科學教育學刊
2015, 第二十三卷第一期, 23-51
DOI: 10.6173/CJSE.2015.2301.02

Chinese Journal of Science Education
2015, 23(1), 23-51

國小學童科學創造力成長歷程之縱貫性分析

蕭佳純
國立臺南大學　教育學系

摘要

本研究以1,079名國小學童為對象，在經過四次長期追蹤調查之後，利用階層線性模式分析三個層次因素對於科學創造力成長速率的影響。研究結果發現，學生科學創造力在初階段具有個別差異且呈現先上後下的發展。參與科展的學生其科學創造力成長曲率高於未參加科展的學生；科學學習動機中的自我效能對學生科學創造力的初始狀態及成長曲率具有影響。教師創意角色認定對學生初階段的科學創造力有直接影響，也會強化成就動機與科學創造力之間的關係。若教師表現出多元的創意教學行為，也會正向調節動機對科學創造力線性成長率的影響；並且，教師若展現心胸開放、意義學習的創意教學行為，也會強化學生內在價值與科學創造力線性成長速率之間的關係。

關鍵詞：科學創造力、階層線性模式、縱貫性分析

壹、研究背景與重要性

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。例如，臺灣從小學到大學除了每年都有舉辦科學競賽外，九年一貫課程所包含十大基本能力中的「欣賞、表現與創新」與七大學習領域中的「自然與生活科技」，都與小學生的科學創造力有密切的相關。從科學教育理念來看，Yager (2000)提出，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。研究者支持此一觀點，並認為小學學生的科學創造力是「一種創造性問題解決的過程，它是在運用科學知能以解決問題的歷程中，使用具有原創性與價值性的解決方法或策略之能力展現」。晚近的教育趨勢趨向於學習者獨立思考與解決問題能力的啟發與培養，而且在科學方面的創造須包含科學的領域相關知識及跳脫出原有思考窠臼的發散性思考和縝密嚴格的收斂性思考才能很有創意的解決科學上的問題。因此，科學的創造力不同於一般創造力，主要在其科學探究過程中強調的邏輯一致性(洪文東，2000)，透過科學的問題解決過程才能突顯科學創造力之獨特性。尤其，科學創造力為九年一貫課程「自然與

*通訊作者：蕭佳純
(投稿日期：民國102年11月13日，修訂日期：民國103年3月24日，接受日期：民國103年4月24日)

airiti

生活科技領域」之重要能力指標(教育部，2003)，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？」，以科學創造力為題者並不多，但是幾十年來，許多針對創造力所做的研究，結果都支持「創造力是能加以發展」的假設，這個假設也構成了推動整個創造力教育的最重要前提，也就是所有人都有潛力能變得有創意、以及創造力可以是長達一生的歷程(Esquivel, 1995)。回顧文獻，有關創造力訓練的研究相當豐碩(王精文、洪瑞雲，2003；王精文、洪瑞雲、范凱棠、陸佳瑩，2006；陳玉樹，2008；Benedek, Fink, & Neubauer, 2006; Garaigordobil, 2006; Hunsaker, 2005; Ma, 2006; Osburn & Mumford, 2006; Scott, Leritz, & Mumford, 2004a, 2004b)，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，極缺乏長期觀察國小學童科學創造力發展的研究。國立臺灣科學教育館創建自民國45年，負責推動中小學及大眾科學教育工作，自民國49年開始承辦全國中小學科學展覽會，且依據「中華民國中小學科學展覽會實施要點」科展辦理的目的是為了激發學生對科學研習的興趣與獨立研究的潛能，提高思考力、創造力與技術創新能力，培養對自然科學的正確觀念與態度。然而甚為可惜的是，目前國內似乎並無針對國小學童在參加科展後其創造力是否具體獲得提升來進行長期追蹤研究，即使是鄭英耀、李育嘉與劉昆夏(2008)的研究也是討論科展教師與學生的互動及對學生所產生的影響。既然辦理科展的目的是為了培養學生的科學創造力，那麼調查學生在參加科展過程中的科學創造力發展及其相關的影響因素自有其重要性。基於上述理由，本研究以國小學童為研究對象，透過四次長期追蹤調查，利用階層線性模式之成長模式，瞭解學生創造力的動態發展為本研究之動機一。

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。而所謂的其他因素，若從過去研究來看可發現，個人特質一直是學者研究創造力的重點之一，直到近幾年，它依然是許多創造力研究中的重要變項(吳明雄、許碧珊、張德正、張可立，2009；Starko, 2000)。而除了個人特質之外，關於創造力的研究，從以往只聚焦在具有高創造力者的創造能力或人格特質對其創造產品的研究，轉而注意到個體所處環境如重要他人的支持與否(Gardner, 1993)；或是環境如何與個體產生交互作用並進而影響個體的創造力(Amabile, 1996; Csikszentmihalyi, 1999; Sternberg & Lubart, 1995)。可見創造力的研究取向，已由過去只討論創造力的單一或部分向度轉變成兼顧個人、他人與環境等各種相關因素的「匯合取向」(Sternberg, 1999)。所以本研究嘗試以匯合取向，綜合討論學生個人層次因素以及教師層次因素對於學生創造力發展的影響，其中學生個人層次因素部分所討論的變項為學生的科學學習動機與參加科展與否；而教師層次的變項則為教師的創意角色認定以及創意教學行為。Amabile (1996)提出影響創造力的過程有社會環境、工作動機、領域相關技能與創造力相關過程，Sternberg與Lubart (1999)所提出的「創造力投資理論」，也確定動機是創造力的關鍵六大要素之一。所以本研究將探討學生個人動機與創造力表現的關係，此乃為本研究動機

airiti

二。此外，Csikszentmihalyi與Wolfe (2000)運用系統理論的三個次系統，來解釋教育情境中學生創造力的發生；他們認為，學校和教師就是學生創意的守門人，當學校和教師越能鼓勵與支持創造力，則其學生會有越高的創意表現。許多的研究發現，教師的思考與教學行為會影響學生思考能力的發展(Barell, 1991; Costa, 1991; Howe, 1996)。即便如此，過去的研究多為橫斷性的研究，極缺乏以縱貫性研究調查教師創意教學行為以及教師的創意角色認定對學生創造力的影響，這也是本研究的動機之三。

至於為何本研究是屬於多層次分析的範疇呢？教育現象有鑲嵌的本質，以致研究資料難免有群集的特性，如果分析時忽略資料非獨立性的特性時，對學校現象的探討往往容易失準。理想的研究設計應該要以隨機抽樣的方式找到受測者來提供資料，然而現實是，我們常常無法隨機抽樣，以至於所蒐集到的資料常常是群集資料(clustered data)。例如，做個人層次研究時，數十位學生群集於一個班級或一位教師之中，此時，如果忽略了群集資料的鑲嵌特性，而僅以單一層次的角度進行分析，將違背資料獨立(independence)的假設，導致分析的結果很可能失準，在此前提之下，階層線性模式(Hierarchical Linear Modeling, HLM)是一個值得運用的分析技術，也就是說，學生巢套於同一位教師的教學之下，會受同一位教師教學的影響，所以學生個人層次以外的因素就為高層次因素，稱之為教師層次因素。

綜合上述探討可知，學生個人因素會影響個人創造力表現，在影響過程中，教師層次的因素又可能為一重要的調節因子，如蕭佳純(2012)的研究就指出，教師的創造力教學在學生內在動機與創造力的關係之間扮演著一個重要的調節效果。但綜覽國內研究卻發現，有關於多層次研究探討不同脈絡因素對個體行為的影響也多僅止於探討二層次的研究(蕭佳純、董旭英，2007)，更遑論以縱貫性的研究角度來觀察學生創造力的發展，並輔以探討學生、教師層次因素對於學生創造力發展的影響。依此，本研究以階層線性模式的三層次縱貫性分析以進行分析。有關於三個層次的例子並不多見，例如Luke (2004)、Hox (2002)以及Snijders與Bosker (1999)的著作中皆可發現，但是Hox以及Luke的著作中僅以相當少的篇幅來加以介紹，僅有Raudenbush與Bryk (2002)、Bickel (2007)以專章來加以介紹，而國內研究目前也僅有蕭佳純(2011)的研究以三層次的分析角度來瞭解學生創造力的相關影響因素，但目前國內卻尚未有以三層次的分析角度來討論學生因素、教師因素對於學生創造力發展影響的縱貫性分析。本研究可謂首度嘗試藉由階層線性模式以三層次角度來探討層次三(教師創意角色、教師創意教學)、層次二(科學學習動機、有無參加科展)以及層次一因素(時間)對學生科學創造力發展的影響。綜合上述，本研究具體研究目的如下：第一，瞭解學生科學創造力隨著時間的發展趨勢。第二，瞭解學生層次因素(科學學習動機、有無參加科展)對於學生初階段的科學創造力狀態及學生科學創造力發展速率的影響。第三，瞭解教師層次因素(教師創意角色、教師創意教學)對於學生初階段的科學創造力狀態及學生科學創造力發展速率的影響。

貳、文獻探討與假設推導

一、層次一因素(時間)與科學創造力發展關係之探討

國內外有關於科學創造力的討論還不

airiti

多，科學領域的創造，需憑藉其個人的科學素養、適切的思考方式，經由歸納、演繹、假設之邏輯推理歷程，理性而客觀地進行實驗探究與驗證，並對於結果進行嚴格的批判，然後發現新事實、發明新理論、或形成概括性理論，從中表現出獨特的科學創造力(洪文東，2002)。胡衛平與俞國良(2002)認為，科學創造力是科學知識的學習、科學問題的解決和科學創造活動中，根據一定的目的與任務，運用已知的資訊，產生某種新穎、獨特、有社會或個人價值的產品之智能品質或能力，所以，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)。由此可知，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。而在科學創造力的評量工具上，Mayer (1999)對創造力的定義，認為創造力基本上具有獨創性(originality)與有用性(usefulness)兩類特徵。葉玉珠、吳靜吉與鄭英耀(2000)認為創造力乃個體在特定領域中，產生一個所處的社會文化脈絡中具有「原創性」與「價值性」產品的歷程；亦即創造性產品乃為「個人的知識」(含經驗)、「意向」(含態度、傾向、動機、承諾)、「技巧／策略」與「環境」互動的結果。本研究採用葉玉珠等的「情境式科學創造力測驗」，原因在於，此測驗類似於情境式判斷測驗，強調以問題情境代替傳統的文字敘述，更能真實地呈現問題，並引起作答者的動機。重點在於，此測驗考量了情境式判斷測驗的精神，以圖畫的方式呈現問題情境，問題長度、複雜性及理解度的設計，都考量了國中、小學生的認知能力，不僅難易適中，亦能引起受試者的興趣作答。然而，因為開放式測驗較適合評量創造力，因此該測驗不以選擇題的方式作答，而是要求受試者具體寫出工具種類與方法，以便評量創造力指標中的「價值性」與「獨創性」。再者，基於目前有關於科學創造力的縱貫性研究相當缺乏，因此以下文獻的討論，本研究都是從創造力的理論基礎作為出發，再依據創造力的理論基礎，推導出有關於科學創造力的相關假設。

