

科學創造力課程成效之縱貫性分析

蕭佳純*

國立臺南大學 教育學系

摘要

本研究以自編的科學創造力課程融入國小自然與生活科技學科，選取實驗組學生157位、對照組學生211位，進行實驗課程教學，以瞭解課程成效及縱貫性發展。除了分析科學創造力的成長趨勢之外，更瞭解學生參加實驗與否、領域知識對於科學創造力成長趨勢是否有所影響。本研究一共進行四次實驗課程、四次調查，藉由階層線性模式發現，實驗組學生的科學創造力是呈現先下後上的趨勢，而對照組學生則是線性向下的發展趨勢。本研究除分析學生科學創造力受到時間變項的影響之外，也討論科學創造力是否為受到隨時間變動的共變項而影響其科學創造力，討論的變項包含了正向情緒、創意自我效能以及創造力傾向。其中，實驗組學生的創造力會受到創意成品、好奇心、挑戰性的正向影響，而對照組學生則是受到創意思考、創意成品、抗衡負面、冒險性的正向影響，可知，影響實驗組與對照組的科學創造力共變因素略為不同。另外，在實驗組學生部分，若領域知識越好，或是沒有補習，則成長曲率越快；但是在對照組來說，有補習的學生他們的科學創造力下降速率也將較快。整體而言，本研究所設計的融入式課程可有效提升學生的科學創造力。

關鍵詞：正向情緒、科學創造力、創造力傾向、創意自我效能、縱貫性分析

壹、緒論

創造力在近幾十年來有所轉變，已被視為有效面對變遷的重要能力，是未來教育課程的核心(Puccio, Murdock, & Mance, 2007)，Florida (2002)提及人類的經濟和社會中，創造力為最關鍵的驅動力。就世界各先進國家的教育改革而言，雖然其強調的重點不盡相同，但發展學生的科學或科技創造力可以說是先進國家的共同趨勢(蕭佳純，2015)。尤

其，科學創造力為九年一貫課程「自然與生活科技領域」之重要能力指標(教育部，2000)，但是科學創造力是如何發展的，目前尚缺乏大量的研究討論。由此可知，瞭解國小學童科學創造力的發展及相關影響因素有其重要性。研究學生的科學創造力，須要先釐清的關鍵問題就是「科學創造力是能被教導的嗎？」，幾十年來，許多針對創造力所做的研究(陳玉樹，2008；蕭佳純，2014，

*作者通訊：3687108@yahoo.com.tw

(投稿日期：民國105年10月21日，修訂日期：民國106年2月22日，接受日期：民國106年2月23日)

2015, 2016; Benedek, Fink, & Neubauer, 2006; Garaigordobil, 2006), 結果都支持「創造力是能加以發展」的假設。為了找出何種方式才是培育創造力的最佳方式, Scott, Leritz與Mumford (2004)分析過去學者的研究發現, 「促進創造思考的訓練」是最被大家所接受並用於培育創造力的方法, 並且這些方案有助於促進擴散性思考, 亦能提升問題解決與成就表現。在國內, 施乃華(2002)也蒐集37篇關於創造思考教學的博碩士論文(包含12篇運用創造性問題解決模式或策略進行教學), 並以後設分析的方法進行研究, 結果發現, 歷年來「創造思考教學」相較於「一般傳統教學」, 對學生創造思考能力之流暢力、變通力、獨創力、精進力皆有顯著提升。過去的創造力訓練課程通常是獨立於正式課程之外, 在短期的訓練之後即結束, 甚為可惜, 也令人不禁要問, 研究者們所各自發展的創造力訓練課程(陳學志、徐芝君, 2006; Chenug, Roskams, & Fisher, 2006; Puccio, Wheeler, & Cassandro, 2004), 是否能融入到國小的正式課程之中, 並且有效提升國小學童的科學創造力呢? 這是相當值得探討的。因此, 本研究希冀將科學創造力訓練課程融入國小自然與生活科技此一科目, 在長達一年兩學期的教學過程中, 實施四次的調查, 以瞭解學生科學創造力的發展趨勢以及有無參加創造力課程的學生其科學創造力成長趨勢是否不同, 此為本研究之目的。一、二。

此外, 相關研究也顯示, 即使在教學環境上進行控制, 創造力訓練仍舊可能無效(陳龍安, 2006), 陳玉樹與周志偉(2009)認為創造力訓練成效不彰的原因有可能是忽略了個體在學習中的其他因素。而本研究所關切的其他因素將從個人特質著手, 包括正向情緒、創意自我效能以及創造力傾向。近代

正向心理學的發展, 所強調的重點包括強調樂觀、正向情緒以及正向意義(常雅珍、毛國楠, 2006), 一些研究發現, 正向情緒會促進創意問題解決的可能性(Gasper, 2004; Kaufmann & Vosburg, 2002)。且依Fredrickson與Levenson (1998)「擴展－建立理論」(broaden-built theory)的觀點, 以及從他們的研究, 得到正向情緒會促進創意問題解決且可以消除原有負向情緒的結果。除此之外, Tierney與Farmer (2002)具體的研究數據驗證了特殊的創造效能信念直接關係著員工的創造力, 更證實了創意自我效能這個概念的存在, 而且它是不同於工作自我效能感。諸多有關於創造力的研究發現, 創意自我效能會對創意表現或創造性產品產生正向的預測效果(汪美香、黃炳憲, 2012; 林碧芳、邱皓政, 2008; 陳玉樹、郭銘茜, 2013; Gong, Huang, & Farh, 2009; Jaussi, Randel, & Dionne, 2007; Tierney & Farmer, 2004), 但是卻少有研究討論創意自我效能對科學創造力縱貫性發展的影響。

另一方面, 綜合多位學者的看法(胡夢蕾, 2006; 葉玉珠、吳靜吉、鄭英耀, 2000; Mellou, 1996; Runco & Sakamoto, 1999), 具有高創造力者大致上具有某些創造力傾向, 例如精力旺盛、高度的工作熱誠、大膽、自信、好奇、樂觀、理性主義等等, 由此可知, 學生的創造力傾向是一個討論科學創造力影響因素時的重點。國內外對於創造力的研究大多偏向認知的部分, 但是創造力的另一面向: 情意部分, 也就是創造力傾向這方面的研究則相對較少(李偉清, 2012), 尤其是針對國小學童創造力傾向的實證性研究更是不多見(洪文東, 2002; 蔡笑岳、朱雨潔, 2007; Hwang, Chen, Dung, & Tang, 2007; Magoun, Eaton, & Owens, 2002)。更可惜的

是，目前僅有的研究並非以縱貫性資料搜集的方式來瞭解正向情緒、創意自我效能、創造力傾向與科學創造力之間的因果關係。綜合以上討論，本研究將利用長期追蹤資料分析的優勢，探討國小學童正向情緒、創意自我效能、創造力傾向對科學創造力的影響效果。因為國小學童的正向情緒、創意自我效能、創造力傾向與科學創造力的發展並非一成不變，而是會隨著時間的遞移而變化，因此，本研究將正向情緒、創造力傾向、創意自我效能視為是隨時間變動的變項，討論其對科學創造力成長趨勢的相關，此為本研究的目的三、四及五。

除了個人特質的討論之外，眾多的創造力研究都共同指出知識在創意發展中扮演重要的角色(Amabile, 1996; Csiksentimihaly, 1999; Sternberg & Lubart, 1999)。Sternberg (1996)認為，知識與創造力的關係，被假定為一種倒U字型的曲線，最大的創造力表現是在中等的知識範圍上，但這樣的假定關係較缺乏大量研究的佐證，也缺乏長時間資料的論證。因此，本研究希冀討論在一剛開始的領域知識對科學創造力發展的影響，此乃本研究之目的六，而採用的領域知識即為自然科成績。此外，本研究所探討的四個時間點可能因為其他干擾變項如性別、有沒有補習等等也可能是重要的干擾變項，因為在臺灣的教育現況來看，學生在課後參與各種補習的狀況相當普遍，無論補習的型態為何，無可否認的還是以學業成績為導向者居多。國內外並沒有關於補習對於科學創造力發展影響的研究，且國內補習的型態相當多元，不適合以同質性教學的方式來論述，在缺乏文獻基礎的情況下，又對於補習與否的影響有所疑慮，所以本研究以控制變項的方式來討論。綜合上述，本研究具體探討國小學生

科學創造力的發展趨勢，以及發展趨勢是否會因為實驗與否而有所不同；也探討正向情緒、創意自我效能、創造力傾向與科學創造力發展的共變情形，以及不同程度的領域知識對於科學創造力成長速率的調節情形，此外，性別、補習與否是否會有不同的科學創造力成長情形。

貳、文獻探討

一、科學創造力的發展

科學創造力是一種功能性的創造力(葉玉珠、彭月茵、林志哲、蔡維欣、鍾素香，2008)，科學創造力應落實於生活問題的解決，以科學概念與科學過程為核心，透過科學探究過程與科學態度理解科學概念，才能發揮科學創造力，進而能應用於日常生活問題之解決。科學創造力究竟是如何發展的？就致力於創造力發展過程的研究而言，對於創造力所獲得的研究啟示大都僅限於呈現影響創造力的因素(Mayer, 2008; Wang & Horng, 2002)。而且Amabile (1996)從實證研究的角度來看，有關成長模式的創造力縱貫研究並不多(Cramond, Matthews-Morgan, Bandalos, & Zuo, 2005; Wai, Lubinski, & Benbow, 2005)，因此關心創造力的成長過程有其重要性。

從創造力的發展歷程來看，Gruber與Wallace (2001)的「演化系統取向」(evolving systems approach)模式認同創造力會隨時間持續發展，並非瞬間剝現的，而是必須經年累月的學習與思考才能產出。從實證研究的角度來看，有關成長模式的創造力縱貫研究並不多，後期研究者僅有少數如Cramond等(2005)、Wai等(2005)以縱貫性角度探討創造力的發展。學生的創造力並非固定不變，隨著年齡增長與時間的發展，它們的成長歷程

也會有變化，由此可知，學生的科學創造力應該也是會隨著年齡而有所變化(蕭佳純，2015)。國外在創造力方面的縱貫研究(Daniel, 2007; Kim, Hon, & Crant, 2009; Wai et al.)已經發現隨著年級或年齡的增長，創造力是隨之下降的。在國內，蕭佳純的研究也明確指出，國小學童的創造力為向下的發展趨勢，但是科學創造力的發展情形是否亦是如此？有待本研究的驗證。基於上述理由，本研究以國小五年級的學生為主要對象，並發展假設1如下：

