

教育科學研究期刊 第五十八卷第二期

2013 年，58 (2)，57-90

doi:10.3966/2073753X2013065802003



資優生科學自我概念與科學成就之縱貫研究

侯雅齡

國立屏東教育大學
特殊教育學系

摘要

本研究目的主要在探討資優生學業自我概念與學業成就的發展，以及兩者之間的關係，研究對象為高雄市 16 所國中 381 名資優生，由八年級至九年級每半年蒐集一次資料，採固定樣本四波次的追蹤調查。在資料分析部分，使用了多變量潛在成長模式及交互延宕模式，來瞭解資優生科學自我概念與科學成就之間的關係。結果發現，資優生科學自我概念的發展呈現非線性的下降，科學成就的發展呈現線性成長；科學自我概念與科學成就之間有顯著的中度正相關，但是科學自我概念的發展與科學成就的發展並無顯著關聯；從交互延宕模式中，資優生科學自我概念與科學成就的因果關係，呈現科學自我概念顯著影響科學成就的自我彰顯 (self-enhancement) 關係；在性別的差異部分，男生與女生在科學成就表現與發展情形，皆無明顯差異，但是在科學自我概念上，資優女生顯著低於資優男生。最後本研究亦根據研究結果提出在教育實務與未來繼續研究的建議。

關鍵字：交互延宕模式、多變量潛在成長模式、科學成就、科學自我概念、資優生

通訊作者：侯雅齡，E-mail: yalingho@mail.npue.edu.tw

收稿日期：2012/06/06；修正日期：2013/01/08、2013/02/28；接受日期：2013/03/14。

壹、緒論

協助資優生充分發揮其潛能，是資優教育的目的之一。學術性向資賦優異學生，在學科成就表現上高於一般學生，此一特徵讓我們在考量其特殊教育需求時，會特別關注其學業成就，從教育心理學的觀點來看，學習是學習者主動建構知識的歷程，學生個人對自身能力的知覺與其學習成就間，有著不容輕忽的關係，所以自我概念與學業成就的相關探究，一直是教育領域重要的研究議題。而釐清兩者之間的因果關係，更是許多研究探討的重點（Marsh, Byrne, & Yeung, 1999; Marsh & Craven, 1997），不過，若對橫斷式的資料進行因果推論，只是一種假設性的因果關係（Byrne & Gavin, 1996），Marsh 等（1999）認為應蒐集縱貫式資料，從發展的觀點來瞭解兩者之間的因果關係，且至少要有三個時間點的測量，方能清楚掌握兩者之間長期的發展趨勢。因此，本研究乃嘗試蒐集縱貫式資料，一方面探究資優生的自我概念與學習成就的因果關係，另一方面也對自我概念與學習成就的關係發展進行分析。

自我概念具備多向度多階層的理論構念，在國、內外的實徵研究中，已有極高的共識（侯雅齡，2010a；Cole et al., 2001; Marsh, 1989; Shavelson, Hubner, & Stanton, 1976; Wigfield, Eccles, Mac Iver, Reuman, & Midgley, 1991; Young & Mroczek, 2003; Zanobini & Usai, 2002），Marsh（1989）證實自我概念可以區分為學業自我概念與非學業自我概念，在學業自我概念下，又可依據不同的學科，分化出不同學業的自我概念，Marsh 與 Yeung（1997）在研究中發現，數學和語文自我概念對於數學及語文成就各自有高度正向的影響效果（.42 至 .66，平均 56.5），然而，對於不同領域的成就表現（例如：數學自我概念對語文成就的影響，或語文自我概念對數學成就的影響）則無顯著效果，甚至呈現負效果（.04 至 -.18，平均 -.09）。所以，學業領域的殊異性（區分性）是執行自我概念相關研究必須注意之處，因此在本研究中，研究者乃擇定以科學為主要領域，進行探討。

性別差異一直是科學領域關注的議題，余民寧、趙珮晴與陳嘉成（2010）分析 1998 年到 2008 年大專生就讀文科與理科的性別差異，指出 10 年來兩性學生在理科的選擇上，性別差異的現象不減反增。「男理工、女人文」的教育現象仍然存在，此一現象，肇因於男、女生的專長能力差異？抑或是社會期待角色所造成？在本研究中，欲針對數理表現皆在相當水準之上的資優生進行探討，希望瞭解性別差異現象在資優生身上是否也存在。

以下乃分就學業自我概念與學業成就之間的因果關係，以及科學領域的性別差異進行析論：

一、學業自我概念與學業成就之間的因果關係

Calsyn 與 Kenny（1977）定義兩個分別將學業自我概念與學業成就視為結果與原因的模式，一為自我彰顯模式（self-enhancement model）另一則為技巧發展模式（skill development

model)。在自我彰顯模式中，學業自我概念是因，學業成就表現為果，該模式假定：「學業自我概念將影響學業成就表現」，所以，如果希望學生有好的學業成就表現，可以試圖建立學生正向良好的學業自我概念。相反地，在技巧發展模式中，則認為學業成就表現是因，學業自我概念為果，該模式假定：「學業成就表現將影響學業自我概念」，所以，若希望學生有好的學業成就表現，可能要從學業學習技巧增進或改進教學方法等地方著手，而非提升學業自我概念。Marsh 等（1999）則接續提出「互饋效果模式」（reciprocal effects model），互饋模式主張欲瞭解自我概念與學業成就的因果關係，必須在一段時間內，對同一個受試或同一群受試，進行多次重複測量或觀察來進行資料蒐集，如此可見，隨著時間的改變，先前的學業成就會影響個人學業自我概念，而目前的學業自我概念又會影響日後的學業成就表現，因此兩者之間是互為因果的關係。

回顧關於兩者因果關係探討的眾多文獻，可以發現各種關係都各自有研究結果支持，學業自我概念與學業成就之間孰為因？孰為果？仍存在著爭議（Marsh et al., 1999; Marsh & Craven, 1997）。不過，若進一步從自我概念理論的探討、自我概念的測量、自我概念的發展觀點，以及統計分析的合宜性等向度加以分析，造成分歧結果的原因，可能包含未注意到學科自我概念與非學科自我概念的區辨，以及多數的因果關係推斷是蒐集橫斷式資料，進行迴歸分析處理而來（Byrne & Gavin, 1996），Marsh 等（1999）認為要瞭解自我概念與學業成就的因果關係，僅採用一個或兩個時間點的資料是不夠的，應從發展的觀點來瞭解隨時間改變兩者的發展關係為何。

大部分近期的研究採用互饋模式，認為學業自我概念及學習成就會互相影響（Guay, Marsh, & Boivin, 2003; Marsh, Hau, & Kong, 2002; Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller, & Baumert, 2004; Marsh & Yeung, 1997; Muijs, 1997），以 Kurtz-Costes 與 Schneider（1994）的研究結果為例，學業自我概念對學習成就的影響係數為 .28，學業成就對學業自我概念的影響則為 .16。但是在互饋模型中，主要影響力為何？仍有一些分歧意見。有些研究發現，學習成就對於學業自我概念的影響，大過於學業自我概念對學習成就的影響，例如 Helmke 與 Van Aken（1995）在縱貫三期的研究中，發現前一期學習成就對後一期學業自我概念的影響分別為 .28 與 .37，至於前一期學業自我概念對後一期學習成就的影響則只有 .07 與 .06；當然也有研究提出相反的結果，在 Marsh 等（2004）的前後二期縱貫研究發現，學業自我概念對學習成就的影響係數為 .24，但學業成就對學業自我概念的影響只有 .03。De Fraine、Van Damme 與 Onghena（2007）認為學業自我概念及學習成就之間的關係會隨著年紀改變：在學齡的早期，學生的學業自我概念受學習經驗影響較大，當學生的感知能力發展較為穩固後，學業自我概念及學習成就之間的關係變成交互影響，到了青春期中，自我概念反而對學習成就有較大的影響。