科學創造力究竟是否會成長？目前仍相當缺乏相關文獻的討論，但若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，並非瞬間剎現的，而是必須經年累月的學習與思考才能產出，同時還會受歷史脈絡、人際關係和專業團隊等交互作用影響。所以創造力乃是個人在完整認知與情感發展中隨時間持續發展的前提應可成立，而藉由縱貫性研究以瞭解個體創造力的發展情況益顯重要。然而，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, Matthews-Morgan, Bandalos與Zuo (2005)、Wai, Lubinski與Benbow (2005)以縱貫性角度探討創造力的發展。

創造力究竟是如何發展？Torrance (1968)發現學生的創造力於六歲後會開始逐漸下降，並在四年級時最為低落，然而在此之後其創造力表現則又會逐漸上升，故此種現象又被稱為「四年級低谷」(fourth-grade slump)，而此現象在後續研究中也獲得支持，如Smith與Carlsson (1990)、Claxton, Pannells與Rhoads (2005)的研究中都有類似的發現。此外，有些研究(Burke & Hutchins, 2007; Daniel, 2007; Fleith, 2000; Kim, Hon, & Crant, 2009; Mayer & Johnson, 2010; Wai et al., 2005)也發現創造力的發展可能會隨著年齡

airiti

的增加而下降，可能是因為學齡期兒童開始過團體生活，感受到團體壓力，有學習服從團體規範的需要，而逐漸去自我中心，因此從眾行為日益增加，為了享有齊頭式的安全感，逐漸減少冒險或是特立獨行的舉動。相反地，也有研究(Elliot & Thrash, 2001; Scott et al., 2004a, 2004b; Shalley & Perry-Smith, 2001; Talarico & Rubin, 2007)發現創造力可能會隨著年齡的增加而上升，因為從認知方面來說明可能會經由個體知識、經驗和能力隨著時間不斷地累積，使認知結構上產生量的增加與質的成熟，而有助於發展創造力，而且年長的學童較能記住較多的訊息，這並非代表年長的學童有較好的記憶力，而是他們會運用策略輔助學習，透過不斷練習愈能夠順利地自發性使用較多先備知識、經驗的組織策略與精緻化策略，其理解記憶將逐漸增加，而機械記憶也相對地減少，因而可能激發創造力(Mayer & Johnson)。

綜合以上討論可知，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。因此，若只是採橫斷面的研究或許無法深入瞭解創造力的成長歷程。雖然國外已有創造力縱貫性的實徵研究，相較之下國內仍相當缺乏，更遑論是以科學創造力為主題。是故若要進一步瞭解隨時間改變的科學創造力變化情形便要從動態性發展取向著手，並能從發展觀點(developmental approach)的探究中瞭解不同層次因素對於科學創造力發展的影響，以及比較不同因素影響下的科學創造力發展差異(Dresel, 2001; Scott et al., 2004b)，若學生的創造力呈現下降的發展趨勢，則以此類推，學生的科學創造力可能也是呈現類似的發展趨勢。據此，本研究發展假設一：學生科學創造力會隨著時間呈現下降的發展趨勢。

二、層次二因素(有無參加科展、科學學習動機)與科學創造力發展關係之探討

國內有關於參加科展經驗對於創造力影響方面的研究相當缺乏，但若從創造力訓練與創造力發展的相關研究來看，創造力是可經由訓練的，這在許多實證研究(Cropley, 2001; Feldhusen & Clinkenbeard, 1986; Nickerson, 1999; Sternberg & Williams, 1996)中可獲得證實。創造力是可透過一段時間而有所提升，如透過技巧演練、習題練習以及態度指導等等，使其思維突破既有心智模式，進而激發更多元、新奇的想法，精進其思考品質。Besançon與Lubart (2008)也進行兩年的研究，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影響，又以創意教學法比起傳統教學法對於創造力的發展尤甚。而目前有關創造力訓練投入的相關研究多以短期訓練為主，其研究方式多為準實驗前後測設計(Scott et al., 2004a, 2004b)，且多證實經過訓練可正面提升創造力(Birdi, 2005; Kahai, Sosik, & Avolio, 2003; Wang, Chen, Horng, Huang, & Li, 2004)，但仍是缺乏以長期追蹤的方式來討論學生在參加科展後的科學創造力發展趨勢究竟為何？但由以上文獻的討論可知，透過一段時間的訓練可提升創造力的命題應可成立。尤其參加科展與創造力訓練過程是相仿的，本研究從準備科展的訓練過程與創造力訓練過程的進行比較，以提升這方面的說服力。在一次臺南大學教育系某教授依國科會計劃需求，邀請臺南市東光國小的陳姓資深科展教師，針對國小科展教師所進行的創意教學分享會中提到，訓練學生參加科展的過程可分為「提出架構、提出相關問題、問題分類、問題確定、實驗設

airiti

計與動手操作」，基本上一個問題解決，又產生另外一個問題，就是學生創造力的展現了。對照張世慧(2007)所提出教導小學生創造力發展技巧階段來看，她認為可分為：製造機會、探索事實、建構問題、產生主意、發展解決方法、建立接受等六階段。由這兩方面來看，科展的訓練過程與創造力訓練的過程是相仿的。換言之，參加科展學生的科學創造力發展速率應明顯優於未參加科展的學生，據此，本研究發展假設二：參加科展學生的科學創造力初始狀態明顯較未參加科展的學生為高；假設四：參加科展學生的科學創造力發展速率明顯較未參加科展的學生為高。

另外，在回顧科學學習動機與科學創造力的文獻時，發現幾乎沒有探討此兩者直接關係的文獻，但卻有不少探討動機與創造力關係的研究。Ambrose與Kulik (1999)回顧超過200多個動機方面的研究，發現自90年代起，開始有研究嘗試連結動機與創造力，這些研究結果也發現在某種情境下可以促進內在動機與創造力。不少學者都曾探討內在動機與創造力的關係，其中以Amabile (1996)為主要代表人物，她甚至認為個體只要缺乏主動性的內在動機，便難有創造力(李堅萍、游光昭、朱益賢，2009)。而Csikszentmihalyi (1996)也強調內在動機的重要，並且認為內在動機是促動個體從事創意行為與持續創意行為的重要動力。整體而言，不論理論或實證研究皆顯示內在動機有利於創造力表現(林偉文，2006；洪素蘋、黃宏宇、林珊如，2008；Moneta & Siu, 2002)。然而上述研究多是以單一時間點作為測量的橫斷性研究，而較缺乏以縱貫性設計的角度討論動機對創造力發展趨勢的影響。由於本研究係以「促進學童科學創造力」的特定個人層面來探討其對於學生科學創造力的預測力，因此採用「科學學習動機」做為預測變項。所以在動機的討論上，本研究不似過去研究般地討論內外在動機，而是更直接地以科學學習動機作為討論其與科學創造力間的關係。而在科學學習動機的測量工具部分，因為本研究目的是以科學學習動機為依變項，所以在工具上將跳脫過去以動機為衡量的工具。有關於科學學習動機的內涵，林月菁(2007)的研究曾歸納過去學者的意見，發現科學學習動機可以自我效能、內在值與成就動機三層面來涵蓋，且因為該量表的對象就是國小學童，所以本研究直接使用該量表作為工具。且由前述的文獻推論，因內在動機對創造力具有正向影響，本研究合理推論，若學生具有較高程度的科學學習動機，則他的科學創造力應該也會有較高的成長速率，據此，本研究發展假設三：初始的科學學習動機對於科學創造力的初始狀態具有正向影響；假設五：初始的科學學習動機對於科學創造力的成長速率具有正向影響。

三、層次三因素(教師創意角色認定、創意教學行為)與科學創造力發展關係之探討

教師必須意識到創造力發展問題為學生學習基礎的架構，並理解學生必須通過發展創造力和實踐創造力來達到真正的學習成效，且能指導和協助學生自由思考和發揮潛能，使學生能發展他們的能力，並改善或提升某些學生本身已經擁有的能力(Lamas, Maria, & Gomes, 2010; Olsen, 2010)。因此學者認為對此應藉由更多的層面分析以協助找到更好的方式以培養學生創造力，並應進一步制定創造力輔導和訓練體系，再進行長時間跨層級的研究追蹤成效(Lamas et al.; Olsen)。在Chan (2005)研究也提及對創造力有顯著差異最明顯的是環境因素，所以在教

airiti

師層次方面，本研究共討論教師創意教學與創意角色認定兩個因素。學校對於個體創造力發展的主要影響似乎來自於「良師」(林偉文，2006)。就教師所營造的教室環境而言，Peterson (2002)在討論創造環境理論時指出，有趣、充滿刺激的教育環境，可以刺激學生發現問題、討論溝通與激發好奇心。若教師本身是角色楷模並且支持與接納學生的想法，則有利於學生創造力的發展，且教師的創新行為會成為學生的楷模，當學生知覺到他所喜歡的教師有教學創新的行為時，學生的創造力表現愈高(Morgan & Forste, 1999; Rejskind, 2000)。教師的創意教學對於創造力的正向影響獲得國外研究的證實(Anderson, 2002; Fleith, 2000; MacDonald & Bigelow, 2010)，而國內以創意教學者多僅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、創造力等成效的分析(李秀姿、陳昭儀，2007；吳秀娟、潘裕豐，2007；陳玉樹，2008；蔡玉瑟、曾俊鋒、張妤婷，2008；蕭佳純，2011)，較缺乏直接調查教師創意教學行為對學生創造力長期發展的影響，這也是本研究的目的之一。