假設1：一般（未參與實驗）國小學童的科學創造力呈現向下的發展趨勢。

二、創造力訓練課程的成效

回顧文獻，有關創造力訓練的研究相當豐碩(王精文、洪瑞雲、范凱棠、陸佳瑩，2006；陳玉樹，2008；Benedek et al., 2006; Garaigordobil, 2006; Hunsaker, 2005; Ma, 2006; Osburn & Mumford, 2006; Scott et al., 2004)，然上述這些研究都是以準實驗的研究設計來證實創造力訓練的成果，但是，創造力訓練成效是一個「改變」的問題，此問題無法由橫斷研究(cross-sectional study)來獲得答案(蕭佳純，2014)。針對國小學童創造力訓練的研究成果如何呢？國內針對國小學童經由創造力訓練後的成效討論多是針對採用的特定創造思考教學法，如主題統整教學、CoRT創造思考教學、創造性問題解決教學方案等，討論運用創造力教學後對於學生行為如學習成效、溝通能力等成效的分析(李秀姿、陳昭儀，2007；吳秀娟、潘裕豐，2007；陳玉樹；葉玉珠、葉玉環、李梅齡、彭月茵，2006；鄭英耀、李育嘉、劉昆夏，2008；錢昭君、張世慧，2010)。有關於學生具體的創造力提升成效方面的研究則較為有限，惟陳

亮光(2008)曾以對外華語文教師師資培訓課程學員64人為研究對象，發現以創意教學策略教育之學員於創造力中之認知、情意及技能因素之表現的確明顯高於接受傳統教學法之學員。而國外如Besançon與Lubart (2008)進行兩年的實驗研究，比較傳統和創意的學習環境對創造力發展的影響，其研究結果顯示教學的介入對學童的創意表現為正向，又以創意教學法比起傳統教學法對於創造力的發展尤甚。

綜觀前述創造力訓練投入的相關研究，發現創造力課程多以短期訓練為主，研究方式多為準實驗前後測設計(Scott et al., 2004)，研究結果多認同透過一段時間的訓練可提升創造思考能力，並應設法塑造一個有利發展及延續創造力的環境因素(Birdi, 2005; Wang, Chen, Horng, Huang, & Li, 2004)。從上述可知，創造力可能隨著年齡有不同的發展趨勢，而創造力訓練也有其助益效果，但這多侷限是短期的課程與成效調查，缺乏長時間的縱貫性分析，更鮮有針對科學創造力為主題者。是以，本研究以縱貫性研究來瞭解科學創造力訓練課程融入「自然與生活科技領域」此一學科後對於科學創造力的助益效果，據此，本研究發展假設2如下：

假設2：參加創造力訓練課程的學生其科學創造力的發展趨勢將不同於未參加創造力訓練課程的學生。

三、正向情緒與科學創造力的關聯

Seligman與Csikszentmihalyi於2000年提出正向心理學(positive psychology)概念，他們相信擴展個人正向情緒經驗，將更有助於個人心理之發展及潛能之發揮(常雅珍、毛國楠，2006)。Fredrickson與Branigan (2005)認為，正向情緒需要認知的評價與意義的建

立。Morris於1989年所提出的「認知調整模式」(cognitive tuning model)表示，情緒是個體評估外在環境安全與否的指標，而個體也會依照情緒來調整認知系統的運作模式。若個體處於正向的情緒中，感受到情緒是安全的，會比較願意冒險，也較富有創意，容易產生不尋常的聯想(Schwarz, 2000)。除此之外，Fredrickson與Levenson (1998)的「擴展—建立理論」認為正向情緒如快樂、滿足、自信等，會使個體擴展思考與行動，並開始嘗試建立個人資源，使個體較能有彈性或創造性的解決問題。由以上的討論可知，正向情緒之所以能促進創造力的表現，是因為情緒被激起時，在幻想或情緒狀態中的情感主體可以引發一個更寬廣的聯想網路，而這個被擴大的聯想網路就可以促進個體在問題解決時，擴散性思考和變通能力的表現(Gasper, 2004; Kaufmann & Vosburg, 2002)。由此可知，正向情緒應可促進創造力的發展。

不少探討情緒與創造力關係之研究可發現(Isen, 2000; Schwarz, 2000; Shapiro, Weisberg, & Alloy, 2000)，正向情緒有助於創造力表現。Grawith, Munz與Kramer (2003)發現正向情緒在創造力表現上高於負向與中性情緒組，但是負向情緒卻不會降低創造力的表現。Fredrickson與Branigan (2005)從實驗結果發現擴大認知選擇的假設獲得支持，受試者在兩種正向情境(歡愉和滿足)中可以確認更多想去做的事，而在兩種負向情緒的情境(害怕和生氣)中，比中立組所回答想做的事更少。根據邱發忠、陳學志、徐芝君、吳相儀與卓淑玲(2008)的整理，認為正向情緒以兩種機制來影響創造力的表現，其一為正向情緒可以提升認知彈性(cognitive flexibility)，促使個體知覺到兩個想法可以聯結在一起的能力。其二，正向情緒可以提升認知處理的

效能，以減少無關訊息的處理。但是目前僅有方紫薇、陳學志、余曉清與蘇嘉鈴(2011)的研究證實正向情緒有助於科學問題解決，但仍是缺乏對於科學創造力的討論，更缺乏長期縱貫性的分析。所以本研究想討論學生是否會因為當時的正向情緒，而使得擴展了思考、注意力，而更有點子、創意解決問題，進而影響了學生的科學創造力。而本研究視正向情緒為一種狀態而非特質，因此會隨時間而變動，據此，本研究發展假設3如下：

假設3：學生的正向情緒是會與科學創造力的成長趨勢產生共變情形。

四、創意自我效能與科學創造力之關聯

Tierney與Farmer (2002)將自我效能理論與Amabile (1988)的創造力理論予以結合，提出「創意自我效能」(creative self-efficacy)此一概念，並將創意自我效能視為自我效能在特殊領域的應用。正如Chen, Gully與Eden (2001)所指，傳統對一般性自我效能的測量無法類推至不同領域內自我效能的測量。所以，本研究的創意自我效能意指「個人自認具有製造創意成品之能力之信念」。創意自我效能是屬於創造力的一種自我效能，並能幫助個人面對創作行為時更有效率。

自我效能係屬特定領域與情境的概念(Bandura, 1986)，因此在預測特定學習活動時，往往具有高度的預測能力。諸多有關於創造力的研究發現，創意自我效能會對創意表現或創造性產品產生正向的預測效果(汪美香、黃炳憲, 2012；林碧芳、邱皓政, 2008；陳玉樹、郭銘茜, 2013；Gong et al., 2009; Jaussi et al., 2007; Tierney & Farmer, 2004)。Tierney與Farmer (2011)更曾經以一般企業員工為對象，長期調查發現，創意自我

效能的長期發展可以正向影響當時工作上的創造力表現。也就是說，創意自我效能是會與創造力在時間的發展上產生共變的。由此可知，創意自我效能能在創造力的表現中，扮演著關鍵性的角色。當個體面對一項具有挑戰性的任務時，是否會全力以赴，這將取決於個體對本身自我效能的評估(陳玉樹、郭銘茜)，因為個體自我效能的強度會決定個體是否努力面對困境，例如Huang, Krasikova與Liu (2016)就曾以美國106高科技公司的領導者為對象，瞭解他們的創意自我效能對於員工創造力的影響，研究結果發現，領導者的創意自我效能會透過領導者對於員工的鼓勵進而提高他們對於創意的參與，再進一步提升他們的創造力。研究進一步指出，當領導者的創意自我效能高時，則他們會更願意投入創意的開發，面對創意開發過程可能遭遇的困難。Hartley, Plucker與Long (2016)就曾經以中國3,623位國小三至六年級的學生以及他們的60位教師，進行教師對於學生的創造力印象排序分數，對於學生創意自我效能的影響。研究結果發現，教師對於學生的創造力排序分數並不會影響學生的創意自我效能，反倒是教師自覺鼓勵學生創造力自我效能的程度會影響到學生的創造力自我效能。由於學生在從事科學創造力行為的過程中可能遭遇挫折與阻礙，需要長時間的投入，如果沒有強烈的自信心，很難維持科學創造力行為的展現，可見創意自我效能對於科學創造力行為的影響。所以，本研究合理推論，當學生創意自我效能愈高時，對於自己的科學創造力會愈具信心，也會更願意接受挑戰，以藉此展現出更具有科學創造力的行為。但是因為學生的創意自我效能可能在每一階段都不相同，所以視為與時間變動的共變項，據此，本研究提出發展假設4如下：

假設4：創意自我效能會與科學創造力的成長趨勢產生共變情形。

五、創造力傾向與科學創造力的關聯

創造力的發揮需匯合各種因素的交互作用後才得以發揮(Kaufman & Bear, 2005, 2008; Kaufman, Bear, & Gentile, 2004)，林幸台(2002)在他的研究中認為，性格與意志是否是蛻變為創意人的重要關鍵。由此可知，創造力特質與傾向相當重要。有許多研究者研究各領域傑出創造者的人格特質，試圖找出創造力特質跟創造能力相關的部分，例如葉玉珠(2006)的訪談研究發現，影響科技創造力表現的重要16項創造力傾向包含：喜歡與人互動、具有冒險精神、願意成長、不斷求進步、興趣廣泛、喜歡嘗試等等。洪文東(2002)也綜合一些學者專家的研究後發現，從事創造型兒童有以下特徵，包含有：觀察力敏銳、喜歡求證事物、有想像力、超人的記憶、毅力堅強、善用各種符號、喜歡排列組合等等二十項特質。洪榮昭、康鳳梅與林展立(2003)認為較有創造力的科技競賽學生具有以下的特質：樂觀、進取、心胸開闊、務實本分、有自信、有時間觀念與樂於學習。葉玉珠的研究明確指出，創造力傾向對於創造力的發揮具有直接、關鍵的積極促進作用，蕭佳純(2012)的研究更證實，國小兒童的創造力傾向對於創造力具有直接影響。是以，個體若無創造力傾向也難有創造力的產生(李偉清, 2012)。

創造力不但是認知方面的特質，創造傾向的人格特質對創造行為的表現也有重大影響，因此評量與創造力有關的人格特質(如獨立、冒險、開放、想像等)，可經由此來推測其創造力的高低。Min, Ugaddan與Park (2016)

就以「聯邦政府公務人員意見調查」(Federal Employee Viewpoint Survey, FEVS)資料庫的2013年資料分析，研究發現，領導者對於員工的創造力具有直接影響，而且當他們有機會在工作上有所表現時，則員工也會展現出較高的創造力傾向。過去相當多研究如洪文東(2000)在測量創造力高低時的測量工具乃是直接測量學生的創造力傾向高低，以做為預測創造力表現，較缺乏直接測量、分析創造力傾向與創造力之間的關係，反倒是認為創造力傾向高，就覺得創造力高。但是，創造力傾向高是否就能代表創造力表現會高？尤其，本研究所討論的是科學創造力，這中間關係的論述應該有更多的實證研究來支持，也正是本研究所關心的重點之一。換言之，本研究將創造力傾向視為隨時間變動的變項，因此發展假設5如下：

