力」。甚至解釋「地球自轉和晝夜循環」的關係(Valanides, Gritsi, Kampeza, & Ravanis, 2000)，以及「地心引力」的作用(Vosniadou, 1991)。總的來說，兒童對於天文的相關概念，具發展順序的關係，而其形成的心智模型也因者經驗與教學而逐漸從直觀性走向科學性。

過去關於兒童對於地球概念的研究指出，兒童的先備經驗、家庭社經背景、與同儕和成人的互動、年齡、興趣等都會影響其對於概念的理解(Nussbaum & Sharodini-Dagan, 1983)。並且，文化傳遞也扮演重要的角色(Diakidou, Vosniadou, & Hawks, 1997; Sharp, 1999)。在國內，周淑惠(2003c)利用口語回答與實物選擇的情境檢視五歲幼兒對於地球概念的想法，結果發現，全部幼兒都說出地球是圓球體；但在選擇最像人類居住的地球圖卡時，至少有二成以上的幼兒不認為地球是圓球體。而以實物模型說明人住在哪裡時，有半數以上的幼兒認為人住在地球表面上，四成以上的幼兒認為人住在地球裡面；但是若以圖卡作為選擇情境時，則約有 35% 幼兒選擇人住在圓球體上，有 35% 幼兒認為人居住在地球裡面(橫剖為二的下半球剖面上)。由此可見，其研究結果與 Nussbaum (1979) 以及 Sneider 與 Pulos (1983) 的研究結果相近。

參、研究方法

一、研究設計

本研究首先依據文獻決定欲探究關於「地球」概念內涵，並依據各學者的研究結果自製晤談圖卡；其次，以圖卡並輔以晤談與 34 位幼兒進行一對一訪談，以獲得他們對地球概念的初始想法。

二、研究對象

本研究選擇台南市兩所市立國小附設幼稚園共 34 位幼兒(甲甲國小 16 位，仁仁國小 18 位；其中，男童、女童各 17 位，年齡皆為 5~6 歲)為研究對象，其平均年齡為 5 歲 8 個月。這些幼兒的家長多數為經商或民營機構基層員工，主要學歷介於高職至專科之間。研究者選擇此對象的原因，是因為研究者在過去曾擔任此二校申請「教育部補助辦理公私立幼稚園輔導計畫」之輔導人員，因此，與教師溝通及對幼兒學習情形、語言表達的掌握較為熟稔，有助於進行晤談與檢視教學時幼兒的反應。

而從原擔任該班級的兩位教師晤談中發現，他們都曾以繪本、影片的方式介紹地球的相關概念，故研究者推測幼兒們應有能力回答本研究所設計的問題。

三、研究工具

本研究使用的工具為「晤談使用的圖卡與問題」。為掌握幼兒對「地球」概念初始想法，本研究依據相關學者研究成果的內容自編晤談問題(共7題)並自製圖卡，晤談問題所包括的次概念為「地球的構造」、「人類與地球的關係」兩個，所屬的相關概念包括「概念1：地球的形狀」、「概念2：地球的內部」、「概念3：地球的引力」、「概念4：地球與太空」及「概念5：人住在地球的哪裡」。晤談問題內容與搭配之圖卡與模型如下(表2, 圖2)：

表2：本研究的晤談問題

問題 編號	問題內容	涉及概念					參考資料
		1	2	3	4	5	
一	你認為地球是什麼形狀？從甚麼地方知道的？	◎					
二	這五張圖卡，哪一張比較像你認為的地球？為什麼？	◎		◎	◎	◎	Nussbaum (1985)
三	這五張圖卡，哪一張比較像你所認為的地球？為什麼？	◎	◎			◎	Vosniadou & Brewer (1992)
四	這七張圖卡，哪一張比較像你所認為的地球？為什麼？	◎	◎	◎		◎	Sharp (1996)
五	如果用這四樣東西來代表地球，你覺得哪一個最像你認為的地球？為什麼？	◎				◎	
六	這個小玩偶代表你，你認為你住在地球的哪裡呢？為什麼？					◎	
七	這五張圖片，你覺得你居住的地球最像哪一張？為什麼？	◎	◎			◎	

晤談過程中，研究者首先在幼兒面前「呈現」一組卡片；然後依序「說明」每張圖卡中內容的意義；接續請幼兒「指認」哪一張才是符合他所認識的地球；並要求幼兒「闡釋」選擇此圖卡的理由；最後再依據幼兒的回應「延伸」相關問題。因此，是以晤談為主軸而輔以圖卡為表徵工具的過程。然而，由於晤談問題內容很多，無法一一陳述，故舉一個包括最多概念的晤談問題 2 為例，針對晤談過程進行說明(如表 3)：

表 3：晤談內容舉隅說明

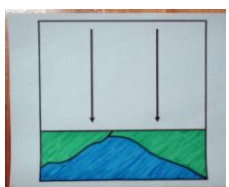
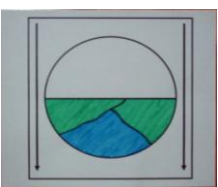








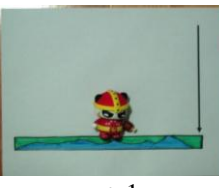

晤談過程	內容說明
說明	這裡有五張圖卡。第一張圖卡中，綠色表示這是陸地，藍色表示這是大海；所有的東西，都會掉到陸地和海洋上；而且，我們的地球，就像這張圖卡一樣，是很平、很平的地面。第二張圖卡中，圓形表示這是地球，上面是天空；綠色表示陸地，藍色表示大海；所有的東西，都會往下掉。第三張圖卡中，圓形表示這是地球，地球是由陸地和海洋組合起來；我們住在地球的上面(手指圖形上半圓周)；所有的東西都會往下掉。第四張圖卡中，圓形表示這是地球，地球是由陸地和海洋組合起來；我們住在地球的四周；地球的外面是太空；所有的東西都會往地球掉。第五張圖卡中，圓形表示這是地球，地球是由陸地和海洋組合起來；我們住在地球的四周；地球的外面是太空；所有的東西都會往地球的裡面(地心)掉。
指認	這五張圖卡中，哪一張比較像你認為的地球？請你把它選出來。
闡釋	為什麼你選這張圖卡？你可以說說看嗎？
延伸	請你說說看，為什麼你認為地球是圓的？它是像球嗎？還是像餅乾一樣扁扁的？為什麼你認為東西會往下(地球、地心)掉？東西掉到地球後，有可能會掉出去嗎？會掉到外太空嗎？(註)

註：本「延伸」過程中的問題，會視幼兒實際的回答情形而決定提問哪些問題。

每一道問題提問，都經歷「說明」、「指認」、「闡釋」、「延伸」的步驟。「說明」，旨在向幼兒解釋每一張圖卡的意涵，每一張圖卡是依序放置於桌上並進行說明；「指認」，旨在讓幼兒挑選出他認為的合理答案；「闡釋」，

旨在讓幼兒敘說他選擇該圖卡的理由；「延伸」，則在協助研究者釐清幼兒的想法，引導幼兒說出更多訊息。換言之，研究者都是在幼兒理解每張圖卡的意義後，才讓幼兒進行圖卡的選擇。而研究者事先加以「說明」的原因，乃在於希望能避免幼兒只是從本就所提供的平面式幾何直觀作為答題的決定，研究者期待幼兒能在選擇圖卡後，「闡釋」他自己的想法，以確認他是理解自己所選擇圖卡的意義。

而本研究對每位幼兒進行個別晤談的時間大約 20~30 分鐘，晤談過程中，研究者會記下幼兒反應的詳細註解，並以錄音的方式記錄所有對話。

圖卡編號 配合問題	 二-1	 二-2	 二-3	 二-4
說明	我們居住的地球是平坦的，不像球一樣是圓的。	地球是由上下兩個半球所組成的巨大球體，我們居住在下半球橫剖面的平坦處。	地球是被無限的太空所包圍的圓球體，萬物垂直落下，沒有地心引力，我們住在地球的上方或四周。	地球是被無限的太空所包圍的圓球體，萬物都落向地球（表），我們居住在地球的地表四周。
圖卡編號 配合問題	 三-5	 三-1	 三-2	 三-3
說明	地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地心，我們居住在圓球體的四周。	長方形的地球	圓片狀的地球	兩個地球
圖卡編號 配合問題	 三-4	 三-5	 四-1	 四-2

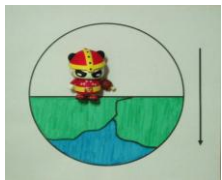










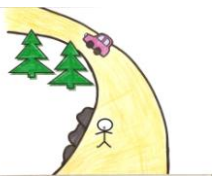


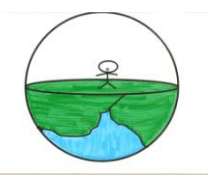
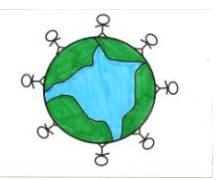
說明	中空的圓球體	(左)被壓過的圓扁球體或(右)圓球體	平坦的地球	二個地球
圖卡編號				
配合問題	四-3	四-4	四-5	四-6
說明	中空的地球	圓球體狀的地球（無地心引力）	壓過的圓扁地球	圓球體狀的地球（萬物落向地面或地心）
圖卡編號				
配合問題	四-7	五-1	五-2	五-3
說明	幾近圓球體的地球	整顆保麗龍球	半顆保麗龍球	圓盤狀的黏土
圖卡編號				
配合問題	五-4	六-1	六-2	七-1
說明	圓紙片	人住在地球的表面	人住在地球的裡面	地球之圓有如道路蜿蜒彎轉狀
圖卡編號				
配合問題	七-2	七-3	七-4	七-5
說明	天空高掛一個星球，人住另一個地平面上	人住海洋中之圓餅狀陸上	人住下半球剖面平坦處	人住圓球體地表上

圖 2：晤談使用的圖卡與模型

研究即是從幼兒在每道問題選擇的圖卡配合他的口語解釋進行比對，以判定他的想法。若他在每道問題中選擇的答案呈現一致性，則確定他對於「地球」概念想法的狀態；若他所選的答案不一致，則判定他屬於較低階的想法。以下，茲針對幼兒選取卡片之一致性判定進行說明(詳見表 4)：

表 4：幼兒選擇圖卡之想法分析

配合問題	圖卡編號	地球的結構				人類與地球的關係		
		地球是平坦的	地球是上下兩個半球所組成	中空的圓球體	無地心引力的圓球體	有地心引力的圓球體	兩個半球體所組成球體的下半球橫剖面平坦處	上半球體表面
二	1	*						
	2		*					
	3				*			*
	4							*
	5					*		*
三	1	*(長方形)						
	2	*(圓片)						
	3						*	(地球以外)
	4			*			*	
	5					*		
四	1	*						
	2						*	(地球以外)
	3			*				
	4				*			
	5					*		(壓扁)
	6					*		
	7					*		(幾近)

由上表觀之，對於「地球的結構」與「人類與地球的關係」的想法，必須於不同問題中選擇相對應的圖卡，才算一致。例如：若幼兒於問題三的圖卡中選擇編號 4 的圖卡，又於問題四的圖卡中選擇編號 3 的圖卡，研究者才判定其對於「地球結構」的想法為「中空的圓球體」；否則，則判定為不一致的想法。

四、研究參與者

研究者(R1)亦邀請 2 位協同研究者(R2, 教育領域博士; R3, 科學領域博士)參與研究的觀察與資料分析。

五、資料的蒐集與分析

本研究的實施程序、方式、資料編碼與分析如表 5 所示：

表 5：本研究實施程序、方式與資料編碼與分析

實施程序	進行方式	資料編碼	資料分析
(一)樣本選取	擇取兩所幼稚園滿 5 歲之幼兒 34 人 (男童 17 位, 女童 17 位)。	S1~S17: 男童編號 S18~S34: 女童編號	1. 統計幼兒選擇圖卡的百分比。 2. 描述性分析: 由研究者及二位協同研究者進行資料分析。 3. 信度考驗: 採評分者一致性之信度考驗。由 R1 與 R2, R1 與 R3 分別針對兩個「班」之資料分別進行分析。分析單位是以每位幼兒/每題為單位進行。以 R1 與 R2 為例, 34 位幼兒每位回答 6 道問題 (共 204 道題), 兩位研究者一致判讀題數為 167 題, 評分者一致性為 $167/204 = .82$; 而 R1 與 R3 的評分者一致性為 .87。
(二)初始想法檢視	依序進行「地球」相關概念之個別晤談。每一位幼兒進行晤談約 20~30 分鐘。必要時, 由教師陪同, 協助溝通語意。檢視要點為: 1. 配合圖卡說明, 協助幼兒選取他所理解的合適答案。 2. 晤談過程中, 同步觀察幼兒其他非口語的反應, 作為概念檢視分析的參考。 3. 以數位錄影及筆記作詳實記錄。	1. 以答案卡勾記幼兒擇選的選項。 2. 「S1-初晤-001」代表編號 1 號之幼兒其在教學前初始想法晤談中所說的第 1 句話。	

綜合來說，上述資料之分析，都分別經由三位研究者判讀，經過討論而達成概念判定、分類的共識，並透過「評分者一致性」進行信度考驗，以求研究結果的客觀性與可信賴度。而本研究依上表(表 5)之評分者一致性計算後，獲得一致性為.87。

肆、研究結果與討論

一、幼兒對「地球」概念的初始想法

表 6 之數據，乃是依據幼兒在每道問題中所選擇的圖卡累積人數/幼兒總人數而獲得的比例。以下，茲呈現幼兒對「地球」概念的回答情形(如表 6)。

表 6：幼兒在晤談的答題情形

題號	選 項	選 項						
		1	2	3	4	5	6	7
1	你覺得地球是什麼形狀？從甚麼地方知道的？	圓形 (100%)						
2	這五張圖卡，你覺得地球是哪一個？為什麼？	1(2.9%)	4(11.8%)	16(47.1%)	5(14.7%)	8(23.5%)		
3	這五張圖卡，你覺得地球是哪一個？為什麼？	0(0%)	4(11.8%)	16(47.1%)	5(14.7%)	9(26.4%)		
4	這七張圖卡，你覺得地球是哪一個？為什麼？	0(0%)	2(5.9%)	3(8.8%)	12(35.3%)	1(2.9%)	15(44.2%)	1(2.9%)
5	如果用這四個東西代表地球，你覺得哪一個最像地球的形狀？為什麼？	26(76.5%)	3(8.8%)	2(5.9%)	3(8.8%)			
6	這個小玩偶他住在地球哪裡？為什麼？	10(29.4%)	24(70.6%)					
7	這五張圖卡，你覺得你居住的地球最像哪一張圖片？為什麼？	3(8.8%)	5(14.7%)	6(17.6%)	8(23.5%)	12(35.4%)		

接續，依序針對表 6 數據逐題闡釋幼兒對地球相關概念的想法：

(一) 幼兒對「地球形狀」的想法與描述

從第 1 題回答情形來看，幼兒們幾乎都朗朗上口「地球是圓形的」。研究者進一步探究其獲得此想法的根源：

研：你怎麼知道地球是圓的？從哪裡知道的呢？

S3-初晤-003：故事書裡畫的。(S4, S6, S9, …皆同)

S7-初晤-004：爸爸說的。媽媽也有說「地球是圓的，相遇得到(台語發音)」。

S11-初晤-003：卡通裡有。(S13, S18, S22, S26, …皆同)

上述結果發現，幼兒具有「地球是圓形的」之想法，是源於過去接觸相關想法的媒材經驗、與家長的互動而產生。但是，在第 5 道問題，卻有 26 位(76.5%)幼兒選擇「整顆保麗龍球」象徵他對地球的想法；而有 3 位(8.8%)幼兒選擇「半顆保麗龍球」；有 2 位(5.9%)幼兒選擇「圓盤狀的黏土」；有 3 位(8.8%)選擇「圓紙片」。因此，研究者進一步深探其想法：

研：你為什麼認為它像地球的形狀？

S7-初晤-026：因為地球是圓的，所以這裡是圓的(手指半球面)；可是我們住在平平的這裡(手指半球體的圓平面處)，所以這是地球。

S16-初晤-031：地球是圓的，像球一樣(手指半球面)。我們住的地方是平的，是這裡(手指半球體的圓平面處)。

S21-初晤-033：這是圓的(手指圓盤的外圍)，我住在這裡(手指圓盤平面)，很大；下面還有土。

S29-初晤-029：地球圓圓的(手指圓紙片)，房子蓋在平平的這裡。

可見，多數幼兒(67.5%)透過過去的相關經驗、與成人互動以及相關學習素材所建構「地球是圓形」的較為科學性想法，但仍存在一些幼兒(23.5%)因「平常居住環境」的直觀經驗，而抱持地球為「半球體」、「圓盤狀」的另有概念，故呈現「人生活在平坦圓面上」的想法。

而上述 5 位(23.5%)抱持「人生活在平坦圓面上」想法的幼兒，亦於第 2 道題中選擇「我們居住的地球是平坦的，不像球一樣是圓的(1 位，2.9%)」；以及

「地球是由上、下兩個半球所組成的巨大球體，我們居住在下半球橫剖面的平坦處(4位，11.8%)」。此結果驗證了他們呈現的另有概念乃因「平常居住環境」的直觀經驗而影響。

我們再檢視幼兒於第3題的回答發現，只有9位(26.4%)幼兒抱持較正確的「地球形狀」想法。其他幼兒，有4位(11.8%)抱持「圓片狀的地球」想法；有16位(47.1%)幼兒抱持「兩個地球」想法，一個是圓球狀地球的概念，另一個是人類居住的平坦地球概念；有5位(14.7%)幼兒認為地球是「中空圓球體」。

再者，幼兒於第4題的想法亦顯示，有2位(5.9%)幼兒抱持「二個地球」的想法；有3位(8.8%)幼兒認為「地球是中空的」；有12位(35.3%)幼兒認為「地球是圓球體狀，但沒有地心引力」；有1位(2.9%)幼兒認為「地球是圓扁形的」；有15位(44.2%)幼兒認為「地球是圓球體狀，萬物落向地面或地心」；有1位(2.9%)幼兒則認為「地球是幾近圓球體」。可見，有15位(44.2%)幼兒呈現較完整的「地球形狀」想法。

而幼兒於第5題的想法顯示，有26位(76.5%)選擇整顆保麗龍球代表地球，顯示他們所認定的地球形狀為圓球體；有3位(8.8%)選擇半顆保麗龍球代表地球，顯示他們認為地球形狀為半球體；但仍有5位(14.7%)選擇圓盤狀黏土或圓紙片代表地球的形狀，顯示他們認為地球是圓盤狀。

整體而言，幼兒對於「地球形狀」的想法可分為三類型：1.圓球體；2.半球體；3.圓盤狀(含長方形、平坦狀)。

表7：幼兒於各問題情境對「地球形狀」想法的統計

編號	類型	問題二	問題三	問題四	問題五
1	圓球體	29/85.3%	5/14.7%	29/85.3%	26/76.5%
2	半球體	4/11.8%	***	***	3/8.8%
3	圓盤狀	1/2.9%	4/11.8%	2/5.9%	5/14.7%

然而，經交叉比對(方法參見表4)後發現，34位幼兒中只有5位幼兒抱持「地球是一個圓球體」的穩定性想法。此顯示大多數幼兒對於「地球形狀」概念的想法並不穩定。

(二) 幼兒對「地球內部」的想法與描述

其次，再檢視幼兒對於「地球內部」所抱持的想法。首先，我們從幼兒在第 3 題的答題情形來看，只有 9 位(26.4%)選擇圖卡 5，認為地球的內部是「實心」的，他們透過直觀的經驗，建構「地球內部是實心」的科學性想法：