而在另一因素的教師創意角色認定方面，當個體欲產生創新行為時，需有富創意的個體做基礎，才能產出創新的點子，進而提倡創新點子，然後實踐創新點子，且Stryker指出，個體對角色認定越重視，越會表現出與角色認定一致的行為(Farmer, Tierney, & Kung-Mcintyre, 2003)，Riley與Burke (1995)亦認為透過角色認定的過程，組織中的成員能夠受到激勵，並且展現出角色所被賦予的意義與行為目的。換言之，倘若個體對創意角色具有較強的認定，即表示個體認為自己是富有創意的，越可能表現出創意行為；而創意角色認定為個體透過自己或他人的回饋來內化成對自己的評價，即評價自己是具創意的人。但是可以注意的是，過去文獻都是指出，對自己(教師)創意角色認定與對自己(教師)創意表現的評價有關；而不是對自己(教師)創意角色認定與對他人(學生)創意表現或創造力成長有關。然而，學校教學是強調境教的塑造，除了外在環境的型塑之外，教師的身教更是重要。雖然教師創意角色認定對於學生創造力成長的影響尚未有任何研究證實，但據上述推論亦可說明，當教師的創意角色認定程度越高，其越能展現出潛移默化的效果，對於學生的創造力也會越有正向的影響。然而上述研究多是以橫斷性的時間蒐集資料，缺乏以縱貫性的分析角度瞭解教師創意教學與創意角色認定對於科學創造力發展的影響。也就是說，令人好奇的是，教師創意教學與創意角色認定對於創造力具有正向的影響，但對於科學創造力的成長速率是否也具有這樣的影響？根據上述，本研究推論，若教師的創意教學與創意角色認定程度越高，則他的學生的科學創造力應該也是會更高。據此，本研究發展以及假設六：教師創意角色認定對於學生科學創造力成長速率具有正向影響；假設七：教師創意教學對於學生科學創造力成長速率具有正向影響。除此之外，在瞭解教師創意教學與創意角色認定對科學創造力成長速率的影響之外，本研究也想瞭解，教師創意教學與創意角色認定是否也在學生科學學習動機、參加科展與否對科學創造力成長速率的影響關係中，是否具有調節效果存在？據此，本研究發展假設八：教師創意角色認定在學生科學學習動機、參加科展與否對科學創造力成長速率的影響關係中，具有調節效果存在；假設九為：教師創意教學在學生科學學習動

airiti

機、參加科展與否對科學創造力成長速率的影響關係中，具有調節效果存在。

參、研究設計

一、研究方法與統計分析

本研究採縱貫性調查，欲瞭解學生科學創造力表現的成長歷程，在一年半的研究期程中，特區分為參展前、參展過程中以及參展後的調查，其中參展過程中將進行兩次調查，因此本研究共將進行四次調查。其中，本研究調查參展後的學生創造力情形主要是瞭解科學創造力訓練的遷移維持效果，希望瞭解參與科展的學生在經過科展訓練後，即使競賽活動結束，其科學創造力是否仍可繼續發展下去，亦或是產生停止甚至下降的發展情形。尤其目前國內有關創造力的準實驗設計都在實驗結束後就停止，至多調查兩個時間點，缺乏對於結束後的實驗效果探討。而本研究採用縱貫性研究所調查的四個時間點正可彌補過去研究的缺口，因此本研究透過蒐集到四波問卷調查的資料，以階層線性模式進行三層次的時間縱貫性多層次分析。

HLM乃是同時考量不同層次變數下，針對不同層次的變數採取獨立分析的作法，依照學者們(Raudenbush & Bryk, 2002)的建議，並考量本研究的假設型式(H_1：層次一的直接效果；$H_{2\sim3}$：層次二的脈絡調節效果；$H_{4\sim5}$：層次三的脈絡調節效果；以及$H_{6\sim7}$：層次三對於層次二的脈絡調節效果)，在跨層次分析模型驗證分析中，需逐次地檢驗以下三個不同模式，分別是虛無模型(null model)、非條件化成長模型(unconditional growth model)、條件化成長模型(conditional growth model)；模式中包括如迴歸分析模型中標準化係數的固定效果(fixed effect)及無法直接估計，須透過變異數與共變數矩陣衡量的隨機效果(random effect)。本研究依次說明如下。虛無模型主要是檢視資料中是否存在群內一致性(consistency within-group)及群間的變異(variances between-group)，分別稱之為「群內變異成分」(within group components, σ^2)及「群間變異成分」(between group components, τ_{00})二者，並且群間變異成分顯著不為0。而當虛無模型得到驗證時，研究者必須驗證在層次一中的迴歸式斜率與截距是否存在，當存在顯著的截距項時，可為驗證層次二之調節變數對依變數是否產生直接效果存在的基礎，而當存在顯著的斜率項時，則可檢視假設是否成立的可能，此一分析步驟必須透過非條件化成長模型完成。具體言之，為檢驗H_2成立的可能，吾人必須先檢視不同群體的截距必須達顯著的差異，而為檢驗H_3成立的可能，吾人必須先檢視不同群體的斜率是否達到顯著水準。此外，除上述二者，本模式亦可直接驗證H_1層次一自變數與依變數的關係，並經由此模式與虛無模型之變異成分，求得層次依變數的解釋變異量R^2。若非條件化成長模型之截距項與斜率項變異成分顯著地存在，則需進一步地分析條件化成長模型，以檢視層次二變數的主效果與調節效果可能存在，換言之，必須進一步分析此斜率的變異成分可否由層次二的變數所解釋，以驗證假設二至七的成立與否。本研究以固定樣本的追蹤資料進行多層次分析，使用HLM6.0版軟體進行兩層次階層線性模式的二次成長模型進行分析，以學生科學創造力的四次重複調查資料為層次一的結果變項，時間變項與時間變項的二次方為層次一的解釋變項，而學生的個體變項則為層次二的解釋變項，教師層次變項則為層次三變項，模式的設定將於各階段分析時多加說明。

airiti

二、研究架構

本研究架構如圖1所示。

三、研究對象

本研究之研究對象為國小五年級的學童，取樣範圍限制在臺灣本島地區的國小學童。取樣方式採取立意抽樣，母群體乃透過研究者自行尋求對象，在取得施測對象同意後進行問卷施測。資料蒐集之細節如下：首先在調查時間上，第一波調查時間為99年12月至100年2月；第二波調查時間為100年4至6月；第三波調查時間為100年10至12月；第四波調查時間則為101年4至6月。在抽樣上則是自國立臺灣科學教育館網站中歷屆參展資料，依第41屆至第50屆全國中小學科學參展名冊取得所有參展國小及科展老師資料。首先，致電向國小教務處詢問是否願意給予協助，取得科展老師的聯絡方式，懇請其協助發放及回收問卷。本研究針對35所學校發出問卷，以參與科展之學生加以施測，並以1：5的比例設定同班的非參展學生為對照組，同時考量到學校之班級規模，若全班人數未達參展學生之五倍，則由全班學生進行填答。問卷回收情形如下：共有35所國小，78名教師協助進行調查，且這78名教師皆是帶領學生參加比賽的科展教師，在上課時也多採取創意教學行為的落實，因為在研究開始之

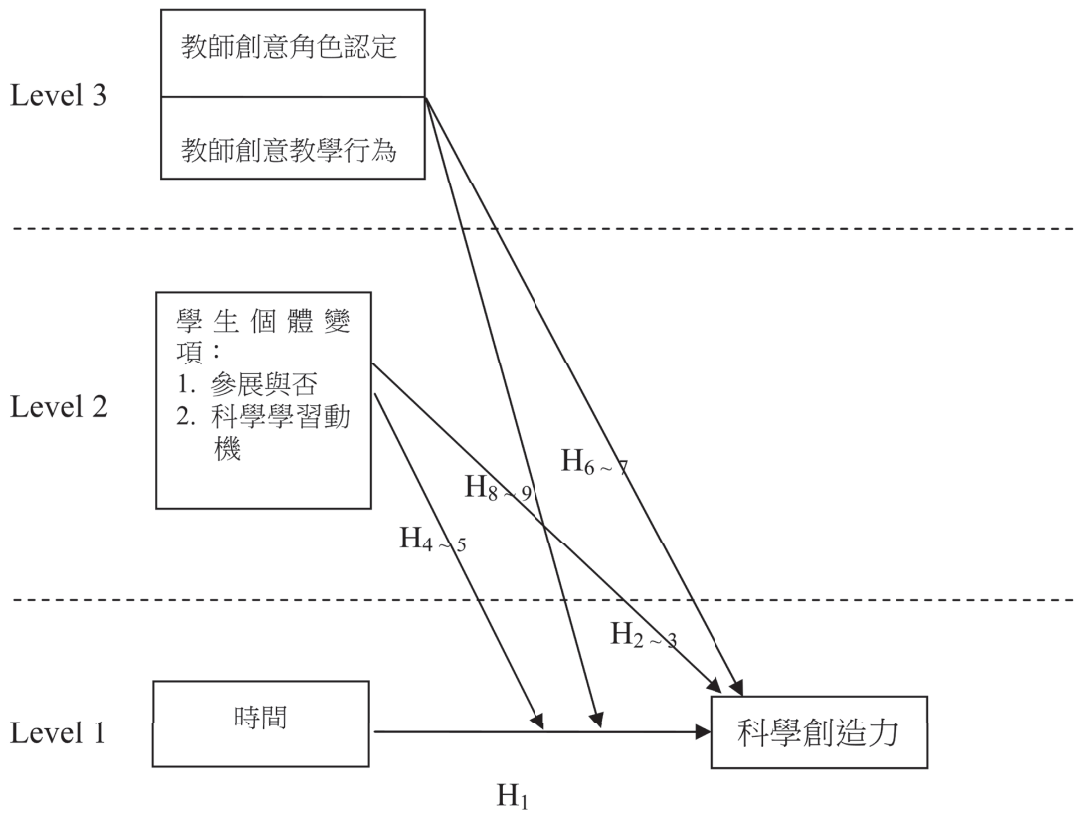

圖1：研究架構圖

註：「時間」係指本研究在一年半進行四次施測的時間點，由同一群學生分別在四次時間點施測的縱貫性時間。

airiti

前，研究者曾經邀請臺南市東光國小的資深科展績優教師針對創意教學進行研習，而這78位教師於當天皆參與該次研習，此外，還需補充說明的是，創造力的培養須與特定領域做結合，且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，所以這78位教師的創意教學行為乃是侷限在「自然科學與生活科技領域」上，且都進行著創意教學。最後，填答問卷共有1,079名學生，其中有參展學生為208名，非參展學生為871名。