另外，在發展心理學的研究中，普遍的共識是從小學到中學的階段，學業自我概念會下降（Cole et al., 2001; Wigfield & Eccles, 2000; Wigfield et al., 1991; Zanobini & Usai, 2002），這種

下降會持續整個青春期的(Watt, 2004)，歸納其原因，一方面是與學生在青春期的身心理特質改變有關，他們很在意別人對他們的看法，強烈的自我意識與高度的敏感使其自我概念偏低；另一方面則可能是與中學的學習環境有關，相對而言，國中環境學生的參與度較為受限(limited participation)、有較多應遵循的規則(excessive rules)，以及師生互動關係較不緊密(poor student-teacher relationships)與此一階段期待自主、獨立及社會互動的青少年並不契合(Anderman & Maehr, 1994; Eccles et al., 1993; Rhodes, Roffman, Reddy, & Fredriksen, 2004)。Marsh (1989)發現，澳洲青少年的學業自我概念在八年級或九年級時，將會降到最低點，接著在青春期末期才會再提升。

一般來說，學生的學業能力會隨著年齡與受教育時間而不斷提升，近來因各種長期追蹤資料庫逐漸完備，遂有更多實證研究支持此一假設，舉例而言，陳俊瑋(2011)分析「臺灣教育長期追蹤資料庫」中2001至2007年四個波次的資料，結果發現，我國學生由七年級至高中職(或專科)階段，其學習成就以1.58的平均速率成長，Jordan、Kaplan和Hanich(2002)將學生分成數學困難、數學閱讀困難、閱讀困難，以及數學與閱讀正常四類，進行2年四個波次的追蹤研究，結果發現不管哪一類型的學生，學習成就都呈現成長的趨勢。

綜上分析，隨著時間的遞嬗，學生的學業能力會漸次提升，但是中學階段的學業自我概念卻可能呈現下降的情形，這衍生的另一個發展問題就是：中學階段學業自我概念及學習成就隨時間變化的關係如何？研究發現，隨著學生年紀的增長，開始意識到自己的缺點與優勢，因此更能將他們的學業自我概念連結到學習成就上(Guay et al., 2003; Marsh et al., 2002)。但是Van Damme、Opdenakker、De Fraine與Mertens(2004)則發現，在中學階段兩者的相互關係會隨著年齡增加而下降。所以，關於學業自我概念及學習成就關係的研究，縱貫性的資料是必要的，因為透過縱貫資料的分析方可瞭解隨時間改變，兩個變項的發展關係，在本研究中想瞭解學業自我概念與學習成就的因果關係與相互影響力大小，也分析兩個變項的各自潛在成長的軌跡，以及學業自我概念與學習成就間關係的發展。

二、科學領域的性別差異

我國積極落實性別平等教育已有一段時間，但從生涯抉擇的結果來看，性別差異現象仍然存在，研究者將教育部統計處(2012)歷年大專校院學生人數的統計資料中，教育、人文及藝術、社會科學、商業及法律、醫藥衛生及社福等歸併為「文科」；科學、工程、製造及營造，與農學等歸併為「理科」後，發現90學年度女生就讀文科與理科的比例為81%與19%，男生為37%與63%，100學年度女生就讀理科的比例降為16%、男生選讀文科的比例提升至45%，此一變化頗堪玩味，近10年來性別主流化的倡議未稍停歇，男生選擇文科的意願提升，但是相反的，女生選擇理科的意願卻下降。

對於女性科學參與度比男性低的問題，Brickhouse(1994)認為可從「能力問題」(the

deficit) 與不公平對待 (inferior treatment) 兩個向度來思考。持性別差異本質論 (essentialism) 者，主張性別的差異是先天的，女性因為大腦結構、賀爾蒙等有別於男性，所以在認知能力、性格等異於男性，而科學學習對男性有較大的優勢 (Moir & Jessel, 1989/2000; Roger, 1999/2002)；另外，持性別建構論 (constructionism) 者，則主張性別的差異是後天的，兩性在性格或行為的差異，是在社會化過程建構而來，父母教養期待、社會文化制約等皆會促成「性別刻板化」，科學被視為具有「陽剛」的特性，是較適合男生的學科，女生可能因此在科學學習情境中與經驗中受到不公平的對待，也降低自我在科學表現的期許 (黃曬莉, 2007; 蔡麗玲、王秀雲、吳嘉苓, 2007)。

臺灣近年來陸續參與一些國際教育成就調查，從中檢視男、女學生的科學學習成效差異，可發現在國際數學與科學教育成就調查 (Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS) 結果，TIMSS 2003 年 (Martin, Mullis, Gonzalez, & Chrostowski, 2004) 臺灣八年級男生的分數為 563 分、女生為 559 分，男、女生之間並未有顯著差異，且此差距低於國際平均；TIMSS 2007 年 (Martin, Mullis, & Foy, 2008) 八年級男生的分數為 572 分、女生為 571 分，依然未有顯著差異；而經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) 主導的國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA)，2009 年 15 歲學生的科學表現，女學生為 521 分、男學生為 520 分，性別差異也不明顯 (徐秋月、林哲彥、張銘秋, 2011)。綜合這些結果可以發現，國中階段的男、女生在科學表現上並無差異，男生並不特別具有科學學習的優勢，女生的能力也不輸男生。不過，Han 與 Hoover (1994) 以及 Zhang 與 Manon (2000) 的研究進一步進行能力高低者的差異比較，結果發現，性別差異與能力高低有交互作用的現象，能力低的群體中，女生的表現優於男生，能力高的群體，男生的表現優於女生。Benbow 與 Stanley (1980) 以國中資優生為對象，發現資優男生的數學能力優於女生，Benbow 與 Stanley (1983) 進行更大規模的探究，結果依然支持性別差異的存在，而且智力愈高，性別在成就表現的差異愈大。在非認知能力部分，多數研究指出，青春期的女生學業自我概念低於男生 (De Fraine et al., 2007; Fredricks & Eccles, 2002; Marsh, 1989; Wigfield et al., 1991; Young & Mroczek, 2003)，特別的是，和男生相比，女生其實有較高的學習動機以及更好的學習活動參與度，但他們的學業自我概念卻較差 (Arnot, David, & Weiner, 2000; Clark & Trafford, 1996; Fredericks & Eccles, 2002)。Steele 與 Aronson (1995) 首先提出刻板印象威脅 (stereotype threat) 觀點，當一般人對某個團體普遍抱持某種負面刻板印象，身處該團體的成員，在可能應驗這種負面刻板印象的情境中時，就會擔心自己的行為會驗證此刻板印象，或被別人用此負面刻板印象加以評斷，而產生被威脅的感覺或壓力。科學強調的理性、客觀、抽象思考等特質，與社會文化中賦予男性的特質接近，女性如果科學太好則要承受「不像女生」的壓力 (蔡麗玲等, 2007)，Willis (1989) 也指出，學校中的科學教室與科學學習情境可能存在著性別偏差，讓女生不易認同科學、不願選

擇科學。國內近來的研究也發現，社會文化傳遞的「數理是男性優勢學科」訊息，會對女性造成相當程度的影響（陳皎眉、孫旻暉，2006；項樂琦，2008；Inzlicht & Ben-Zeev, 2000; Marx & Roman, 2002）。

Van de gaer 等（2009）採縱貫研究的方式，發現男、女生在青少年階段學業自我概念與學習任務的動機皆呈現下降趨勢，尤其女生的學業自我概念和男生相比，呈現大幅度的下降；另外，智力較高的學生在起始點有較高的動機及學業自我概念，但是愈聰明的學生，在改變軌線上減速的幅度也愈大。De Fraine 等（2007）也從縱貫資料的分析中發現，學業自我概念在青春期的時候會下降，且女生的學業自我概念比男生低，Jacobs、Lanza、Osgood、Eccles 與 Wigfield（2002）也發現不同性別青少年，在數學和語言的自我能力信念的下降速度不同。