研：你選這一張代表你住的地球嗎？你認為地球的裡面是什麼？

S4-初晤-045：地球的裡面是土啊。因為地一直挖一直挖都是土。

研：所以你覺得地球的裡面全部都是土嗎？

S4-初晤-046：是啊。全部都是。

S17-初晤-039：地球裡面都是石頭。因為山的下面都是岩石。

第 4 題的答題情形顯示，有 3 位(8.8%)幼兒選擇圖卡 3，認為地球是「實心半圓球」；有 29 位(85.3%)幼兒分別選擇圖卡 4, 5, 6, 7 象徵他所認識的地球，而這些圖卡所代表的則是「實心」的地球。而第 5 題的答題情形則顯示，有 26 位(76.5%)幼兒選擇圖卡 1，認為地球內部是「實心」的；而有 3 位(8.8%)幼兒選擇圖卡 2，象徵其認為地球內部是「實心半圓球」。由上述兩道問題的答題情形觀之，多數幼兒認為「地球的內部是實心」，但受到「人住在地球何處」想法的影響，因而產生「實心圓球」與「實心半圓球」的情形。接續，我們再從第 7 題的答題情形來看，有 8 位(23.5%)幼兒選擇圖卡 4，象徵他們認為地球是「實心半圓球」；而有 12 位(35.4%)幼兒選擇圖卡 5，象徵他們認為地球是「實心球體」。

整體來說，幼兒對於「地球內部」的想法可分為三類型：1. 中空圓球體；2. 實心半圓球體；3. 實心圓球體。而經交叉比對後發現，34 位幼兒中有 12 位幼兒抱持「地球是一個實心圓球體」的穩定性想法。

(三) 幼兒對「地球引力」的想法與描述

至於幼兒對「地球引力」的想法，透過晤談發現，多數幼兒普遍無法了解「引力」為何：

研：你覺得地球有沒有一種吸力，會把所有東西都吸住？

S6-初晤-064：地球不會吸住東西啊！因為樹葉會飛來飛去。

S12-初晤-059：沒有！如果吸住，那我們就不會動了。

S23-初晤-062：吸力？它(地球)又不會動，怎麼吸東西？

由上述內容來看，幼兒多無法從生活經驗中體會引力存在的概念，他們對於「物體往下墜落」的現象，則歸因於「物體由高處往低處掉落」：

研：那麼，你可不可以說說，為麼樹葉會從樹上掉到地上？或是東西被風吹走後，還是會掉回地上呢？

S6-初晤-067：因為樹葉會從高高的地方掉下來。

S12-初晤-063：因為東西會從高的地方掉到低的地方。

藉此，研究者推論，幼兒在每道問題中選擇合乎他對「地球」想法的圖卡時，並未將「引力」的因素納入考量：

研：你選擇這些圖卡(問題 2)的時候，你有想到什麼？為什麼你認為它代表地球？

S15-初晤-019：我想到地球是圓的、地是平的、天空在地的上面、還有東西會掉下來。

S19-初晤-023：我想到地球是圓形的、陸地和海要在下面、上面是天空。

幼兒的回應，驗證上述推論，我們發現幼兒是透過直觀與經驗而為其所見的現象進行描述，形成他所認識的地球概念。整體來說，幼兒對於「地球引力」的想法可分為二類型：1.有引力；2.無引力。但這些對於「引力」的看法，只是粗淺的認識，並非成人或專家所知道的引力概念。而經各題交叉比對後發現，只有 1 位幼兒能說出「地球具有引力」的穩定性想法：「地球會把吸住所有的東西，所以這些東西就不會掉到外太空去(S17-初晤-029)」。而其獲得此想法的根源，乃是「因為爸爸買的書裡面有說(S17-初晤-032)」。

(四) 幼兒對「地球與太空」的想法與描述

接續，我們檢視幼兒對於「地球與太空」的想法。透過幼兒在問題 2 所選擇的圖卡來看，有 16 位(47.1%)幼兒選擇圖卡 3 代表他所認識的地球；有 5 位(14.7%)選擇圖卡 4 代表他所認識的地球；有 8 位(23.5%)選擇圖卡 5 代表他所認識的地球。換言之，共有 29 位幼兒選擇「地球是被太空所包圍」的意象。經晤

談後發現，他們對於「太空」的認識，僅於「天空就是太空」、「地球的外面就是太空」的想法：

研：你選擇這張圖卡(問題 2)，說地球被太空包圍了？你覺得對嗎？

S22-初晤-031：對啊！因為天空的外面就是太空，太空裡有太陽和月亮，還有星星。

S9-初晤-028：恩，因為我不管走到哪裡，上面都是天空，天空就是太空，所以太空都在我的上面。

我們發現，幼兒普遍接受「太空的存在性」，也透過感官經驗抱持「太空圍繞著地球」的想法。至於地球與太空間的相對關係，以及地球在太空中的地位，則未於問題中訪談與論述。

(五) 幼兒對「人居住在地球何處」的想法與描述

關於幼兒對於「人居住在地球何處」的想法，他們在第 2 道題的回答結果顯示，有 1 位(2.9%)幼兒認為「我們居住的地球是平坦的，不像球一樣是圓的」；有 4 位(11.8%)幼兒認為「地球是由上、下兩個半球所組成的巨大球體，我們居住在下半球橫剖面的平坦處」；有 16 位(47.1%)幼兒認為「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物垂直落下，無地心引力，我們住在地球的上方或四周」；有 5 位(14.7%)幼兒認為「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地球(表)，我們居住在地球的地表四周」；有 8 位(23.5%)幼兒認為「地球是被無限制太空所包圍的圓球體，萬物皆落向地心，我們居住在圓球體的四周」。此結果顯示，只有 13 位(38.2%)幼兒正確選擇「人住在地球的四周」：

研：這張是你指的地球，你覺得你住在這張圖的哪裡？

S1-初晤-008：這裡是圓的，是地球。我住在地球的草上，綠色的地方(手指在地球的四周游動)。

S5-初晤-011：我住在這裡(手指地球四周綠色部分)，這裡是大海(手指地球藍色部分)。

S8-初晤-017：這是地球，圓圓的(手指圓盤的外圍)，我住在綠色的這裡，這是草，這邊(手指圓盤四周)都可以住。

我們也從幼兒於第 6 題的回答發現，有 10 位(29.4%)幼兒認為「人住在地球表面」；有 24 位(70.6%)幼兒認為「人住在地球裡面」。可見，多數幼兒對於「人類住在地球哪裡」不清楚。而第 7 題的結果也顯示，只有 12 位(35.4%)幼兒認為「人住圓球體地表上」。綜合比對後發現，只有 3 位(8.8%)幼兒對於「人住在地球的哪裡」的理解正確且一致。

整體來說，我們發現僅有少數的幼兒具備完整、一致的「地球」概念。以下，茲將幼兒所呈現對於「地球」概念的認知情形以概念圖之方式表徵如下(圖 4)。其中，灰色部份代表他們所呈現的另有概念類型。

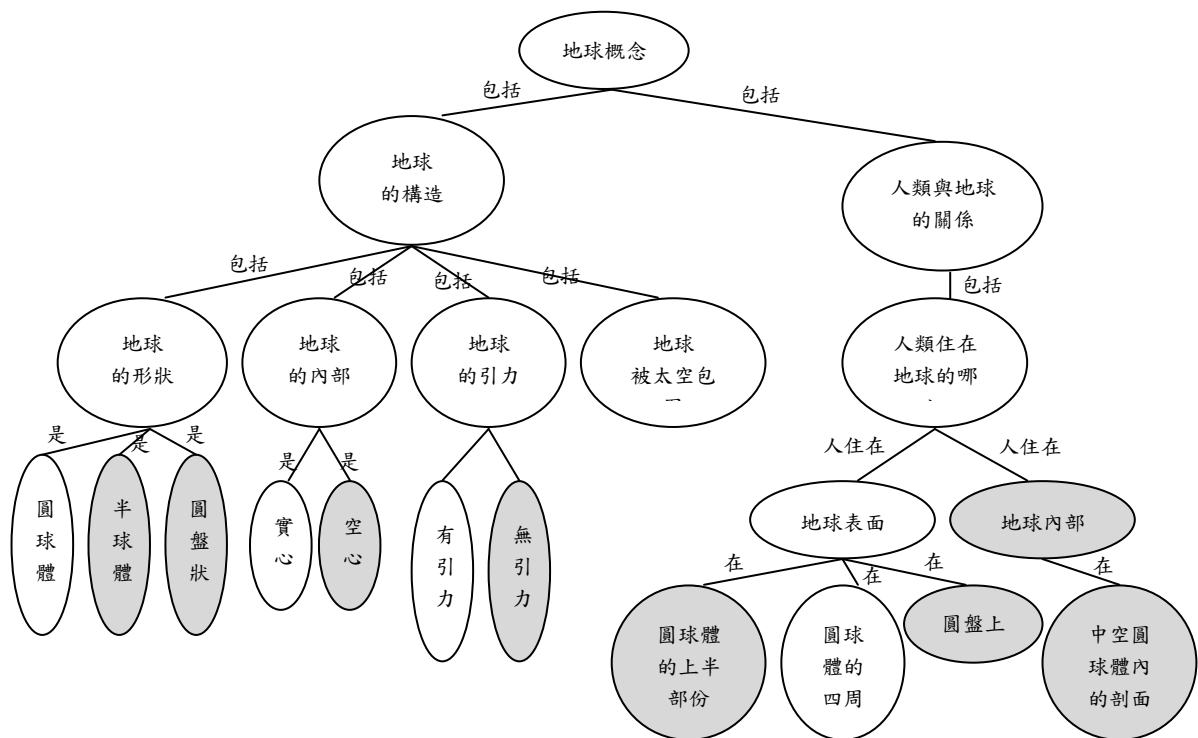


圖 4：幼兒呈現「地球」相關概念的初始想法

而透過上述關於地球相關概念的分析，研究者發現，幼兒首先建立「地球是圓的」之想法；然而，受到「人居住於地球何處」想法以及直觀經驗對「地球內部」詮釋的影響，因而使他們產生「人住在圓盤狀的地球上」、「人住在地球內部的圓平面上」、「人住在地球上半球面」及「人住在地球四周球面」

在許多另有概念，但這些另有概念會隨著研究者所提供不同學者的圖片與解釋情境而產生變異，此結果顯示他們對「地球」概念是不穩定且片段的。此結果類似於 Solomon (1983)認為孩童對於自然現象的原始想法是片段、不完整而沒有系統的看法，但與 Brewer, Chinn, 與 Samarapungavan (1991)、Wellman (1990)發現孩童有自成一套詮釋的理由與系統較為不同。這可能是因為過去的研究大都以一套系統的圖片、情境去檢視孩童對於科學現象的解釋有關。因此，本研究建議未來檢視幼兒對於科學相關概念時，可使用不同學者的評量工具，以獲得更完整的結果。

研究結果顯示，大多數幼兒都能朗朗上口說出「地球是圓的」，本研究也發現這是源於他們週遭成人的說法或是接觸相關媒材的經驗。但是，他們所說的「圓」並不全是我們所理解的「圓球體」，還包括「圓盤狀的地球」與「兩個半球體所組成球體的下半球橫剖面平坦處」，及「中空的圓球體」。而平常居住環境的直觀經驗便影響其認定人就住在「圓盤上」、「橫剖面平坦處」或「圓球體扁面的上半部份」的想法。此結果與 Nussbaum (1985)、Sharp (1996)、Vosniadou 與 Brewer (1992)的發現相似。至於幼兒對於「太空的存在性」，只及於透過感官經驗而抱持「太空圍繞著地球」的想法，而關於「地球的引力」，則普遍無法了解。但是，Nussbaum (1985)、Sharp (1996)、Vosniadou 與 Brewer (1992)等人的研究，是針對國小學生進行之研究結果，而本研究所探究之對象，是學齡前(五~六歲)之幼兒，這說明學齡前幼兒與國小未正式接觸此概念之學生其先備知識來自於自己的詮釋是相似的。

伍、結論與建議

本研究透過晤談，發現 34 位五~六歲幼兒對於「地球」的相關概念，僅有 5 位(14.7%)幼兒正確、一致地回應「地球的形狀」，大多數幼兒對於「地球形狀」的想法並不一致。而受到居住環境的直觀經驗影響，只有 3 位(8.8%)幼兒對於「人住在地球哪裡」的想法能達到正確且穩定的狀態。由此可知，大部分的幼兒對於「地球是具有引力的球體」與「人類居住在地球表面」概念的想法並不穩固。而幼兒也多以「人居住下半球球體剖面平坦處」、「人住在圓餅狀地球上」、「另有一個星球存在，而人住在平坦地平面上」、「地球之圓有如道路之圓弧」等另類觀點來合理化他所遇現況的認知衝突。這些研究結果顯示，

幼兒對於地球相關概念的想法，並未符合當前科學的解釋以及正確且穩定的狀態。而幼兒對這些地球相關概念的想法，因相互影響而產生「人住在具有地心引力的地球表面四周」，符合當前科學所接受的模型；另外也產生三種較不符合科學概念的模型：分別是人住在兩半球的下半球橫剖面上；人住在中空地球的上半球表面及人類住在中空地球的表面四周。

而本研究結果顯示，幼兒對於較有感官經驗的「地球形狀」、「地球內部」與「人住在地球何處」概念的想法較符合當前科學的解釋；對於較為抽象的「地球引力」與「地球與太空」概念之認識似乎較不理想。從 Piaget (1952) 的認知發展理論來看五~六歲幼兒，他們的認知發展屬於前運思期。在此時期的幼兒開始跨越以實物表徵的能力，進入以未出現的人、事、物來表徵心理的想法，開始運用符號進行思考。這裡所指的「符號(symbol)」是個人對他所觀察的事、物，在意識或潛意識中所賦予意義的心理表徵。由於符號使用能力的成熟，幼兒們開始運用大腦進行「憑空想像」的思考，但此時的思考受限於心理運作能力的未臻成熟，而只能達成事物的功能理解以及對事物認定的理解。因此，若要發展促進幼兒認識地球相關概念的課程，也許可從幼兒較易理解的「地球形狀」、「地球內部」與「人住在地球何處」等概念切入，再逐步引入「地球與太空」以及「地球引力」的概念，並提供幼兒具體、可操作的相關活動，讓幼兒從活動過程去想像、建構對於科學概念的認識，進而提升對「地球」相關概念的認識。這或許是未來設計教學活動的概念教學序列以及活動類型可參考的方向。

然而，本研究也發現，當幼兒要以口語的方式詮釋其對於地球相關概念的想法時，他們經常以過去的經驗作為他們回答的依據。為了避免只是獲得幼兒表層理解的回應，研究者盡可能地請幼兒以「闡釋」的方式回答更多內容以做確認。未來，建議可以本研究幼兒回答的內容與類型為基礎，去發展一系列的晤談問題，以取得更細緻且貼近幼兒真正想法的資訊。

再者，本研究運用偵測幼兒對地球相關概念想法的圖卡，屬於平面圖片。當時原先設計所考量的，是希望能夠忠於原國外研究之設計，但也考量幼兒可能不易掌握圖片中的意涵，因此透過「說明」的方式企圖降低幼兒的誤解。而 Anderson (2009) 的研究發現，透過立體視覺與同儕對話，可促進學生對於真實世界的認識。Duschl, Schweingruber 與 Shouse (2007) 也呼應上述觀點。因此，建議未來晤談圖卡的設計，可考量與幼兒所接觸的立體世界連結，將平面式的圖卡以立體的方式呈現，再去檢視立體圖卡為輔助的立體情境，是否與本研究所獲致的結果一致。

此外,近年來主題課程(thematic curriculum)一直是幼教領域普遍認為能發展出跨學科領域、整合幼兒學習內容,以邁向完整幼兒(whole child)發展的有效教學模式。周淑惠(2006)指出,「主題教學」是當前幼兒課程的主流,它是一個具中心概念、有組織的教學計畫,統整核心概念與相關次概念,並考量幼兒發展的層面,成為一套具核心概念的課程。Beane (1997)也指出,主題課程除了在課程設計層面統整各學習領域外,也涉及經驗的統整。因此,研究者建議可將本研究獲致的結果作為進一步教學的起點,在這些幼兒對地球概念認識的基礎上,設計一系列以地球為核心概念的主題式課程,以透過不同的管道,建立幼兒對於地球相關概念的理解。

參考文獻

- 余秀麗、譚克平(2005)。國三學生的重力初始概念。*科學教育學刊*, 13(4), 413-439。
- 林碧芬(2002)。*國民小學低年級對物體概念認知之研究*(未出版之碩士論文)。國立臺北師範學院, 臺北市。
- 周淑惠(2003a)。幼兒之電路、齒輪概念研究。*新竹師院學報*, 17, 469-498。
- 周淑惠(2003b)。幼兒之光、影概念研究。*新竹師院學報*, 16, 133-154。
- 周淑惠(2003c)。*幼兒自然科學概念與思維*。臺北市:心理出版社。
- 周淑惠(2006)。*幼兒園課程與教學:探究取向之主題課程*。台北市:心理出版社。
- 莊麗娟(2006)。*幼兒「重量概念」多元智能取向科學學習系統之建構*。*教育研究集刊*, 52(1), 59-92。
- 莊麗娟(2008)。*三~六歲幼兒對「物、洞、影」實存性辨識之試探性研究*。*科學教育學刊*, 16(1), 1-23。
- 陳玉真、簡淑真(2004, 12月)。*幼兒浮沈概念發展之研究*。論文發表於中華民國第二十屆科學教育學術研討會。高雄縣:國立高雄師範大學。
- Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1986). *Children's conceptions of light and color: Understanding the role of unseen rays* (Res. Series No. 166). East Lansing, MI: Michigan State University, College of Education, Institute for Research on Teaching.

- Anderson, J. (2009, April). *Real Conversations in Virtual Worlds: The impact of student conversations on 22 understanding science knowledge in elementary classrooms*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, San Diego, California.
- Ausbel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Barnett, M. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses. *International Journal of Science Education*, 24(8), 859-879.
- Beane, J. (1997). *Curriculum integration-designing the core of democratic education*. N. Y.: Teachers College Press.
- Brewer, W. F., Chinn, C. A., & Samarapungavan, A. (1991). Explanation in scientists and children. *Minds and Machines*, 8(1), 119-136.
- Collins, A., & Gentner, D. (1987). How people construct mental models. In D. Holland & N. Quinn (Eds.), *Cultural models in language and thought* (pp. 243-265). Cambridge: Cambridge University Press.
- Diakidou, I., Vosniadou, S. & Hawks, J. (1997). Conceptual change in astronomy: models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*, 7, 159-184.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning 14 and teaching science in grades K-8*. Washington, D.C.: The National Academics Press.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (Eds.) (1991). *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mali, G. B., & Howe, A. (1979). Development of earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63(5), 685-691.
- Martin, R., Sexton, C., Wagner, K., & Gerlovich, J. (1998). *Science for all: Methods for constructing understanding*. Needham Heights, Massachusetts: Allyn & Bacon.