四、研究工具

(一)科學創造力測驗

本研究所使用的「情境式科學創造力測驗」為葉玉珠等(2008)所發展，其目的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。「情境式科學創造力測驗」係以故事主角小新在荒島尋寶為主題，並以連續性的故事呈現尋寶過程中可能遭遇的問題，其內容包含三個問題情境，且每個情境包含三個明確的主要問題。在每一個問題情境中，受試者均可使用故事中所提供的十項工具、利用荒島上的材料或使用身邊的東西，來協助完成兩天一夜的尋寶任務。在施測方面，「情境式科學創造力測驗」每個問題情境各有十分鐘的作答時間(不包含說明時間)，所以完成整個測驗約需40分鐘(說明10分鐘；測驗本身30鐘)。在作答過程中，受試者首先必須界定情境中的主要問題，然後再針對所界定問題問題，利用題本中所提供的十項工具、設備或就地取材來解決問題。「情境式科學創造力測驗」的測量指標主要是包含獨創性與價值性。每一解決方法的價值性得分為0 ~ 2分，獨創性的得分為0 ~ 3分。本測驗每一個問題解決方法的計分方式為：若沒有獨創性，則不論解決方法是否有效，得分均為0分；若有獨創性，則其得分 = 獨創性 × 價值性，其得分最低為0分，最高為6分，且因為有三個情境測驗，所以最高分為18分。而為了解釋上的方便，本研究將三個情境的分數分別依常模轉換成*t*分數，再將上述三個*t*分數以各占1/3的比例相加，所得之加權*t*分數總和即為此分測驗的總分，而葉玉珠等在應用該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「情境式科學創造力測驗」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。但是，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，可之具有良好的評分者信度。

(二)科學學習動機量表

為了更聚焦於科學創造力的討論，因此在動機方面本研究直接使用「科學學習動機量表」作為自變項，此量表主要修改自林月菁(2007)發展之「國小學童科學學習動機量表」。其構面與本研究欲測量之內涵相符，故保留量表題項共24題，其包含三個因素：「自我效能」、「內在價值」與「成就動機」，每個向度各有8題。同時，原量表形式本為Likert五點量表，但是為了避免填答者之中庸傾向，故本研究中使用Likert六點量表

進行測量，分數越高代表學生之科學學習動機越強烈，其中第12題、15題為反向題。而在信、效度檢驗方面，經驗證性因素分析結果顯示，本量表的誤差變異介於 .35 ~ .69之間，沒有出現負的誤差變異，且均達 .05的顯著水準；其次，因素負荷量介於 .56 ~ .80之間。本量表RMSEA值為 .078，屬於良好的適配，SRMR、GFI值分別為 .047、 .90均達到理想標準。在增值適配度方面，適配度指數NFI、RFI、IFI、CFI依序為 .97、 .96、 .97、 .97，皆大於 .90的標準，本量表Cronbach's α值分別為 .83、 .88、 .82，總量表為 .84，結果顯示本量表的信度良好。

(三)時間變項

第一波調查時間：99年12月至100年2月；第二波調查時間：100年4至6月；第三波調查時間：100年10至12月；第四波調查時間：101年4至6月。本研究的時間變項取各組中點，因為HLM不需要使用相同的時間點，每位教師可以依據實際的施測時間使用不同的時間點，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。

(四)教師創意教學量表

本研究採用的「創意教學量表」是由黃惠君與葉玉珠(2008)共同編製而成，量表主要目的在測量，教師自評在教學中所展現之創意行為的程度。量表題目共20題，包含五個因素：互動討論、心胸開放、問題解決、多元教學以及自主學習。原量表形式為Likert四點量表，但是為了更詳實區分出不同的主觀同意程度，故本研究中使用Likert六點量表進行測量，「1」表示「非常不同意」、「6」表示「非常同意」，分數愈高表示教師之創意教學程度越高。本研究經驗證性因素分析後得SRMR、GFI值分別為 .037、 .92均達到理想標準。在增值適配度方面，適配度指數NFI、RFI、IFI、CFI依序為 .90、 .90、 .91、 .91，皆大於 .90的標準，RMSEA = .063，顯示此構念之效度達適配水準。本量表Cronbach's α值分別為 .75、 .79、 .79、 .72以及 .83，總量表為 .94，結果顯示本量表的信度良好。以上資料顯示本量表的理論模式與觀察資料的整體適配度達到理想標準，亦即此工具的效度部分符應聚斂效度與區辯效度的要求。

(五)教師創意角色量表

本研究採用Jaussi, Randel與Dionne (2007)編制的量表共4題，其中第3題是反向題。以Likert六點量表測量，所得到的分數越高，則其創意個人認定在個人認定中所佔地位越高。本研究將量表中文化後，經50位教師先行進行預試及探索性因素分析，經項目分析後，各題項校正項目總分相關係數從 .489 ~ .713，決斷值從23.33 ~ 46.96；因素分析共抽取1個共同因素，就命名為「創意角色認定」，累積解釋變異量為69.89%，而預試時的Cronbach's α值為 .82。本量表經驗證性因素分析後得SRMR、GFI值分別為 .017、 .94均達到理想標準。在增值適配度方面，適配度指數NFI、RFI、IFI、CFI依序為 .94、 .94、 .95、 .95，皆大於 .90的標準，RMSEA = .000顯示此構念之效度達適配水準。本量表Cronbach's α值為 .84，結果顯示信度良好。以上資料顯示本量表的理論模式與觀察資料的整體適配度達到理想標準，

肆、研究結果與分析

本研究根據學生科學創造力表現的成長模式進行三層次分析，分析步驟如下所示。

airiti

一、虛無模式

在進行三層次HLM成長模式分析前，同樣需進行虛無模式，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：

Level 1 : $Y_{tij} = \pi_{0ij} + e_{tij}$

Level 2 : $\pi_{0ij} = \beta_{00j} + r_{0ij}$

Level 3 : $\beta_{00j} = \gamma_{000} + u_{00j}$

其中I = 1, ..., n為學生個體；j = 1, ..., n為老師；Y_{ti}為老師j的學生i於時間t所測量的科技創造力；π_{0ij}為截距，是老師j所任教學生個體i的初始狀態的創造力分數；e_{tij}為層次一的隨機誤差，假定其為獨立且服從於變異數為相同σ^2的常態分配；β_{00j}為老師j所任教學生科學創造力的的平均初始分數；γ_{0ij}為隨機的「學生效果」，即為學生i j的平均科學創造力分數距老師所任教學生創造力平均數的離均差，假定其效果變異數τ_π的常態分配；γ_{000}是初始狀態的總平均數；μ_{00j}是隨機的「老師效果」，即為老師j所任教學生科學創造力的平均創造力分數距總平均數的離均差，假定其效果變異數τ_β的常態分配。

虛無模式分析結果顯示，層次一(個體內)的變異量為37.67，層次二(個體間)的變異量為13.36 ($\chi^2 = 1796.62$, $df = 791$, $p < .050$)，達顯著水準，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為.260，表示在學生科學創造力的全體變異量中，個體間的變異量約占26.00%，而個體內重複測量的變異量約占74.00%。由虛無模式分析得知，學生科學創造力有相當高的變異成分存在於個體間，因此，本研究將進行成長模式的檢定。

二、非條件化成長模式(初始狀態與成長速率的分析)

首先進行非條件化線性成長與非條件化成長曲線兩個模式的概似比考驗，結果在線性成長模式的離異數為20303.91，成長曲線模式的離異數為20014.69，兩者的差為289.22，這個差服從自由度為7的χ^2分配，其考驗結果達到顯著($p < .050$)，表示模式的簡化並不恰當。因此，採用二次曲線成長模式來檢定學生的科學創造力是否存在著不同的截距與斜率。本研究的非條件二次成長模式如下所示，而分析結果如表1。

Level 1 : $Y_{tij} = \pi_{0ij} + \pi_{1ij}$時間$_{tij} + \pi_{2ij}$時間$^2_{tij} + e_{tij}$

Level 2 : $\pi_{0ij} = \beta_{00j} + r_{0ij}$

$\pi_{1ij} = \beta_{10j} + r_{1ij}$

$\pi_{2ij} = \beta_{20j} + r_{2ij}$

Level 3 : $\beta_{00j} = \gamma_{000} + u_{00j}$

$\beta_{10j} = \gamma_{100} + u_{10j}$

$\beta_{20j} = \gamma_{200} + u_{20j}$

其中，π_{0ij}為截距，是老師j所任教學生個體i的初始狀態的科學創造力分數；而π_{1ij}為科學創造力的平均成長率，π_{2ij}為科學創造力的成長曲率，時間$_{tij}$為老師j所任教學生個體i在第t波調查的時間，以減去第一波做為置中。r_{0ij}、r_{1ij}及r_{2ij}為層次二的隨機效果；u_{00j}、u_{10j}及u_{20j}則為層次三的隨機效果。

在固定效果中，β_{10j}與β_{20j}分別表示層次一時間項與科學創造力間關係的估計參數，若其達顯著水準，表示時間可以預測科學創造力的成長趨勢。結果顯示學生科學創造力在起始狀態($\gamma_{000} = 50.78$, $t = 86.18$, $p < .050$)以及成長加速度($\gamma_{200} = -4.34$, $t = -2.10$, $p < .050$)均達顯著水準；而在平均成長率($\gamma_{100} = 3.07$,

表1：學生科學創造力成長模式的虛無模式、非條件化成長模式分析摘要表

模型 / 固定效果	虛無模式			非條件成長模式		
	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值
γ_{000}	50.77	0.51	99.98*	50.78	0.59	86.18*
γ_{100}				3.07	2.29	1.34
γ_{200}				-4.34	2.06	-2.10*
γ_{300}						
γ_{400}						
γ_{500}						
γ_{600}						
隨機效果	變異數	χ^2	*p*	變異數	χ^2	*p*
層1						
e_{tij}	37.67			25.21		
層2						
r_{0ij}	13.36	1,796.62	.000	20.48	1,110.37	.000
r_{1ij}				6.45	598.19	.500
r_{2ij}				2.42	604.17	.500
層3						
u_{00j}	3.46	419.32	.000	14.56	326.91	.000
u_{10j}				236.53	463.09	.000
u_{20j}				194.92	492.35	.000
變異數分解(按層的百分比)						
層1	69.13					
層2	24.52					
層3	0.64					