假設5：創造力傾向對科學創造力的成長趨勢產生共變。

六、知識與科學創造力的關聯

Amabile (1988)認為，領域知識是一個穩定、個人的因素，它形塑了個人創造的表現，因此，某一個特殊的領域中現存的經驗，對創造是否成功具有顯著的影響。Tierney與Farmer (2002)的研究中，以工作知識作為預測個體創造表現的變項，其工作知識包含工作經驗與正式的教育兩個指標，研究發現，工作知識確實能夠有效的預測創造表現。由此可知，創造力理論或模式都強調特定領域知識的重要性，因此，討論領域知識對科學創造力的影響，應為未來科學創造力發展的核心理念。

學童在學業上習得的知識越多，他越有可能對新問題有創見，亦即對某事物的意義瞭解越多，具備的相關知識越多，則思考時

應能從更多方面、角度考慮，變通性越大，越有助於創造力的發揮(Zhao & Zhao, 2010)。所以，豐富的知識是科學創造力的必要條件，是有創造力的人用以發揮其創意的訊息庫(Batey, Furnham, & Safiullina, 2010)。因此，本研究將針對領域知識對科學創造力的關係做探討，而在知識的選擇方面，因為創造力著眼於問題情境的解決所需要的能力，問題解決與科學創造力是有高度相關的，而從目前我國九年一貫課程的設計上強調縱向銜接與橫向統整，其中，生活科技與自然科合併為一學習領域，可見科技的學習與自然或科學具有密切的關係(教育部，2000)。所以本研究在領域知識部分聚焦於學生的「自然與生活科技領域」的知識，並採計自然與生活科技此一科目的測驗成績做為衡量。因為本研究想瞭解的是，在一剛開始的領域知識程度對於科學創造力成長趨勢的影響，因此只蒐集第一波資料的成績，視為層次二的變項。據此，本研究發展假設6如下：

假設6：自然科成績對於科學創造力的發展趨勢具有調節效果。

除此之外，學習過程的重點即在於培養學習者的創造力，而學生的經驗不管是在正式、非正式和非正規環境下所學到的一切，都需考慮到其對科學創造力的影響。依此推論，補習與否可能對創造力的發展產生影響，但是國內外並沒有關於補習對於科學創造力發展影響的研究，但是從生活經驗可以發現，若是學生補習的課目、或是時間較多，且多數的補習班都是以學業成績為導向，這對於科學創造力的發展可能是會有抑制效果，但因為缺乏足夠的理論基礎及論述，因此本研究將補習與否以控制變項來處理，同時「性別」也以控制變項處理之。

參、研究方法

一、研究程序

為達上述研究目的，本研究首先邀請國內於自然與生活科技學科任教的績優教師一起編製「創造力訓練課程」融入於「自然與生活科技」教學的教材內容、教學方法等。而邀請教師的依據為該名教師曾在國內相關科學創造力的競賽，如曾於科展或PowerTech全國少年科技創作競賽獲獎的資深教師(分別為楊老師及樂老師)。而為了共同聚會的方便性，本研究一共邀請七位於臺南地區任教的國小教師參與實驗，這七位教師都是曾參與研究者過去創意教學研究計畫研習的教師，在經過兩年的研習培訓後，對於創意教學有興趣與教學基礎的教師。本研究所編制的課程為五年級下學期的「水溶液的酸鹼度」、「摩擦力」兩個單元；以及六年級上學期的「熱與我們的生活~節能減碳大作戰」以及「電與磁的奇妙世界~電磁車快跑」。這些單元的選擇都是經過九位教師的討論所選擇。基於不改變學校既有教學情境的原則，本實驗未採隨機抽樣隨機分派的真正實驗設計，而改採以學校現有的班級為教學單位，選取臺南市不同地區三所國民小學七個班級，進行不等組前後測實驗設計，創造力訓練課程為期36週，橫跨上下兩學期。而這四個單元的施行約莫在學期的第5 ~ 8週，以及第13 ~ 16週，四次施行時間共約一年的時間。最後，為驗證研究假設，本研究進行問卷調查，並且於創造力訓練課程實施的過程中針對科學創造力的衡量一共施測四次，以瞭解創造力訓練課程的效果，每次一併調查的變項還包含了：正向情緒、創造力傾向以及創意自我效能。為了瞭解自然科成績、補習與否(控制變項)、性別(控制變項)對於科學創造

力成長速率的影響，也將於第一次施測時一併作調查。所以在本計劃預定一年的調查時程，第一次約在2015年的2月初、第二次約在2015年的6月底、第三次則在2015年的9月初、第四次約在2016年的2月底，也就是在第二次18週的創造力訓練課程實驗結束後。除此之外，本研究四波調查除了實驗組的學生須接受評量之外，對照組的學生也將一併接受評量，研究架構如圖1所示。

二、研究對象

教師方面，本研究邀請實驗組教師7位，對照組教師7位，其中實驗組教師為接受研究者於科技部計畫執行中創意教學工作坊培訓後，有意願實際執行創意教學，將創造力訓練課程融入於「自然與生活科技」此一學科的教師，對照組教師則為實驗組教師的同校同事。教師教授的全班學生皆為本研究的對象，所以參與的學生為實驗組：157位；以及對照組：211位。且為了共同討論時間的方便，本研究選取的學校同在臺南市3所不同的國民小學，分別為平安國小(3位老師)、健康國小(2位老師)、幸福國小(2位老師)，並且為了使得教學的7位教師能充分瞭解本研究所編制的創造力訓練課程，本研究在正式開始教學之前，委請編制課程的2位績優教師與實際教學的7位教師再進行座談與研習，以達充分溝通，座談內容則為績優教師示範教學，並且將教材教法與七位教師溝通，也作適當的修正。除此之外，在問卷編製過程中所採用的預試樣本則採用便利抽樣，選取臺南市國小五年級學童200位參與預試。

三、研究工具

(一)正向情緒量表編製

本研究所使用的正向情緒量表為自編量

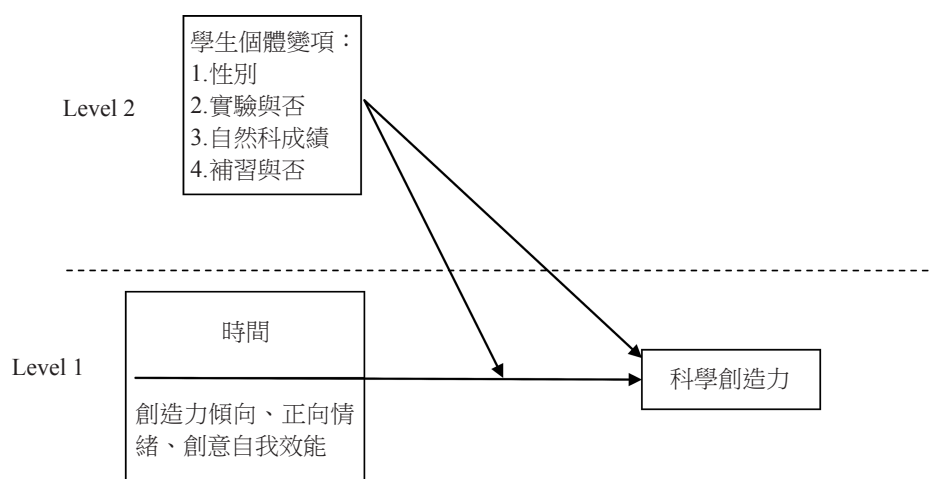


圖1：研究架構圖

註：「時間」係指本研究在兩年進行四次施測的時間點，由同一群學生分別在四次時間點的施測。「創造力傾向、正向情緒、創意自我效能」為學生隨時間變動的共變數。

表，乃是研究者參考Fredrickson與Levenson (1998)以及常雅珍與毛國楠(2006)的量表為依據來進行編製，作者初編量表的題目如：「我開心的過每一天」、「我的心情通常是愉快的」、「我看到別人受委屈時，我會去安慰他」、「我擁有的已經夠多了，應該感到滿足」、「我對自己感到自豪」，一共編制有46題。經200位學生預試樣本及探索性因素分析後，最後共抽取4個因素32題，累積解釋變異量為66.49%。四個因素分別命名為愉悅(共12題)、同理心(共9題)、知足(共4題)、以及自信(共7題)。信度Cronbach's α 分別為.86、.83、.88、.86、總量表的Cronbach's α 值為.89。而正式樣本經一階與二階驗證性因素分析比較後發現，二階驗證性因素分析的各方面適配指標皆優於一階驗證性因素分析，因此本研究採用二階驗證性因素分析，卡方值為1,640.31， $p < .05$ 達顯著水準，RMSEA, GFI, AGFI, CFI, IFI及SRMR分別為.07、.94、.91、.96、.96、.04，組成信度為.81、.80、.79以及.83，結果顯示本量表的整體適配度尚佳。

(二)創意自我效能量表

本研究所使用的創意自我效能量表為自編量表，乃是研究者參考林碧芳與邱皓政(2008)所編製的「創意自我效能量表」，並根據國小學童的特性加以修訂，來測量國小學生的創意自我效能程度，為Likert六點量表。此量表原先有12題，分別有「當我面對新問題時，我相信我能很快聯想到很多個解決方案」、「當我在作報告時，我相信我能做出令人耳目一新的作品」、「當老師不接受我的創意成品時，我想我仍會堅持自己的理想」等等。經200位預試樣本的探索性因素分析後，共得到三個因素，分別命名為創意思考策略(共4題)、創意成品信念(共3題)、抗衡負面評價(共3題)，共可解釋71.29%的變異量，信度Cronbach's α 值分別為.89、.86、.87，總量表的Cronbach's α 值為.88。正式樣本經一階與二階驗證性因素分析比較後發現，二階驗證性因素分析的各方面適配指標皆優於一階驗證性因素分析，因此本研究採用二階驗證性因素分析，經二階

驗證性因素分析後，卡方值為411.38， $p < .05$ 達顯著水準，RMSEA, GFI, AGFI, CFI, IFI及SRMR分別為.04、.91、.91、.93、.93、.05，組成信度分別為.82、.84以及.87，顯示本量表的整體適配度尚佳。