- Novak, J. (Ed.) (1987). *Proceedings of the second international seminar: Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross age study. *Science Education*, 63, 83-93.
- Nussbaum, J., Sharodini-Dagan, N. (1983). Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, 67, 99-114.
- Nussbaum, J. (1985). Classroom conceptual change: Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11(5), 530-540.
- Nussbaum, J., & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 535-550.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International University Press.
- Roald, I., & Mikalsen, O. (2001). Configuration and dynamics of the Earth-sun-moon system: An investigation into conceptions of deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 23, 423-440.
- Salierno, C., Edelson, D., Sherin, B. (2005). The development of student conceptions of the earth-sun relationship in an inquiry-based curriculum. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 422-431.
- Sharp, J. G. (1996). Children's astronomical beliefs: A preliminary study of year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712.
- Sharp, J. G. (1999). Young Children's Ideas about the Earth in Space. *International Journal of Early Years Education*, 7(2), 159-172.
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983). Children's cosmologies: Understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 61, 205-221.
- Solomon, M. R. (1983). The role of products as social stimuli: A symbolic interactionism perspective. *Journal of Consumer Research*, 10(6), 319-329.
- Valanides, N.; Gritsi, F.; Kampeza, M.; Ravanis, K. (2000). Changing Pre-school Children's Conceptions of the Day/Night Cycle. *International Journal of Early Years Education*, 8(1), 27-39.

- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23(3), 219-237.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Wellman, H. M. (1990). *The child's theory of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1986). *Intelligent tutoring systems based upon qualitative model evolutions*. Proceedings of the Fifth National Conference on Artificial Intelligence (pp.313-319), Philadelphia, PA.

A Study of children's Initial conceptions of the Earth

Yen-Ting Chen¹ Ju-Tang Hsiao²

¹ National Taichung University of Education, Associate Professor

² National Academy for Educational Research, Assistant Research Fellow

clief0000@yahoo.com.tw

Abstract

In this paper, face-to-face interviews were conducted with 34 five-six years old public preschool children to collect and analyze their initial conceptions about the earth by means of pre-designed questions and picture cards. The results indicated that 29 children's conceptions about the earth were not stable. However, young children's conceptions of the earth could be categorized to four types of mental models: (1) the solid sphere model with people living all around the surface of the earth due to its gravity; (2) the hollow sphere model with people living all around the surface of the earth; (3) the hollow sphere model with people living on the surface of earth's upper hemisphere; and (4) the two-hemisphere model with people living on the plane sandwiched between the upper and lower hemispheres. Suggestions of the study were provided for learning activities of the earth in the future.

Keywords: Alternative conceptions, Conceptions of the earth, Initial conceptions

省思九年一貫自然與生活科技課程綱要 中的科學本質內涵

謝州恩^{1*}、劉湘瑤²

¹ 新北市永平國民小學

² 國立臺灣師範大學科學教育研究所

*k121391@yahoo.com.tw

(投稿日期：2012.10.15；修正日期：2013.3.11；接受日期：2013.3.18)

摘 要

本研究為文獻評析，從比對先進國家科學本質課程標準，以及科教學界對科學本質的區分與探討，皆發現與國內九年一貫課程的科學本質內涵差異甚大，因此，本文試圖從科哲、心理與社會的角度加以評論，以篩選出適合我國中小學的科學本質綱要。作者認為我國九年一貫課綱中科學本質內涵應與科技本質區分，並採取調和的觀點，如：科學知識暫時性與長久性兼具、科學知識轉變有時漸進有時如革命般的、科學是由個人與社會建構，也有共構的成分等，以減緩極端的科學本質觀點對中小學生的影響，作為本研究對國內中小學九年一貫自然與生活課程綱要的建議，最後提出科學本質課程與教學的趨勢。

關鍵字：九年一貫課程、科學本質、科學哲學、課程綱要

壹、前言

我國科學教育課程自民國初年以來都缺乏科學本質 (Nature of Science [NOS]) 的主題，直到九年一貫課程綱要受到美國科學—技學—社會 (Science-Technology-Society [STS]) 課程的影響，以及科學教育學者提倡 NOS 學習之重要性，而將 NOS 納入我國九年一貫課程綱要 (劉俊庚、邱美虹，2012)。教材常以穿插科學史或科學小故事，欲使學生透過對科學發現過程的認識，達到 NOS 的學習效果。從民國 89 年頒佈《九年一貫課程暫行綱要》出現 NOS 能力指標，至今十多年，並沒有大幅度的調整；然而，國際間科學哲學與科教學者在 NOS 上的研究與探討與時俱進，各國科學課程標準也有新的演進。本文將整理若干先進國家課程綱要或學者提出中的 NOS，並從科哲、社會與心理等面向探討與省思目前我國中小學九年一貫綱要之 NOS。

貳、探討各國科學課程中的 NOS

二十世紀初，美國教育開始將科學納入教學科目，NOS 一詞在 1907 年就出現在科學教育的文件中，至今有百年以上 (Lederman, 2007)。Rubba、Horner 與 Smith (1981) 認為 NOS 從 1950 年代才開始受到重視，也開始成為科學教育的重要目標之一。美國 1960 年代的科學教育改革，重視科學過程與方法，如 Carey 與 Stauss (1968) 從過去的學者論述中提到：事實是科學的基礎、科學是在事實之上、科學是形成理論來解釋大自然的事實與現象；科學是概念與概念基模的連結，是實驗與觀察的結果，也是未來實驗和觀察的基礎。國內物理學者芮涵芝 (1996) 認為科學是系統的知識，並強調科學知識間的因果關係；科學的定律是不可以挑戰的。以上的 NOS 觀是以觀察和實驗為基礎、以推理和證據尋求精簡的單一解答為宗旨，來產生有層級的知識體；相信越經證實、精要的科學知識可以解釋越多的自然現象，這些觀點較傾向於傳統實證論者。1970 年代起，Thomas Kuhn 的科學革命觀點，將原本認為科學是實證、探究、實驗過程的觀點，逐漸轉變為重視科學家的工作、科學是社會建構以及科學知識是人為的、暫時性等方向 (Kuhn, 1970)。Kuhn 影響了近四十年 NOS 的方向，對科教學界的 NOS 觀影響深遠。

美國 80 年代後興起的另一波教育改革，其中 NOS 也部份受到 Kuhn 的影響，包含 National Science Teacher Association [NSTA] (2000)、American Association for the Advancement of Science [AAAS] (2001)與 AAAS (2007)等提出的 NOS 觀，其中 AAAS (2001)與 AAAS (2007)的 NOS 是包含：

- 1.證據與邏輯推理：科學家要有確切的理由、證據與論證，才會提出主張
- 2.科學調查：包含證據、推理、假設與解釋等部分
- 3.科學理論：不同科學家對現象有不同解釋與理論
- 4.科學應避免偏見
- 5.科學的世界觀：雖然科學知識仍可能變動，但科學可以在確切的知識上形成預測
- 6.科學社群間的差異、溝通與檢證
- 7.科學和社會的關係：包含經濟與道德等會影響科學家要研究什麼

美國 NSTA (2000) NOS 觀是：

- 1.科學知識是可以信賴的，但也暫時的
- 2.沒有獨一無二的科學方法，但有大家有共識的方法
- 3.其解釋是由實徵的證據所支持，並且被考驗
- 4.創造力在科學知識發展中佔有一席之地
- 5.理論與定律之間有關係
- 6.觀察與推理有關
- 7.科學應該客觀，但在科學知識發展過程有主觀的成分
- 8.社會、文化脈絡對科學會有影響

美國 National Research Council [NRC] (1996)認為學生應知道科學事業、科學知識會變動（如：地球暖化、演化論）與不易變動（如：牛頓力學、能量守恆）、科學知識多元性、科學解釋要符合實驗或觀察的證據才能做出精確預測、個人和社群對科學都有貢獻等。

從以上可以得知 AAAS、NSTA 與 NRC 認同 NOS 的內涵包括：科學知識與方法是多元的，但是也是要透過證據與考驗才能達成共識；邏輯與想像對科學知識與方法都很重要；科學應儘可能客觀；強調科學與社會、文化、倫理道德等的相關性。

Lederman、Abd-El-Khalick、Bell 與 Schwartz (2002)提出七個 NOS 主要的面向：

- 1.區分推理和觀察：觀察是對大自然的描述；推理是用來解釋現象。

- 2.區分科學定律和理論：定律與理論是不同類型的知識，定律是觀察現象的描述或陳述，理論是觀察現象後的推理解釋。兩者之間鮮少有彼此轉換的事例。
- 3.科學雖源自於對大自然的觀察，但是也包含人類的創造力與想像力。
- 4.科學知識是主觀且理論負載的。
- 5.科學是人類的事業，當觀察或實驗成功的例子越多時，就越能被接納。
- 6.科學知識是暫時性的，理論會隨著新證據的出現而改變，也會因對相同的證據有不同的詮釋而產生新的理論。
- 7.科學會受文化、社會等因素而影響科學知識的形成。

Lederman (1992)歸納了70、80年代當時科教學者的NOS觀來形成上述NOS觀點。Abd-El-Khalick、Bell與Lederman (1998)整理之前的NOS文獻，認為上述第3、4、6點是與其他NOS文獻具有高度重疊性的部分，可適用在中小學。許國忠與王靜如(2003)認為這幾項包含了NOS的暫時性、經驗性、理論的建構、個人主觀與創造、社會性五個部分，與國內九年一貫課程綱要中NOS能力指標吻合。

其他國家，如：紐西蘭教育部的NOS教育也重視學生要知道科學事業，與如何投入此行業 (Ministry of Education, 2007)。值得注意的是澳洲 Australian Curriculum, and Assessment Reporting Authority (2013) 近年推出新的教育課程綱要，在小學階段多為傳統的NOS觀點，如：科學包含預測與描述模式、科學收集資料與使用證據對現象解釋和預測，並對預測進行考驗。中學階段則要學生能知道科學與社會、文化的關係，如：科學成就很多源自於文化的貢獻、科學知識需要經過社群檢視的機制等。澳洲對培育學生NOS是有階層性的，隨年齡由傳統到現代的NOS觀點來設定NOS綱要。

香港中文大學的Post-Graduate Diploma in Education計畫針對在職教師進修計畫進行NOS教學研究，所採取的NOS觀主要是相對論端的觀點，他們的NOS問題包含：科學知識是否是累積的？科學理論描述的是真實的世界嗎？科學是帶領我們接近真理嗎？科學理論是從資料形成模式而來嗎？以及假設、理論與定律的區分。該計畫未來將這些NOS觀拓展到中小學，故先進行師資培育與相關研究 (Yip, 2006)。

韓國90年代開始進行教育改革，重點在STS、建構主義教學與提升學生創造力等方向，Cho (2002)認為韓國近年的科學教育改革也是受到美國1993年AAAS與1996年NRC的影響深遠。其中Park與Lee (2009)從不同的觀點比較美國與韓國國小教師的NOS，他們採取24題量化的方式測量，包含：科學是

相對論還是實證論的？是歸納還是演繹的？是情境的還是去情境的？是重視過程還是內容的？是工具論的還是實在論的？他們的研究所採取的 NOS 面向雖然缺乏社會、心理等層面，但是從哲學層面深入的探索教師對 NOS 的認識，可預期該主題的研究未來將延伸至中小學生 NOS 的學習。

表 1 整理 McComas 與 Olson (1998)各國 NOS 表

分類	項 目	文獻	分類	項 目	文獻
哲學 面向	科學知識的暫時性	8/8	歷史 面向	科學新知識必須清楚且公開的報導	6/8
	科學試圖解釋現象	7/8		科學家必須精確並保持著記錄	5/8
	科學仰賴實徵的證據	6/8		科學是人類努力的成果	5/8
	科學有賴懷疑	5/8		科學是社會延續的一部份	8/8
	科學知識是基於觀察	5/8		科學對全人類有啟示	7/8
	科學知識是基於實驗的證據	5/8		科學的改變是逐漸的	7/8
社會學 面向	理論是學習科學運作所必要的	5/8	心理 面向	科學對科技扮演重要角色	6/8
	觀察是學習科學運作所必要的	5/8		科學家的想法受到當時社會和歷史的情境影響	6/8
	科學家會面對倫理的決定	8/8		科學是一部份的文化延續	5/8
	科學家按真實報告	7/8		科學透過革命而改變	5/8
	科學家需要答辯	7/8		科學家是有創造力的	6/8
	文化對科學有貢獻	6/8		科學家必須對新的觀點保持開放態度	5/8

日本的教育從二次大戰後，由美國所掌控。近一、二十年的日本科學教育雖未強調 NOS，而日本的科技向來舉世聞名，故日本發展科學的重點傾向於作為科技的基礎，比對近年日本教育綱要中強調 STS 間的關係，可知日本受到美

國 80 年代所興起的 STS 教育的影響。而 STS 教學與學生的 NOS 學習有相當程度的關係（蔡今中，1998）。

由上可知西方近年 NOS 教學的標準，且亞洲先進各國的教育改革將逐漸跟上歐美的腳步。從更廣闊的學術領域來看，McComas 與 Olson (1998) 提出 NOS 是科哲、社會學、科學史與心理學 4 大面向的整合。他們調查 1990 年代後美國（4 篇，包含：1993 年 AAAS 的標準、1990 年 AAAS 大學生科普標準、1990 年美國加州標準、1996 年美國 National Science Education Standards）、英國威爾斯、加拿大、澳洲、紐西蘭共 8 篇科學課程理念或綱要的文獻，筆者歸納出過半數文獻所認同的 NOS，如表 1。從 McComas 與 Olson 的區分來看，哲學類的有 8 項、社會學 7 項、科學史 7 項、科學家心理 2 項。

我國科學教育也應該隨時注意這些國際脈動，除了取法國外教育的觀點，也應對 NOS 進一步論述與區分，產生特色，才能保有領先的教育思維。

參、科學本質內涵的爭論

課程學者 Tyler (1949) 曾提出課程需要經過哲學、心理學的篩選，與社會的考量。故此，我國九年一貫課程綱要中的 NOS 應從上述各國與科教學者提出的 NOS 觀點，加以討論，並非全然接受。

一、實證與相對論 NOS 的區分

在 Kuhn 發表科學革命的結構前，鮮有人注意到科學家、社會、文化等因素對科學的影響。在 70 年代前，科學界重視探究、實驗、實證的方法與態度。相信科學可以創造真理，重視科學知識的累積性。例如前面所述美國 60 年代以前的 NOS 觀，以及較為近期的，如：Collett 與 Chiapetta (1994) 強調的 NOS 是：

1. 科學是探究自然界的思考方式
2. 科學是一種探究的方式
3. 科學是知識的集合體

我國教育部於 100 年度實施的九年一貫課程綱領（教育部，2008），國民中小學自然與生活科技課程與指標，多傾向於學生要學習以感官經驗自然現象、開始學習動手做實驗；而中學階段則傾向於科學知識的概念與結構的介紹，

顯示目前國內中小學科學課程也普遍強調實證論的 NOS 內涵。

近二十年來，Lederman 以及其追隨者他們常在幾個科教重要學刊（如：JRST、SE、IJSE 等）提出他們的 NOS 觀點與研究，使他們在 1990 年後科教界的 NOS 研究具有重要性。而 Lederman (2007) 提到他是反實證論的，因實證論者不區分觀察與推理，且認為定律與理論有階層關係，故他特別對推理、觀察、定律與理論的意涵加以定義後再說明彼此間的關係，不同於上述 AAAS、NSTA 等僅指出彼此有關係；他支持科學知識是帶有人為主觀的，科學是源自於觀察、創造與想像，當然也不認為科學是客觀、有絕對真理存在的。他相信科學知識是暫時的、不斷改變的，又強調科學是人為、帶有主觀、不確定性的、想像力等的 NOS 觀，這部分應是受到 Kuhn 與 Feyerabend 等極端相對論的影響。極端相對論就是反對 1960 年代之前，科哲普遍認為科學知識是實證與客觀，不認為科學知識與方法是暫時的、有時代意義的，科學會受個人、社會與國家等影響。Feyerabend 的極端相對論觀點在 70 年代後逐漸成為科哲主流之一，並進而影響教育學者。本研究試圖從兩端中尋找出適合中小學生 NOS 的觀點，並討論之。

表 2 包含部分相對論端發表的論文、採用 Lederman 團隊的 Views of Nature of Science [VNOS] 評量的學者。他們可以被視為相對論端的學者，依他們研究對象順序整理，可以知道相對論端的研究對象不只是在大學生、教師，也包含到中小學生。另外一種 NOS 觀點是接近大部分相對論端觀點，既不是科學傳統實證論觀點的，也不使用 VNOS 問卷。如：Tsai 與 Liu (2005) 所發展的問卷稱為 Scientific epistemological views，包含五大項 NOS 觀點，與相對論端相同，也可以視為相對論端。

NSTA (2000) 的 NOS 觀強調科學與人的關係、重視科學的創造性本質，也重視實證傳統 NOS 觀的推理、觀察與客觀等，似乎是融合傳統實證論與相對論之間、理性與非理性的觀點。其他如：AAAS (2001) 也認為科學家重視邏輯推理，但是也承認可能會有人為偏見 (AAAS, 2007)；證據可供解釋與預測，但非絕對。National Academy of Sciences [NAS] (1998) 認為不同證據可以形成不同的科學解釋，科學解釋是暫時性的，但是也認同科學知識是累積的觀點、科學是解釋自然現象。Allchin (2004) 認為科學事物的證成與達到社會的可信度同等重要，相信在科學社會學與實證論間應該還有空間。這些是屬於介於相對論端與遠端間的觀點。整理上述觀點，可以將上述的觀點發展成如表 3 的相對論端、中端融合、實證論端的順序。

表 2 相對論端學者舉例與其研究對象

學 者	研究工具	研究對象
Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. (2003)	VNOS	國小教師教學
Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B., M. (2011)	VNOS	國小職前教師
Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003)	VNOS	10-11 年級學生
Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006)	VNOS	9 年級學生
Khishfe, R. & Lederman, N. G. (2008)	VNOS	7 年級學生
Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002)	VNOS	6 年級學生
Walls, L. (2012)	VNOS	3 年級學生

表 3 相對論端、中端、實證論端舉例比較表

相對論端	中端融合	實證論端
Cleminson (1990)	AAAS (2001)	芮涵芝 (1996)
Lederman (1992)	AAAS (2007)	教育部 (2008)
Tsai 與 Liu (2005)	NAS (1998)	Carey 與 Stauss (1968)
表二學者等	NSTA (2000)	Collett 與 Chiapetta (1994)
	Allchin (2004)	

由此可見，科教學界對 NOS 並沒有一致的共識。科學教育界裡探討的 NOS 有不同面向，中小學生不可能盡學，應如何取捨或整合呢？

二、科學等於科技嗎？

國內的九年一貫課程企圖融合科學與科技的學習，甚至在九年一貫課程綱領中將 NOS 與科技本質視為一體。但是科學真的等於科技嗎？試想近十餘年來手機的演進，可視為科學的演進，或是科學家們近十餘年關切的科學發展重點嗎？

法國是最早率先將科技教育獨立出來的國家（丁邦平，2002），又從 1988 年之後英國的教育制度可以知道，英國將科學視為三大核心學科，而科技則是七大基礎學科之一（丁邦平，2002；張永宗、魏炎順，2003；蘇育任，2005），且採分科教學。受英國影響的國家，包含澳洲、紐西蘭與香港等，也都是沿用英國的分科教學觀點。其中澳洲學者 Black 與 Atkin (1996)認為科技是人們在其生活中所發明與使用的技術，它涉及對知識、經驗與資源有目的的運用，以滿足人類所需。科技傾向於應用、重視效能，以滿足社會，與科學傾向發現新知不同，而一般人卻常將兩者混為一談（丁邦平，2002）。

我國科學課程目標和架構與日本、韓國相似，重視科學、科技與社會結合，主要源自於美國的學科整合觀點。但是美國 AAAS (1989)不只區分了 NOS 與科技本質，也提到科學與技術的相似與相異，包含：