*$p < .050$

$t = 1.34$, $p > .050$)，則未達顯著水準；而γ_{100}為雖未達顯著但為正號，且γ_{200}為負號，代表開口向下，學生科學創造力呈現先上後下的趨勢。整體上符合以往研究結果(Daniel, 2007; Kim et al., 2009; Wai et al., 2005)，甚或Sternberg (1999)指出創造性生產傾向於呈現出一條倒J型的曲線。至此，本研究的假設一並未完全獲得成立。

另外，在層次二隨機效果部分，測量個人成長曲線參數(γ_{0ij}, γ_{1ij}和γ_{2ij})變異情形的估計值分別為：截距項變異量為20.48 (χ^2 = 1,110.37, $p < .050$)達顯著水準；平均成長率變異量與成長加速度變異量均未達顯著水準。而層次三的隨機效果部分，截距項變異量為14.56 ($\chi^2 = 326.91$, $p < .050$)，平均成長率變異量為236.53 ($\chi^2 = 463.09$, $p < .050$)與成長加速度變異量為194.92 ($\chi^2 = 492.35$, $p < .050$)，均達顯著水準。結果顯示個別學生間的科學創造力在第一波調查時的初始狀態存在顯著差異，而層次三的截距項變異量、平均成長率變異量與成長加速度變異量均達顯著水準，學生的科學創造力可能受到老師層次的變項調節影響，故繼續進行層二的截距與斜率預測模式檢定。再者，比較虛無模式與非

airiti

條件二次成長模式可知，在學生的科學創造力層次一時間變項所解釋的變異數比例為33.08%，即引進時間變數可以減少第一層誤差項的變異數達33.08%的程度。

三、條件化成長模式之層次二跨層次分析

本研究條件化成長模式之層次二完整模式如下所示：

Level 1 : $Y_{tij} = \pi_{0ij} + \pi_{1ij}$時間$_{tij} + \pi_{2ij}$時間$^2_{tij} + e_{tij}$

Level 2 : $\pi_{0ij} = \beta_{00j} + \beta_{01j}$有無參展$+ \beta_{02j}$自我效能$+ \beta_{03j}$內在價值$+ \beta_{04j}$成就動機$+ r_{0ij}$

$\pi_{1ij} = \beta_{10j} + \beta_{11j}$有無參展$+ \beta_{12j}$自我效能$+ \beta_{13j}$內在價值$+ \beta_{14j}$成就動機$+ r_{1ij}$

$\pi_{2ij} = \beta_{20j} + \beta_{21j}$有無參展$+ \beta_{22j}$自我效能$+ \beta_{23j}$內在價值$+ \beta_{24j}$成就動機$+ r_{2ij}$

Level 3 : $\beta_{00j} = \gamma_{000} + \mu_{00j}$

$\beta_{01j} = \gamma_{010}$

$\beta_{02j} = \gamma_{020}$

$\beta_{03j} = \gamma_{030}$

$\beta_{04j} = \gamma_{040}$

$\beta_{10j} = \gamma_{100} + \mu_{10j}$

$\beta_{11j} = \gamma_{110}$

$\beta_{12j} = \gamma_{120}$

$\beta_{13j} = \gamma_{130}$

$\beta_{14j} = \gamma_{140}$

$\beta_{20j} = \gamma_{200} + \mu_{20j}$

$\beta_{21j} = \gamma_{210}$

$\beta_{22j} = \gamma_{220}$

$\beta_{23j} = \gamma_{230}$

$\beta_{24j} = \gamma_{240}$

其中，β_{01j}為有無參展的學生在科學創造力在初階段的差距，其餘類推；β_{11j}為有無參展的學生在科學創造力線性成長速率的差異；β_{21j}為有無參展的學生在科學創造力成長曲率的差異；β_{23j}為自我效能在科學創造力成長曲率的調節效果，以此類推。由前述分析可知，個別學生的科學創造力在第一波的初始狀態及成長曲率皆存在顯著差異，所以本研究進一步分析成長曲率與截距的變異成分可否由層次二變項所解釋，而納入層次二的變項共包含有：有無參展、性別、科學學習動機的自我效能、內在價值以及成就動機等三個構面。其中有無參展為類別變項。

在條件化成長模式之層次二完整模式中，首先進行截距預測模式來瞭解層次二的學生個體變項對其科學創造力的直接影響效果，結果如附錄所示。經條件化成長模式中的截距預測模式分析，結果在有無參展變項達顯著水準($\gamma_{010} = 3.11$, $t = 4.20$, $p < .050$)，有參加科展的學生在科學創造力的初始狀態顯著高於無參加科展的學生；另外，在科學學習動機中的自我效能亦達顯著水準($\gamma_{030} = 0.70$, $t = 3.03$, $p < .050$)，學生科學學習動機的自我效能愈高，其科學創造力在初始狀態就愈高，結果與過去研究(蕭佳純，2011；Amabile, 1996; Csikszentmihalyi, 1996; Sternberg & Lubart, 1995)大致相符。進一步進行斜率預測模式，分析層次二的學生個體變項在科學創造力的線性成長速率及成長曲率的調節效果；結果如附錄所示，層次二學生個體變項中的有無參展及科學學習動機中的自我效能卻有顯著不同的成長曲率，由附錄中的係數$\gamma_{210} = 2.31$為正且達顯著水準可知，有參加科展的學生其成長曲率高於未參加科

airiti

展的學生；而且科學學習動機中的自我效能係數γ_{230} = 0.57為正且達顯著水準可知，若學生的自我效能越高，則科學創造力的成長曲率將越快。至此，本研究的假設二及四成立，假設三及五部分成立。

而在隨機效果中，層次三的截距項變異量為12.19 (χ^2 = 199.96, p < .050)、平均成長率變異量為133.16 (χ^2 = 258.38, p < .050)與成長加速度變異量為57.80 (χ^2 = 250.79, p < .050)均達顯著水準，表示學生的科學創造力可能受到老師層次的變項調節影響，因此，將進一步進行條件化成長模式之層次三的跨層次分析。此外，層次二完整模式再與虛無模式比較可知，在科學創造力層次二學生個體變項所解釋的變異數比例為33.95%，即引進時間及層次二學生個體變項可以減少第一層誤差項的變異數達33.95%的程度，對照層次一包含有時間變項的模型，僅再增加了0.21%的變異解釋量，所以在層次二所引進的學生個體變項對於科學創造力成長趨勢貢獻並不大。

在此部分的分析須特別注意的地方是，層次三的隨機效果在此模式中除了截距項與時間變項之外皆是不存在的，原因在於，在層次三的隨機效果分析中，除了截距項與時間變項外皆未達顯著水準，進一步比較有隨機效果與無隨機效果兩個模式的概似比考驗比較，在有隨機效果的模式中離異數為16,982.43，而無隨機效果的模式的離異數為17,008.76，兩者在離異數統計量上的差為26.33，其考驗結果未達顯著(p > .050)，表示模式的簡化在本研究中是相當合理的，因此，本研究中層次三除了截距項與時間變項外的隨機效果皆不存在。

四、條件化成長模式之層次三跨層次分析

本研究層次三納入教師的變項共包含教師創意角色認定以及教師創意教學行為中的五個構面：「互動討論、促進思考」、「心胸開放、意義學習」、「問題解決、激發想像」、「多元教學、引發動機」、「自主學習、提供挑戰」。而條件化成長模式之層次三完整模式如下所示：

Level 1 : $Y_{tij} = \pi_{0ij} + \pi_{1ij}$時間$_{tij} + \pi_{2ij}$時間$^2_{tij} + e_{tij}$

Level 2 : $\pi_{0ij} = \beta_{00j} + \beta_{01j}$有無參展$+ \beta_{02j}$自我效能$+ \beta_{03j}$內在價值$+ \beta_{04j}$成就動機$+ r_{0ij}$

$\pi_{1ij} = \beta_{10j} + \beta_{11j}$有無參展$+ \beta_{12j}$自我效能$+ \beta_{13j}$內在價值$+ \beta_{14j}$成就動機$+ r_{1ij}$

$\pi_{2ij} = \beta_{20j} + \beta_{21j}$有無參展$+ \beta_{22j}$自我效能$+ \beta_{23j}$內在價值$+ \beta_{24j}$成就動機$+ r_{2ij}$

Level 3 : $\beta_{00j} = \gamma_{000} + \gamma_{001}$教師創意角色認定$+ \gamma_{002}$互動討論、促進思考$+ \gamma_{003}$心胸開放、意義學習$+ \gamma_{004}$問題解決、激發想像$+ \gamma_{005}$多元教學、引發動機$+ \gamma_{006}$自主學習、提供挑戰$+ u_{00j}$

$\beta_{01j} = \gamma_{010}$

$\beta_{02j} = \gamma_{020} + \gamma_{021}$教師創意角色認定$+ \gamma_{022}$互動討論、促進思考$+ \gamma_{023}$心胸開放、意義學習$+ \gamma_{024}$問題解決、激發想像$+ \gamma_{025}$多元教學、引發動機$+ \gamma_{026}$自主學習、提供挑戰

$\beta_{03j} = \gamma_{030} + \gamma_{031}$教師創意角色認定$+ \gamma_{032}$互動討論、促進思考$+ \gamma_{033}$心胸開放、意義學習$+ \gamma_{034}$問題解決、激發想像

airiti

+ γ_{035}多元教學、引發動機+ γ_{036}自主學習、提供挑戰

$\beta_{04j} = \gamma_{040} + \gamma_{041}$教師創意角色認定 + γ_{042}互動討論、促進思考 + γ_{043}心胸開放、意義學習 + γ_{044}問題解決、激發想像 + γ_{045}多元教學、引發動機+ γ_{046}自主學習、提供挑戰

$\beta_{10j} = \gamma_{100} + \gamma_{101}$教師創意角色認定+ γ_{102}互動討論、促進思考+ γ_{103}心胸開放、意義學習+ γ_{104}問題解決、激發想像+ γ_{105}多元教學、引發動機+ γ_{106}自主學習、提供挑戰+ u_{10j}

$\beta_{11j} = \gamma_{110}$

$\beta_{12j} = \gamma_{120} + \gamma_{121}$教師創意角色認定 + γ_{122}互動討論、促進思考 + γ_{123}心胸開放、意義學習 + γ_{124}問題解決、激發想像 + γ_{125}多元教學、引發動機+ γ_{126}自主學習、提供挑戰

$\beta_{13j} = \gamma_{130} + \gamma_{131}$教師創意角色認定 + γ_{132}互動討論、促進思考 + γ_{133}心胸開放、意義學習 + γ_{134}問題解決、激發想像 + γ_{135}多元教學、引發動機+ γ_{136}自主學習、提供挑戰