(三)創造力傾向量表

本研究所使用的創造力傾向量表乃直接採用林幸台與王木榮(1999)修訂自Williams (1980)的創造力傾向測驗，此測驗共包含四個分量表：冒險性(6題)、好奇心(11題)、想像力(8題)以及挑戰性(8題)，所以此量表共33題。本研究中使用Likert六點量表進行測量，分數越高代表學生之創造力傾向越高。因為是直接採用量表，所以在驗證性因素分析部分直接採用二階驗證性因素分析，卡方值為422.38， $p < .05$ 達顯著水準，RMSEA, GFI, AGFI, CFI, IFI及SRMR分別為.04、.91、.91、.92、.94、.05，組成信度分別為.80、.88、.86以及.87，顯示本量表的整體適配度尚佳。

(四)領域知識

本研究採用學生五年級上學期的自然與生活科技學科學期總成績作為領域知識的衡量，同時，為了避免不同學校之間不同測驗題目所造成的測量誤差問題，所以此部分的分數以同一學校學生之間的T分數計算，以做為領域知識的衡量。

(五)科學創造力測驗

因本研究針對科學創造力一共進行四次測驗，為避免學生的學習及記憶效果，因此準備有四種版本的創造力測驗，而四個版本的測驗分別為葉玉珠等(2008)所發展的「情境式科學創造力測驗」；洪文東(2003)的科學創造力測驗、李明昆與洪振方(2012)的科學創造

力測驗、以及王佳琪、何曉琪與鄭英耀(2014)的科學創造力測驗。四個測驗的目的多是在瞭解中小學學生遭遇真實情境的問題時，如何運用科學知能解決問題；因此，在作答時鼓勵受試者以自然與生活科技領域的知識為基礎，發揮其想像力與創造力。而在計分方式方面，因為四個測驗的測量指標不一，有包含流暢性、獨創性、變通性等，或是包含有用性、獨特性等。Sternberg與Lubart (1999)建議，應降低流暢性、變通性的配分，增加獨創性的比重，因為以往將流暢性、變通性與獨特性的分數加總的做法，會令人產生創造力的得分到底是因為流暢性的得分而產生的，還是因為變通性的得分而產生的困惑。Mayer (1999)也認為創造性產品必須具有「獨創性」和「有用性」這兩個特徵。因此，可以採用「獨創」及「有效」這兩個判準來計分，然而綜觀這四種測驗，共通的測量指標為獨創性，因此本研究以獨創性做為科學創造力的衡量指標。

而為了解釋上的方便，本研究將每個測驗的獨創性分數分別依常模轉換成T分數，而葉玉珠等(2008)在應用量表進行後續的性別與年及差異分析時，也是建議以T分數的形式進行分析，所以本研究也採計T分數的方式來進行後續的HLM分析。另外，因為四個創造力測驗都是屬於開放式測驗，所以評分的訂定標準是採共識評量的方式，也就是所有答案的評分標準都是評分團隊討論後的共識。而且，每個分測驗都是由研究團隊中的三位修習過創造力理論的研究生進行評分。因此，在評分者信度的分析上，每個情境皆有三位評分者，三個情境的評分者信度Kendall's ω 依序為.98、.97、.98， p 值皆小於.001，達顯著水準，具顯著相關，可知具有良好的評分者信度。需特別說明的是，本研究欲討論的

是科學創造力，但是受限於四個科學創造力的共同測量指標為獨創性，因為獨創性的高低並無法完整代表學生科學創造力的表現，為了避免產生以偏概全、過度推論的疑慮，因此以下的研究結果與討論將科學創造力修正為科學獨創性，而這也將是本研究一個重要的研究限制。

肆、結果與討論

從全體學生、實驗組學生以及對照組學生在各變項四個波次調查的平均數及標準差來看，全體學生的科學獨創性平均數介於46.86到49.74間波動，標準差介於6.09到10.98；實驗組學生的科學獨創性平均數從49.17上升到56.73，其中在第二次調查略下降到47.11，標準差介於5.42到8.02；對照組學生的科學獨創性平均數從50.19下降到40.16，標準差介於6.15到7.71。由此可以發現，全體學生及實驗組學生的科學獨創性大致上呈現先微幅下降後再上升的曲線發展趨勢，而對照組學生則是呈現線性下降的發展趨勢。

一、虛無模式

本研究四波調查時間分別為第一波調查時間：2015年2月；第二波調查時間：2015年6月；第三波調查時間：2015年9月；第四波調查時間：2016年1月。本研究的時間變項

取各組中點，並採Raudenbush與Bryk (2002)的建議將 π_{0ij} 定義為初始狀態，因此將時間以第一波調查時間進行平減，且為了確認層次一預測變項與結果之間的關係估計是無偏的，所以將層次一隨時間變動的共變數都按組平均置中(Raudenbush & Bryk)。平減後的月數分別為0、4、7、11。在進行HLM成長模式分析前，首先需進行虛無模式，來檢測資料中來自個體間的變異成分是否顯著，若為顯著，則表示組間的效果不容忽視，有必要進行階層線性模式的分析。本研究的虛無模式如下所示：

$$Y_{it} = \pi_{0i} + e_{it}$$

$$\pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i}$$

其中 $i = 1, \dots, N$ 為學生個體； Y_{it} 為對個體 i 於第 t 月數所測量的科學獨創性； π_{0i} 為截距，即個體 i 的科學獨創性平均數； e_{it} 為層次一的隨機誤差，假定其為獨立且服從變異數為相同 σ^2 的常態分配； β_{00} 為學生科學獨創性在四個時間點的總平均數； γ_{0i} 為隨機效果，即個人的獨有誤差。

虛無模式分析結果如表1所示，全體學生、實驗組、對照組的學生，層次一(個體內)的變異量分別為123.51、252.83、32.09，初始狀況(個體間)的變異量分別為35.12 ($\chi^2 =$

表1：學生科學獨創性虛無模式比較分析摘要表

組別	全體學生			實驗組學生			對照組學生		
	係數	標準誤	p	係數	標準誤	p	係數	標準誤	p
科學獨創性初始狀態(π_{0i})									
截距(β_{00})	47.72	0.42	< .05	51.20	0.75	< .05	45.10	0.42	< .05
隨機效果									
	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p
初始狀況(r_{0i})	35.12	786.60	< .001	23.61	207.53	.002	28.72	952.23	< .001
層一誤差(e_{it})	123.51			252.83			32.09		

786.60, $df = 368$, $p < .05$)、23.61 ($\chi^2 = 207.53$, $df = 151$, $p < .05$)、28.72 ($\chi^2 = 925.23$, $df = 202$, $p < .05$)，皆達到顯著水準，滿足階層線性模式之成長模式分析，依變項的個體內與個體間變異成分必須存在的要求。且經由計算的組內相關係數分別為0.2214、0.0854、0.4723，表示在全體學生、實驗組學生以及對照組學生的科學獨創性的全體變異量中，個體間的變異量分別約占22.14%、8.54%、47.23%，而個體內重複測量的變異量分別約占77.86%、91.46%以及52.77%。由虛無模式分析得知，無論是全體、實驗組或對照組學生的創造力上，皆有相當高的變異成分存在於個體間。根據虛無模式的分析結果，本研究將進行成長模式的檢定。

二、非條件化成長模式

在瞭解學生科學獨創性的初始狀態及成長趨勢前，本研究先進行非條件化線性成長(unconditional linear growth model)與非條件化成長曲線(unconditional quadratic growth model)兩個模式的概似比考驗，以兩個模型的離異數統計量進行比較。結果在全體學生以及實驗組學生的線性成長模式的離異數分別為11,224.29、4,915.06，成長曲線模式的離異數分別為11,234.15以及4,901.07，兩者的差分別為9.86、10.25，這個差服從自由度為3的 χ^2 分配，其考驗結果達到顯著($p < .05$)，表示模式的簡化並不恰當。其次，對照組學生的線性成長模式的離異數為4,649.55，成長曲線模式的離異數為4,645.02，兩者的差為4.53，這個差服從自由度為3的 χ^2 分配，其考驗結果未達到顯著($p > .05$)，表示模式的簡化恰當。因此，全體及實驗組的學生均採用二次曲線成長模式來檢定學生的科學獨創性是否存在著不同的截距與斜率，而對照組學生則採用

線性模式。除此之外，為了確認實驗組學生以及對照組學生的科學獨創性成長趨勢是否要分開討論，本研究先跳到條件化成長模式來討論，經條件化成長模式中的斜率預測模式分析結果顯示，「分組」此一變項在線性成長速率及成長曲率的調節效果部分，達顯著水準($\beta_{13} = 10.92$, $t = 4.61$, $p < .05$; $\beta_{23} = 3.32$, $t = 2.54$, $p < .05$)，也就是說，實驗組與對照組的學生在科學獨創性的線性成長速率及成長曲率有顯著差異，而且實驗組的學生顯著高於對照組的學生，並且前述的分析也證實，實驗組學生為二次成長曲線模式，而對照組學生為線性成長模式。由此再次證明，應將實驗組與對照組的學生分開探討他們各自的成長趨勢。因此本研究接下來的分析都分成實驗組與對照組兩部分來討論。本研究的無條件二次成長模式如下所示：

$$\begin{aligned} Y_{it} &= \pi_{0i} + \pi_{1i} \text{時間}_{it} + \pi_{2i} \text{時間}_{it}^2 + e_{it} \\ \pi_{0i} &= \beta_{00} + \gamma_{0i} \\ \pi_{1i} &= \beta_{10} + \gamma_{1i} \\ \pi_{2i} &= \beta_{20} + \gamma_{2i} \end{aligned}$$

其中， π_{0i} 為截距，即學生個體 i 的科學獨創性的初始狀態；而 π_{2i} 為科學獨創性的成長曲率， 時間_{it} 為將個體 i 在第 t 波調查的月數，以減去第一波調查月數做為置中。 γ_{0i} 、 γ_{1i} 及 γ_{2i} 為層次二的隨機效果，假定每一 γ_{0i} 、 γ_{1i} 及 γ_{2i} 為獨立且常態的分配，其平均數為0且變異數為 τ_{00} 、 τ_{11} 及 τ_{22} 。

非條件二次成長模式結果如表2所示， β_{10} 與 β_{20} 分別表示層次一時間項與學生科學獨創性關係的估計參數，若其達顯著水準，表示時間可以預測科學獨創性的成長趨勢。

在實驗組學生部分的固定效果中，學生

表2：學生科學獨創性非條件化二次成長模式比較分析摘要表

組別	實驗組學生			對照組學生		
	係數	標準誤	<i>p</i>	係數	標準誤	<i>p</i>
固定效果						
創造力初始狀態(π_{0i})						
截距(β_{00})	59.99	8.23	< .05	53.49	0.65	< .05
平均成長率(π_{1i})						
截距(β_{10})	-12.44	6.21	< .05	-3.36	0.17	< .05
平均加速度(π_{2i})						
截距(β_{20})	3.43	1.31	< .05			
隨機效果						
	變異數	χ^2	<i>p</i>	變異數	χ^2	<i>p</i>
初始狀況(r_{0i})	7,146.24	125.21	> .50	79.36	2,377.71	< .001
成長率(r_{1i})	4,046.60	81.50	> .50	5.06	1,242.76	< .001
加速度(r_{2i})	49.95	365.51	< .50			
層一誤差(e_{ii})	124.31			5.91		