1. 科技仰賴科學，但是科技也對科學有貢獻
2. 工程包含了探究與其實際的價值
3. 工程的本質有其限制與束縛，所以沒有完美的工程設計
4. 所有的科技都牽涉到控制
5. 科技總是有邊際效應，無法完美
6. 所有的科技系統可能到後來都會被淘汰
7. 科技和社會互動強烈
8. 社會系統迫使某些科技的開放受到限制（如：受到經濟利益影響使部分論文不公開）
9. 決定科技的使用是複雜的（包含受到競爭對手、經濟、社會心理等影響）

從以上九點對照 McComas 與 Olson (1998)認為 NOS 是受到哲學、心理學、社會學與科學史的影響來看，上述第 1 點與傅大為 (2009) 的觀點近似，即科學是科技的基礎，科技是應用，科技產品又可以提升科學，如：電子顯微鏡的誕生、哈伯望遠鏡等，有助於拓展新的科學發現。第 2、3、4、5 點則是屬於科技本身的特質，顯示科技的價值觀與限制。第 6 點是從歷史的角度看科技的改革，過時的技術幾乎不會再被使用，此特徵與科學不同，如 Kuhn (1970)提出在典範裡的科學家們仍使用著該典範裡的科學理論與方法的觀點。第 7、8 點顯示出科技與社會的關係比科學與社會的關係更為緊密。至於第 9 點則指出科技的發明也會受到經濟、社會心理等影響，因此有關科技發展的決定必然還要考慮更多的因素。從科哲、社會、科學史與心理學四個面向來看科學與科技可以知道，科學不完全與科技相同。且在美國 AAAS (1989)、AAAS (2001)與 AAAS

(2007)中，清楚的將 NOS 與科技本質分章節討論，可見得即使是在科學與科技課程整合的情境下，美國 AAAS 對科學與科技的本質仍然是採取區分的觀點。

有鑑於世界各國的作法，不論是科學與科技的課程是否整合，其本質應該分別予以獨立陳列。故九年一貫自然與生活科技中的 NOS 與科技本質有必要區分出來，以免混淆。

三、傳統科學與當代科學

以物理學為例，目前國中以下學生所學習的只有傳統物理，不包含近代物理，如牛頓三大定律仍能解釋一般情境的運動現象。教科書中所列的化學式、計算公式等，常是兩三百年前甚至更久前的科學家們的產物，至今並無太大的改變，這些仍是中小學生必須學習的科學知識。中小學生在學習這些傳統的科學知識的同時，又要如何全然接受科學知識是暫時性的 NOS 觀？Kuhn (1977) 強調他雖提過科學革命，但也是重視科學典範與科學理性，在書中，他企圖在科學革命與典範之間，保留空間，以擺脫被視為與 Feyerabend 的同路人，即極端相對論者的知識無政府。Kuhn 也等於自己間接否認了科學革命的全面性與科學知識全面的暫時性。傅大為(2009)認為傳統科學大多是在某一特定體系中累積知識與方法，到後來無法解釋過多異例時才有可能整體被揚棄、被革命，所以科學知識是革命的，也是受該典範傳統累積的，要看從那個角度去看待。故所謂科學知識的暫時性是新的觀點，也只能解釋部分科學知識的更替。另一部份則是較難以撼動的傳統科學，代表著科學知識仍然是具有可靠性、可信賴性，是科學家們長久以來未改變的共識，也是 Kuhn (1970)所稱的典範。即傅大為同時承認了科學革命與典範同時存在的意義。

又過去科學家們大多是單打獨鬥，靠個人建立科學知識，如：牛頓、伽利略、愛因斯坦等，但是翻閱約 1950 年後諾貝爾獎物理、化學、醫學得獎名單，相較於文學獎，大多為團體。可見近五、六十年來，科學家們的社會競爭激烈，需要形成團隊以提升競爭力，加速研究效能，與過去科學家們建構科學知識的單打獨鬥模式不同。這或許也是近數十年科學是社會建構觀點興起的原因之一。但也不能因此抹滅科學曾有過個人研發的貢獻，以及許多科學構想仍源自於個人，才進入社會協商與檢證 (NRC, 1996)。

從個人與社會的觀點看科學知識的產生，可以知道科學知識與方法有時源自於個人，有時是團體集思廣益後，都經由社會上相關領域的其他學者進行複製與再確認，科學知識與方法才得以獲得認可和保存。在未被證實之前，可以被視為相對主觀的，但是經由許多人證實或修正後，逐漸接近確證的程度，形成該領域的社會共識，也就是該領域內的典範。典範常久經科學家們使用與修正，將逐漸失去當初創始的個人與團體的偏見，所謂的主觀也將經歷修正或推翻的考驗，進而達到接近客觀。故科學固然會受到人的因素影響，卻也會被社會所洗鍊，理論負載需要面對考驗而達到接近客觀，為相關領域的科學家所認同與接受，至少和其他不需要受到高度檢證的領域，如與文學藝術相較，其實科學並沒有如此的個人主觀性。

肆、討論：心理、社會與調和的考量

一、創造力與邏輯推理

科學的想像與創造力似乎是重要的，但是試想哪個領域沒有創造力與想像力？文學、藝術家需要；解決社會經濟、教育等問題也需要；科學與科技界也都需要。在周培芬（2011）介紹美國教育中的想像力，裡面提到許多領域都可以培養學生的想像力，科學只是其中一部份，且未被強調。而詹志禹（1997）強調科學教育應該重視理性的教育，甚至提出不只是一要培養學生 3R (reading、writing、arithmetic)，還要加入理性 (rationality)，理性應是 4R 之根本與首要，甚至是五育之本，因為即使是做人處事的道理，很多都離不開廣義的理性。若缺乏理性判斷的能力，如何解決科學問題？學生學科學捨去科學的理性與邏輯，還能從其他領域習得嗎？

相對論端學者多認為科學應源自於人的創造性與想像力，但是想像力就是最根本的科學來源嗎？其實想像力常是人類素樸理論的來源之一。在西元前五百年希臘時代有許多學派，以各自的想像、辯思以解釋天地萬物，但都不被視為科學。直到亞里斯多德提出演繹與歸納法，並對生物進行分類，才被視為科學之始。占星術被視為當時的科學，如今被近代的 Popper 視為偽科學，因為它無法被否證。托勒密的地心說，也被哥白尼之後的許多科學家證實是錯誤的而被放棄。占星術與地心說曾被賦予許多合理的解釋，然而卻根源於人類的直覺、

想像力與創造力所建構。若 NOS 強調科學源於想像力與創造力，似乎更容易讓不易判斷是非的中小學生陷入迷思與神話，讓學生忽略了科學的實證性與理性批判。況且，科學的創造力是與藝術的創造力是有差異的，而這些差異，並未在相對論端學者的 NOS 中論述。

Hung (1997)區分科學與藝術中的創造力。科學的創造力是受到高度限制的，大多是有許多前提的，而且科學創造力不是廣博的，是有一定的證明過程；科學還需要對大自然現象解釋與預測，在求真實。波爾氫原子模型只是單純依賴想像，不需要受過檢證的相關理論配合描述嗎？相對論端學者所提的理論負載是一種 NOS，似乎也會影響科學家思考的限制與方向，科學家又如何有完全自由的想像？科學家更重要的應該是要能提出觀點後，其論述過程必須合理，甚至需要許多證據、定律或理論輔佐，否則只是天馬行空的創意或幻想。若只從科學源於想像來看待，可能導致 NOS 帶有極端相對論的理論負載，將學生的 NOS 觀與看待科學知識、方法蒙上一層不確定、虛無的感覺，可能導致學生對基本概念懷疑、科學基礎不紮實等後果 (Loving, 1991)。如：學生在科學教室裡天馬行空的想像就是科學嗎？學生針對某個科學主題提出一個沒有科學根據的想像或假設，是科學嗎？還是嚴謹的蒐集數據與推理比較像是學習科學？

Kuhn (1977)也區分科學與藝術最大的差別在於藝術是發散思考，科學是收斂思考，如：歸納推理。Kuhn 提到科學思維是收斂的，其實並沒有像藝術那麼具有發散的想像力。Eager (1991)則認為合理性思維會影響人的想像力。占星術與地心說若未提出若干理性論述或推理，可以成為當時的科學，使眾人信賴嗎？美國 NRC (1996)已經說明，科學的想法都是要源自於觀測與實驗的確證，有新的證據才有可能改變，並非天馬行空的創意能改變。

從上述可以推論，相對論端所提議的科學源自於想像、創造力，似乎是不如科學理性論述與推理來得重要。

二、科學與社會的關係

前段已論及科學與科技的差異，以下將進一步探討 STS 彼此的分際與關係。

化學週期表上有些科學家致力於找到新的化學原子，如：一個新命名的元素為鐳 (原子序 112)，於 2010 年得名。最新接受的元素發現為 Fl (114)和 Lv (116)，同時於 2011 年接受。這些即便是一般化學家也不熟悉的、難以實用的元

素，乃部份科學家為了對週期表有新的貢獻，在追尋新的元素，但對現今社會難有直接的貢獻。有些科學研究是可以對社會有部分貢獻與影響，如研究生物的習性，如：有些生物可供人類食用，有其實用意義，提供社會需求。有些科學與社會則可以互相影響，如：氣象預報是大氣科學的一部份，需要透過更精確的儀器與資訊來提高精確度。當前社會為了減少人民生命財產損失，對氣象預報要求越來越精確。為了呼應社會期待，國家將增加預算，發射衛星或與他國合作，使政府的氣象單位可以獲得更多資源，進一步提升其預報的精確度，以回饋社會期待。以上可以知道，科學和社會的關係在科學各典範裡有其差異。反觀科技則直接對應著人類的物質生活，傅大為（2004）認為科技甚至已經是與社會彼此型塑著性別、國族、階級、民主、日常生活、親密關係與自我認同的權力中心。傅大為（2009）提出科學通常無法立即解決目前的社會需求，甚至科學知識的生產往往不是為了解決社會急切的問題，所以和社會並沒有高度的依賴與相關性。

三、倫理道德、國家與宗教和科學的關係

從倫理道德來看待科學，其中最著名的案例就是十餘年前，科學家們討論的複製羊，當時使美國總統因倫理因素考量，下令美國反對複製人的科學研究，世界各國也一致響應。仔細思考其意涵，似乎是社會大眾的倫理道德意識，使得該領域科學家們不得不轉向。但是這並沒有影響科學家們使用的科學方法，科學知識的革命或調整；而是人們設立了一道防火牆，阻止科學研究進入違反人倫的區域。又例如當年宗教迫害反地心說的人，包含伽利略等人，即便是在宗教與國家強力宰制下，最後透過科學證實日心說是對的，迫使宗教得還給伽利略清白。國家、宗教、倫理道德是會影響科學知識在某些領域的進展方向與速率，如：受到道德約束不可研究某些面向、資金不足會影響研究效率等（刘兵，2009），但不足以撼動整個科學界，使科學家們放棄原本持有的知識與方法，也就是說外在的影響力遠不如科學內部產生的革命對科學的影響大，也是Lakatos (1978)所謂的科學外部影響不如內部產生的變化。

四、調和的觀點

從上面的探討，我們試圖提出關於幾個 NOS 面向的折衷論述。前段已區分出科學與科技本質的差異，故 NOS 與科技本質應該在中小學課程綱要中分別敘述，不應糾纏在一起。例如：科學知識並非完全暫時的，有些科學知識有其經久性。而科技知識與技術更替更為快速，也就是，相較於科學，科技知識與技術的暫時性更強。又如科學知識研究競爭激烈，所以現今科學家們常組織團隊，一起研究，與其他團隊競爭與討論，形成社會建構。但並非所有的科學都是科學家團隊工作的結果，傳統科學中個人的貢獻不可抹滅，且許多科學想法源自於人類個體的貢獻，才得以形成社會建構。所以科學知識是個人與社會所共構。科學家們也不如科技學家們那麼貼近社會，至少有一部份科學家的工作是離群索居的。科技若不與社會需求貼近，很快就會被淘汰，如：手機與電腦的日新月異。故科技與社會的關係比科學更為密切。

中小學生所學的內容大多為百年以前的科學，若一味的將 NOS 以傳統實證觀的角度設為課程目標，將可能導致科學只有單一解答，使學生覺得科學是呆板的，而失去興趣。現代的科學未解決的問題仍很多，需要投入更多的科學研究尋求解釋，可以從課程中融入讓學生研究與討論的新興議題，增添學生對科學的想像與多元觀點，將有助學生對科學的興趣，也符合當前 NOS 觀。故本研究從調和的觀點認同科學知識的暫時性，也強調科學知識證成後不容易轉變。

從上面的論述中也可以知道，科學裡的理性與邏輯似乎比創造力重要些。科學家們起初的觀察或許帶有理論負載的個人主觀部分，但是經過相關領域的研究檢證後，可能經過被完全接受、被修正、被推翻等社會建構的程序，使得部分得以被該領域接受，甚至延續。即科學的社會建構的機制將使得當初個人建構結果之不合理的部分被去除，進而達到相對接近客觀的理論或知識。故當前科學知識若經高度檢證後並沒有這麼主觀或帶有偏見，但對於還不成熟的理論，或仍在論述階段，則可能帶有較多的主觀因素甚至偏見。

科學知識是個人與社會所共構的。AAAS、NSTA、NRC 等提出的 NOS 是正好介於傳統實證觀與後實證觀點之間，而且對兩者皆未放棄，等於同時減少了科學知識絕對是暫時性的問題，也不認同所有科學知識是累積的問題。Smith 與 Scharmann (1999) 反對學生學習的 NOS 落入非極端相對論或傳統實證論的二

元判斷，他們重視讓學生在公平的、自然的、非強加於學生身上的情境來學習 NOS，讓學生自然體會不同的面向，而建構自己的 NOS 觀點，這些都是屬於調和的觀點，也為相對論遠端之間保留了空間。另外相對論端認為科學創造力是 NOS 的重要部份，較少強調科學理性、推理的觀點，在中端觀點裡都可以達到調和的效果，即認同科學的創造力，也應重視科學理性邏輯的本質 (Allchin, 2004)。

伍、探討國內中小學 NOS 課程綱要的問題與調整

九年一貫自然與生活科技的課程綱要中，將八大項能力指標的第 3 點「科學與技術本質」依不同年段共列出 18 個項目，卻又在第 4 點科技的發展裡列出「科技的本質」，何者才是 NOS？何者才是科技本質？從上面討論中應該可以獲得區分。故應考慮修正九年一貫中的科學與技術本質，針對科學和科技的本質分別列出能力指標。

許國忠與王靜如（2003）曾經簡單分析我國 NOS 能力指標，認為符合暫時性、經驗性、理論的建構、個人主觀與創造、社會性五個部分，並認為國內 NOS 能力指標符合國際趨勢，不需更動。但是符合這五個向度的其實只是符合所有 18 項 NOS 能力指標中的 7 項，並不足以代表 NOS 能力指標全部的向度。李哲迪（2009）從 2007 年 TIMSS 與 2006 年 PISA 施測結果，曾經建議國內九年一貫 NOS 應該調整，包含：

1. 應結合科學家、科哲學者、教育心理學家、科學課程專家來發展中小學生 NOS 課程目標
2. 建議刪除課綱中 NOS 的科學學習信念部分
3. 課綱應補充探究的目的、起源、實驗應對等能力指標

李哲迪（2009）的建議是希望九年一貫課綱的 NOS 可以擴大其面向，應傾向學生對 NOS 的認知觀點、探究的觀點，非情意觀點。他的第 1 點與 McComas 與 Olson (1998) 認為 NOS 應該是科學史、科學哲學、心理學、社會學的角度交集相似，而李哲迪更重視教育學者的觀點，即當今科學界、科哲界的 NOS，未必等於就是要教給學生的 NOS。而科學家與科哲學者的 NOS 觀點，教育學者若只是進行再歸納與尋找重複處，卻不加入教育角度的觀點，對中小學生會是適當的 NOS 觀嗎？故本研究在上面針對幾個科哲學者與過去科教學者認同的

NOS 部分，仍加以論述與批判。

表 4 本研究認為適合中小學的 NOS 整理表

面向	NOS
歷史	科學知識是暫時的，也是有長久性的、累積的部份。
	科學知識轉變有時是漸進的，有時是革命般的。
科哲	科學仍需要理性與實證的基礎，朝客觀與多元的方向前進。
	科學是試圖解釋大自然現象並進行預測。
	科學有其限制，無法解決所有事物，如：倫理道德的考量、人類感情等問題。
社會	科學是由個人與社會建構，也有共構的部份。
	科學是人類文化的一部份，會受國家、社會等影響，但應不及科技對社會的影響。
心理	科學由科學家所建構，包含人類的創造想像力，無法完全避免主觀或偏見。

另外，可以發現國內 NOS 能力指標中大多是信念指標，例如：3-1-0-2 相信每個人只要能仔細觀察，常可以有新奇的發現。這種信念式的能力指標將使學生對 NOS 的認識難以評量，Allchin (2011)也反對這種難以測量的、信念式的 NOS。這種要學生「相信」、「體會」的信念性 NOS 能力指標占 18 項中的 4 項，建議刪除或改寫為認知能力的目標。至於探究是不是等於 NOS，早在 60 年代，美國將科學探究視為 NOS，但是這種觀點已經逐漸轉變。

九年一貫課綱中 NOS 的內容仍缺乏不同面向的內涵，與表一各國 NOS 比對可以知道，18 項的九年一貫 NOS 能力指標大多傾向傳統實證哲學觀點，只有 2 項是屬於歷史觀點，但缺乏社會學、心理學的面向。從相對論端、中端、實證論端分析，可以知道 18 項能力指標中有 13 項是實證論端的觀點，有 5 項是相對論端的觀點。

從上面論述可知，本研究建議採中端的調和觀點，以消納兩端的歧異。並應擷取 McComas 與 Olson (1998)文中各國 NOS 的共同處，可供國內九年一貫 NOS 參考，整理如表 4。

陸、對 NOS 教學的建議

Lederman (1998) 曾經區分 NOS 的教學為三大類，包含：隱喻教學 (implicit)、歷史教學與明示教學 (explicit)。其中隱喻教學常可見於傳統的探究學習中，如：學生要瞭解鋼棉生鏽的原因，學生可能要思考的原因可能很多，非單一因素，此探究歷程被認為可擴展學生創造力與多元觀點。當學生設計與進行實驗時，彼此互相討論，其中就包含了觀察與推理。最後請學生將成果展示，並與其他組學生一討論，則可視為是一種接受社會協商的結果。這樣簡單的探究歷程裡，隱含了若干 NOS，但是在過程中沒有明確引出教學內容或教材中的 NOS 觀點，這是隱喻式的 NOS 教學。若教師在請學生構思鋼棉生鏽可能的原因時，同時問學生科學知識形成需不需要創造力，在活動過程中要學生反思自己有沒有運用觀察或推理，實驗結果公開討論時，問學生「科學的社會協商是如何進行的？」「需不需要獲得社會認同？」這類引發反思的問題，就是直接提醒學生活動中的 NOS，即屬於明示教學。科學史的教學則是在各單元活動的課程中，安插相關的科學史，如學生學槓桿原理，就在單元中安排一段介紹阿基米德的故事。介紹地球繞太陽公轉時，安插過去地心說與日心說的故事，鑒往知來，可有助學生瞭解科學知識的形成過程。