綜合上述探討可知，我國青少年階段的男、女生在科學能力上並無明顯差距，生理因素影響男、女生科學學習成效並不明顯，不過國外的研究中，在高能力或資優群體卻可以看到男生成就優於女生的現象，我國資優生的科學成就是否存在性別差異，可做進一步探討。而國中階段，男、女生學業自我概念不僅有差異，且在下降的速度上也有性別差異，因此，我國男、女資優生在科學自我概念的差異，以及發展的差異也值得進一步探究。

三、研究問題

（一）國中資優生科學自我概念的發展狀況為何？其發展趨勢是線性的變化？抑或呈現非線性的變化？

（二）國中資優生科學成就的發展狀況為何？

（三）國中資優生之科學自我概念與科學成就隨時間改變的發展關係如何？

（四）國中資優生之科學自我概念與科學成就的因果關係為何？兩者之間呈現「互饋」關係、「自我彰顯」關係，抑或是「技巧發展」關係？

（五）國中資優生之科學自我概念，以及科學成就的發展關係有無性別差異？

貳、研究方法

一、研究樣本

本研究之樣本包含大高雄（原高雄縣與高雄市）16 所國中資優班學生，資料蒐集為期 2 年，採固定樣本四波次的追蹤調查，由於大高雄地區的國中資優生採入學後鑑定，七年級下學期才進行安置並提供資優教育服務，故首次資料於八年級上學期進行蒐集，隨後每學期蒐集一次資料，各校資料蒐集的時間點相近，皆統一在各國中第二次成績考查後第 1 週內進行，最早施測的學校與最晚施測的學校相差在 10 天內。為求施測的標準化，研究進行之初，乃召開統一的說明會，每次施測前 2 週則再給予書面的施測說明，並電話聯繫各校協助的主任及

施測教師。

首次發出的問卷全數回收，計有 381 份，表 1 為各校資優班人數及男、女學生比例，由於資料蒐集歷時 2 年，期間若有學生停止接受資優教育服務或轉學，則視為遺漏值，不納入分析；而在四次的資料蒐集中，如果學生有請假等個人因素未填寫問卷，或問卷填寫不周全被判定為廢卷，但是整體資料中至少有兩次資料是有效的，則仍予以保留。

表 1
研究樣本分布摘要

學校	性別	
	男生	女生
五甲國中	23	6
鳳山國中	17	11
鳳甲國中	17	12
鳳西國中	17	13
阿蓮國中	24	3
旗山國中	20	6
橋頭國中	10	5
光華國中	11	7
民族國中	11	3
正興國中	18	11
中山國中	6	4
右昌國中	15	12
五福國中	18	11
左營國中	6	8
龍華國中	20	10
福山國中	18	8
總人數	251	130

二、研究工具

茲說明本研究使用的二份工具：

(一) 國中科學自我概念量表

本量表取自 Marsh (1990, 1992) 所編製的 ASDQ II 之有關科學題項，採 Likert 六點量表形式，在量表上的得分愈高表示科學自我概念愈好。由於原量表已有非常良好的信度與效度證據，故研究者乃盡可能在翻譯上忠於原意，並將翻譯後的題目委請 2 位資深教授進行審題，

以瞭解翻譯的妥切性與和原意的近似性，修正後的試題共計 11 題，且內含 2 題反向題。最後再以高雄市明義、民族國中，屏東縣中正、光春以及東港國中計 422 位學生進行預試，取得代表內部一致性的 α 係數為 .931。

(二) 自然科學業成就測驗

由於重複施測相同的成就測驗，可能造成測驗的天花板效應 (ceiling effect)，練習的效果也會使測驗的難度產生變化。因此，本研究所使用的自然科學業成就測驗，乃取自研究者以項目反應理論 (item response theory, IRT) 所建立的自然科題庫 (侯雅齡, 2010b)，該題庫建置乃先透過雙向細目表將試題依難度 (低、中、高) 與教學內容領域兩向度進行試題規劃，再先後經歷多次的審題與修題會議，邀集測驗與學科專家來審題與潤飾文句，確認內容效度；也進行實地施測確認試題品質，以三參數 logistic 模型，取得所有題目的參數，整體而言，題庫內全部測驗的難度平均為 .910、鑑別度平均為 .970、猜對概率係數平均為 .220，將題庫分組成三卷，其內部一致性 α 係數為 .861、.882 及 .922；由題庫選組 2 份試卷施測 225 位學生，所獲得的重測信度為 .854 及 .887，重測複本信度為 .799，可見測驗不僅有好的內部一致性，也具有良好的時間穩定性；另以 6 所學校 655 位學生的自然與生活科技 (理化部分) 學期成績作為同時效標，相關值介於 .532 至 .789 間，整體而言題庫試題品質理想。

研究者依據國中教材實施的情形由題庫中選取試題來組成測驗：八年級以物理、化學為主，九年級再加入地球科學；也考慮施測對象，希望試題對於能力範圍介於-1 至+2 的學生皆有高訊息量。組成的 3 份科學成就測驗，適用於八年級上學期的測驗有 12 題、適用於八年級下學期的測驗有 17 題、適用於九年級上學期的測驗有 14 題，其內部一致性信度分別為 .932、.994 及 .996，盱衡現實狀況，九年級下學期有全國基本學力測驗的外在因素干擾，因此第四波資料不再蒐集學生的科學成就。科學成就測驗為四選一之單選題，研究者在編組測驗時，也注意到學生能力會隨年齡逐步成長，因此將 3 份測驗的難度漸次提高。

本研究中的 3 份自然科學業成就測驗於不同時間所獲得的學業成就資料將合併分析，因此測驗嵌入共同試題，以利在全部施測完畢後，採垂直等化 (vertical equating) 的方式進行試題連結，研究者利用 BILOG-MG 3.0 分析軟體，估計每一位學生在各次測驗的科學能力估計值，如此不同時間取得的成就測量結果方可相互比較。