科學獨創性在起始狀態 β_{00} 為59.99；平均成長率 β_{10} 為-12.44，成長加速度 β_{20} 為3.43，均達顯著水準；而且 β_{10} 為負號，而 β_{20} 為正號，代表開口向上，實驗組學生的科學獨創性呈現先下後上的趨勢。另外，在隨機效果部分，測量個人成長曲線參數(γ_{0i} 、 γ_{1i} 和 γ_{2i})變異情形的估計值分別為：截距項變異量 $\tau_{00} = 7,146.24$ ($\chi^2 = 125.21, p > .05$)未達顯著水準；平均成長率變異量 $\tau_{11} = 4,046.60$ ($\chi^2 = 81.50, p > .05$)未達顯著水準；成長加速度變異量 $\tau_{22} = 49.95$ ($\chi^2 = 365.51, p < .05$)達顯著水準。結果顯示個別學生間的科學獨創性存在不同成長曲率，成長曲線可能受到其他變項的調節，故可進一步進行曲率調節效果的檢定。再者，比較虛無模式與非條件二次成長模式可知，在實驗組學生的科學獨創性層次一時間變項所解釋的變異數比例為50.83%，即引進時間變數可以減少第一層誤差項的變異數達50.83%的程度。

在對照組學生部分的固定效果中，學生科學獨創性在起始狀態 β_{00} 為53.49；平均成長率 β_{10} 為-3.36，達顯著水準；而且 β_{10} 負號，代

表線性向下，對照組學生科學獨創性呈現線性向下的趨勢。由此可知，本研究的假設1獲得成立，因為未參與實驗的對照組學生，他們的科學獨創性是會隨著時間呈現逐漸下降的趨勢。另外，在隨機效果部分，測量個人成長曲線參數(γ_{0i} 、 γ_{1i})變異情形的估計值分別為：截距項變異量 $\tau_{00} = 79.36$ ($\chi^2 = 2,377.71, p < .05$)達顯著水準；平均成長率變異量 $\tau_{11} = 5.06$ ($\chi^2 = 1,242.76, p < .05$)，兩者均達顯著水準。結果顯示代表個別學生間的科學獨創性在初始狀態及成長速度即存在有顯著差異。再者，比較虛無模式與線性成長模式可知，在對照組學生的科學獨創性層次一時間變項所解釋的變異數比例為81.55%，即引進時間變數可以減少第一層誤差項的變異數達81.55%的程度，這是相當高的變異削減量。對照這兩組學生的科學獨創性發展趨勢可以發現，若以對照組學生來看，與過去研究的論述如Cramond等(2005)、Wai等(2005)的研究所說的，一般學生的創造力是呈現向下的發展趨勢，也就是說，隨著年齡愈大，科學獨創性是越低的。但是以實驗組來看，一剛開始也是下降的趨勢，但是到了約莫第三次實

驗之際，科學獨創性開始慢慢上升，顯見實驗本身對於科學獨創性的發展是有助益的。由以上的分析可知，本研究的假設2獲得成立，即實驗組與對照組學生的科學獨創性發展趨勢不盡相同，且實驗組惟先下後上的發展，而對照組為向下的線性發展。

三、共變數效果分析

本研究隨時間變動的共變數分析模式如下所示：

$$\text{Level 1: } Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}\text{時間}_{ti} + \pi_{2i}\text{時間}_{ti}^2 + \pi_{3i}\text{愉悅} \\ + \pi_{4i}\text{同理心} + \pi_{5i}\text{知足} + \pi_{6i}\text{自信} + \pi_{7i}\text{創} \\ \text{意思考} + \pi_{8i}\text{創意成品} + \pi_{9i}\text{抗衡負面} + \\ \pi_{10i}\text{冒險性} + \pi_{11i}\text{好奇心} + \pi_{12i}\text{想像力} + \\ \pi_{13i}\text{挑戰性} + e_{ti}$$

$$\text{Level 2: } \pi_{0i} = \beta_{00} + \gamma_{0i} \\ \pi_{1i} = \beta_{10} + \gamma_{1i} \\ \pi_{2i} = \beta_{20} + \gamma_{2i} \\ \pi_{3i} = \beta_{30} \\ \pi_{4i} = \beta_{40} \\ \pi_{5i} = \beta_{50} \\ \pi_{6i} = \beta_{60} \\ \pi_{7i} = \beta_{70} \\ \pi_{8i} = \beta_{80} \\ \pi_{9i} = \beta_{90} \\ \pi_{10i} = \beta_{100} \\ \pi_{11i} = \beta_{110} \\ \pi_{12i} = \beta_{120} \\ \pi_{13i} = \beta_{130}$$

其中， β_{20} 為學生之科學獨創性的成長曲率平均數； β_{30} 為四次調查後學生正向情緒中愉悅的平均數； β_{70} 為四次調查後學生創意自我效能中創意思考的平均數； β_{100} 為四次調查後學生創造力傾向中冒險性的平均數；以此類推，這些變項皆稱為隨時間變動的共變數。由於正向情緒的四個因素構面(愉悅、同

理心、知足、自信)、創意自我效能的三個因素構面(創意思考、創意成品、抗衡負面)以及創造力傾向四個因素構面(冒險性、好奇心、想像力、挑戰性)等變項是作為共變數，因此在形式上將它設為層次二中的固定效果。

共變數效果分析結果如表3所示，研究結果顯示，以實驗組學生的科學獨創性來看，除了時間變項外，僅受到創意成品($\beta_{80} = 0.01, t = 2.98, p < .05$)、好奇心($\beta_{11} = 1.61, t = 2.24, p < .05$)、挑戰性($\beta_{13} = 1.74, t = 2.34, p < .05$)的顯著影響，且創意成品、好奇心與挑戰性對學生科學獨創性呈正向關係，也就是說創意成品、好奇心與挑戰性越高的學生，其科學獨創性會越高。此外，本研究也比較虛無模式與共變數模式可知，在創造力層次一時間及共變數模式所解釋的變異數比例為52.25%，即引進時間及共變數模式可以減少第一層誤差項的變異數達52.25%的程度，對照僅有時間變項的模型，僅僅增加了1.42%的變異解釋量，所以所引進的共變數對於實驗組學生的科學獨創性成長趨勢貢獻並不大。

再以對照組學生的科學獨創性來看，除了時間變項外，還受到創意思考($\beta_{70} = 0.003, t = 3.54, p < .05$)、創意成品($\beta_{80} = 0.02, t = 28.54, p < .05$)、抗衡負面($\beta_{90} = 0.85, t = 2.20, p < .05$)、冒險性($\beta_{10} = 0.88, t = 2.00, p < .05$)的顯著影響，且創意思考、創意成品、抗衡負面、冒險性對對照組的學生科學獨創性呈正向關係，也就是說創意思考、創意成品、抗衡負面、冒險性越高的學生，其科學獨創性會越高。此外，本研究也比較虛無模式與共變數模式可知，在創造力層次一時間及共變數模式所解釋的變異數比例為84.43%，即引進時間及共變數模式可以減少第一層誤差項的變異數達84.43%的程度，對照僅有時間變項的模型，僅增加了2.88%的變異解釋量，所

表3：學生科學獨創性共變數分析模式分析摘要表

模型 固定效果	實驗組學生			對照組學生		
	係數	標準誤	p	係數	標準誤	p
β_{00}	60.12	8.94	< .05	42.79	4.25	< .05
β_{10}	-14.30	7.19	< .05	-2.76	0.34	< .05
β_{20}	3.68	1.43	< .05			
β_{30}	0.94	0.73	> .05	0.25	0.18	> .05
β_{40}	0.99	0.74	> .05	-0.22	0.19	> .05
β_{50}	0.17	0.38	> .05	0.02	0.08	> .05
β_{60}	0.22	0.44	> .05	0.04	0.14	> .05
β_{70}	0.08	0.06	> .05	< 0.01	< 0.01	< .05
β_{80}	0.04	< 0.01	< .05	0.02	< 0.01	< .05
β_{90}	0.02	0.09	> .05	0.85	0.39	< .05
β_{100}	0.32	1.54	> .05	0.88	0.44	< .05
β_{110}	1.61	0.72	< .05	0.20	0.50	> .05
β_{120}	0.29	0.92	> .05	0.10	0.08	> .05
β_{130}	1.74	0.74	< .05	0.03	0.02	> .05
隨機效果	變異數	χ^2	p	變異數	χ^2	p
初始狀況(r_{0i})	6,829.14	127.85	> .05	78.51	2,309.68	< .001
成長率(r_{1i})	3,783.68	83.62	> .05	4.51	1,104.24	< .001
加速度(r_{2i})	58.66	678.21	< .05			
層一誤差(e_{ii})	120.72			4.99		

以所引進的共變數對於對照組學生的科學獨創性成長趨勢貢獻也不大。

四、條件化成長模式

經由前述的非條件化成長模式分析結果討論中表示，「分組」此一變項在線性成長速率及成長曲率的調節效果部分，達顯著水準，而且實驗組的學生顯著高於對照組的學生，實驗組學生為二次成長曲線模式，而對照組學生為線性成長模式。所以應將實驗組與對照組的學生分開探討他們各自的成長趨勢。因次，下列的條件化成長模式就不再列入「分組」此一變項。本研究分析之條件化成長模式中的斜率預測模式如下所示：

Level 1： $Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}\text{時間}_{ti} + \pi_{2i}\text{時間}2_{ti} + \pi_{3i}\text{愉悅} + \pi_{4i}\text{同理心} + \pi_{5i}\text{知足} + \pi_{6i}\text{自信} + \pi_{7i}\text{創意思考} + \pi_{8i}\text{創意成品} + \pi_{9i}\text{抗衡負面} + \pi_{10i}\text{冒險性} + \pi_{11i}\text{好奇心} + \pi_{12i}\text{想像力} + \pi_{13i}\text{挑戰性} + e_{ti}$