$\beta_{14j} = \gamma_{140} + \gamma_{141}$教師創意角色認定 + γ_{142}互動討論、促進思考 + γ_{143}心胸開放、意義學習 + γ_{144}問題解決、激發想像 + γ_{145}多元教學、引發動機+ γ_{146}自主學習、提供挑戰

$\beta_{20j} = \gamma_{200} + \gamma_{201}$教師創意角色認定+ γ_{202}互動討論、促進思考+ γ_{203}心胸開放、意義學習+ γ_{204}問題解決、激發想像+ γ_{205}多元教學、引發動機+ γ_{206}自主學習、提供挑戰+ u_{20j}

$\beta_{21j} = \gamma_{210}$

$\beta_{22j} = \gamma_{220} + \gamma_{221}$教師創意角色認定 + γ_{222}互動討論、促進思考 + γ_{223}心胸開放、意義學習 + γ_{224}問題解決、激發想像 + γ_{225}多元教學、引發動機+ γ_{226}自主學習、提供挑戰

$\beta_{23j} = \gamma_{230} + \gamma_{231}$教師創意角色認定 + γ_{232}互動討論、促進思考 + γ_{233}心胸開放、意義學習 + γ_{234}問題解決、激發想像 + γ_{235}多元教學、引發動機+ γ_{236}自主學習、提供挑戰

$\beta_{24j} = \gamma_{240} + \gamma_{241}$教師創意角色認定 + γ_{242}互動討論、促進思考 + γ_{243}心胸開放、意義學習 + γ_{244}問題解決、激發想像 + γ_{245}多元教學、引發動機+ γ_{246}自主學習、提供挑戰

其中，γ_{001}為教師創意角色認定在學生科學創造力在初始狀態的直接效果，γ_{002}為教師創意教學行為中的互動討論、促進思考在學生科學創造力在初始狀態的直接效果，其餘類推；γ_{021}為教師創意角色認定在學生科學學習動機中的自我效能與其科學創造力間的調節效果，而γ_{032}為教師創意教學行為中的互動討論、促進思考在學生科學學習動機中的內在價值與其科學創造力間的調節效果，其餘類推；γ_{121}為教師創意角色認定在學生自我效

airiti

能與科學創造力線性成長速率的調節效果，而γ_{232}為互動討論、促進思考在學生內在價值與科學創造力成長曲率的調節效果，其餘類推。條件化成長模式之層次三完整模式，同樣先進行截距預測模式，來瞭解層次三的教師變項對學生科學創造力的直接影響效果，結果如附錄所示。經條件化成長模式中的截距預測模式分析，結果顯示，在教師創意角色認定變項達顯著水準(γ_{001} = 1.40, t = 2.17, p < .050)，表示教師的創意角色認定越高時，學生的科學創造力初階段則越高；而教師的創意教學行為各構面則均未達顯著水準。

其次，藉由斜率預測模式，來瞭解教師的創意角色認定以及教師創意教學行為在學生科學學習動機、時間變項以及學生科學學習動機與時間變項的交互作用對於學生科學創造力的調節效果；結果如附錄所示，教師創意角色認定與學生成就動機的跨層次交互作用對於學生科學創造力的影響達顯著水準(γ_{041} = 2.67, t = 3.49, p < .050)，也就是說，教師創意角色認定越高，會正向強化原先學生的成就動機與科學創造力未顯著的關係；而教師創意教學行為中的「多元教學、引發動機」在線性成長速率對於科學創造力達顯著水準(γ_{105} = 10.79, t = 2.20, p < .050)，教師表現出多元的教學行為，則會引發學生動機與學生創造力線性成長率的關係；在教師創意教學行為中的「心胸開放、意義學習」在學生科學學習動機的內在價值與時間變項的交互作用對科學創造力調節效果達顯著水準(γ_{133} = 8.78, t = 2.21, p < .050)，教師展現心胸開放、意義學習的教學行為，會顯著強化原先學生內在價值與科學創造力線性成長率的調節效果。

而層次三相對應的截距項變異量為10.74 (χ^2 = 198.61, p < .050)、平均成長率變異量為120.79 (χ^2 = 197.12, p < .050)與成長加速度變異量為52.38 (χ^2 = 186.20, p < .050)均達顯著水準，表示仍有其他教師層次變數會影響其初始狀態、成長率及曲率而未被考慮到。除此之外，層次三科學創造力的初始狀態參數μ_{00j}的殘差變異量從12.19減少到10.74，表示初始狀態的參數變異數分別有11.90%由層次二的變項所解釋。相同地，科學創造力的平均成長速率的變異數削減比例是9.29% (133.16遞減至120.79)；另外，科學創造力的成長曲率的變異數削減比例是9.38% (57.80遞減至52.38)；表示科學創造力的平均成長率與成長曲率並沒有太多的解釋變異是與層次三的變項有關。此外，層次三完整模式再與層次二模式比較可知，在科學創造力層次三教師層次變項所解釋的變異數比例為35.25%，對照層次二學生層次變項的模型，僅再增加了1.31%的變異解釋量，但這是否表示探討教師層次變項並無意義，其實不然，我們也常在研究中可發現，高層次變項的增加似乎增加不了太多的貢獻或解釋力，但這是相當合理的，因為在實務上，越高層次的變項是越疏離個人的，儘管如此，大於兩個層次的模式仍是提供相當多有用的資訊，它能對於問題的瞭解有更全面、通盤的考量(Bickel, 2007)，分析至此發現，本研究的假設六及八成立，假設七並未成立，而假設九則為部分成立。

伍、結論與建議

一、結論

近年來國外已有創造力縱貫性的實徵研究，但是到目前為止國內仍未有創造力的縱貫研究。而國內討論學生創造力的研究多分別探討學生個人層次因素與創造力的關聯，或教師層次因素與創造力的關聯，鮮少有研究以多層次分析角度綜合討論這些因素對學

airiti

生創造力的影響。本研究針對同一學生與其教師進行科學創造力的追蹤調查，在蒐集一年半的縱貫性資料後，運用HLM，同時從時間縱貫性與多層次的角度來檢視學生科學創造力隨時間改變的情形，並且探討在此過程中學生層次與教師層次的因素對學生科學創造力動態發展的影響。以下就分析結果分別論述如下：

(一)學生科學創造力在初階段具有個別差異且呈現先上後下發展的成長趨勢

學生科學創造力在初始狀態，也就是在第一波調查時，是有顯著差異存在的，顯示出創造力在開始調查時即存在有個別差異。而成長曲率為-4.34呈現顯著負向成長，在平均成長率則未達顯著水準但係數為3.07，代表曲線開口向下，學生科技創造力呈現先上而後下的趨勢。但是必須注意的是，從分析結果來看，一次方成長的係數不顯著，而二次方成長的係數*t*值僅-2.10，而且受測者人數有1,079人，蒐集了4次資料，總共4,316筆資料列入分析。如此大量的資料，*t*值僅-2.10，顯示此顯著性受到人數影響所致的可能性極高。又加上作者的時間是以年為單位，數值皆很低，因此會有係數略高(-4.34)的情形。所以在說明學生的科學創造力呈現負加速度成長的說法應保守些，也就是說，在本研究的資料蒐集中，學生在有限時間的調查下，其科學創造力是呈現先上後下的發展，但是否如此，恐怕需要更多實證研究的累積。

(二)參與科展與否以及科學學習動機中的自我效能對學生科學創造力的初始狀態及動態發展具有影響

其次，在層次二因素中，有無參加科展競賽與科學學習動機中的自我效能均對科學創造力的初始狀態有直接的影響，結果發現有參展的學生的科學創造力顯著高於無參展的學生，而學生的科學學習自我效能越高，則科學創造力表現越好，也就是說，在一剛開始，有參加科展的學生科學創造力就高於沒有參加科展的學生了。這兩部分因素除了對於科學創造力的初始狀態具有直接影響之外，對於科學創造力的動態發展也具有影響，依據分析結果顯示，有參加科展的學生以及科學學習動機中自我效能越高的學生，其科學創造力的成長速率將越高。還要注意的是，有參加科展學生科學創造力的成長速率將越高。惟這個因果關係仍有待確定。因為也有可能因為這些學生在一開始就已經有較佳的科學創造力所以才願意去參加科展，而這其中的因果關係恐怕得再用延宕交叉分析確認之。

(三)教師創意角色認定與創意教學行為對學生科學創造力的發展具有不同層面的影響

研究結果顯示，教師創意角色認定對學生初階段的科學創造力有直接影響效果，教師的創意角色認定越高時，學生在科學創造力則越高；其次，教師創意角色認定越高，會強化學生成就動機與科學創造力之間的關係，也就是說，學生的高成就動機若能再輔以教師的創意角色認定，則學生的科學創造力程度也將越高。而在創意教學部分，教師表現出多元的教學行為，也會正向調節學生科學學習動機對科學創造力線性成長率的影響；換句話說，學生若具有高度科學學習動機、再加上教師的多元教學行為，則學生的科學創造力成長速率將會越快。同理，教師若展現心胸開放、意義學習的教學行為，會顯著強化學生內在價值與科學創造力線性成長速率之間的關係。教師的創意角色認定除了對學生科學創造力的初階段有直接正向的影響力，也對學生科學學習動機與創造力初階

airiti

段狀態間有正向的調節效果；而創意教學行為對學生科學學習動機與科學創造力成長曲率間有正向的調節效果，在此顯示出教師在學生科學創造力表現的發展扮演重要的角色。

二、建議

(一)針對學生科學創造力發展的建議

「創造力是能被教導的嗎？」在本研究分別對有無參加科展競賽學生進行一年半的科學創造力表現追蹤的結果，發現有參加科展競賽的學生，在參展的前、中、後，其成長趨勢與沒參展的一般學生顯著的不同，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，本研究發現有參加科展競賽的學生的科學學習動機與其科技創造力表現之間存在著正向關係，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，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。

(二)針對教師培育科學創造力的建議

教師的創意角色認定確實對於學生的創造力扮演重要的角色，對學生的創造力不但有直接的影響力，對強化學生學習動機進而提升創造力表現的影響也有著調節效果。所以，教師若對創意角色認定程度越高，越有可能發展出創意教學表現，由於角色認定能夠激勵個體發展出合於角色的行為表現，學校可以提供對於教師本身或是在教師同儕之間相關的專業研習與討論，提升教師的創意教學的自信心，進而激勵教師創意角色認定的提高。而在創意教學方面，建議教師在提升自我的創意角色認定，並透過有創意的教學行為，同時融入激發學生創造思考技能、提升其學習動機與自信心，展現教師創造力給予學生，對於達成有效教學目標與提升學生創造力可能更有幫助。