三、資料處理與研究模式

研究者使用 AMOS 20.0 版，對本研究提出的各種縱貫研究模式進行考驗，茲分別說明如下：

(一) 採用單變量潛在成長模式來分別描述科學自我概念與科學成就的發展軌跡

圖 1 是科學自我概念之單變量潛在成長模式 (latent growth curve model, LGM)，模式中包

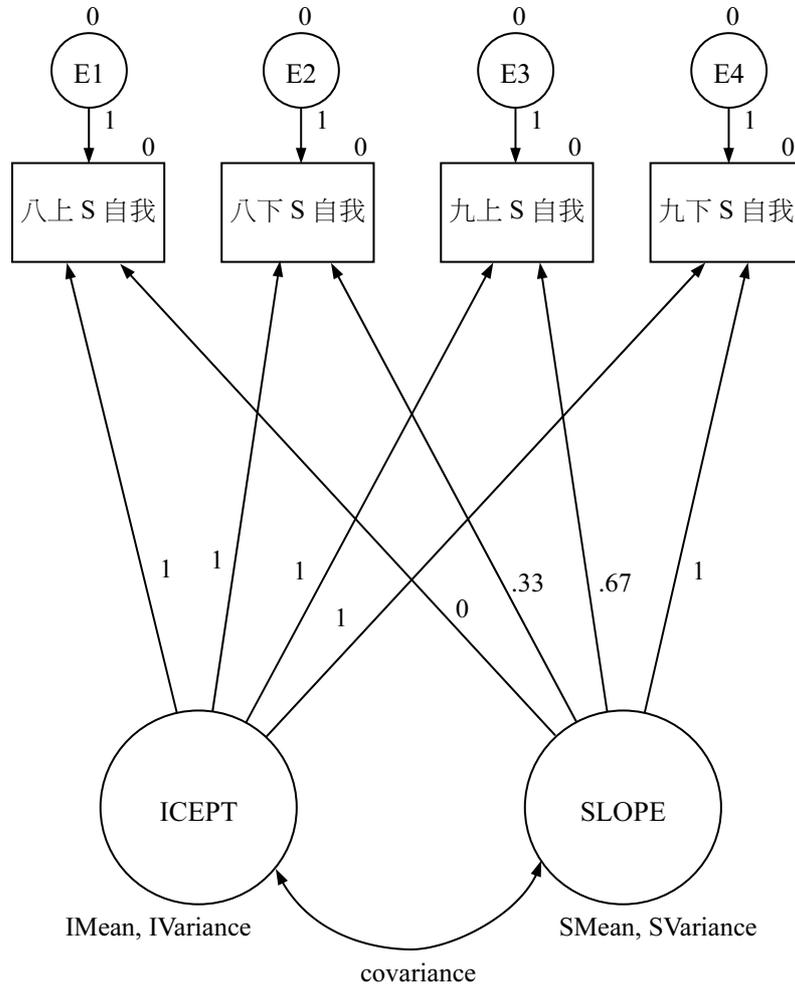


圖1. 科學自我概念之單變量潛在成長模式

含四個觀察指標（八上 S 自我、八下 S 自我、九上 S 自我、九下 S 自我）代表四次重複評估科學自我概念所得之觀察變項，四個觀察變項受二個潛在變項影響，分別為資料蒐集開始時的起始點（ICEPT, η_I ）與歷程的成長率（SLOPE, η_S ），模式中假定二個潛在變項間具有相關（ ψ_{SI} ），另也設定所有被預測的觀察變項之截距為 0（因為截距項已包括在起始點），以減少估計參數。

為進一步瞭解科學自我概念呈直線成長模式抑或非直線成長模式，乃將成長率對觀察變項的因素負荷量係數（ λ ）做如下兩種設定：第一種分別將四個參數設定為 0、.33、.67、1；第二種乃將第一個參數設為 0，最後一個參數設為 1，中間兩個參數作自由估計。圖 2 是科學成就之單變量潛在成長模式，模式中包含三個觀察指標（八上 S 能力、八下 S 能力、九上 S 能力）代表三次重複評估科學成就所得之觀察變項，其餘設定與科學自我概念相同，惟科學

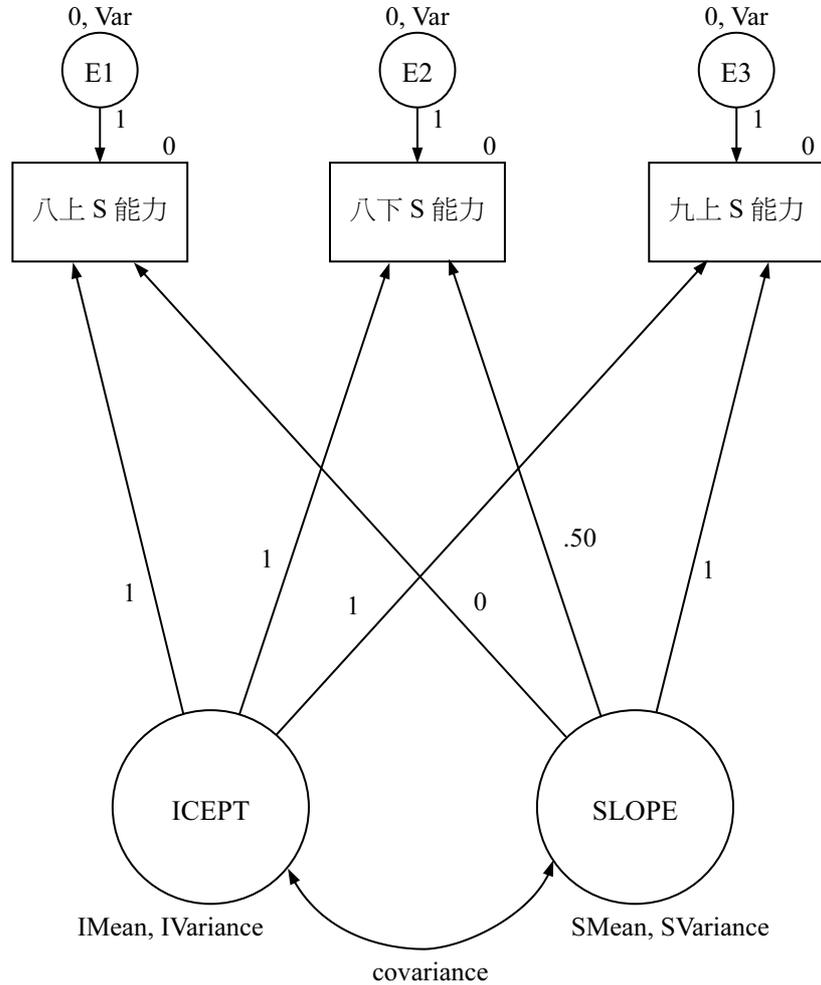


圖2. 科學成就之單變量潛在成長模式

能力因僅有三次資料，其發展狀況僅進行線性的評估。

(二) 採用多變量潛在成長模式來描述科學自我概念與科學成就成長參數的關聯

圖 3 是科學自我概念與科學成就之多變量潛在成長模式 (multivariate latent growth curve model, MLGM) (Beckett, Tancredi, & Wilson, 2004; Duncan, Duncan, & Strycker, 2006; Stoel, Peetsma, & Roeleveld, 2001)，在這個模式中，包含科學自我概念截距 (ISC)、科學自我概念斜率 (SSC)、科學成就截距 (IACH)、科學成就斜率 (SACH) 四個潛在因素，研究者假設四個潛在因素之間有相關。