Level 2： $\pi_{0i} = \beta_{00} + \beta_{01}\text{性別} + \beta_{02}\text{自然科成績} + \beta_{03}\text{補習} + \gamma_{0i}$
 $\pi_{1i} = \beta_{10} + \beta_{11}\text{性別} + \beta_{12}\text{自然科成績} + \beta_{13}\text{補習} + \gamma_{1i}$
 $\pi_{2i} = \beta_{20} + \beta_{21}\text{性別} + \beta_{22}\text{自然科成績} + \beta_{23}\text{補習} + \gamma_{2i}$
 $\pi_{3i} = \beta_{30}$
 $\pi_{4i} = \beta_{40}$
 $\pi_{5i} = \beta_{50}$

$$\pi_{6i} = \beta_{60}$$

$$\pi_{7i} = \beta_{70}$$

$$\pi_{8i} = \beta_{80}$$

$$\pi_{9i} = \beta_{90}$$

$$\pi_{10i} = \beta_{100}$$

$$\pi_{11i} = \beta_{110}$$

$$\pi_{12i} = \beta_{120}$$

$$\pi_{13i} = \beta_{130}$$

其中， β_{11} 為男女學生的科學獨創性在線性成長速率的差異； β_{21} 為男女學生的科學獨創性在成長曲率的差異； β_{22} 為不同自然科成績學生的科學獨創性在成長曲率的差異，以此類推。

經條件化成長模式中的斜率預測模式分析，結果如表4所示，在實驗組學生部分，在成長曲率的調節效果部分，自然科成績與補習與否($\beta_{22} = 1.29, t = 2.87, p < .05$; $\beta_{23} = -2.02, t = -2.10, p < .05$)對實驗組學生科學獨創性的成長曲率具有調節效果，而且自然科成績越好，成長曲率越快；但是有補習的學生，其科學獨創性成長曲率將顯著低於沒有參加補習的學生。此外，性別的科學獨創性成長曲率不具有調節效果。而在隨機效果中，實驗組學生的科學獨創性($\tau_{22} = 144.49, \chi^2 = 64.25, p > .05$)相對應的變異數成分未達顯著，表示已無其他個體層次變數可預測成長曲率變項而未被考慮到。除此之外，相較於只有時間變項的模式，實驗組學生科學獨創性的初始狀態參數 π_{0i} 的殘差變異量從124.31減少到122.05，表示初始狀態的參數變異數有1.82%由層次二的變項所解釋，換言之，層次二的變項並不能削減太多科學獨創性的成長速率變異數。

在對照組學生方面，在線性成長速率的調節效果部分，補習與否($\beta_{13} = -1.27, t = -3.84, p < .05$)對對照組學生科學獨創性的線性成

長速率具有調節效果，而且有補習的學生，其科學獨創性線性下降的速率將顯著高於沒有參加補習的學生。此外，不管是男、女學生，或是學生的自然科成績如何，其科學獨創性成長速率均不具有調節效果。而在隨機效果中，對照組學生的科學獨創性($\tau_{11} = 4.56, \chi^2 = 1,098.99, p < .05$)相對應的變異數成分仍達顯著，表示尚有其他個體層次變數可預測成長速率而未被考慮到。除此之外，相較於只有時間變項的模式，對照組學生科學獨創性的初始狀態參數 π_{0i} 的殘差變異量從5.91減少到4.99，表示初始狀態的參數變異數有1.58%由層次二的變項所解釋。換言之，層次二的變項並不能削減太多對照組學生科學獨創性的成長速率變異數。

伍、結論與建議

一、研究結論

(一)有無參加實驗課程的學生其科學獨創性呈現不同的發展趨勢

本研究藉由條件化成長模式發現，實驗組學生與對照組學生的科學獨創性發展趨勢具有顯著差異，在全體學生的分析時，分組在線性成長速率及成長曲率的調節效果部分，達顯著水準，也就是說，實驗組與對照組的學生在科學獨創性的線性成長速率及成長曲率有顯著差異，而且實驗組的學生顯著高於對照組的學生，由此證明，應將實驗組與對照組的學生分開探討他們各自的成長趨勢。而以實驗組來看，成長曲率為3.43呈現顯著正向成長，在平均成長率係數為-12.44，也達顯著，代表曲線開口向上，實驗組學生的科學獨創性是呈現先下而後上的趨勢。至於在對照組部分，在平均成長率係數為-3.36，達顯著，代表對照組學生的科學獨創性是呈現線性向下的發展趨勢。也就是說，若無任何

表4：學生科學獨創性斜率預測模式比較分析摘要表

組別	實驗組學生			對照組學生		
	係數	標準誤	<i>p</i>	係數	標準誤	<i>p</i>
科學獨創性初始狀態(π_{0i})						
截距(β_{00})	211.63	150.10	> .05	33.22	7.92	< .05
性別(β_{01})	12.34	17.14	> .05	0.41	1.27	> .05
自然科成績(β_{02})	-1.65	1.58	> .05	0.13	0.08	> .05
補習與否(β_{03})	-15.24	18.53	> .05	1.98	1.32	> .05
平均成長率(π_{1i})						
截距(β_{10})	141.35	118.93	> .05	3.15	1.67	> .05
性別(β_{11})	-9.47	13.32	> .05	0.46	0.32	> .05
自然科成績(β_{12})	1.39	1.24	> .05	0.01	0.02	> .05
補習與否(β_{13})	10.97	14.57	> .05	-1.27	0.33	< .05
平均加速度(π_{2i})						
截距(β_{20})	30.62	24.09	> .05			
性別(β_{21})	1.95	2.68	> .05			
自然科成績(β_{22})	1.29	0.45	< .05			
補習與否(β_{23})	-2.02	0.96	< .05			
共變數分析						
β_{30}	0.91	0.76	> .05	0.26	0.19	> .05
β_{40}	0.99	0.77	> .05	0.20	0.19	> .05
β_{50}	0.10	0.37	> .05	0.02	0.08	> .05
β_{60}	0.18	0.44	> .05	0.05	0.14	> .05
β_{70}	0.07	0.05	> .05	< 0.01	< 0.01	< .05
β_{80}	0.01	> 0.01	< .05	0.02	0.01	< .05
β_{90}	0.02	0.09	> .05	0.83	0.38	< .05
β_{100}	0.21	1.54	> .05	0.85	0.44	> .05
β_{110}	0.63	0.82	> .05	0.13	0.49	> .05
β_{120}	0.35	0.94	> .05	0.07	0.08	> .05
β_{130}	1.66	1.76	> .05	0.03	0.02	> .05
隨機效果	變異數	χ^2	<i>p</i>	變異數	χ^2	<i>p</i>
初始狀況(r_{0i})	6,724.82	122.33	.64	79.29	2,273.91	< .001
成長率(r_{1i})	3,714.05	79.83	.55	4.56	1,098.99	< .001
加速度(r_{2i})	144.49	64.25	.62			
層一誤差(e_{it})	122.05			4.99		

課程介入的情況下，一般學生的科學獨創性會隨著年齡而逐漸下降，但是若有創造力課程的介入，則可以有效提升學生的科學獨創性，表示實驗課程是有效益的。

(二)正向情緒、創意自我效能以及創造力傾向的不同構面會隨著時間變動而與學生科學獨創性產生共變

本研究除分析學生科學獨創性受到時間

變項的影響之外，在層次一也討論科學獨創性是否為受到隨時間變動的共變項而影響其科學獨創性，討論的變項共包含了正向情緒(愉悅、同理心、知足、自信)、創意自我效能(創意思考、創意成品、抗衡負面)以及創造力傾向(冒險性、好奇心、想像力、挑戰性)。首先，實驗組學生的科學獨創性來看，除了時間變項外，也受到創意成品、好奇心、挑戰性的顯著影響，也為正向影響，也就是說，創意成品、好奇心、挑戰性的程度若越高，則會與當時的科學獨創性呈現越正向的共變趨勢。以對照組學生的科學獨創性來看，除了時間變項外，還受到創意思考、創意成品、抗衡負面、冒險性的顯著影響，也是正向影響，可知，影響實驗組與對照組的科學獨創性之共變因素略為不同，但是大體上來看，都與正向情緒無關。

(三)自然科成績、補習與否對學生科學獨創性的成長趨勢具有影響

在實驗組學生部分，自然科成績與補習與否，對科學獨創性的成長曲率具有調節效果，而且自然科成績越好，成長曲率越快；但是有補習的學生，其科學獨創性成長曲率將顯著低於沒有參加補習的學生。而在對照組學生部分，在線性成長速率的調節效果部分，補習與否，對對照組學生科學獨創性的線性成長速率具有調節效果，而且有補習的學生，其科學獨創性線性成長將顯著高於沒有參加補習的學生(因為是下降的關係)。也就是說，有補習的學生其科學獨創性下降的速率將明顯高於未補習的學生。此外，不管是男、女學生，對於科學獨創性成長速率均不具有調節效果。也就是說，男女生的科學獨創性成長速率是沒有差異的。

二、理論的貢獻與討論

本研究運用階層線性模式分析科學創造力融入自然與生活科技課程的教材，在兩個學期的教學之後，學生科學創造力的成長情形。從實證的角度來看，在研究科學創造力的領域中，雖也有研究蒐集實驗前後的資料以分析課程的成效，但是卻極少有像本研究，以長達四波的資料來觀察學生在接受課程之後的科學創造力發展變化，尤其本研究除了瞭解科學創造力的變化外，更蒐集了與時間變動的共變項：正向情緒、創造力傾向以及創意自我效能，以瞭解這些變項對科學創造力發展的共變情形。除此之外，也分析了自然科成績、補習與否以及性別對於科學創造力發展趨勢的影響差異。所以本研究將有助於研究科學創造力的學者們進一步瞭解不同層次因素對於科學創造力成長趨勢的影響，對於理論的發展具有貢獻。就理論面的貢獻而言，本研究證實參加創造力訓練課程的學生其科學獨創性的發展趨勢將不同於未參加創造力訓練課程的學生，而且與過去研究類似的是，一般學生的科學獨創性會隨著年齡而逐漸下降，但是實驗組的學生其科學獨創性也不是一開始就上升，而是會先下降之後才慢慢上升。如果從J型曲線的論述來看，指的是當學習者努力去克服一項新的挑戰時，他的表現通常在剛開始的時候會呈現下滑的曲線，一旦通過這些最低點之後，表現就會屢創新高，像字母J一樣。所以，在推動一項新的課程時，恐怕教師需要多一些的時間與耐性，才能慢慢觀察到學生在突破困境之後的表現會逐漸增進與凸出。

再者，在層次一的共變項方面，本研究發現影響實驗組與對照組的科學獨創性之共變因素略為不同。研究者將實驗組與對照組四波調查的各變項平均數與標準差分開觀

察發現，對實驗組的學生來說，隨著課程的融入，四次調查的創意成品(平均數從3.83到4.79)、好奇心(平均數從4.10到5.09)、以及挑戰性(平均數從3.96到4.95)也都逐次上升，這是否表示，科學創造力融入自然學科的教材，除了會造成科學獨創性的變化與成長之外，也能使得創意成品、好奇心以及挑戰性也同時向上提升，因此對於科學獨創性產生共變。另一方面，針對對照組的學生來說，從平均數的變化來看，在無任何課程的介入情況下，除了科學獨創性是呈現逐下下滑之外，對照組學生的創意思考(平均數從4.84到4.921)、創意成品(平均數從4.78到3.82)、抗衡負面(平均數從4.88到3.92)、冒險性(平均數從4.62到3.78)也會隨著時間呈現逐漸下降的現象。由此可知，對一般學生來說，隨著時間逐漸下降的恐怕不是只有科學獨創性，而是還有創意思考、創意成品、抗衡負面以及冒險性。