(三)針對後續研究的建議

本研究以縱貫性的調查來蒐集學生創造力的資料，並且以多層次的方法來加以分析，試圖彌補在目前國內外創造力相關研究中的缺口，研究結果同時也發現尚有其他教師或更高層次的變項會影響學生創造力表現並未被本研究考量到，建議未來研究可以延長追蹤的時間或是加入更多不同層次的影響因素。此外，本研究因以不同參加科展的老師及學生為對象，因此訓練參加科展的方式因教師而異，這也是本研究最大的研究限制，至於是不是造成教師層次的影響不如預期的原因不得而知，所以建議未來研究以更嚴謹的研究設計，例如以準實驗的設計輔以縱貫性調查，以求更周全、深入的研究成果累積。再者，本研究在四個時間點施測科技創造力，以進行成長歷程的研究。然科學創造力量表並無四套複本可以使用，四次都使用同一套量表，是否會有練習以及疲勞的效果，在本研究是很難區分出來的。所以學生科學創造力先增後降的現象是否有可能肇因於練習以及疲勞的結果不得而知，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創造力的長期追蹤調查時可以尋找或使用不同複本的創造力測驗，以解決本研究疑慮。最後，本研究所探討的四個

airiti

時間點可能因為學校中的不同活動，例如月考、校慶等等，是否會影響到創造力的表現不得而知，而其他干擾變項如社經地位、智力等等也可能是重要的干擾變項，但在本研究中愛於研究的時間、成本等考量並未於研究進行當時加入這些重要的干擾變項，因此建議未來研究者進行相關的研究時可多加考量上述這些情況，以俾豐富研究的完整性。

參考文獻

1. 王精文、洪瑞雲(2003)。創造性問題解決訓練對管理者問題解決過程的影響。**交大管理學報**，**23**(1)，183-208。
2. 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。
3. 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。
4. 吳明雄、許碧珊、張德正、張可立(2009)。高職高技術創造力學生團隊之創造歷程。**教育與心理研究**，**32**(2)，1-25。
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. 李堅萍、游光昭、朱益賢(2009)。國中科技教育運用Teresa M. Amabile工作動機原則與自我效能激發策略之研究。**新竹教育大學教育學報**，**25**(2)，129-159。
7. 林月菁(2007)。**科學故事電子繪本對國小中年級學童對科學的態度與科學學習動機影響之初探**。臺北市：教育部96年度中小學科學教育計畫專案成果報告。
8. 林偉文(2006)。學校創意守門人對創意教學與創造力培育態度與教師創意教學之關係。**教育學刊**，**27**，69-92。
9. 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。
10. 洪文東(2002)。創造型兒童之思考特性與科學創造力的關聯性。**屏東師院學報**，**16**，355-394。
11. 洪素蘋、黃宏宇、林珊如(2008)。重要他人回饋影響創意生活經驗？：以模式競爭方式檢驗創意自我效能與創意動機的中介效果。**教育心理學報**，**40**(2)，303-322。
12. 胡衛平、俞國良(2002)。青少年的科學創造力研究。**教育研究**，**23**(1)，44-48。
13. 張世慧(2007)。**創造力：理論、技法與教學**。臺北市：五南。
14. 教育部(2003)。**創造力教育白皮書**。臺北市：作者。
15. 陳玉樹(2008)。創造力訓練課程成效分析：準Solomon四組設計。**課程與教學季刊**，**11**(4)，187-212。
16. 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。

17. 陳龍安(2006)。**創造思考教學的理論與實際(第6版)**。臺北市：心理。
18. 黃惠君、葉玉珠(2008)。國中教師教學玩興、教學動機、教學快樂感受與創意教學之關係。**教育與心理研究**，**31**(2)，85-118。
19. 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。
20. 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。
21. 蔡玉瑟、曾俊鋒、張妤婷(2008)。CPS教學對國小學生自然領域學習態度、創造力、後設認知與學習成就之影響。**臺中教育大學學報教育類**，**22**(2)，35-59。
22. 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。
23. 蕭佳純(2011)。學生創造力影響因素之研究：三層次分析架構。**特殊教育學報**，**33**，151-178。
24. 蕭佳純(2012)。國小學生內在動機、學科知識與創造力表現關聯之研究：教師創造力教學的調節效果。**特殊教育研究學刊**，**37**(3)，89-113。
25. 蕭佳純、董旭英(2007)。教師參與團隊學習行為之跨層次分析：層級線性模式之應用。**師大學報教育類**，**52**(3)，65-89。
26. Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Bouler, CO: Westview.
27. Ambrose, M. L., & Kulik, C. T. (1999). Old friends, new faces: Motivation research in the 1990s. *Journal of Management*, *25*(3), 231-292.
28. Anderson, D. R. (2002). Creative teachers: Risk, responsibility, and love. *Journal of Education*, *183*(1), 33-48.
29. Barell, J. (1991). Reflective teaching for thoughtfulness. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (pp. 207-210). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
30. 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.
31. 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.
32. Bickel, R. (2007). *Multilevel analysis for applied research: It's just regression!* New York: The Guilford Press.
33. Birdi, K. S. (2005). No Idea? Evaluating the effectiveness of creativity training. *Journal of European Industrial Training*, *29*(2), 102-111.

airiti

34. Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). Training transfer: An integrative literature review. *Human Resource Development Review*, *6*(3), 263-296.
35. Chan, D. W. (2005). Self-perceived creativity, family hardiness, and emotional intelligence of Chinese gifted students in Hong Kong. *Journal of Secondary Gifted Education*, *16*(2-3), 47-56.
36. Claxton, A. F., Pannells, T. C., & Rhoads, P. A. (2005). Developmental trends in the creativity of school-age children. *Creativity Research Journal*, *17*(4), 327-335.
37. Costa, A. L. (Ed.). (1991). *Development minds: A resource book for teaching thinking* (Rev. ed., Vol. 1). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
38. 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. *The Gifted Child Quarterly*, *49*(4), 283-291.
39. Cropley, A. J. (2001). Creativity and cognition: Producing effective novelty. *Roeper Review*, *21*(4), 253-260.
40. Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: HarperCollins.
41. Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a systems perspective for the study of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 313-335). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
42. Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2000). New conceptions and research approaches to creativity: Implications of a systems perspective for creativity in Education. In K. A. Heller, F. J. Monks, R. J. Sternberg, & R. F. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (pp. 81-94). New York: Elsevier.
43. 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.
44. Dresel, M. (2001). A longitudinal analysis of Dweck's motivation-process-model in the classroom. *Psychologische Beiträge*, *43*(1), 129-152.
45. Elliot, A. J., & Thrash, T. M. (2001). Achievement goals and the hierarchical model of achievement motivation. *Educational Psychology Review*, *13*(2), 139-156.
46. Esquivel, G. B. (1995). Teacher behaviors that foster creativity. *Educational Psychology Review*, *7*(2), 185-202.
47. Farmer, S. M., Tierney, P., & Kung-Mcintyre, K. (2003). Employee creativity in Taiwan: An application of role identity theory. *Academy of Management Journal*, *46*(5), 618-630.
48. Feldhusen, J. F., & Clinkenbeard, P. R. (1986). Creativity instructional materials: A review of research. *Journal of Creative Behavior*, *20*, 153-182.
49. Fleith, D. S. (2000). Teacher and student perceptions of creativity in the classroom environment. *Roeper Review*, *22*(3), 148-153.

airiti

50. 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.
51. Gardner, H. (1993). *Creating minds: An anatomy of creativity seen through the lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham, and Gandhi*. New York: Basic.
52. Gruber, H. E., & Wallace, D. B. (2001). Creative work: The case of Charles Darwin. *American Psychologist*, *56*(4), 346-349.
53. Howe, R. (1996). Instruction and experience for abilities related to creative processes and products. *Journal of Creative Behavior*, *30*, 156-178.
54. Hox, J. (2002). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
55. Hunsaker, S. L. (2005). Outcomes of creativity training programs. *Gifted Child Quarterly*, *49*(4), 292-299.
56. 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.
57. Kahai, S. S., Sosik, J. J., & Avolio, B. J. (2003). Effects of leadership style, anonymity, and rewards on creativity-relevant processes and outcomes in an electronic meeting system context. *The Leadership Quarterly*, *14*(4), 499-524.
58. 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*, 93-103.
59. Lamas, E., Maria, A., & Gomes, M. (2010). Didactics-promoting collaborative work and personal learning environment. Critical, creative and autonomous roles in a competitive society. *Congrés Internacional de Didàctiques*, *398*(2), 1-8.
60. Luke, D. A. (2004). *Multilevel modeling*. Thousand Oaks, CA: Sage.
61. 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.
62. MacDonald, N. M., & Bigelow, S. (2010). Teaching for creativity through fashion design. *Journal of Family and Consumer Sciences*, *102*(2), 48-53.
63. Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 449-460). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
64. Mayer, R. E., & Johnson, C. I. (2010). Adding instructional features that promote learning in a game-like environment. *Journal of Educational Computing Research*, *42*(3), 241-265.
65. Moneta, G. B., & Siu, C. M. Y. (2002). Trait Intrinsic and extrinsic motivations, academic performance, and creativity in Hong Kong college students. *Journal of College Student Development*, *43*(5), 664-683.

airiti

66. Morgan, S., & Forster, J. (1999). Creativity in the classroom. *Gifted Educational International, 14*(1), 29-43.
67. Nickerson, R. S. (1999). Enhancing creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 392-430). New York: Cambridge University Press.
68. Olsen, J. S. (2010). Creativity and learning-educating the creative mind. *Journal of Creativity, Spontaneity and Learning*, *1*(3), 255-256.
69. 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.
70. Peterson, R. E. (2002). Establishing the creative environment in technology education. *Technology Teacher*, *61*(4), 7-10.
71. Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
72. Rejskind, G. (2000). Tag teachers: Only the creative need apply. *Roeper Review*, *22*(3), 153-157.
73. Riley, A., & Burke, P. J. (1995). Identities and self-verification in the small group. *Social Psychology Quarterly*, *58*, 61-73.
74. Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004a). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, *16*(4), 361-388.
75. Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004b). Types of creativity training: Approaches and their effectiveness. *Journal of Creative Behavior*, *38*, 149-179.
76. Shalley, C. E., & Perry-Smith, J. E. (2001). Effects of social-psychological factors on creative performance: The role of informational and controlling expected evaluation and modeling experience. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *84*(1), 1-22.
77. Smith, G. J., & Carlsson, I. M. (1990). *The creative process: A functional model based on empirical studies from early childhood to middle age*. Madison, CT: International Universities Press.
78. Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1999). *Multilevel analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.
79. Starko, A. J. (2000). *Creativity in the classroom: Schools of curious delight*. New York: Routledge.
80. Sternberg, R. J. (1999). Successful intelligence: A broader view of who is smart in school and in life. *International Schools Journal*, *XVII*, 19-31.
81. Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. New York: The Free Press.
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). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

airiti

83. Sternberg, R. J., & Williams, W. M. (1996). *How to develop student creativity*. Alexandria, VA: Supervision and Curriculum Development.