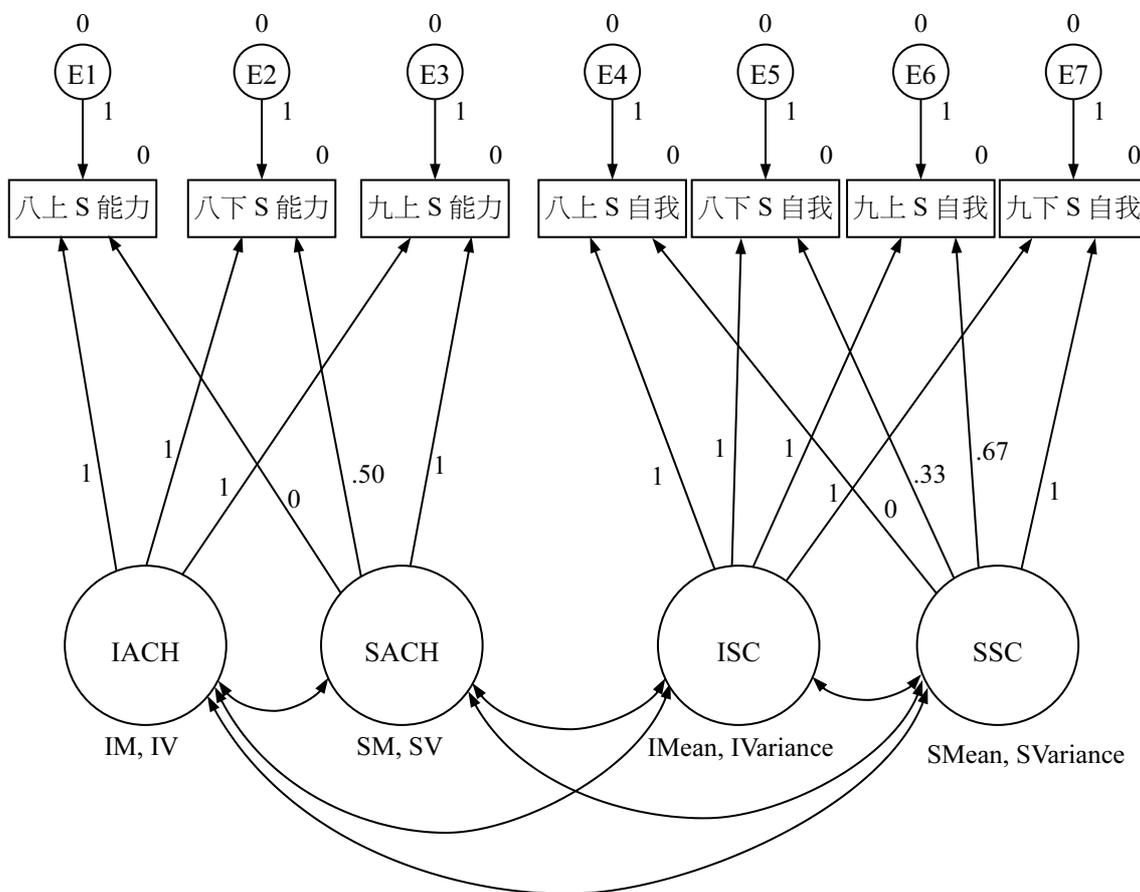


圖3. 科學自我概念與科學成就之多變量潛在成長模式

(三) 採用交互延宕模式檢視科學自我概念與科學成就之因果順序

圖 4 是科學自我概念與科學成就之交互延宕模式 (autoregressive cross-lagged model, ARCL) (Cook & Campbell, 1979; Duncan et al., 2006; Finkel, 1995; Greenberg, 2008)，圖中八上 S 自我至九下 S 自我四個潛在變項，代表固定樣本在不同測量時間的科學自我概念，由於將科學自我概念的所有題目作為觀察指標太龐雜，且經因素分析後確認題目為單一向度，因此，研究者將每一次測量科學自我概念的題目，以隨機的方式分成三組加總成三個觀察指標；八上 S 能力、八下 S 能力與九上 S 能力為固定樣本三次重複測量科學成就的結果，個人科學成就則是透過 BILOG-MG 3.0 統計軟體所估計出個人成就的真分數。

各次測量時間的間隔為半年，足夠讓「因」影響「果」(Shadish, Cook, & Campbell, 2001, p. 412)，前一時間的科學自我概念對後一時間科學自我概念影響的標準化係數值，代表科學自我概念間隔半年的穩定係數；相同地，前一時間的科學能力對後一時間科學能力影響的標準化係數值，代表科學成就間隔半年的穩定係數。

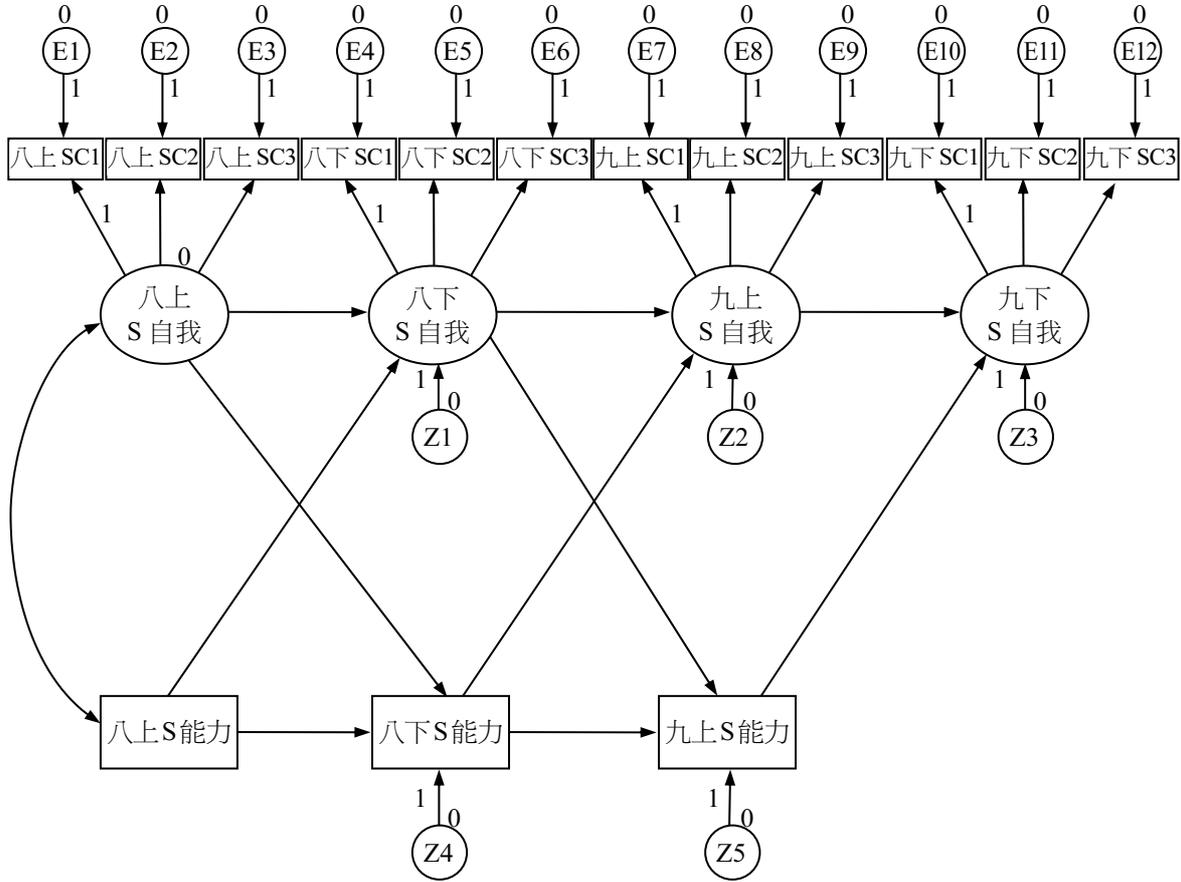


圖4. 科學自我概念與科學成就之交互延宕模式

根據前述文獻，成就與自我概念之間可能有互饋、自我彰顯，以及技巧發展三種因果關係存在：

1. 互饋關係：先前的學業成就會影響個人學業自我概念，而目前的學業自我概念又會影響日後的學業成就表現。
2. 自我彰顯關係：學業自我概念是因，學業成就表現為果。
3. 技巧發展關係：學業成就表現是因，學業自我概念為果。

研究者欲瞭解科學自我概念與科學成就在發展歷程中呈現何種交互影響情形，乃比較代表兩個變項間交互影響的延宕交叉係數（cross-lagged correlation）之強弱，該標準化係數值代表控制不同時間相同變項的影響效果後，前一時間的科學自我概念對後一時間科學能力的影響，以及前一時間的科學能力對後一時間科學自我概念的影響。

（四）採用條件式成長模式來瞭解性別對於科學自我概念發展與科學成就發展的影響
 條件式成長模式(conditional latent growth curve model, CLGM)為圖 1 與圖 2 的巢套模型，

增加了性別作為層次二的預測變項，原先模式中的起始點與成長率由預測變項變成被預測變項，並多了 Z1 與 Z2 兩個起始點與成長率的殘差變項，兩殘差變項假定有共變關係。在模式中研究者希望探討男、女生在科學成就與科學自我概念的起始點是否不同？以及對改變速率是否有影響？

上述各模式皆以最大概似法 (maximum likelihood) 進行估計，模式的整體適合度檢驗除了使用 χ^2 外，亦檢視 Tucker 與 Lewis (1973) 建議的 TLI (即 NNFI) 指數、Bollen (1986) 建議的增值適配度指數 (incremental fit index, Δ_2 ，即 IFI)、比較適合度指數 (comparative fit index, CFI)、Bentler 及 Bonett (1980) 建議的「標準適配度指數」(normed fit index, Δ_1 ，即 NFI)、平均近似值誤差平方根 (root mean square error of approximation, RMSEA)、標準化殘差均方根 (standardized root mean square residual, SRMR)，以及 Hoelster (1983) 提出的臨界 N 指數 (critical N index, CN)。

參、結果與討論

一、描述性統計的結果

表 2 呈現不同的時間點，資優生在科學學業自我概念與科學成就的平均數、標準差、偏態、峰度，以及取得有效資料學生數。

四個時間點科學自我概念的平均數分別為 47.257、46.147、43.874、44.945，呈現下降趨勢；而代表科學成就的學生科學能力估計值平均數分別為 0.934、1.150、1.265，呈現上升趨勢。