最後，對實驗組學生來說，自然科成績越好則科學獨創性的上升趨勢越明顯，表示領域知識對於科學創造力的發展是有影響的，尤其對於自然科學來說，許多創意的發想是需要有先備知識作為基礎的，所以，教師們在發展科學創造力時不能忽視先備知識的重要性。此外，不管是實驗組還是對照組的學生，補習對他們的科學獨創性發展是有負面影響的，可知，在臺灣的補教界仍是以成績為導向的現況下，學生若投入補習太多時間，是有損於科學創造力的發展。

三、建議

(一)針對推動學生科學創造力發展的建議

1. 鼓勵教師加強創造力相關的教學與課程

本研究邀請兩位資優的績優教師編制創造力融入自然與生活科技課程的教材，所編

制的課程藉由兩個學期的四次教學活動，由7位教師針對實驗組教學，並同時選取該校的其他班級做為對照組。研究結果發現，在本研究分別對實驗組、對照組學生進行一年的科學創造力表現追蹤的結果，發現實驗組的學生，在他們的科學創造力成長趨勢是明顯不同於對照組的學生，足見學生的創造力並非天生不變的，是可以後天被培養、發展、教導與訓練的；時代的進步與環境的急速改變使創造力人才的培育成為教育的首要任務，而要培養創造性人才，則需從小往下紮根做起，小學的學校教育是科學創造力開發與培養的關鍵期，但從本研究中卻也發現學生創造力隨時間降低的成長趨勢，建議在學校的課程發展與設計中，應加強融入創造力相關的教學與課程。再者，本研究發現，實驗組學生的創意成品、好奇心與挑戰性與其科學創造力表現之間存在著正向關係，而且自然科成績越好、未補習的，他們的科學創造力的成長速率也會越高。這些同學可能因為自然學科成績原本就比較優秀，其自信心高，科學創造力表現也會比較好，建議教師在教學過程中，適時的建立學生的自信心，可以有助於培養學生創造力表現。

2. 增進學童的創意自我效能及創造力傾向，以提升創造力表現

本研究發現，科學獨創性的發展可以與創意自我效能、創造力傾向產生共變，表示每一階段的科學獨創性發展與當時的創意自我效能、創造力傾向習習相關，尤其創意成品、好奇心、挑戰性的程度若越高，則會與當時的科學獨創性呈現越正向的共變趨勢。所以，維持學童的創意自我效能以及創造力傾向相當重要，因為相較於正向情緒，創意自我效能以及創造力傾向才能促進創造力。因此，學校教育的教學活動可以再多一些設

計，例如設計一些源自於學生生活經驗之分享，隨個體的不同生活文化而保有多變之特性，作為班級經營之活動，亦可統整學生生活經驗，發展其自信心。重點是，這些教學活動設計可以具有挑戰性、冒險性，以提升學童的好奇心，始能與學童的科學獨創性產生關聯。除此之外，提供學習者成功的學習經驗是一個有效提升正向自我肯定的作法。成功是使人進一步努力的重要因素，而失敗則會令人怯步，因此，當學生缺乏完成科學創造力的自信心時，教師應該給予成功的機會，促使學生重拾學習的興趣與好奇感，並藉由成功經驗的獲得進而提升個人對於科學獨創性的自信心。但是，令人相當意外的是，正向情緒此一變項在本研究的討論中並未與科學獨創性產生共變的情形，這是與過去研究的論述極為不同之處，究其可能原因在於，本研究將正向情緒視為與時間共變的變項，換言之，是採用行為論的看法，若將正向情緒視為特質論，採用恆定的測量，作為層次二的變項，或許會有不一樣的研究結果，值得後續研究投入窺探之。

(二)研究限制及針對未來研究的建議

本研究在四個時間點施測科學獨創性，以進行成長歷程的研究，所以限制在於，現有的科學創造力量表並不多，為了避免學生會有練習或是疲勞的效果，所以研究者採納了四套不同的科學創造力量表，正因如此，四套量表的計分方式中，共同的部分僅有獨

創性，因此為了推論的嚴謹性，本研究在資料分析之後僅能以科學獨創性稱呼之，這將是本研究最重要的限制與問題所在。所以本研究在研究結果的解釋相當謹慎，但仍是建議未來研究者在討論科學創造力的長期追蹤調查時可以尋找或使用不同複本，而且有共同測量指標的科學創造力量表，以解決本研究疑慮。最後，本研究因為在缺乏理論基礎的情形下討論補習對於科學獨創性發展的影響，而補習課程有相當多種類，限於時間與篇幅，無法對每一種補習型態的內容與教學方式多做討論，這也是本研究相當重要的研究限制。但是因為本研究發現補習與否對於科學獨創性的發展是有影響的，所以建議未來研究者可以針對不同的補習型態多做分析與討論，例如，一般安親班與才藝班是否會有不同的影響等。相較於國外縱貫性研究動輒上十年的研究來看，本研究的縱貫研究中四波的調查其實前後僅歷時一年時間，就學生的科學創造力發展而言，時間較短。雖然追蹤時距過短，研究者還是藉由統計分析參與者在四次調查間科學創造力變化的情形，但是本研究還是建議未來相關研究可以延長調查時間，增加縱貫性研究的說服力。

誌謝

研究者特此感謝審查委員所提供的具體建議，研究者收穫良多。更感謝科技部專題計畫(NSC 103-2410-H-024-015-SS2)的經費補助，使得計畫成果得以發表。

參考文獻

1. 方紫薇、陳學志、余曉清、蘇嘉鈴(2011)。正向情緒及幽默有助於國中生之科學問題解決嗎？*教育科學研究期刊*，**56**(4)，43-68。
2. 王佳琪、何曉琪、鄭英耀(2014)。科學創造性問題解決測驗之發展。*測驗學刊*，**61**(3)，337-360。

3. 王精文、洪瑞雲、范凱棠、陸佳瑩(2006)。創造力訓練及群體決策支援系統對問題解決能力的影響。交大管理學報，26(2)，1-20。
4. 吳秀娟、潘裕豐(2007)。主題統整教學對國小學童創造力、問題解決能力及學業成就的影響之研究。資優教育研究，7(2)，71-101。
5. 李秀姿、陳昭儀(2007)。創作性戲劇教學對國小資優生創造力與人際溝通影響之研究。資優教育研究，7(2)，19-46。
6. 李明昆、洪振方(2012)。提升科學創造力的探究教學策略之實驗研究。科學教育研究與發展季刊，65，49-74。
7. 李偉清(2012)。國小資優生創造傾向量表之編製研究。特殊教育研究學刊，37(1)，79-102。
8. 汪美香、黃炳憲(2012)。專業技能與創造力的關聯：創意自我效能中介角色。南臺學報，37(4)，1-14。
9. 林幸台(2002)。青少年的創造力發展。應用心理研究，15，63-67。
10. 林幸台、王木榮(1999)。威廉斯創造力測驗。臺北市：心理。
11. 林碧芳、邱皓政(2008)。創意教學自我效能感量表之編製與相關研究。教育研究與發展期刊，4(1)，141-170。
12. 邱發忠、陳學志、徐芝君、吳相儀、卓淑玲(2008)。內隱與外顯因素對創造作業表現的影響。中華心理學刊，50(2)，125-145。
13. 施乃華(2002)。創造思考教學成效之後設分析。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學商業教育學系，彰化市。
14. 洪文東(2000)。從問題解決的過程培養學生的科學創造力。屏師科學教育，11，52-62。
15. 洪文東(2003)。創造性問題解決化學單元教學活動設計與評估。科學教育學刊，11(4)，407-430。
16. 洪榮昭、康鳳梅、林展立(2003)。傑出科技創作學童創造特質分析——以機器人競賽為例。師大學報：科學教育類，48(2)，239-253。
17. 胡夢蕾(2006)。我國創造力與人格特質研究之回顧與探析。教育學刊，26，215-239。
18. 常雅珍、毛國楠(2006)。以正向心理學建構情意教育之行動研究。師大學報：教育類，51(2S)，121-146。
19. 教育部(2000)。國民中小學九年一貫課程暫行綱要，自然與生活科技學習領域。查詢日期：2016年6月22日，檢自：http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_90.php。
20. 陳玉樹(2008)。創造力訓練課程成效分析：準Solomon四組設計。課程與教學，11(4)，187-212。
21. 陳玉樹、周志偉(2009)。目標導向對創造力訓練效果之影響：HLM成長模式分析。課程與教學季刊，12(2)，19-46。

22. 陳玉樹、郭銘茜(2013)。四向度成就目標對教師創意教學表現之影響：創意自我效能的中介效果與團隊學習行為的跨層級調節效果檢定。《教育科學研究期刊》，58(3)，85-120。
23. 陳亮光(2008)。建置對外華語文師資培育創意教學課程增進教師創造力之研究。《中原華語文學報》，1，143-172。
24. 陳學志、徐芝君(2006)。幽默創意課程對教師幽默感及創造力之影響。《師大學報：教育類》，51，71-93。
25. 陳龍安(2006)。創造思考教學的理論與實際(第六版)。臺北市：心理。
26. 葉玉珠(2006)。創造力教學——過去、現在與未來。臺北市：心理。
27. 葉玉珠、吳靜吉、鄭英耀(2000)。影響科技與資訊產業人員創意發展的因素之量表編製。《師大學報：科學教育類》，45(2)，39-63。
28. 葉玉珠、彭月茵、林志哲、蔡維欣、鍾素香(2008)。「情境式科學創造力測驗」之發展暨科學創造力之性別與年級差異分析。《測驗學刊》，55(1)，33-60。
29. 葉玉珠、葉玉環、李梅齡、彭月茵(2006)。以創作性戲劇教學啟發幼兒創造力之行動研究。《師大學報：教育類》，51(2S)，1-27。
30. 蔡笑岳、朱雨傑(2007)。中小學生創造性傾向、智力及學業成績的相關研究。《心理發展與教育》，2，36-41。
31. 鄭英耀、李育嘉、劉昆夏(2008)。科展績優教師教學行為與學童創造力、問題解決能力之關係。《教育與心理研究》，31(1)，1-30。
32. 蕭佳純(2012)。國小學童科學學習動機、父母創意教養與科技創造力關聯之研究。《教育科學研究期刊》，57(4)，103-133。
33. 蕭佳純(2014)。國小學童參與科展的歷程、內在動機與科技創造力成長的縱貫性分析。《教育實踐與研究》，27(2)，33-66。
34. 蕭佳純(2015)。國小學童科學創造力成長歷程之縱貫性分析。《科學教育學刊》，23(1)，23-51。
35. 蕭佳純(2016)。教師創意教學發展之縱貫性研究。《特殊教育研究學刊》，41(1)，63-90。
36. 錢昭君、張世慧(2010)。心智圖法寫作教學方案對國小學生創造力及寫作表現之影響。《特殊教育學報》，32，79-100。
37. Amabile, T. M. (1988). A model of creativity and innovation in organizations. In B. M. Staw & L. L. Cummings (Eds.), *Research in organizational behavior* (Vol. 10, pp. 123-167). Greenwich, UK: JAI Press.
38. Amabile, T. M., Collins, M. A., Conti, R., Phillips, E., Picariello, M., Ruscio, J., et al. (1996). *Creativity in the context: Update to the social psychology of creativity*. Oxford, UK: Westview Press.
39. Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