袁維新 (2005) 認為傳統的探究教學，大多傾向於歸納法，無法包含所有的科學方法，使學生對科學方法的瞭解太單一。而課程中加入科學史可以補足這部分的觀點，使學生能有較多元的 NOS 觀。顯示隱喻教學可能導致學生對 NOS 陷入傳統的思維，似乎不如科學史教學。國內翁秀玉與段曉林 (1997)、林淑榜、劉聖忠、黃茂在、陳素芬與張文華 (1998) 與喬莉莉與洪志誠 (2005) 等學者曾推動科學史置入學生科學課程的研究，以提升學生 NOS 學習，至今仍影響國內科教的 NOS 的學習模式。目前國內九年一貫中小學自然與生活領域的教科書中都常看到，單元裡或後面常有一篇與科學相關的科學故事，如：給學生閱讀阿基米德槓桿的故事，作為供學生瞭解 NOS 的方法。然而，採用科學史的教學模式，是否就是最有效的 NOS 學習模式？

Abd-El-Khalick 與 Lederman (2000) 的研究中他們對 166 名大學生與 15 名職前教師進行科學史的教學，發現科學史的教學對教學對象的 NOS 認知只有些許進展，且成效不如明示教學。該研究也提出在進行科學史的教學時，應該要注意其目標是否與 NOS 一致，教師的準備和教學能力也是重要的因素。Matthews

(1994)認為科學史融入科學課程中，主要的是可以提升學習興趣，促進學生對探究的興趣。Matthews 也指出運用科學史於教學的問題，包括了科學史的教學會不會影響學生對科學的信心？如何使用科學史才不會使學生對出名的科學家抱有偏見或幻想？以及科學態度與 NOS 是否會有衝突等問題。可見得科學史融入科學課程，並非完全能提升學生對 NOS 的認識，且有其他疑慮。

Abd-El-Khalick 與 Lederman (2000)並不是很認同科學史融入的教學觀點，在相對論端後續的研究，也多傾向於明示教學的相關研究。他們不但凸顯了明示教學較為有效，且 Akerson、Hanson 與 Cullen (2007)、Lederman (2004)也提出探究教學與明示教學可以結合。Khishfe (2012)甚至進一步將 NOS 與科學論證結合，從他的研究中也得知高中學生 NOS 獲得成長。然而，國內楊桂瓊、林煥祥與洪瑞兒 (2012)發現國小學生持有傳統 NOS 的學生在論證表現比持有現代 NOS 觀的好。邏輯推理是論證重要的基礎 (Toulmin, 1958)，持有傳統實證觀點的學生，可能較有邏輯推理能力，而能產生較好的論證結果。而從以上研究顯示論證可以促進相對論端 NOS 觀，但是持有實證論端 NOS 觀的學生，論證表現卻比近端的好。可知 NOS 與論證有關係，但其關係的方向性仍有待進一步釐清，未來可從調和的 NOS 觀進行與論證的相關研究。

由於目前科學史融入我國九年一貫自然與生活科技課程中，目標也非單純針對 NOS，若能提升學生學習科學的興趣，也應樂見其成。然而融入於學生的各單元與章節中的明示教學，與學生探究或實務融合，似乎是新的 NOS 教學趨勢，可供國內 NOS 教學借鏡。

參考文獻

- 丁邦平 (2002)。论国际理科教育的范式转换——从科学教育到科技教育。《比较教育研究》，140，1-6。
- 刘兵 (2009)。克丽奥眼中的科学—科学编史学初探。上海市：上海科技教育出版社。
- 李哲迪 (2009，6月)。在 TIMSS2007 與 PISA2006 跨國調查脈絡中分析台灣國中學生之科學學習成果。載於台北市立教育大學舉辦之「中小學課程發展之相關基礎性研究」2009 年成果討論會論文輯，台北市。

- 張永宗、魏炎順 (2003)。台灣地區與英國中小學階段科技教育課程之比較。《比較教育研究》，159，70-75。
- 周培芬 (2011)。美國教育中想象力培養。《外國中小學教育》，221，59-62。
- 芮涵芝 (1996)。《科學的本質》。台北市：桂冠圖書公司。
- 林淑榕、劉聖忠、黃茂在、陳素芬、張文華 (1998)。運用科學史傳達 NOS——以簡單機械單元為例。《科學教育月刊》，315，2-18。
- 袁維新 (2005)。國外科學史融入科學課程的研究綜述。《比較教育研究》，185，62-67。
- 翁秀玉、段曉林 (1997)。科學史對國小六年級學生理解 NOS 之成效。《科學教育研究與發展季刊》，8，26-41。
- 教育部 (2008)。97 年度國民中小學九年一貫課程綱要。臺北：教育部。
- 許國忠、王靜如 (2003)。NOS 教學初探。《科學教育研究與發展季刊》，33，15-28。
- 傅大為 (2004)。《科技渴望社會》。台北市：群學出版有限公司。
- 傅大為 (2009)。《回答科學是什麼的三個問題》。臺北市：群學出版有限公司。
- 喬莉莉、洪志誠 (2005)。科學史融入國小自然科教學之研究。《科學教育研究與發展季刊》，41，17-34。
- 詹志禹 (1997)。從科學哲學的發展探討「理性」的意義及其對教育的含意。「當代教育哲學論文集 II」，頁 1-42。台北市：中央研究院。
- 楊桂瓊、林煥祥、洪瑞兒 (2012)。以論證活動探討國小學童論證能力和科學本質表現。《科學教育學刊》，20 (2)，145-170。
- 劉俊庚、邱美虹 (2012)。我國百年國中科學課程發展回顧與展望。《科學教育月刊》，347，2-20。
- 蔡今中 (1998)。改變學生的科學認識觀：以 STS 教學為例。於高雄師範大學主辦之「第十四屆科學教育學術研討會會議手冊短篇論文集編」(頁 445-448)，高雄市。
- 蘇育任 (2005)。英國中小學的科學教育。《教育資料與研究雙月刊》，64，60-88。
- AAAS. (1989). *Science for All Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: AAAS Publication.
- AAAS. (2001). *Atlas of Science Literacy* (Vol. 1). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- AAAS. (2007). *Atlas of Science Literacy* (Vol. 2). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- ACARA. (2013). *The Australian Curriculum: Science*. Retrieved March 03, 2013, from <http://www.australiancurriculum.edu.au/>.
- Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. S. (2003). Teaching elements of nature of science: A year long case study of a fourth grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- Akerson, V. L., Hanson, D. L., & Cullen, T. A. (2007). The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 751-772.
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88, 934-946.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414-436.
- Black, P., & Atkin, J. M. (1996). *Changing the Subject: Innovations in science, mathematics and technology education*. London: Routledge.
- Carey, R. L., & Stauss, N. G. (1968). An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, 52(4), 358-363.
- Cho, J. (2002). The development of an alternative in-service programme for Korean science teachers with an emphasis on science-technology-society. *International*

- Journal of Science Education*, 24(10), 1021-1035.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.
- Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1994). *Science Instruction in the Middle and Science School* (3rded.). Columbus: Merrill.
- Eager, M. (1991). Dissonance in the theory and practice of rationality: Teaching evolution and teaching morals. In Matthews, M. R. (Ed.), *History, Philosophy, and Science Teaching: Selected readings*. Toronto: OISE Press.
- Hung, E. H.-C. (1997). *The Nature of Science: Problems and perspectives*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Kuhn, T. S. (1977). *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Program*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without content. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2), 1-12.

- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science with inquiry and science instruction. In L. B. Flick, & Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implication for teaching, learning, and teacher education*. Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell, & Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Loving, C. C. (1991). The scientific theory profile: A philosophy of science models for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 823-838.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching the Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- McComas, W. F., & Olson J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ministry of Education, New Zealand (2007). *The New Zealand Curriculum*. Retrieved March 03, 2013, from <http://nzcurriculum.tki.org.nz/Curriculum-documents>.
- NAS. (1998). *Teaching About Evolution and the Nature of Science*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association. (2000). NSTA position statement on the nature of science. Retrieved July 12, 2011, from <http://www.nsta.org/>
- Park, D.-Y., & Lee, Y. B. (2009). Different conceptions of the nature of science among preservice elementary teacher of two countries. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 1-14.
- Rubba, P., Horner, J., & Smith, J. M. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science &*

- Mathematics*, 81, 221-226.
- Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tsai, C. C., & Liu, S. Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.
- Tyler, R. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Walls, L. (2012). Third grade African American students' views of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 1-37.
- Yip, D.-Y. (2006). Using history to promote understanding of nature of science in science teachers. *Teaching Education*, 17(2), 157-166.

Rethinking the Nature of Science in the Grade 1-9 Science and Technology Curriculum Guidelines

Chou En Hsieh¹ Shiang-Yao Liu²

¹A Yong-Ping Elementary School Teacher, New Taipei City

²Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

*k121391@yahoo.com.tw

Abstract

Through document analysis, this study reviewed the nature of science [NOS] in the curriculum standards presented in some developed countries. By discriminating and discussing the NOS tenets from science education academic circle and the standards, it was found that the NOS benchmarks in grade1-9 science and technology curriculum need be reconsidered and evaluated from the perspectives of philosophy, psychology, and sociology of science in order to fit with the capability of grade 1-9 students. According to the analysis, it was suggested to distinct the NOS from the nature of technology. This study also recommended the moderate views about the NOS to reduce the radical impacts on grade 1-9 students. Those views include recognizing both tentative and endurable nature of scientific knowledge, understanding changes in science both progressive and revolutionary, and realizing social constructivist and individualist nature of the development of scientific knowledge. Finally, we proposed the trend of the NOS curriculum and instruction for the future studies.

Keywords: Grade 1-9 Curriculum, Nature of Science (NOS), Philosophy of Science, Curriculum Guidelines

應用電子白板於國小六年級 代數推理教學之研究

劉文斌^{1*}、劉曼麗²

¹ 高雄市新光國民小學

² 國立屏東教育大學數理教育研究所

*sanze.binbin@msa.hinet.net

(投稿日期：2012.12.16；修正日期：2013.2.13；接受日期：2013.3.8)

摘 要

本研究在探討應用電子白板於國小六年級代數推理教學活動之歷程與成效。代數推理能力包括基礎「直觀」層次、尋找共同數量關係「遞迴」層次、以代數符號通則化「數學模式化」層次。研究者對六名六年級學童進行三週的教學，以前後測筆試、訪談、錄影、學習單、教師觀察與省思記錄作資料蒐集並進行分析。研究結果發現透過本研究能有效檢視學童「直觀」思考，並能幫助其感受圖形延伸的動態歷程察覺「遞迴」數量關係，二維表格亦能協助建立「數學模式化」代數思維，學童在後測筆試之平均答對率有所提升，也能了解未知數符號的意義。研究結果亦顯示本教學活動可協助發展形數規律情境問題中的代數推理能力，亦提供教師運用電子白板作為教學媒介之教材。

關鍵字：代數推理、電子白板

壹、緒論

推理能力的標準並沒有特定的課程範圍，而是貫穿、蘊含在各個數學主題之中的。例如在高年級時，學童經由歸納、判斷、演繹的過程發展代數思維，以未知數符號列式、表徵問題及理解變數間的關係。由具體到利用抽象符號進行解題的轉化過程，其實就是推理的一部份。傳統對代數的印象，總認為是以一種簡化的式子與解題的等式作為基礎，針對符號的操作而學習其規則（陳嘉皇，2006）。代數的學習似乎只是一個例行性文字符號的操弄，而這也是多數人認為代數是屬於較高門檻的數學知識，因此對教師的教學引導及學童的學習理解雙方面都可能造成影響。故研究者嘗試參考 Bishop（2001）所述：「學童對圖形規律的思考能夠被用來發展代數推理與符號表徵的能力不謀而合。」故以形數規律問題情境作為試題工具與教學活動設計的出發點，應用電子白板高互動性與即時性的功能，對六年級學童進行代數推理的教學活動。透過對代數符號的運用和解題的過程瞭解其推理能力的發展層次，並提供給現場教師相關的課程活動設計內容，以培養現今國小學童「代數推理」的能力。循上所述，本研究欲達成以下目的：

- 一、探討應用電子白板於代數推理教學活動之實施歷程。
- 二、探討應用電子白板於代數推理教學活動之實施成效。

貳、文獻探討

一、有關國小代數課程的探討

為了培養國小學童觀察數量關係，展現數學結構之能力，自教育部 94 年實施公佈「九年一貫課程數學領域課程綱要」時，國小數學課程即將代數主題向下延伸至小學階段，各個版本的教材從國小五年級起開始編入有關數形規律的單元，以作為代數學習的基礎。另外，在正綱代數主題中指出算術仍然是國小數學學習的主體，所以在解題策略的發展上，應盡量讓學生作多方探索，避免讓代數工具過早抑制學生的想像力。其實從低年級數學課程開始的算術，不僅是小學課程內涵的重心，也是代數的一部份。例如符號的使用、加法與乘法交

換律等等，從低年級的學童早已開始接觸有關代數的領域。另外，代數所使用的圖表、目錄、表格、公式符號，都是人類文明得以發展的智慧工具。所以，代數對數學教育而言，是學習的利器（陳嘉皇，2006）。而學童在「代數」概念學習困難的原因，除了教師往往忽略「算術」和「代數」之間緊密的連結關係之外，學生在初學代數時，也往往無法將算術的舊經驗自動轉換成代數的學習(English & Halford, 1995; Kieran, 1992)，且在運用符號將具體化為抽象的表徵過程中，更因為初接觸的陌生與不熟悉而增添了許多難度，導致越來越多的學童最終都放棄代數的學習，升上國中後，數學結構越來越強的課程銜接也出現了困難。因此教師更應重視算術與代數思維的引導與連結，從代數推理能力的發展奠定抽象代數思考的能力。

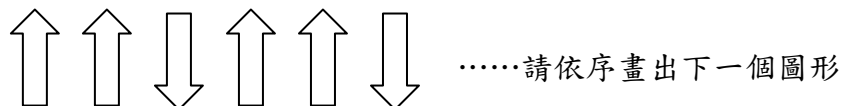
二、有關代數推理能力的探討

學童在使用代數解決問題時，是利用抽象的符號作為表徵，但唯有理解變數的意義後，才能夠順利的使用抽象化的符號。陳嘉皇（2006）在研究中也曾說明：「代數推理」是指學生透過情境中變數的觀察、比較、歸類成一型態或結構，進而將變數的關係轉換成等式、方程式等解決複雜的問題。而問題中的變數該如何去察覺、如何去運用，學童當然需要進一步的思考與解題，而利用代數概念進行思考解題抽象化的過程即為「代數推理」。

代數能力的達成，是從認識和延伸規律的探索開始（Jennifer,2001）。Thornton(2001)也曾指出：在符號的操作和技巧的練習之前，應該要發展規律性數量關係的探索活動讓學生得以理解符號的意義，不僅可以取代程序性知識，同時也是通往正規代數的入門。本研究為了瞭解學童利用代數符號進行推理的能力，也應用了規律問題的情境作為佈題。根據洪明賢（2003）的研究中，將數形規律問題分為形的規律、數的規律、形數規律以及數形規律情境問題等四種型態。茲說明如下：

（一）形的規律問題

凡圖形依某種規律排成序列的問題，稱為「形的規律」問題，例如：

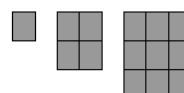


(二) 數的規律問題

凡一群數依某種規律排成序列的問題，且此數列並不包含任何情境，稱為「數的規律」問題。例如：一數列的前五項分別為 2, 4, 6, 8, 10……，請觀察此數列的規律，推算出第十項為何數？

(三) 形數規律問題

凡形數依某種規律排成序列的問題，稱為「形數規律問題」，例如：觀察圖中的規律，推算第十個圖共需要多少個小方格？



(四) 數形規律情境問題

舉凡規律問題中有賦予情境意義之題目，皆稱為「數形規律情境」問題。例如：校慶運動會的氣球布置依序紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫的顏色依序排列，請問會場中的第 168 個氣球是什麼顏色？

本研究選定其中「形數規律問題」作為佈題的情境。因 Suh(2007)和 Billings(2008)等人的研究發現代數在一般人的觀念裡是較為抽象的高階算式，應該是在抽象思考發展完全之後才能學習。但是如果透過圖像表徵代數式的話，即使是國小三年級階段的學生，也能藉由圖像的引導來學習代數（引自徐于婷，2009）。本研究也依照郭國清的研究（2006），將學生對解決規律問題的推理能力區分為基礎層次（直觀層次）、一階層次（遞迴層次）以及二階層次（數學模式化層次）等做為代數推理能力的三種層次。其中基礎層次是指能以經驗的直觀思考方式來察覺規律。一階層次是指能清楚察覺給定的已知項間的共同性質或關係，即在數列或圖形序列中，可以清楚察覺出第 n 項 a_n 和第 $n+1$ 項 a_{n+1} 之間的關係，這就是「變與相應的變」的規律。此時，雖具有初步的代數思維，然而可能無法或不能確定其是否具有規律的推衍應用能力。二階層次是指能將規律推衍形成數學的模式，或以比例概念來調整或擴大其適用範圍，並正確解題。即在數列或圖形序列中，可以清楚察覺出第 n 項 a_n 和項數 n 之間的關係。而本研究所面臨的最大挑戰就是第二階數學模式化的階段。如何設計教學活動以促進學童經由推理、歸納進而能利用符號到數學模式化的層次。

Kuchemann(1981)指出學生能察覺出數列中的數量關係與規律到能寫出通則化的代數式並且是容易的。通常他們能洞察變數之間的規則，可是卻無法寫出一個代數等式。故本研究中的教學設計重點就是在引導學童利用二維表格及列式的過程幫助學童察覺隱含其中的變數。不強調學童是否能成功地將其列式

通則化，而是引導其聚焦在理解變數意義及使用未知數符號，達到運用數學模式化操弄變數的目的。

三、有關電子白板在教學應用探討

電子白板的設備是利用 USB 與電腦連線，並使用單槍投影機投射於此白板上。教學設計的媒材製作可配合 SmartBoard 相關應用軟體，教學者不僅可電腦同步顯示書寫的內容，其中與傳統資訊融入方式最大的差異，就是它可以透過觸控的方式取代滑鼠的功能，直接在電子白板上進行直覺的操作，不僅提升教學的便利性，師生的互動性也相對提高。顏菟廷(2007) 研究發現使用互動式電子白板教學能讓學生對學習數學產生興趣的原因，除了電子白板本身外，其次主要的原因是在教師的教學策略實施下，能讓學生與電子白板產生互動，增加學生學習的興趣。黃國禎(2008) 的研究中指出，電子白板除了以各式多媒體及動畫豐富教學內容的呈現形式，集中學生的注意力，提升學生的動機，故其不僅能改善學生的數學學習態度，也能促進師生間的教學互動，成為學生建構數學知識的舞台。

電子白板在教學現場中的應用越來越廣泛，在教學現場的配置也越來越普及，未來將好比現今電腦、單槍等資訊設備應用般的普遍，教師也應順應此科技的發展潮流，提早接觸此設備的操控方式並加以推廣與應用，豐富自身教學內容的呈現與多元化教學的方式。電子白板所提供兼具視覺、聽覺及觸覺的環境，不但使虛擬情境更接近於真實，更協助教學者與學習者方便操作，探討教學過程與提供適切的學習環境，整合了傳統黑板與投影機的優點（李慶志，2009）。但支持教學內容的基礎仍然是基本的教學目標與概念，如何善加利用電子白板、凸顯教學重點在與學生之間的互動教學過程，才是教學者所應努力的方向，為了資訊融入而融入的方式，反而無法發揮電子白板最大的互動功能。

參、研究設計與步驟

根據本研究目的，為了解國小高年級學童代數推理能力的學習與發展，在選定參與研究之學童後，進一步利用規律問題作為教學情境佈題，並以電子白板作為主要的教學媒介。研究過程利用訪談、錄影等方式蒐集資料，透過學習