所有資料的偏態介於-.626 至-.229 之間、峰度介於-.628 至 .708 之間，可見，資料在不同的測量時間點皆是趨於常態分布的 (Kline, 2005, pp. 49-50)。此一常態化分布有助於本研究以最大概似法進行資料分析，比較值得注意的是，三個波次的科學成就相關低，原因可能是資優生科學能力表現呈現正偏態，能力分配的變異程度小，以致相關係數偏低。

二、科學自我概念與科學成就在單變量潛在成長模式之驗證結果

由表 3 科學自我概念與科學成就之潛在成長模式整體適合度考驗結果，可知，科學成就的潛在直線成長模式與觀察資料適配的卡方考驗結果未達顯著水準 ($\chi^2=3.1, p=.376$)，未推翻虛無假設；另 TLI 為 .996、IFI 為 .998、CFI 為 .998、NFI 為 .946，皆大於 .90；至於 RMSEA 為 .009、SRMR 為 .020，亦小於 .05，Hoelster 為 1,391。從這些指標顯示本研究提出之科學成就潛在直線成長模式與觀察資料的整體適配度理想。

表 2

不同時間科學自我概念與科學成就之描述性統計

	八年級上 (T1)	八年級下 (T2)	九年級上 (T3)	九年級下 (T4)
科學自我概念				
平均數	47.257	46.147	43.874	44.945
標準差	10.540	10.237	10.779	10.782
偏態	-.421	-.313	-.229	-.373
峰度	-.070	-.336	-.315	-.123
T1	1	—	—	—
T2	.790	1	—	—
T3	.702	.777	1	—
T4	.680	.774	.825	1
人數	373	348	342	346
科學成就				
平均數	.934	1.150	1.265	
標準差	.663	.616	.561	
偏態	-.595	-.329	-.626	
峰度	-.253	-.628	.708	
T1	1	—	—	
T2	.284	1	—	
T3	.204	.213	1	
人數	381	375	358	

表 3

科學自我概念與科學成就之潛在成長模式整體適合度考驗結果

模式	<i>df</i>	χ^2	<i>p</i>	TLI	IFI	CFI	RMSEA	NFI	Hoelter
科學自我概念									
直線成長	5	26.964	< .001	.959	.980	.980	.108	.975	213
非直線成長	3	4.614	.202	.995	.999	.999	.038	.996	935
二次成長	1	14.970	< .001	.871	.987	.987	.192	.986	169
科學成就									
直線成長	3	3.1	.376	.996	.998	.998	.009	.946	1,391

科學自我概念的潛在直線成長模式，卡方考驗結果達顯著水準 ($\chi^2 = 26.964, p < .001$)，

TLI 為 .959、IFI 為 .980、CFI 為 .980、NFI 為 .975、RMSEA 為 .108、SRMR 則為 .006、Hoelter 為 213；另在科學自我概念的潛在非直線成長模式，卡方考驗結果未達顯著水準 ($\chi^2 = 4.614, p = .202$)，TLI 為 .995、IFI 為 .999、CFI 為 .999、NFI 為 .996、RMSEA 為 .038，SRMR 則為 .005、Hoelter 為 935。兩個模式在多數的適配指標都佳，惟直線成長模式之卡方考驗結果達顯著水準，RMSEA 也偏高，且 Hoelter 明顯較小，所以相對而言，科學自我概念的非直線潛在成長模式與實際資料的契合度較佳。

研究者也進一步檢驗非線性成長是否符合二次成長模式，在圖 1 模式中加入另一代表二次方的潛在變項，該潛在變項影響四個觀察變項的參數設定為 0、.11、.45 與 1，以瞭解科學自我概念的非線性模式是否為二次模式，分析結果卡方考驗結果達顯著水準 ($\chi^2 = 14.970, p < .001$)，TLI 為 .871、IFI 為 .987、CFI 為 .987、NFI 為 .986、RMSEA 為 .192，SRMR 則為 .002，各種適合度指數並非全數理想，表示二次數學函數並無法恰當地解釋此一非直線成長模式。

表 4 是八年級到九年級不同時間點科學自我概念之潛在成長模式的參數估計結果，從固定效果部分可知，科學自我概念的起始點平均數為 47.177、成長軌線的平均數為 -2.266，兩個參數的 t 值分別為 88.271 與 -5.275，皆達顯著水準 ($p < .001$)，表示資優生科學自我概念在八年級上學期的平均分數為 47.177 分，之後隨著學生年齡增長呈現下降的情況，歷經 2 年後到九年級下學期時，科學自我概念平均降為 44.911。

在隨機效果部分，科學自我概念起始點及成長率之變異數分別為 85.389 及 19.343，兩個參數的 t 值分別為 11.126 與 3.686，統計考驗皆達顯著水準 ($p < .001$)，表示資優生科學自我概念在八年級上學期即有顯著個別差異，且科學自我概念的變化速率亦存在顯著個別差異。至於殘差變異 (E1 至 E4) 的估計值則介於 13.942 至 25.119。

最後，起始點與成長率之共變數是 -6.367，相關係數為 -.157， $p = .149$ ，並未有顯著的關係，效果量為 .025，意即資優生科學自我概念起始狀態與成長率互相的解釋變異量約為 2.5%，根據 Cohen (1988, 1992) 對於效果量判斷的標準屬於小效果量。

在表 5 中，我們可以看到八年級到九年級不同時間點科學成就之潛在直線成長模式的參數估計結果，從固定效果部分可知科學成就真分數的起始點平均數為 .950，成長軌線的平均數為 .333，兩個參數的 t 值分別為 29.585 與 8.239，皆達顯著水準 ($p < .001$)，表示資優生科學成就在八年級上學期的平均為 .950，之後 1 年半約增加 .333，到九年級上學期時科學成就為 1.283。

此外，資優生科學成就起始點變異數為 .160， t 值為 4.822 ($p < .001$) 統計考驗達顯著水準；成長率變異數為 .046， t 值為 .751， $p = .452$ 未達顯著水準，整體看來，資優生科學成就在八年級上學期有顯著個別差異，但不管起始成就為何，所有學生的科學成就普遍逐漸提升。至於各時間點殘差變異的估計值則為 .277。

表 4

科學自我概念之潛在成長模式的參數估計結果

	估計值	標準誤	t值	p值
固定效果				
起始點平均數	47.177	0.534	88.271	< .001
直線成長率平均數	-2.266	0.430	-5.275	< .001
隨機效果				
起始點變異	85.389	7.675	11.126	< .001
直線成長率變異	19.343	5.248	3.686	< .001
殘差變異 (E1)	24.760	4.357	5.683	< .001
殘差變異 (E2)	19.085	2.493	7.656	< .001
殘差變異 (E3)	13.942	4.308	3.237	< .001
殘差變異 (E4)	25.119	3.167	7.932	< .001
共變與相關				
起始點與成長率共變數	-6.367	4.414	-1.443	.149
起始點與成長率相關值	-.157			

表 5

科學成就之潛在直線成長模式的參數估計結果

	估計值	標準誤	t值	p值
固定效果				
起始點平均數	0.950	0.032	29.585	< .001
直線成長率平均數	0.333	0.040	8.239	< .001
隨機效果				
起始點變異	0.160	0.033	4.822	< .001
直線成長率變異	0.046	0.061	0.751	.452
殘差變異 (E1-E3)	0.277	0.020	13.544	< .001
共變與相關				
起始點與成長率共變數	-0.078	0.037	-2.092	.036
起始點與成長率相關值	-.915			

最後，起始點與成長率之共變數是-.078，相關係數為-.915， $p = .036 < .05$ 有顯著的關係。相關係數為負，表示科學能力較低的資優生隨著時間的遞嬗，其科學能力成長的速率較快，而科學能力在起始點已有較佳的水準者，可能受天花板效應的影響，其成長速率較緩。另效