40. Batey, M., Furnham, A., & Safiullina, X. (2010). Intelligence, general knowledge and personality as predictors of creativity. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 532-535.
41. Benedek, M., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2006). Enhancement of ideational fluency by means of computer-based training. *Creativity Research Journal*, 18(3), 317-328.
42. Besançon, M., & Lubart, T. (2008). Differences in the development of creative competencies in children schooled in diverse learning environments. *Learning and Individual Differences*, 18(4), 381-389.
43. Birdi, K. S. (2005). No idea? Evaluating the effectiveness of creativity training. *Journal of European Industrial Training*, 29(2), 102-111.
44. Chen, G., Gully, S. M., & Eden, D. (2001). Validation of a new general self-efficacy scale. *Organizational Research Methods*, 4(1), 62-83.
45. Chenug, C., Roskams, T., & Fisher, D. (2006). Enhancement of creativity through a one-semester course in university. *The Journal of Creative Behavior*, 40(1), 1-25.
46. Cramond, B., Matthews-Morgan, J., Bandalos, D., & Zuo, L. (2005). A report on the 40-year follow-up of the Torrance test of creative thinking: Alive and well in the new millennium. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 283-291.
47. Daniel, M. (2007). Can creativity be improved by an attention-broadening training program? An exploratory study focusing on team sports. *Creativity Research Journal*, 19(2-3), 281-291.
48. Florida, R. (2002). *The rise of the creative class: And how it's transforming work, leisure, community and everyday life*. New York: Basic Books.
49. Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and through-action repertoires. *Cognition and Emotion*, 19(3), 313-332.
50. Fredrickson, B. L., & Levenson, R. W. (1998). Positive emotion speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions. *Cognition and Emotion*, 12(2), 191-220.
51. Garaigordobil, M. (2006). Intervention in creativity with children aged 10 and 11 years: Impact of a play program on verbal and graphic-figural creativity. *Creativity Research Journal*, 18(3), 329-345.
52. Gasper, K. (2004). Permission to freely? The effect of happy and sad moods on generating old and new ideas. *Creativity Research Journal*, 16(2-3), 215-229.
53. Gong, Y., Huang, J. C., & Farh, J. L. (2009). Employee learning orientation, transformational leadership, and employee creativity: The mediating role of employee creative self-efficacy. *Academy of Management Journal*, 52(4), 765-778.
54. Grawith, M. J., Munz, D. C., & Kramer, T. J. (2003). Effects of member mood states on creative performance in temporary workgroups. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 7(1), 41-54.

55. Gruber, H. E., & Wallace, D. B. (2001). Creative work: The case of Charles Darwin. *American Psychologist*, 56(4), 346-349.
56. Hartley, K. A., Plucker, J. A., & Long, H. (2016). Creative self-efficacy and teacher ratings of student creativity in Chinese elementary classrooms. *Thinking Skills and Creativity*, 22, 142-151.
57. Huang, L., Krasikova, D. V., & Liu, D. (2016). I can do it, so can you: The role of leader creative self-efficacy in facilitating follower creativity. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 132, 49-62.
58. Hunsaker, S. L. (2005). Outcomes of creativity training programs. *The Gifted Child Quarterly*, 49(4), 292-299.
59. Isen, A. M. (2000). Positive affect and decision making. In M. Lewis & J. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotion* (2nd ed., pp. 417-435). New York: Guilford Press.
60. Jaussi, K. S., Randel, A. E., & Dionne, S. D. (2007). I am, I think I can, and I do: The role of personal identity, self-efficacy, and cross-application of experiences in creativity at work. *Creativity Research Journal*, 19(2-3), 247-258.
61. Kaufman, J. C., & Bear, J. (2005). The amusement park theory of creativity. In J. C. Kaufman & J. Bear (Eds.), *Creativity across domains: Faces of the muse* (pp. 321-328). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
62. Kaufman, J. C., & Bear, J. (2008). Gender differences in creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 42(2), 75-105.
63. Kaufman, J. C., Bear, J., & Gentile, C. A. (2004). Differences in gender and ethnicity as measured by ratings of three writing tasks. *The Journal of Creative Behavior*, 38(1), 56-69.
64. Kaufmann, G., & Vosburg, S. K. (2002). The effects of mood on early and late idea production. *Creativity Research Journal*, 14(3-4), 317-330.
65. Kim, T. Y., Hon, A. H. Y., & Crant, J. M. (2009). Proactive personality, employee creativity, and newcomer outcomes: A longitudinal study. *Journal of Business and Psychology*, 24(1), 93-103.
66. Ma, H. (2006). A synthetic analysis of the effectiveness of single components and packages in creativity training programs. *Creativity Research Journal*, 18(4), 435-446.
67. Magoun, D., Eaton, V., & Owens, C. (2002, June). *IT and the attitudes of middle school girls: A follow-up study*. Paper presented at the National Educational Computing Conference Proceedings. San Antonio, TX.
68. Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 449-460). New York: Cambridge University Press.

69. Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist*, 63(8), 760-769.
70. Mellou, E. (1996). The two-conditions view of creativity. *The Journal of Creativity Behavior*, 30(2), 126-143.
71. Min, K. R., Ugaddan, R. G., & Park, S. M. (2016). Is the creative tendency affected by organizational leadership and employee empowerment? An empirical analysis of U.S. federal employees. *Public Performance & Management Review*, 40(2), 382-408.
72. Osburn, H. K., & Mumford, M. D. (2006). Creativity and planning: Training interventions to develop creative problem-solving skills. *Creativity Research Journal*, 18(2), 173-190.
73. Puccio, G. J., Murdock, M. C., & Mance, M. (2007). *Creative leadership: Skill that drive change*. London: Sage.
74. Puccio, G. J., Wheeler, R. A., & Cassandro, V. J. (2004). Reactions to creative problem solving training: Does cognitive style make a difference? *The Journal of Creative Behavior*, 38(3), 192-216.
75. Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.
76. Runco, M. A., & Sakamoto, S. O. (1999). Experimental studies of creativities. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 63-72). New York: Cambridge University Press.
77. Schwarz, N. (2000). Emotion, cognition and decision making. *Cognition and Emotion*, 14(4), 433-440.
78. Scott, G. M., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16(4), 361-388.
79. Seligman, M. E. P., & Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55(1), 5-14.
80. Shapiro, P. J., Weisberg, R. W., & Alloy, L. B. (2000, June). *Creativity and bipolarity: Affective patterns predict trait creativity*. Paper presented at the Convention of the American Psychological Society, Miami, FL.
81. Sternberg, R. J. (1996). *Successful intelligence: How practical and creative intelligence determine success in life*. New York: Basic Books.
82. Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3-15). New York: Cambridge University Press.
83. Tierney, P., & Farmer, S. M. (2002). Creative self-efficacy: Its potential antecedents and relationship to creative performance. *Academy of Management Journal*, 45(6), 1137-1148.

84. Tierney, P., & Farmer, S. M. (2004). The pygmalion process and employee creativity. *Journal of Management*, 30(3), 413-432.
85. Tierney, P., & Farmer, S. M. (2011). Creative self-efficacy development and creative performance over time. *Journal of Applied Psychology*, 96(2), 277-293.
86. Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2005). Creativity and occupational accomplishments among intellectually precocious youths: An age 13 to 33 longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 484-492.
87. Wang, C.-W., Chen, M., Horng, R.-W., Huang, C.-Y., & Li, H.-P. (2004). Case studies of implementation of web-based group decision support system and creativity training in organizations. *Taiwan Academy of Management Journal*, 4(3), 357- 378.
88. Wang, C.-W., & Horng, R.-W. (2002). The effects of creative problem solving training on creativity, cognitive type and R&D performance. *R&D Management*, 32(1), 35-45.
89. Williams, F. E. (1980). *Creativity assessment packet (CAP) manual*. Buffalo, NY: D.O.K.
90. Zhao, J. J., & Zhao, S. Y. (2010). The impact of IQ+EQ+CQ integration on student productivity in web design and development. *Journal of Information Systems Education*, 21(1), 43-53.

Longitudinal Analysis of Scientific Creativity Course Effectiveness

Chia-Chun Hsiao *

Department of Education, National University of Tainan

Abstract

A self-edited scientific creativity course was integrated into Science and Technology for elementary schools in this study to conduct the experimental course teaching with 157 students in the experimental group and 211 students in the control group in order to understand the course effectiveness and the longitudinal development. In addition to analyzing the growing trend of scientific creativity, it was expected to understand the effects of student participation in the experiment and the domain knowledge on the growing trend of scientific creativity. The experimental course was proceeded four times for 4 surveys. By using hierarchical linear modeling, it was found, from the conditional growth model, that the students in the experimental group presented downward and then upward trend on scientific creativity, while the students in the control group appeared linear downward development trend. This study explored the effect of time on students' scientific creativity and also discussed the effect of covariance with time, including positive emotion, creative self-efficacy, and creative tendency, on scientific creativity. Creative product, curiosity, and challenge showed positive effects on the creativity of students in the experimental group, while creative thinking, creative product, negative contention, and adventure revealed positive effects on the control group. Apparently, the covariance for the scientific creativity was different in the experimental group and the control group. Furthermore, the students in the experimental group with better domain knowledge or not going to cram schools showed faster growing curve, while the scientific creativity of students in the control group who go to cram schools reduced more rapidly. Overall speaking, the integrated course designed in this study could effectively promote students' scientific creativity.

Key words: Positive Emotion, Scientific Creativity, Creative Tendency, Creative Self-Efficacy, Longitudinal Analysis

* Author Email: 3687108@yahoo.com.tw