單檢視學童的學習歷程，並比較學童在前後測的解題表現。

一、研究對象

參與本研究的學童是來自研究者所任教學校六年級的某班學童。本研究先對全班學童進行前測，根據分析結果篩選屬於已達代數推理能力中的直觀層次但未達數學模式化層次的學童。其次，參考該班導師對學童數學方面的學習表現，以富有學習動機與口語表達能力佳者為優先考量。最後再根據此班六上數學科之學期總成績，選取 90 分以上（高程度）、80~89 分（中程度）和 70~79 分（低程度）各兩名學童，總計 6 名學童。其中兩名高程度學童稱為 H1 與 H2，中程度學童稱為 M1 與 M2 以及低程度學童稱為 L1 與 L2。

二、研究工具

為了檢驗個案代數推理能力發展的層次，本研究參考相關文獻，利用形數規律問題為情境編製測驗試題。以下將依照代數推理層次及情境設計兩部分說明試題的編製。

(一) 依照代數推理層次區分

試題中共有六個不同的形數規律圖形作為佈題，每題再依照代數推理層次細分成直觀、遞迴與數學模式化層次三個部分的問題。題型說明如下：

1. 直觀層次

在佈題中給定前三個規律圖形，讓學童以直觀的方式察覺規律並畫出第五個圖或第六個圖，（如問題 A）。

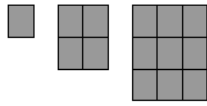
2. 遞迴層次

延續第一部份的規律情境，佈題使其利用所察覺的規律算出第十個圖或第十五個圖與方格數的數量，學童需利用已知項共同的性質或關係推測未知的數量，即運用已知的第 a_1 、 a_2 ... a_n 項推測第 a_{n+1} （如問題 B）。

3. 數學模式化層次

直接以未知數（ n 或 m ）進行佈題，延續第二部分所察覺「變與相應的變」的規律，結合以未知數符號列式的代數能力，檢驗其是否能了解第 n 項 a_n 和項

數 n 之間的關係（如問題 C）。



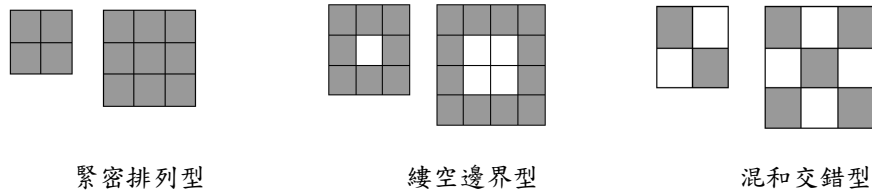
問題 A：請依此類推畫出第五個圖/第六個圖

問題 B：請算出第十個圖/第十五個圖共需要多少個方格？（灰色部分）

問題 C：請算出第 n 個圖共需要多少個方格？（以 n 表示）

(二) 依照情境設計區分

在情境設計部分，研究者利用電子白板與電腦可重複操作、無限延伸的特性，設計以方格作無縫隙排列的形式作為形數圖形情境變化的依據。依照其排列的方式可歸納出三種不同的形式。如下圖由左至右依序分別為相鄰兩方格間無縫隙的**緊密排列型**、中間為空白方格的**縷空邊界型**以及由灰色與白色方格緊鄰交錯的**混和交錯型**。



本研究試題的架構主要是透過上述三種不同的形數規律情境，再按照推理能力發展的層次依序佈題。而前、後測試題的內容僅改變數據與符號，而形數規律之情境皆為相同的圖形。前、後測試題如表 3-1：

表 3-1 工具試題設計

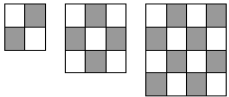
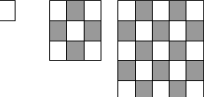
	緊密排列型	縷空邊界型	混和交錯型
形數規律 圖形			

代數推理 層次	前測試題	後測試題
直觀	請依此類推畫出第五個圖	請依此類推畫出第六個圖
遞迴	請算出第十個圖共需要多少個方格？（灰色部分）	請算出第十五個圖共需要多少個方格？（灰色部分）
數學模式化	請算出第 n 個圖共需要多少個方格？（灰色部分）	請算出第 m 個圖共需要多少個方格？（灰色部分）

為了提高本試題之信效度，本研究先對另外不同的兩班六年級學生共 67 人進行預試，施測結果 Cronbach's Alpha 值為 0.873，顯示該份試題工具已有不錯的信度；而在試題效度方面，本研究也請三位專家針對「形數規律圖形的區分是否正確？」、「推理層次問題的安排是否適當？」以及「問題文字敘述是否明確」給予建議並作修正，以提升試題之專家效度。修正部分說明如下表 3-2：

表 3-2 工具試題修正

原問題	修改後問題	說明
請畫出下一個圖	請依此類推畫出 第五個圖	原問題學童可能不需經過太多的思考即可順利作答，加上「依此類推」也將使問題中需察覺規律性的意涵更為明確。
請算出第十個圖共需要多少個方格？	請算出第十個圖共需要多少個方格？（ 灰色部分 ）	提醒學童避免在作答時也將白色的方格一併算入。
以 n 表示第 n 個圖共需要多少個方格？	請算出第 n 個圖共需要多少個方格？	修改後使與第二層次問題之文字敘述具有一致性。
請算出第十個圖共需要多少個方格？（灰色部分）	請算出第十個圖共需要多少個方格？（ 灰色部分 ）	專家提出質疑在求「第十個圖」所需的方格數對學童來說難度過高，若改為求「第五個圖」的數量是否更適當？但研究者思考：若僅求第五個圖學童作答時可能會用直觀的方式將圖畫出來，再一點數，但如此作答的結果卻不符合原

原問題	修改後問題	說明
		<p>問題設計需利用遞迴的推理層次，故維持原問題之敘述。</p> <p>原問題情境學童需察覺出奇數與偶數兩種情況的規律性。研究者經由第一次預試也發現該題之答對率與鑑別度低，故修改該問題為單一規律的形數圖形作為研究試題。</p>

三、教學活動設計

本研究依據直觀層次、遞迴層次以及數學模式化層次等三個層次分別設計出「規律製造機」、「小小規劃師」以及「公式發明家」等三個主要教學活動。而教學引導歷程依序分為引起動機、發展活動以及綜合活動等三個部分。在引起動機中連結學童的生活經驗與先備知識、在發展活動中進行該階段代數推理層次之佈題與討論、而在綜合活動中進行學習單的填寫。且各教學設計中的發展活動皆有其主要的核心概念。在直觀層次的核心概念是察覺形數圖形規律，在遞迴層次的核心概念是以符號列式記錄數量關係，而在數學模式化層次的核心概念是利用未知數符號通則化。茲將其透過電子白板融入教學引導之歷程與欲達成之代數推理能力摘要如圖 3-1，教學活動內容如表 3-3，並將三個部分的課程內容說明如下：

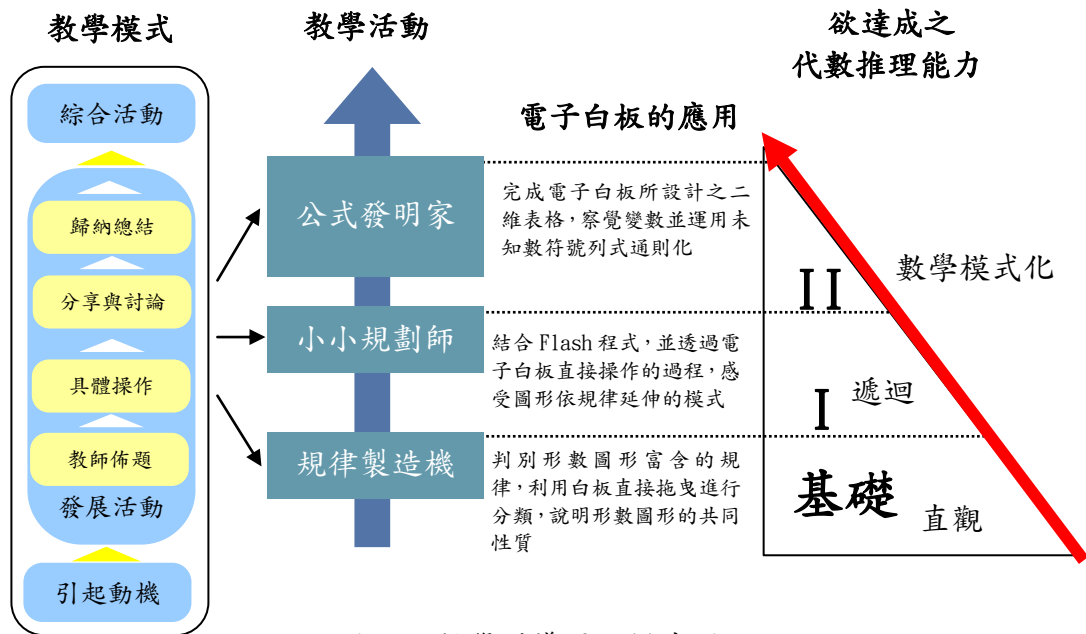


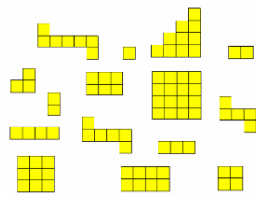
圖 3-1 教學引導歷程模式圖

表 3-3 代數推理教學活動設計

推理層次	活動名稱	活動內容	教學資源	學習單內容
直觀層次	規律製造機	以電子白板顯示數組規律形數圖形，讓學童透過直觀的思考察覺蘊含其中的規律，並說明其分類的依據。	電子白板 單槍 個人電腦	設計數組富有規律性的形數圖形，並簡單描述其規律性。
遞迴層次	小小規劃師	給定一有限制的範圍，若其所發展出來的形數圖形依照規律性延伸至第十個圖，是否能完整呈現，並說明原因。	電子白板 單槍 個人電腦	給定一已知的方格數量，求出是該組的第幾個圖形，藉由逆推的過程檢視其遞迴思考的層次。
數學模式化層次	公式發明家	以表格呈現圖形和方格數量的關係，讓學童察覺變數和體認利用代數概念解題的需求性。	電子白板 單槍	完成形數規律圖形數量與圖形的二維表格，與用未知數符號制訂其數量關係的公式。

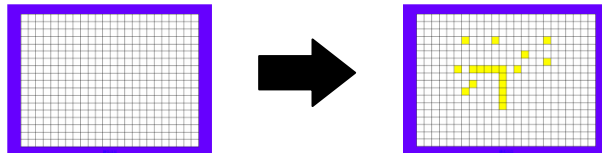
(一) 規律製造機 (直觀層次)

「規律製造機」教學活動是將生活中規律的應用與課程連結作為引起動機的內容；並於綜合活動中利用電子白板進行佈題，將設計好的數組規律圖形(如下圖)讓學童作直觀的判斷，將同一規律的圖形直接在白板上拖曳進行分類與小組分享。學童在操作的過程中需依照圖形直觀進行推理，教師並透過分享的過程瞭解學童直觀能力的發展層次。最後在綜合活動中讓學童自行運用規律創作圖形，並作為下階段的佈題。



(二) 小小規劃師 (遞迴層次)

「小小規劃師」教學活動主要是讓學童透過電子白板將「規律製造機」所設計的規律圖形進行分享並說明其規律性。藉由發表自己的作品引起學習動機。發展活動中給定一有限制格數(24x18)的方格，其中每一個方格都是按鈕的形式，按下即可呈現不同的顏色(如下圖)，學童透過白板操作將自行設計的規律圖形進行推測，判斷是否能依相同的規律延伸至第十個圖形，並在此限制表格中完整呈現。在預測判斷的同時，學童需了解圖形數量的規律關係，並用符號記錄解題的思維與過程。最後在發展活動中進行反向的佈題，給定總方格數，學童需以圖形的數量關係進行反思求得圖形的序號。



(三) 公式發明家 (數學模式化層次)

在「公式發明家」教學活動中，將規律圖形的「第幾個圖形」與「所需的方格數量」間的數量關係透過電子白板以二維表格呈現(如下圖)。引導的過程中利用「隱藏」及直接書寫的功能進行引導，讓學童發現其中存在的「變數」。接著在發展活動中提出問題「該如何描述圖形所需的方格數？」引發學童利用

代數符號公式化的需求性。最後在綜合活動中將自行設計的規律圖形依照二維表格的方式察覺變數，並進一步利用未知數符號列式通則化，協助學童提升至數學模式化之代數推理層次。

第幾個圖形	方格數	算式
1	6	
2	11	$2 \times 5 + 1$
3		
5		
10		
		$20 \times 5 + 1$
		$100 \times 5 + 1$

本課程共分成上述三個教學活動，每週循序進行一個教學活動，並持續三週。每個教學活動的上課時間皆安排兩節課，每節課 40 分鐘，教學時間總計六節課 240 分鐘。教學活動即由研究者擔任教學。課程中並搭配學習單，一方面讓學童進行練習，一方面同時也能即時檢視學童的學習成效。

四、資料蒐集與分析

本研究透過筆試前測、後測進行個案篩選與進行訪談，並比較其教學前、後代數推理之能力。教學過程中皆全程錄影與訪談錄音並轉為文字稿。並利用各教學活動的學習單、學童回饋以及實施教學的省思蒐集研究所需資料並進行三角校正。本研究以質性分析為主並以量性分析為輔，探討教學實施的歷程與其成效。

肆、研究結果與討論

一、教學活動之實施歷程

本節將透過電子白板所扮演的角色與其應用於教學中對學童學習情況的影響，及教學活動中所實施之學習單，依序說明所實施的三個教學活動歷程。

(一)「規律製造機」教學活動實施歷程

1. 透過電子白板呈現與規律相關圖片與動畫的例子，有助於引起學童的學習動機與增加師生間的互動性

本研究為了強化學童將數學概念與生活連結，在教學活動一開始即讓學童發表自己應用規律解決日常生活中的相關經驗，也利用電子白板呈現多媒體的圖片或動畫等與規律相關的素材，藉此引起學童學習動機與體認察覺規律重要性的共鳴。討論的過程中學童發表踴躍，學童起初分享的例子都不是利用規律現象以解決生活中的「應用」，而是運用規律所得到的已知結果，因此研究者舉例較貼近學童生活的經驗，藉此引發學童更深一層的討論。最後學童也列舉出研究者在教學前未預設過的例子。

T：在看完老師電子白板中所舉的例子後，大家來說說看生活中有那些規律的現象

M1：我知道，就是一心、二聖、三多…九如、十全

T：沒錯，而且這些路都是互相平行的喔！那依照數字命名有什麼好處阿？

L1：比較好記。

T：除了比較好記，我們還比較不會迷路阿！譬如說，如果你要往北走，我們就可以看路名的數字是不是一直往上加，數字越大就越北邊，越小就越往南邊，這就是規律的應用阿。你們再想想看有沒有其它的？

H2：我知道了，像我們家的門牌號碼！數字會變，還有很像都是單號、雙號不同邊。

H1：還有電話號碼的前兩碼。

T：不錯喔。這個老師也沒有想到，我們可以從來電顯示知道這是哪裡打來的，而且數字大小跟地區也有關係。（教學活動師生互動記錄 0520）



利用電子白板呈現與規律相關的例子

2. 透過電子白板拖曳與搬移的功能以分類形數圖形，有助於學童運用直觀推理能力

研究者佈題呈現依照方格緊密排列所設計的 15 個形數圖形，學童可利用電子白板操作，直接拖曳任意的形數圖形，依照所察覺的圖形規律作分類。從學童分類的原因說明以檢視其是否具有直觀的代數推理能力。

T：解釋一下你為什麼要把這三個圖形放在一起？

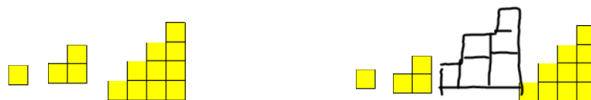
L2：這邊多了 2 個（點數圖形多出來的地方），然後...

T：那這個圖和這個圖之間是不是怪怪的？

L2：應該少了一個。

T：因為上面沒有圖形了，你可不可以幫我畫在白板上？

L2：（畫出第三個圖形如下圖右），這邊會再多 3 個，然後第四個圖。



（教學活動師生互動記錄 0520）

在學童分類說明規律的過程中，發現學童無法完整描述圖形的規律。一般都僅介紹方格是如何增加，而忽略了描述形數圖形所具有的相似外型。故在學童分享中，研究者也適時引導學童藉由描述圖形的外觀與方格延伸的模式來說明形數圖形的規律。

T：那你說說看這四個圖形的規律是怎樣？

H2：就 2、4、6、8...

T：你說的是數量，那形狀有沒有關係？

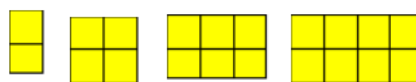
H2：有阿，**都是長方形**。

T：你跟大家說一下每一個圖到底是依照什麼規律變成下一個圖？

H2：都**一直增加 2 個**。

T：你可以點出來是哪 2 個嗎？

H2：最後這兩個。



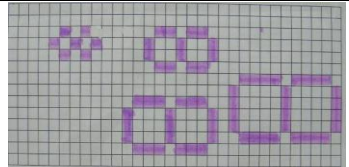
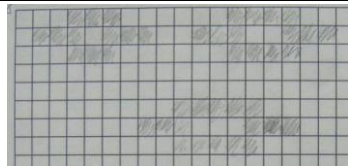

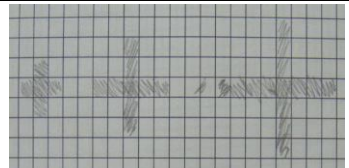
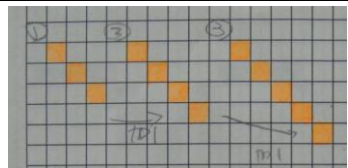
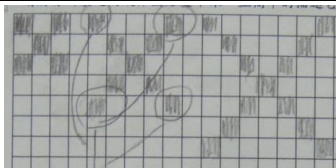
1 2 3 4

（教學活動師生互動記錄 0520）

3. 透過「規律製造機」學習單檢核學童是否能判斷圖形的規律

研究者試圖由學童所自行設計的形數圖形，檢視其對圖形規律「察覺」與「運用」兩方面的能力。填寫結果顯示學童皆能自行設計出蘊含規律的形數圖形，並能由圖形外觀與方格數量延伸的共同性質作簡單的描述。

學習單問題：請將你所製造的規律圖形畫下來，並簡單的描述它的規律。

 <p>從每個1個長條像眼鏡，再每個增加一個一直這樣下去</p>	 <p>圖1空白有1個，圖2有2個，圖3有3個以此類推，每次放大一次上下就各增加1。</p>	 <p>第一個圖上面是1格，第二個圖上面是2格，第三個圖上面是3格，以此類推，每放大一次，上面就增加1格。</p>
<p>H1</p>	<p>M1</p>	<p>L1</p>
 <p>往外一直力=4，每放大一次就加4。</p>	 <p>從第一個到第二個，圖下面就增加1個小正方形，以此類推，第五個就含有7個小正方形。</p>	 <p>①所有的圖形都是X的形狀。 ②每4個為一次，每次會增加1個正方形。 ③每放大一次，每個圖形就增加一個正方形。</p>
<p>H2</p>	<p>M2</p>	<p>L2</p>

(二)「小小規劃師」教學活動實施歷程

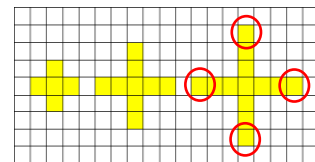
1. 透過電子白板結合 Flash 程式以創作形數圖形，易使學童「感受」形數圖形規律的延伸