84. Talarico, J. M., & Rubin, D. C. (2007). Flashbulb memories are special after all; in phenomenology, not accuracy. *Applied Cognitive Psychology*, *21*, 557-578.

85. Torrance, E. P. (1968). A longitudinal examination of the fourth grade slump in creativity. *Gifted Child Quarterly*, *12*, 195-199.

86. Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2005). Creativity and occupational accomplishments among intellectually precocious youths: An age 13 to age 33 longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, *97*(3), 484-492.

87. Wang, C. W., Chen, M., Horng, R. Y., 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 Management Journal*, *4*(3), 357-378.

88. Yager, R. E. (2000). A vision for what science education should be like for the first 25 years of a new millennium. *School Science and Mathematics*, *100*(6), 327-341.

airiti

附錄

學生科學創造力成長模式的層次二與層次三條件化成長模式分析摘要表

固定效果	層二截距模式			層二斜率模式			層三截距模式			層三斜率模式		
	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值
γ_{000}	49.50	0.70	71.02*	49.14	0.76	65.13*	49.05	0.77	63.87*	48.98	0.65	75.45*
γ_{001}							1.40	0.65	2.17	0.63	0.83	0.76
γ_{002}							1.37	2.07	0.66	1.62	1.48	1.10
γ_{003}							0.18	1.69	0.011	1.02	1.57	0.65
γ_{004}							-2.82	1.44	-1.96	-2.74	1.98	-1.39
γ_{005}							-0.90	1.37	-0.66	-3.38	1.49	-2.26*
γ_{006}							1.47	1.66	0.88	2.48	1.90	1.30
γ_{010}	3.11	0.74	4.20*	3.29	.10	3.00*	3.37	1.07	3.15*	3.75	0.75	4.99*
γ_{020}	0.70	0.23	3.03*	0.63	0.29	2.16*	0.63	0.29	2.15*	0.51	0.43	1.17
γ_{021}										-0.41	0.65	-0.63
γ_{022}										1.49	1.19	1.25
γ_{023}										0.77	1.20	0.64
γ_{024}										0.21	1.88	0.11
γ_{025}										-0.21	1.23	-0.17
γ_{026}										-1.64	1.56	-1.05
γ_{030}	0.21	0.39	0.53	0.26	0.38	0.69	0.27	0.38	0.70	0.53	044	1.20
γ_{031}										-1.19	0.75	-1.58
γ_{032}										1.44	1.36	1.06
γ_{033}										-2.02	1.19	-1.69
γ_{034}										0.47	1.74	0.27
γ_{035}										1.01	1.23	0.82
γ_{036}										-0.52	1.66	-0.31
γ_{040}	-0.18	0.23	-0.78	-0.11	0.33	-0.32	-0.11	0.33	-0.34	-0.27	0.44	-0.61
γ_{041}										2.67	0.76	3.49*
γ_{042}										1.23	1.29	0.96
γ_{043}										-0.09	1.28	-0.07
γ_{044}										-0.47	1.90	-1.31
γ_{045}										0.03	1.25	0.02
γ_{046}										-0.71	1.79	-0.40
γ_{100}	4.76	1.85	2.58*	6.90	2.08	3.31*	6.79	2.12	3.20*	7.00	2.17	3.22*
γ_{101}										2.01	2.76	0.73
γ_{102}										6.14	6.11	1.01
γ_{103}										-7.28	5.68	-1.28
γ_{104}										1.04	6.64	0.16
γ_{105}										10.79	4.90	2.20*
γ_{106}										-10.67	6.55	-1.63
γ_{110}				-1.67	3.59	-0.46	-1.66	3.59	-0.46	-2.64	2.45	-1.08
γ_{120}				0.69	0.91	0.76	0.68	0.91	0.75	0.00	1.48	0.00
γ_{121}										0.44	2.11	0.21
γ_{122}										-0.52	4.77	-0.11

固定效果	層二截距模式			層二斜率模式			層三截距模式			層三斜率模式		
	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值
γ_{123}										-5.84	4.05	-1.44
γ_{124}										8.19	6.15	1.33
γ_{125}										0.35	3.96	0.09
γ_{126}										-3.61	5.28	-0.68
γ_{130}				-0.80	0.90	-0.89	-0.80	0.90	-0.89	-0.94	1.46	-0.64
γ_{131}										1.62	2.36	0.69
γ_{132}										-6.41	5.03	-1.28
γ_{133}										8.78	3.97	2.21
γ_{134}										-7.83	5.62	-1.40
γ_{135}										-2.31	3.86	-0.60
γ_{136}										7.29	5.36	1.36
γ_{140}				-0.56	0.90	-0.62	-0.55	0.91	-0.63	0.66	1.47	0.45
γ_{141}										-3.82	2.57	-1.51
γ_{142}										5.16	5.37	0.96
γ_{143}										-3.54	4.31	-0.82
γ_{144}										3.59	6.31	0.57
γ_{145}										4.02	3.96	1.02
γ_{146}										-5.68	6.02	-0.94
γ_{200}	-2.57	1.28	-2.00*	-4.04	1.45	-2.79*	-3.98	1.47	-2.71*	-3.93	1.53	-2.56*
γ_{201}										-0.56	1.91	-0.29
γ_{202}										-5.75	4.34	-1.33
γ_{203}										5.47	3.93	1.39
γ_{204}										-1.47	4.63	-0.32
γ_{205}										-5.79	3.38	-1.72
γ_{206}										7.99	4.57	1.75
γ_{210}				2.31	1.11	2.08*	1.30	2.60	0.50	1.76	1.78	0.99
γ_{220}				0.57	0.24	2.38*	0.57	0.74	0.76	0.22	1.14	0.20
γ_{221}										-0.90	1.62	-0.56
γ_{222}										-1.86	3.74	-0.50
γ_{223}										4.38	3.04	1.44
γ_{224}										-5.86	4.67	-1.25
γ_{225}										0.61	2.99	0.21
γ_{226}										4.24	4.08	1.04
γ_{230}				0.72	0.71	1.01	0.72	0.71	1.01	0.81	1.14	0.71
γ_{231}										0.30	1.78	0.17
γ_{232}										4.53	3.87	1.17
γ_{233}										-5.18	2.95	-1.76
γ_{234}										3.31	4.26	0.78
γ_{235}										3.23	2.94	1.10
γ_{236}										-5.80	4.13	-1.40
γ_{240}				0.42	0.67	0.63	0.41	0.67	0.62	-0.82	1.14	-0.72
γ_{241}										2.12	1.92	1.10
γ_{242}										-2.68	4.17	-0.64

固定效果	層二截距模式			層二斜率模式			層三截距模式			層三斜率模式		
	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值	係數	標準誤	*t*值
γ_{243}										2.12	3.22	0.66
γ_{244}										-0.49	4.82	-0.10
γ_{245}										-4.91	3.00	-1.64
γ_{246}										3.13	4.63	0.68
隨機效果												
	變異數	χ^2	*p*	變異數	χ^2	*p*	變異數	χ^2	*p*	變異數	χ^2	*p*
層1												
e_{jtij}	24.97			24.88			24.87			24.39		
層2												
r_{0ij}	18.72	824.94	.000	18.74	826.94	.000	18.63	827.36	.000	17.27	838.87	.000
r_{1ij}	3.22	438.74	.500	3.07	436.80	.500	3.03	436.98	.500	1.87	437.91	.500
r_{2ij}	1.18	444.01	.500	1.12	443.02	.500	1.10	443.20	.500	0.69	442.12	.500
層3												
u_{00j}	11.99	204.79	.000	12.19	199.96	.000	11.55	192.33	.000	10.74	198.61	.000
u_{10j}	132.59	261.50	.000	133.16	258.38	.000	139.30	258.90	.000	120.79	197.12	.000
u_{20j}	58.37	255.03	.000	57.80	250.79	.000	59.44	251.15	.000	52.38	186.20	.000
變異數分解(按層的百分比)												
	50.75											
	42.48											
	6.77											

*$p < .050$

科學教育學刊
2015, 第二十三卷第一期, 23-51
DOI: 10.6173/CJSE.2015.2301.02

Chinese Journal of Science Education
2015, 23(1), 23-51

Longitudinal Analysis of Elementary Pupils' Scientific Creativity Development Process

Chia-Chun Hsiao

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

Having 1,079 elementary pupils from grades four to six as the research subjects, long-term investigations has been proceeded four times and the growth model in Hierarchical Linear Modeling is utilized for analyzing the effects of factors in hierarchy one (time, creativity tendency), hierarchy two (gender, motivation, and experience in attending science show), and hierarchy three (teachers' creative role identity and creative instruction) on the development of creativity. The research findings show that students' scientific creativity presents individual differences in the preliminary stage and first-up-then-down development, and curiosity in creativity tendency appears significantly negative effects on creativity. Moreover, students participating in science shows reveal higher scientific creativity development curve than the ones not participating in science shows, and self-efficacy in motivation shows effects on the initial state and dynamic development of students' scientific creativity. Teachers' creative role identity presents direct effects on students' scientific creativity in the preliminary stage and could reinforce the relations between the achievement motivation and the scientific creativity of students. Furthermore, a teacher's multiple creative instructions could positively adjust the effects of students' motivation on the linear development of creativity. Besides, a teacher presenting creative instructions with open mind and meaningful learning could also reinforce the relations between students' inner value and the linear development of scientific creativity.

Key words: Scientific Creativity, Hierarchical Linear Modeling, Longitudinal Analysis

* Corresponding author: Chia-Chun Hsiao