果量為 .837，意即資優生科學成就起始狀態與成長率互相的解釋變異量約為 83.7%，根據 Cohen (1988, 1992) 對於效果量判斷的標準屬於大效果量。

三、科學自我概念與科學成就在多變量潛在成長模式之驗證結果

為瞭解科學自我概念與科學成就的關聯，以及隨著時間經過，科學成就與科學自我概念的關係如何變化，乃採用多變量的潛在成長模式進行分析。

科學自我概念與科學成就之多變量潛在成長模式的整體適合度考驗結果：本研究提出之 MLGM 與觀察資料適配的卡方考驗結果雖達 .001 顯著水準 ($\chi^2 = 57.135, df = 14, p < .001$)，推翻虛無假設，但是在整體適配度指數部分，本模式之 TLI 為 .930、IFI 為 .965、CFI 為 .965、NFI 為 .954，皆大於 .90；至於 SRMR 為 .024、RMSEA 為 .079、Hoelter 為 194。從整體適合標準考驗結果來看，本研究建構之 MLGM 與觀察資料的整體適配度尚屬理想。

在四個潛在因素間關係的探討部分，由表 6 可見八年級開始時，科學成就與科學自我概念之間呈現顯著的中度正相關 ($r = .507, p < .001$)，亦即科學成就愈好的人也有較佳的科學自我概念；但是，在科學成就的成長速率與科學自我概念的變化速率之間並無顯著相關 ($r = .215, p = .346$)；至於科學成就的起始狀況與科學自我概念的變化 ($r = .113, p = .321$)，以及科學自我概念的起始值與科學能力的成長 ($r = -.278, p = .126$) 之間皆無顯著的相關性存在。

表 6

科學自我概念與科學成就 MLGM 之四個潛在因素之相關

	相關值	共變數	標準誤	t值	p值
IACH×ISC	.507	1.828	0.339	5.388	< .001
IACH×SSC	.113	0.277	0.279	0.992	.321
SACH×ISC	-.278	-0.628	0.411	-1.530	.126
SACH×SSC	.215	0.329	0.349	0.942	.346

四、科學自我概念與科學成就在交互延宕模式之驗證結果

為瞭解科學自我概念與科學成就之因果關係，乃採用交互延宕模式進行分析，由兩個變項交互影響的延宕交叉係數的大小強弱比較，來分析科學成就與科學自我概念在發展中的交互影響情形，藉以釐清兩者的因果機制。

科學自我概念與科學成就交互延宕模式整體適合度考驗結果：卡方考驗結果達顯著水準 ($\chi^2 = 354.3, df = 82, p < .001$)，推翻虛無假設。另 TLI 為 .929、IFI 為 .952、CFI 為 .952、NFI 為 .938、RMSEA 為 .093、SRMR 為 .053、Hoelter 為 124。

表 7 是科學自我概念與科學成就的交互延宕模式參數估計結果，首先，前後時間點科學自我概念的關聯程度，分別為 .831、.807、.848，在三個波次中具有穩定效果 (stability effect)，前後時間點之科學能力的關聯程度，分別為 .234、.166，雖達顯著水準，但相關不高，究其原因可能在於資優生科學能力表現呈現正偏態，同質性高，使得能力分配的變異程度變小，造成相關係數偏低。另外，科學自我概念與科學成就的相關為 .294， $p < .001$ 。

表 7

科學自我概念與科學成就的交互延宕模式參數估計

			相關/迴歸值	標準誤	t值	p值
八上S能力	<-->	八上S自我	.294	.097	5.344	< .001
八下S能力	<---	八上S自我	.185	.012	3.522	< .001
九上S能力	<---	八下S自我	.186	.011	3.460	< .001
八下S自我	<---	八上S能力	-.022	.143	-0.637	.524
九上S自我	<---	八下S能力	.069	.157	2.012	.044
九下S自我	<---	九上S能力	-.003	.159	-0.081	.935
八下S自我	<---	八上S自我	.831	.044	19.129	< .001
九上S自我	<---	八下S自我	.807	.044	19.061	< .001
九下S自我	<---	九上S自我	.848	.040	20.056	< .001
八下S能力	<---	八上S能力	.234	.047	4.590	< .001
九上S能力	<---	八下S能力	.166	.048	3.163	< .001

在延宕交叉相關係數方面，第一期科學自我概念（八上 S 自我）對第二期科學成就（八下 S 能力）的係數為 .185， $p < .001$ ；第二期科學自我概念（八下 S 自我）對第三期科學成就（九上 S 能力）的係數為 .186， $p < .001$ ，皆達顯著水準，表示在排除第一期成就（八上 S 能力）後，科學自我概念對科學成就有顯著影響。

而在科學成就對科學自我概念的影響方面，第一期科學成就（八上 S 能力）對第二期科學自我概念（八下 S 自我）的係數為-.022， $p = .524$ ；第二期科學成就（八下 S 能力）對第三期科學自我概念（九上 S 自我）的係數為 .069， $p = .044$ ；第三期科學成就（九上 S 能力）對第四期科學自我概念（九下 S 自我）的係數為-.003， $p = .935$ ，皆未達顯著水準，表示在排除第一期科學自我概念（八上 S 自我）後，科學成就對科學自我概念的影響不明顯。

本研究結果發現，資優生科學自我概念與科學成就之間並不具交互影響的關係，亦即互饋關係並未被證實。倒是科學自我概念對科學成就有顯著影響，也就是在前一波科學自我概念愈佳的資優生，會影響下一波科學成就的提升，此一結果支持科學自我概念影響科學成就

的「自我彰顯」關係，揭示了情意面向的自我概念對成就的影響不容忽視。

五、性別為二階因素的條件式成長模式驗證結果

由前述分析結果可知，個別資優生科學自我概念與科學成就，在八年級初始的表現與隨後的成長變化皆存在顯著差異。因此，研究者乃在原本潛在成長模式中，加上性別因素作為層次二的預測變項，以進一步分析性別分別對科學成就與科學自我概念起始點與成長速率的影響。

模式中的性別變項是 0 與 1 組成之二分變項，0 代表男生，1 代表女生。圖 5 是含未標準化解的性別二層次科學自我概念潛在成長模式；圖 6 是含未標準化解的性別二層次科學成就直線潛在成長模式。