利用電子白板搭配 Flash 軟體的程式，請學童上台作圖分享自己設計的形數圖形。透過作圖的過程，學童可將圖形規律延伸模式的歷程作完整的呈現，教學者和其他學童也可從構圖的順序感受到其依照規律延伸的歷程。

T：換 H2 來說說你的十字架。

H2：(利用電子白板操作)

T：解釋一下你設計這個圖形的規律。



H2：我的就是一個十字架，*每次都一直往外面增加4個方格（右圖圈起部分）*。

T：大家有看到嗎？他每次都增加這四個。所以他的十字架就一直越來越大囉。

（教學活動師生互動記錄 0520）

2. 在電子白板限制的範圍中以延伸形數圖形，有助於學童預測形數圖形中的數量關係進而形成遞迴推理能力

研究者佈題在一有限制的範圍中，讓學童將自己所設計的形數圖形作延伸，預測與規劃「第十個」圖形是否能完整呈現在此範圍中，從預測方格延伸的模式建立學童察覺共同數量關係模式的能力。

學童在預測第十個圖形的方格數時，一般都是利用所察覺圖形的規律——一點數的方式往下推算，例如先算出第三個再算出第四個，以此類推依序算出到第十個圖所需要的總方格數。雖然此類學童已具備有利用所察覺圖形的規律推算下一個的遞迴推理能力，但對於方格數量關係的共同模式仍無法從預測的過程中建立。

T：解釋一下第十個為什麼全部是12個方格。（如右圖）

M2：因為都相差2，所以第十個圖加2就是12個。

T：怎樣相差2，跟大家再說清楚一點。

M2：*因為第一個圖有3個，第二個圖有4個，第三個圖有5個，就是1比3、2比4...，都相差2。*

T：這樣算是比的關係嗎？比值有一樣嗎？

M2：很像不是？

T：不過M2很好喔！他發現這兩個數之間有關係，只要加2就可以知道是多少了。

（教學活動師生互動記錄 0527）

在分享的過程中，大部分的學童都能順利的將自己的結果作呈現，但與研究者起初想透過「規劃」的方式確有一段落差。因為學童多是利用嘗試錯誤的方法透過電子白板作圖，並無規劃好第十個圖形應該從何處開始畫起，直到完成後才敢肯定回答研究者的問題「是否能在此範圍中完整呈現？」。其中，僅有H1能完整的按照研究者的佈題，達到需「事先規劃」的要求。

T：大家做做看你的圖形可不可以在這個範圍裡面畫出來。

H1：範圍有多少格阿？

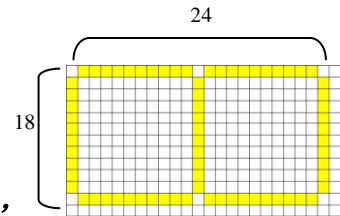
T：我們一起來數數看阿。1、2、3...，所以長邊有 24 格，寬邊有 18 格，大家開始試試看吧。

T：你的眼鏡每邊變成幾格？

H1：10 格。

T：為什麼會有 10 格。

H1：因為第一個圖是 1 格，然後一直各增加一個，所以第十個就會是 10 格。

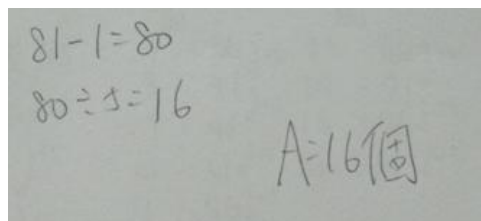
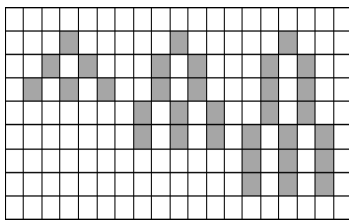


(教學活動師生互動記錄 0527)

3. 透過「小小規劃師」學習單檢核學童是否能利用圖形規律察覺未知的數量關係

研究者佈題給定一組規律形數圖形與一個未知第幾個圖形的方格數量，讓學童進行反向思考，逆推需要此方格數量是該組圖形的第幾個圖？由學童的解題策略與算法記錄，從中得知其是否運用所察覺的形數圖形規律作逆運算，或已發展出共同的數關量關係模式並運用進行解題。藉此檢視學童能否達到遞迴層次的代數推理能力。六名學童的學習單中，H1、H2、M1 及 L1 是利用已知的共同數量關係模式（每延伸一個圖形會增加 5 個方格），作逆運算進行解題（已知方格數量 \div 每次增加的方格數 5），顯示其能運用遞迴層次的的能力進行逆向的思考。

學習單問題：若按照這個規律長大後的圖形全部需要 81 個方格，請問是這一組圖形的第幾個「長大」的樣子呢？請將你的想法寫下唷？



最上面的方格是固定的，所以先把它減掉，剩下的把它 $\div 5$ ，因為每放大一個圖形就加5

M1 計算結果與解題策略說明

M2 和 L2 雖已察覺圖形延伸的規律模式，但解題策略卻是從第一個圖所需的方格數依序列出，直至符合問題所要求的數量 81 個而得到是第 16 個圖形。雖然後者的方式並不如研究者預期是利用逆推的方式進行解題，但其與前者都能利用所察覺形數圖形的規律，預測推理下一個圖形的方格數量，顯示兩解題類型的學童皆已具備遞迴層次的代數推理能力。

計算過程

圖	圖	圖
第1圖: 6個	7: 36	13: 66
2: 11個	8: 41	14: 71
3: 16個	9: 46	15: 76
4: 21	10: 51	16: 81
5: 26	11: 56	
6: 31	12: 61	

A: 第16個圖

我先把第1個圖有幾個算出來，再把第2個算出來有幾個，發現每大一個圖，就會增加5個，以此類推，有81個，就是第16個圖。

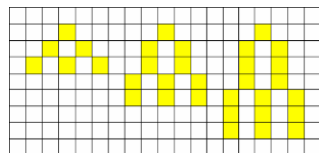
M2 解題策略說明

(三)「公式發明家」教學活動實施歷程

1. 利用電子白板所設計的二維表格以記錄算式，有助於學童察覺數量關係中的變數，進而以代數符號列出一般式

研究者利用 H1 所設計之形數圖形進行佈題，透過二維表格的方式將「第幾個圖形」、「所需方格數量」和「方格數量算式」一一記錄下來，學童在透過

二維表格察覺形數圖形共同的數量關係模式後，亦能利用此關係式作延伸並列出方格數量的算式，此時研究者再進一步引導學童察覺關係式中的變數，並透過詢問如何描述形數圖形所需的方格數量讓學童參與討論，並引發其體認使用代數符號列式的需求性。



形數圖形佈題

第幾個圖形	方格數	算式
1	6	6
2	11	$2 \times 5 + 6 + 5$
3	16	$3 \times 5 + 6 + 5 + 5$
5	26	$5 \times 5 + 6$
10	51	$10 \times 5 + 1$
20		$20 \times 5 + 1$
100		$100 \times 5 + 1$

二維表格呈現記錄

- T: 大家看看算法好像都一樣。有沒有不一樣的地方? (算式 1)
- M2: 有唉! **只有乘以 5 的數字要改。**
- T: 很好喔! 那我把它圈起來, 你覺得這些圈起來的數字為什麼會變阿? 又是怎麼變的?
- M2: 因為都會一直增加 5 個。
- H1: **就是要算第幾個圖形就把它減 1。**
- T: 沒錯... 這其實就是在算有幾個 5。譬如說第三個圖就是多了二個 5, 第十個圖就是多了九個 5。
- T: 現在如果圖形一直延伸到第 1000 個, 你知道怎麼算嗎?
- M1: 可以啊, 就是 $6 + (1000-1) \times 5$ 。
- T: 如果要告訴別人第 2000 個圖形的方格總數要怎麼算, 你會怎樣說明呢?
- M1: 就是看你要算第幾個圖, 把它減 1 之後乘以 5, 再加 6 就可以了。
- T: 恩, 可是有沒有更簡單的方法呢?
- S: (沈默)
- T: 譬如要你算第 x 個, 你要怎麼算?
- M1: 就是把 x 減 1 之後乘以 5, 再加 6。
- T: 沒錯啊! 你可以把剛剛說的按照原本的方式寫成一個算式嗎?
- H1: **是 $6 + (x-1) \times 5$ 嗎?**
- T: 很好阿, 這就是我們自己所想出來的公式喔。

(教學活動師生互動記錄 0603)

2. 電子白板「隱藏儲存格」的功能使學童不受教師佈題之解題策略影響，並可重新思考算式的解題策略，進而比較所建立不同數量關係中的變數

在利用二維表格記錄前，研究者先將預設的算式利用「隱藏儲存格」的方式隱藏起來，讓學童先發表自己的想法(算式 1)進而察覺數量關係式中的變數。接著展示教師原先預設所隱藏的算式(算式 2)，重新思考算式的解題策略，讓學童體認多元的解法使不受既定答案的影響所限制。接著利用代數符號表示一般式時，學童也可以比較兩個算式中未知數符號所表示的意義，加強學童對「變數」的瞭解與未知數表示「一般數」的概念。

第幾個圖形	方格數	算式	算式 1
1	6	6	$6+(2-1) \times 5$
2	11	$2 \times 5 + 1$ 6+5	$6+1 \times 5$
3	16	$3 \times 5 + 1$ 6+5+5	$6+2 \times 5$
5	26	$5 \times 5 + 1$	$6+4 \times 5$
10	51	$10 \times 5 + 1$	$6+9 \times 5$
20		$20 \times 5 + 1$	
100		$100 \times 5 + 1$	

原佈題情境

第幾個圖形	方格數	算式	算式 2
1	6	6	$6+(2-1) \times 5$
2	11	$2 \times 5 + 1$ 6+5	$6+1 \times 5$
3	16	$3 \times 5 + 1$ 6+5+5	$6+2 \times 5$
5	26	$5 \times 5 + 1$	$6+4 \times 5$
10	51	$10 \times 5 + 1$	$6+9 \times 5$
20		$20 \times 5 + 1$	
100		$100 \times 5 + 1$	

不同解法所列出的算式

T：大家覺得這兩個算法所列出的公式有一樣嗎？

S：不一樣。

T：為什麼會覺得不一樣？

L2：因為一個是 x ，一個要再減 1。

T：不錯喔。大家有注意到這個地方，但是我如果用這兩個公式算第 10 個圖的時候，結果會如何？

M1：都是 51，那這樣哪一個公式才對？

T：其實兩個都是對的，只是解題的想法不一樣而已。如果繼續把它們化簡，它們就會長的一樣囉。只是這邊我們還沒有教到化簡的步驟，我們先把他當作是不同的想法所列出的公式。

(教學活動師生互動記錄 0603)

3. 透過「公式發明家」學習單檢核學童是否能利用二維表格察覺變數

研究者以一組交錯混和型之形數圖形佈題，並給定一繪製好的二維表格，讓學童利用相同方式觀察在此形數圖形中的共同數量關係模式，進而用未知數符號 n 列式表示第 n 個圖所需要的方格數，透過學習單的記錄一方面檢視學童

利用二維表格解題的理解程度，一方面檢視其數學模式化的代數推理能力。

問題：依照此圖形完成下列表格，並用 n 表示第 n 個圖的方格數量

第幾個圖	列式紀錄	方格數的數量
1	$1 \times 2 = 2$	2
2	$2 \times 4 = 8$	8
3	$3 \times 6 = 18$	18
4	$4 \times 8 = 32$	32
5	$5 \times 10 = 50$	50
6	$6 \times 12 = 72$	72
9	$9 \times 18 = 162$	162
10	$10 \times 20 = 200$	200
20	$20 \times 40 = 800$	800

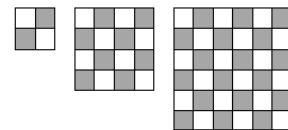
第 n 個圖的方格數量 = $n \times 2 \times n$

H2 作答結果

1	$2 \times 2 \div 2$	2
2	$4 \times 4 \div 2$	8
3	$6 \times 6 \div 2$	18
4	$8 \times 8 \div 2$	32
5	$10 \times 10 \div 2$	50
6	$12 \times 12 \div 2$	72
9	$18 \times 18 \div 2$	162
10	$20 \times 20 \div 2$	200
20	$40 \times 40 \div 2$	800

第 n 個圖的方格數量 = $(n \times 2 \times (n \times 2)) \div 2$
(用 n 表示)

L1 作答結果



佈題情境

H1、H2、M1 和 M2 皆可自行透過二維表格的方式，察覺此棋盤圖形的規律以及尋找出共同模式的數量關係，進而運用代數符號 n 取代其中的變數列出一般式，故此四名學童已能利用研究者所引導的方式運用未知數符號，具有數學模式化的代數推理能力。唯 L1 和 L2 在一開始即遇到解題的困難，他們共同面臨的問題就是無法列出共同的數量關係模式。兩人雖可在第一時間察覺圖形延伸的規律，但始終執著於等差或遞增模式的方格數量關係，以致於無法尋找出共同模式中的變數，當然也就無法再更進一層次運用代數符號將其通則化。在經過研究者適度的提示後，兩人也可透過黑色和白色方格之間的數量關係進行思考，最終也能列出正確的一般式。可見 L1 和 L2 能理解利用二維表格解題的方式，但阻礙其發展至數學模式化的原因，是無法順利察覺出共同的數量關係模式。

「公式發明家」學習單訪談記錄

L1 學習單訪談記錄	L2 學習單訪談記錄
L1：老師，這一題好像找不出來？	T：不知道怎麼列式嗎？
T：這樣嗎？第一個圖有幾個？	L2：恩…
L1：2個。	T：那你知道怎麼畫出第四個嗎？
T：第二個呢？	L2：知道，就是一黑一白這樣下去…
L1：8個。	T：那你覺得黑色和白色的方格有什麼關係嗎？
T：第三個？	L2：很像有關係？是不是全部的一半？
L1：18個，好像都不一樣啊？	T：全部是哪裡？
T：規律又不一定都是會相差一樣的方格數。	L2：就是這個正方形
妳可以試試看其他的方法阿？	T：喔…你可以算算看阿。

二、教學活動之實施成效

本研究在教學活動實施前後分別對參與的六名學童進行前、後測，茲將學童在前、後測的量化結果整理如下表 4-1。

表 4-1 學童前、後測量化結果比較

學童	比較	答對率	直觀層次	遞迴層次	模式化層次
H1	前測	61.1%	○	○	×
	後測	100%	○	○	○
H2	前測	50%	○	○	×
	後測	61.1%	○	○	○
M1	前測	61.1%	○	○	×
	後測	83.3%	○	○	○
M2	前測	61.1%	○	○	×
	後測	83.3%	○	○	○
L1	前測	66.7%	○	×	×
	後測	83.3%	○	○	×
L2	前測	27.7%	○	×	×
	後測	88.9%	○	○	○

六名學童（由 S1 至 S6）前測的答對率依序分別為 61.1%、50%、61.1%、61.1%、66.7%、27.7%，平均為 54.6%。後測的答對率依序為 100%、61.1%、83.3%、83.3%、83.3%、88.9%，平均為 83.3%。後測平均答對率較前測提升 28.7%。而在代數推理層次提升方面，僅有 L1 仍停留在遞迴層次，其餘五名學童皆已達數學模式化層次。由此顯示學童在本研究之教學活動後，對尋找形數圖形規律，並利用未知數符號將數量關係一般化的代數思維有相對的提升。以下將依高、中、低程度之學童說明在前後測的答題表現與分析結果。

(一) 高程度學童答題表現分析

1. H1 能透過察覺數量的關係，理解未知數具有「相應的變」的變數概念

在前測中，H1 對於未知數符號的使用已有初步的認識，能夠掌握未知數在各題中所代表的意義，並進一步將數量與個數的關係寫成一般式。但在需要「間接」以未知數符號列式的問題中，H1 雖然可以透過遞迴層次的思考求得第十個圖的方格數量，但在用未知數 n 列一般式時，卻無法順利以 n 表示最後一層的數量。但在後測中，H1 在解決遞迴層次問題的過程時，能預先進行如何利用未知數進行模式化的思考，並順利的以未知數符號列出一一般式。顯示 H1 已具有「相應的變」的變數概念。

問題四訪談記錄

前測訪談記錄	後測訪談記錄
T：請妳解釋一下這一題是怎麼算的？	T：先說說看妳是怎麼畫第六個圖的？
H1：這裡差 5（指著 4 和 9），然後差 7，接著一直算到第十個就算出來了！	H1：就跟前一題一樣一直往上疊阿！
T：你算的是第十個嗎？要不要再檢查一下？	T：那第二題呢？為什麼是用 $4+5+7+9\dots$
H1：1、2...9（點數），噫！很像少算一個？	H1：因為就一直往下加，最後一層剛好都是奇數！
T：那應該是多少？	T：那妳加到多少？
H1：要再加 21，是 121 個！	H1：31
T：那這個式子又是什麼意思？（模式化問題的 answer）	T：為什麼不加到 29 就好了，一定要加到 31？
H1：就是從第一個圖加到第 n 個圖的意思。	H1：阿我寫的時候就一直往下數，數到第十五個就是 31 阿！
T：這裡的 n 是什麼意思？	T：那第三題的 $(m \times 2 + 1)$ 是什麼意思？
H1：恩...應該是最後一層的個數！	H1：就是 31 會等於 $15 \times 2 + 1$
T：最後一層一定是 n 個嗎？剛剛你第二題裡的第十個圖也不是 10 個唷？	

H1：恩…怪怪的？可是我不知道要怎麼寫？ T：所以妳是在湊怎樣得到 31 囉？
H1：阿如果是 29 也是，因為第 14 個圖就是 $14 \times 2 + 1$ 等於 29
T：所以妳這裡寫的 $(m \times 2 + 1)$ 是在算什麼？
H1：在算最後一層到底有幾個。

2. H2 能理解變數的意義，並以所察覺的數量關係進行解題

在前測中，H2 能順利察覺形數圖形的規律並進行正確的推理，有數題都是按照其規律從第一個到第十個一一列出方格的數量而求得解答。但在數學模式化層次的答題中卻都呈現空白。詢問 H2 的理由是他看不懂題目的意思，不知道要如何用未知數 n 去列式，索性就放棄作答。在訪談的過程中，研究者試著詢問 H2 在數學模式化問題中的答案，但 H2 無法分辨出第「 n 」個圖與所要求以「 n 」表示方格數量之間「 n 」的關係，都認為第 n 個圖形的方格數量邊長也一定是「 n 」，代表著一個未知的數。所以 H2 對代數概念的理解仍停留在最初步的認識，缺乏「相應的變」的概念。而在後測中，H2 儘管解題策略正確，但卻因為所察覺數量關係的錯誤而導致列式一般化的過程發生問題。例如第二題中，H2 的解題策略是利用先算上下再算兩邊的方格數，卻誤將方格的數量關係認為是每延伸一個圖形上下兩邊就增加 3 個方格（實際上僅增加 2 個方格），導致用未知數列式時也以同樣的方式進行。雖然數量關係沒有作仔細的核對，但 H2 已具有模式化層次的推理能力，並能理解未知數符號在問題中所代表「變數」的意義。

問題二訪談記錄

前測訪談記錄	後測訪談記錄
<p>T：第三題的意思就是如果這個圖形一直延伸到第 n 個的話，會需要幾個方格？最後要你用 n 表示出來！就像你以前學過用未知數符號列式一樣！</p> <p>T：那第三題會列式嗎？</p> <p>H2：恩……是不是 $n+n+n+n$？</p> <p>T：上面有幾個？</p> <p>H2：n 個。</p> <p>T：那旁邊呢？</p> <p>H2：也是 n 個。</p>	<p>T：解釋一下這一題怎麼算的？</p> <p>H2：先算上面和下面，然後再算兩邊，最後再加起來！</p> <p>T：那第十五個圖的上面是幾個？</p> <p>H2：18 個。</p> <p>T：為什麼是 18 個？</p> <p>H2：因為第一個圖是 3 個，所以就是 $15+3$ 等於 18。</p> <p>T：是這樣嗎？那你看看第三個圖，會是 $3+3=6$ 嗎？</p> <p>H2：恩...是 5 個，應該是加 2？</p> <p>T：那應該怎麼改？</p> <p>H2：這邊是 $15+2$ (上下的方格數)，這邊是 15 (兩邊的方格數)</p> <p>T：那你寫的第三小題答案是不是也就錯了？</p> <p>H2：恩...應該改成 $(m+2) \times 2 + m \times 2$</p> <p>T：你的 $(m+2)$ 是表示什麼呢？</p> <p>H2：就是第 m 個圖上下兩邊的個數。</p>

高程度的學童本就是老師較放心的一群孩子，在本研究中 H1 與 H2 兩名學童在前測列出一般式的過程中，因為缺乏解題的經驗故無法應用未知數表示「一般數」的概念進行列式，但在後測試題中皆能理解變數的意義並運用未知數符號進行列式。可見高程度的學童在算術思維提升至抽象的代數思維過程中，能應用本身的解題經驗進行轉化，教學者若能提供適合的教學情境與問題，將更有助於學童在轉化過程中的認知與學習。

(二) 中程度學童答題表現分析

1. M1 能理解代數所表示的意義，並運用未知數符號進行列式

在前測中，M1 錯誤的原因大部分都是因為自己思考過程未考慮周詳所導致，例如沒有算清楚圖形的邊長個數是否正確，或是要推算第十個圖的方格數時，可能會多數一層或加上多餘的方格數，但其所使用的解題策略與思考方式都是正確的。在訪談過程中稍加提醒，M1 即可立即明瞭自己錯誤的地方並改正。但在數學模式化層次的問題中，M1 對於僅需要利用未知數 n 「直接」列式求得方格數的問題較能掌握（此時可直接用 n 列式表示第 n 個圖的方格總數），但相較於需要「間接」利用未知數 n 列式的問題則無法順利求解（此時需先以 n 列式表示第 n 個圖中第 n 層的方格數）。例如第三題中，需要先以 n 表示最後一層需要的方格數，最後再將第一層到最後一層的方格總數用未知數 n 列式時則發生問題。而在後測中，M1 以「 $m+1+\dots+1$ 」進行列式，其所列出的結果並無法看出數列的規律而欠缺完整性，但已能了解未知數 m 在題意中所具有的變數意義，隨著層數的改變，利用未知數 m 表示方格數量的方式也跟著改變。故 M1 已具有模式化的推理能力，但仍然易受算術思維的影響，需從解題的經驗中累積抽象化的能力。

問題三訪談記錄

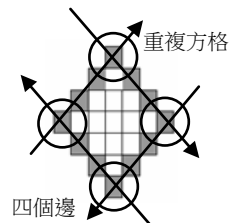
前測訪談記錄	後測訪談記錄
T：所以第三題這裡應該要怎麼改呢？	T：解釋一下第二題吧！
M1：要改成 $n+1$	M1：我是用最笨的方法唉！
T：那後面的 $\dots+\dots+\dots$ 要加什麼呢？	M1：我是先算最後一層！像第二個圖就是 $2+1$ ，第三個圖就是 $3+1$ ，所以這一題就是先算最後一層是 $15+1$ ，然後就一直加到最上面那一層。
M1：就一直加下去？	T：很好阿！那第三題的 $m+1$ 是什麼意思？
T：那應該怎麼寫呢？	M1：就是跟前面一樣的算法，表示有 $m+1$ 個。
M1：恩……不知道？	T：哪一個圖的什麼有 $m+1$ 個？
	M1：第 m 個圖的最後一層是 $m+1$ 個。
	T：那倒數第二層會有幾個？
	M1：恩……就是少一個，就是 m 個。
	T：那再上一層呢？
	M1： $m-1$
	T：那妳只寫 $m+1+\dots+1$ 這樣好嗎？
	M1： $(m+1) + m + (m-1) + \dots + 1$

2. M2 能理解未知數所表示「一般數」的意義，並列式表示圖形的數量關係

在前測中，M2 在數學模式化的問題中，無法將已知的未知數 n 視為一可運用於解題的未知數，認為用 n 表示的式子並不是一個完整確定的答案，故雖然 M2 從逐一系列式的過程中發現所需方格數的規律，但在作答的過程中又另外假設了一個自己較為熟悉的未知數 x 進行列式，最後則以新的未知數列式作為答案。但在後測中，M2 已能了解未知數符號在問題中變數的意義，並利用其列出數量關係式，也能將未知數符號視為「一般數」，利用題目所給定的未知數符號作抽象化的表徵，表示圖形的數量關係。

問題五訪談記錄

前測訪談記錄	後測訪談記錄
T：你這邊的 $n+1$ 是表示什麼？	T：妳從第二小題開始解釋吧！
M2：表示第 n 個圖的邊長有幾個	M2：我把它看成都有 4 個邊，所以把每一邊的個數乘以 4，最後再扣掉重複的！
T：所以妳假設 $x=n+1$ 表示邊長有幾個？	T：哪一邊是重複的？妳可以指給我看看嗎！
M2：對阿，然後有 4 個邊在減掉重複的	M2：就是這裡（指著圖形的四個頂點部分）
T：可是題目裡面沒有 x ，它是妳自己假設的未知數，這樣可以嗎？	T：那第十五個圖形為什麼每邊有 16 個？
M2：恩...不知道唉？	M2：因為個第二圖是 $2+1$ ，第三個圖是 $3+1$ ，都是加 1，所以第十五個就是 $15+1$ 。
	T：那接著解釋一下第三題。
	M2：用一樣的算法，乘以 4 再扣掉重複的。
	T：那這個 $m+1$ 是代表什麼？
	M2：就是代表第 m 個圖每邊的個數。



中程度的學童在算術至代數思維的轉化過程不如高程度學童順暢，主因是其易受算術思維的影響。對於要將未知數表示成「一般數」的概念覺得無法理解，甚至在解題過程中還自行假設另一個未知數進行列式。可見教學者更需提供學童更多元的佈題情境，深化代數符號在問題中所表示的意義，讓學童透過解題的經驗中累積利用數學符號抽象化的能力。

(三)低程度學童答題表現分析

1. L1 能透過二維表格的方式尋找共同數量關係，但「一般數」概念較為薄弱

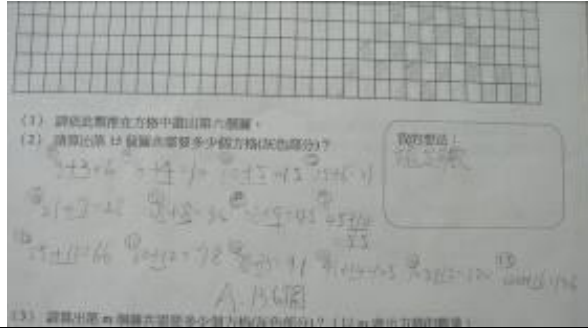
在前測遞迴層次的問題中，L1 是利用往下累加的策略直到算出第十個圖形為止，其解題策略缺乏一般性，導致在數學模式化層次問題中無法以相同的模式寫出一般式，更無法察覺變數的存在。例如第四題中，L1 是用第一個圖再加 5 算出第二個圖的方格數，第二個圖再加 7 算出第三個圖的方格數，利用前一個圖方格數，加上一個奇數得到下一個圖形的總方格數來解題，但問到第 20 個時，還是要以一個一個繼續加的方法進行解題。

問題三訪談記錄

前測訪談記錄	後測訪談記錄
T: 請妳解釋一下這一題怎麼算的?	T: 可以說說看這邊(算式的部分)是怎麼想的嗎?
L1: 第一個圖是 4 個, 再加 5 就是第二個圖, 再加 7 就是第三個圖, 然後一直加奇數就知道第十個了!	L1: 因為第一個圖有 3 個, 第二個圖有 6 個, 然後有 10 個, 就是加 3、加 4、一直加下去, 可是每次加的數都不一樣!
T: 那如果要算第 20 個怎麼辦?	T: 那你在算式裡面發現什麼?
L1: 就從第十個圖繼續加阿!	L1: 就是從 3 開始加, 每算一個就多加一個數就會算出來了!
T: 有沒有比較快的方法?	T: 那要算第十五個圖的話要加到多少?
L1: …恩, 不知道唉?	L1: 應該是加到 16!
	T: 為什麼要加到 16?
	L1: 我用最笨的方法從前面一直加, 所以應該是加到 16。
	T: 妳可以再觀察一下妳寫的算式, 看看每一個圖都加到哪裡?
	L1: 恩……很像都是連續的?
	T: 那第 m 個圖要加到多少?
	L1: $m+1$ 嗎?

T：是阿！那算式應該怎麼寫呢？

L1： $3+3+4+5+\cdots+m+1$



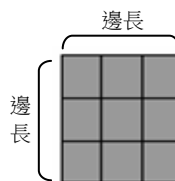
在後測中，L1 已能進一步透過二維表格的方式協助，一一列出方格數量與關係式，並從中尋找相同的數量關係模式進行解題，但 L1 在利用未知數符號寫出一般式的過程仍遭遇到困難。雖然她能利用二維表格的方式發現相同模式的數量關係，但卻對未知數符號的運用不熟悉而導致無法順利列出一般式，對於未知數符號表示「一般數」的概念仍有待強化。個案應多接觸相關代數方面的問題，從練習的多次經驗中克服並加深此一概念。

2. L2 能理解未知數符號在問題中的意義，並進一步利用未知數符號列出一般式

在前測中，L2 代數推理能力僅停留在直觀層次，所用的解題策略都將方格數視為倍數的問題解決，對於圖形的規律與代數符號並無法進一步的運用。在直觀層次問題中，L2 能依照前一個圖畫出下一個，已能透過所觀察到的圖形規律作延伸，但在遞迴層次的問題中卻無法連結圖形規律作思考。其解題的策略是在正確畫出第五個圖後，將第五個圖的總方格數乘以 5，即視為第十個圖所需的總方格數。在數學模式化層次問題中，L2 認為圖形延伸後的方格總數與第幾個圖形之間一定也是成簡單的倍數關係。L2 以第一個圖的方格數為基準量，故當問題要求第 n 個圖時，L2 理所當然地將其乘以 n 倍即視為第 n 個圖的方格總數，因此 L2 並不理解未知數符號 n 在問題中的意義且無法進一步作運用。

問題一訪談記錄

前測訪談記錄	後測訪談記錄
T：解釋一下 20×5 是什麼意思？	T：第一題你怎麼畫第六個圖？
L2：這邊是 20（指著第五個圖），所以要再乘以 5	L2：第六個圖的邊長是 6 個。
T：為什麼要乘以 5？	T：為什麼第六個圖的邊長一定是 6 個？
L2：因為要算第十個圖，然後第五個圖有 20 個，所以就 20 乘以 5。	L2：第二個圖邊長是 2，第三個就是 3，所以第六個就是 6。
T：所以你的意思是它的 5 倍就是第十個圖的數量囉？	T：那第二題的 15×15 又是代表什麼？
L2：恩！	L2：因為這一排有 15 個，全部有 15 排，所以也是 15×15 。
T：那 $1 \times n$ 又是什麼意思呢？	T：那第三題的 $m \times m$ 的 m 又是什麼意思？
L2：因為第一個圖是 1 個，所以要算第 n 個就是乘以 n	L2： 就是這裡有 m 個（指著橫排數），總共有 m 排（指著直排數），所以是 $m \times m$。
T：那如果用 $1 \times n$ 算第二題答案會是 125 嗎？	
L2：恩...答案是 10？	
T：怎麼會不一樣？	
L2：...不知道？	



在後測中，L2 已能夠察覺圖形的規律並連結圖形與方格數量間的關係進行解題。例如在遞迴層次的問題中，透過推測算出邊長的個數後，很自然地即透過正方形面積的算法求得方格的正確數量，顯示其已具有利用圖形規律進行推測的遞迴思考能力。而在遞迴層次問題中，L2 也可經由反覆計算發現相同的關係模式，並且進一步運用未知數符號推測列出一般式。其中，L2 反覆計算並發現相同模式的歷程，就如同利用二維表格找出共同數量關係的主要目的。故 L2 已能理解未知數符號在問題中的意義，清楚分辨第「 m 」個圖的 m 和數量關係式中未知數 m 的差異，並進一步利用未知數符號列出一般式。

低程度的學童在通則化算式過程中所遭遇到最大的困難，就是無法察覺數量關係的共同模式，勢必也就無法察覺變數的存在。故教學者需提供學童在遞迴層次能力中更多的協助，引導學童思考富有規律數量關係的解題策略，並嘗試從不同規律的情境問題中累積解題的經驗。

伍、結論與建議

一、結論

本研究目的是在探討應用電子白板於國小六年級學童代數推理教學活動的實施歷程與學習成效。在前測分析發現，部分學童因不熟悉未知數符號的意義，即使察覺共同模式的數量關係，但卻無法順利以未知數符號列式一般化，無法掌握未知數符號所表示「一般數」的功能，對其所具有「變與相應的變」的關係也較為薄弱。另外，較低層次的學童無法察覺共同的數量關係模式，總是利用前一項推測下一項的方格數，甚至無法連結所察覺的形數圖形規律，能力僅停留在直觀層次的思考。為了提升學童的代數推理能力，本研究嘗試以電子白板作為主要的教學媒介進行教學設計。透過「規律製造機」、「小小規劃師」以及「公式發明家」三個教學活動，分別運用電子白板中拖曳與搬移的功能，讓學童依照規律分類形數圖形，有助於學童運用「直觀」層次的思考；結合FLASH程式與實際操作電子白板，讓學童「感受」圖形規律的延伸，並從推測與延伸形數圖形的過程中形成遞迴層次推理能力。接著利用二維表格以紀錄算式，從數量關係中察覺變數以建立「數學模式化」的代數思維，此外，電子白板「隱藏儲存格」的功能也提供學童經驗多元解題的思維。電子白板對學童來說不僅僅是新奇與有趣的教具，若能以數學概念為主軸並善加利用其中的功能，除了可提高學童的學習興趣外，也更有取代傳統教學方式的優勢，將成為教師呈現數學概念與幫助學童數學能力提升不可或缺的利器。

教學活動實施後，透過學習單發現學童不僅可以自行設計規律的形數圖形、利用數量關係式作逆推思考，也能順利的在共同數量關係式中察覺變數的存在。而在後測的作答表現中，整體答對率由 54.6% 提升至 83.3%。其中，高程度的學童在一開始接觸利用代數符號通則化時，因為缺乏解題的經驗導致無法應用未知數表示「一般數」的概念進行列式，教學者若能提供適合的教學情境與問題，將更有助於其在算術思維轉化至代數思維過程中的認知與學習。中程度的學童則更易受算術思維的影響，對於要將未知數表示成「一般數」的概念無法理解，因此教學者需提供學童更多元的佈題情境，深化代數符號在問題中所表示的意義。而低程度的學童受阻礙的主因是無法察覺數量關係的共同模式，進而無法察覺變數，驗證馬秀蘭（2008）的研究發現，當以圖形樣式活動

去啟蒙學生進入代數文化時，學童將圖形轉換到數字樣式的方法會影響其樣式能力與代數思考。故在要求其通則化的過程中，教學者需提供學童在提升遞迴層次能力中更多的協助，引導學童思考富有規律性的數量關係解題策略。

二、建議

本研究所設計的教學活動可提供現場教師參考，因實施教學的時機並沒有一定的限制，教師可將其視為補充教材，對於已具有運用未知數符號基礎的高年級學童來說，透過電子白板的使用也將更有助於提升代數推理的能力。但本研究僅利用形數圖形引入規律的情境問題，而規律問題的情境還可包括形的、數的以及數形規律不同情境的問題，對於代數推理能力的培養是否也能有相似或更佳的引導效果？而研究對象若擴及到低程度的學童，是否也能提升其代數推理的能力？這些都可提供未來進行研究或進行相關教學設計的參考。

陸、參考文獻

- 李慶志(2009)。國小六年級學童在動態多重表徵視窗環境下比例解題補救教學之個案研究(未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南市。
- 洪明賢(2003)。國中生察覺數形規律的現象初探(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 馬秀蘭(2008)。國小高年級學童解樣式題之代數思考：以線性圖形樣式題為例。科學教育研究與發展季刊，50，35-52。
- 徐于婷(2009)。台灣、香港、中國國小數學教科書代數教材之內容分析(未出版之碩士論文)。國立屏東教育大學，屏東市。
- 陳嘉皇(2006)。國小五年級學童代數推理策略應用之研究：以「圖卡覆蓋」解題情境歸納算式關係為例。屏東教育大學學報，25，381-412。
- 郭國清(2006)。以八十二年國小數學課程的精神對國小五年級學童實施小班數形規律單元教學及學童學習歷程之研究(未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南市。
- 黃國禎(2008)。互動式電子白板融入國小數學領域教學之行動研究(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。

- 顏菟廷 (2007)。應用互動式電子白板融入國小數學教學成效之探究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- Billings, E. M. H., Tiedt, T. L. & Slater, L. H. (2008). Algebraic thinking and pictorial growth patterns. *Teaching children mathematics*, 3, 302-308
- Bishop, J. W. (2001). Promoting algebraic reasoning using students' thinking. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 6(7), 508-514.
- English, L. D., & Halford, G. S. (1995). *Mathematics education: Models and processes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jennifer, M. B. (2001). What is algebra in elementary school. *Teaching Children Mathematics*, 8(4), 196-200.
- Kieran, C. (1992). *The learning and teaching of school algebra*. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, (pp. 390-419). New York: MacMillan.
- Kuchemann, D. E. (1981). *Children's understanding of mathematics*. In K. Hart (Ed.), *Algebra*, (pp. 11-16). London: John Murray.
- Suh, J. M. (2007). Developing "Algebra- Rithmetic" in the elementary grades, *Teaching children Mathematics*, 3, 246-252.
- Thornton, S. (2001). New approaches to algebra: Have we missed the point? *Mathematics Teaching In the Middle School*, 6(7), 388-392.

The Study of Using Electronic Whiteboard on Algebraic Reasoning Teaching

Wen-Pin Liu¹ Shiang-Yao Liu²

¹ The Singuan Elementary School

² National Pingtung University of Education

*k121391@yahoo.com.tw

Abstract

The purpose of this study was to investigate the use and effects of interactive electronic whiteboard on algebraic reasoning teaching in the sixth-grade classroom. The algebraic reasoning contained three levels: the basic level “Intuition,” the mutual quantity relation level “Recurrence,” and the generalized algebraic symbols level “Modeling.” The researcher provided three-week-instruction to six sixth-grade-students. The data were collected by the pretest, post-test, interviews, teaching videos, worksheets, student questionnaires, classroom observations, and teaching reflection. The research results are summarized as follows: (1) The teaching design was efficient to scrutinize students’ intuitive thoughts and collect their dynamic processes of the mutual quantity relation recurrence through the use of interactive electronic whiteboard. (2) Algebraic concepts could be modeled by the two-dimensional tables. (3) The average scores significantly increased from the pretest to post-test, and the understanding of symbols as the unknown numbers was also improved. The study findings imply that the teaching design in this research can help students develop their algebraic reasoning, and provide teachers with effective instructional materials to use the interactive electronic whiteboard.

Keywords: Algebraic Reasoning, Electronic Whiteboard

致謝