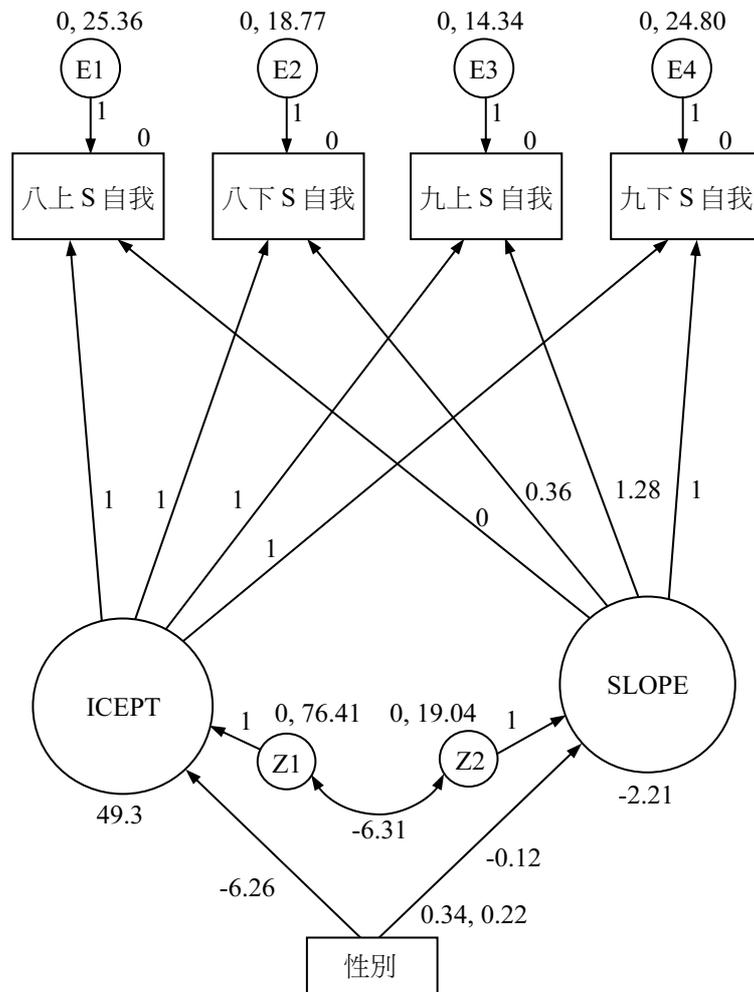


圖5. 含未標準化解的性別二層次科學自我概念潛在成長模式

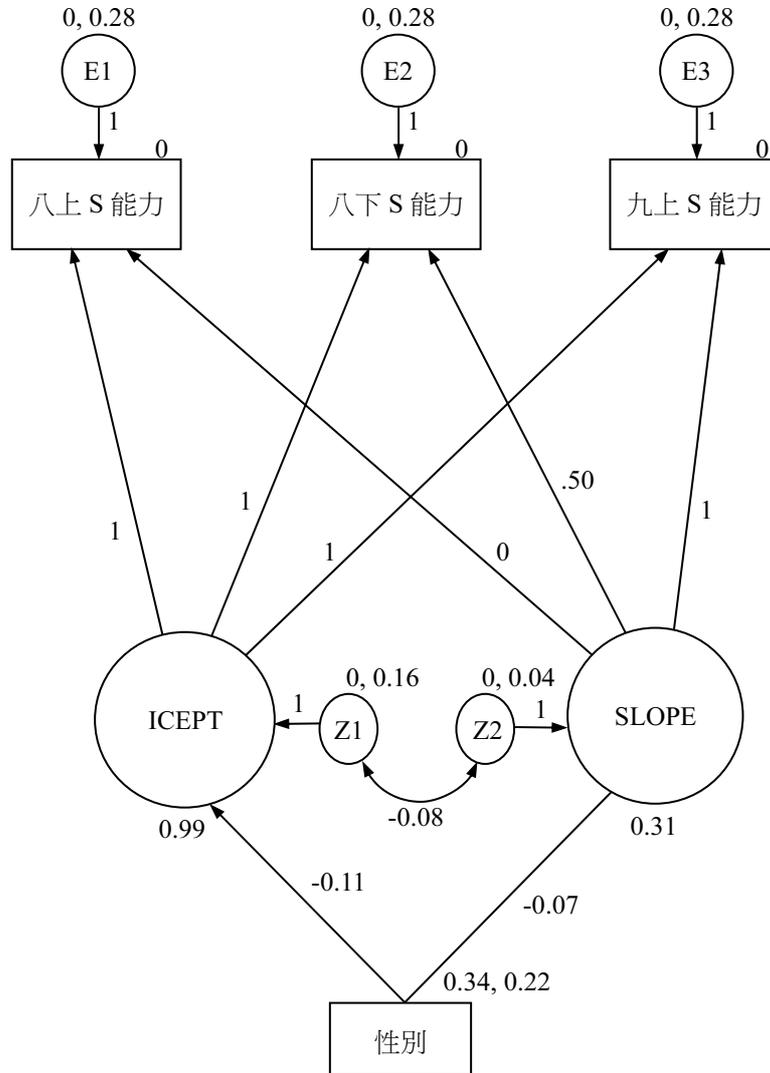


圖6. 含未標準化解的性別二層次科學成就直線潛在成長模式

表 8 則是以性別進行分析的條件式潛在成長模式之參數估計結果，由表中可知，在科學自我概念部分，性別至起始點之徑路係數為-6.261， $p < .001$ ，性別至成長率之徑路係數為-0.120， $p = .863$ ，表示資優女生在起始科學自我概念比資優男生低了 6.261 分，而在科學自我概念改變部分，男、女生並無顯著差異。起始點的殘差項 Z1 的變異數為 76.414，相較於表 4 之無條件模式下的隨機效果 85.389 少了 8.975，性別所解釋的初始變異有 10.5%；而成長率的殘差項 Z2 的變異數為 19.037，相較於無條件模式的 19.343 僅少了 .306，表示性別所解釋的成長變異僅有 1.6%。Z1 與 Z2 的相關值為-.165 ($p = .138$)，但未達顯著水準。

在科學成就部分，性別至起始點之徑路係數為-0.113， $p = .093$ ，性別至成長率之徑路係

表 8
性別的條件式潛在成長模式的參數估計結果

	估計值	標準誤	t值	p值	解釋力
科學自我概念					
起始點←性別	-6.261	1.044	-6.000	< .001	
成長率←性別	-0.120	0.697	-0.173	.863	
Z1	76.414	7.023	10.880	< .001	10.5%
Z2	19.037	5.179	3.676	< .001	1.6%
Z1Z1共變數	-6.308	4.249	-1.485	.138	
Z1Z1相關	-.165				
科學成就					
起始點←性別	-0.113	0.067	-1.679	.093	
成長率←性別	0.072	0.085	0.841	.400	
Z1	0.157	0.033	4.758	< .001	1.9%
Z2	0.044	0.061	0.732	.464	4.3%
Z1Z1共變數	-0.076	0.037	-2.048	.041	
Z1Z1相關	-.914				

數為 0.072， $p = .400$ ，皆未達顯著水準，表示資優男生與女生在八年級上學期的科學成就並無差異，而在能力的成長率也無顯著的差異。起始點的殘差項 Z1 的變異數為 0.157，相較於表 5 之無條件模式下的隨機效果也僅少了 0.003，解釋力為 1.9%；而成長率的殘差項 Z2 的變異數為 0.044，相較於無條件模式的 0.046 僅少了 0.002，性別解釋的成長變異為 4.3%也相當有限。再者，Z1 與 Z2 的相關值為-.914 ($p = .014 < .05$)，表示在八年級上學期科學能力較低者，隨著時間的改變，其科學能力成長的速率較快，而在八年級上學期科學能力有較佳水平者，可能受天花板效應影響，成長速率較緩。

肆、結論與建議

本研究目的主要在探討資優生科學自我概念與科學成就的發展，以及兩者之間的關係，在回顧相關文獻後，本研究以自我迴歸交互延宕模式來瞭解科學自我概念與科學成就之間呈現何種因果關係，以潛在成長模式來瞭解隨時間遞移，不同時間點重複測量的變數呈現何種變動型態 (shape)，以及科學自我概念與科學成就兩變數在總體層次與個體變化的關係。研究者以大高雄市 16 所國中共計 381 位資優生為樣本，每半年一次共歷時 2 年，進行固定樣本四波次的追蹤調查。以下分述本研究之結論、貢獻與建議：

一、研究結論與貢獻

本研究獲得的研究結論可分成五點，茲臚列如下：

(一) 國中階段資賦優異學生科學自我概念的發展軌跡呈現非線性遞減的發展趨勢，八年級上學期到九年級上學期三波次的發展呈現快速下降，九年級上學期到九年級下學期則反轉，呈現逐步緩升的情形；而科學自我概念的起始值與變化速率有顯著個別差異。但是起始值與變化速率之間並不具顯著的關係，互相的解釋變異量約為 2.5%。

多數研究都指出，學業自我概念在青春期中會下降 (Cole et al., 2001; Watt, 2004; Wigfield & Eccles, 2000; Zanobini & Usai, 2002)，Marsh (1989) 發現自我概念在中學階段會降到谷底然後緩步上揚，本研究也有相同的發現，由資料分析中更明確地見到資優生的科學自我概念降到最低的時間點在九年級上學期，而後有逐漸緩慢提升的現象。至於起始狀態與變化速率之間並未有顯著的關係，表示八年級上學期科學自我概念的良窳，不影響日後變化速率的快慢。

(二) 國中階段資賦優異學生科學成就的發展軌跡呈現直線成長的趨勢，其科學成就在八年級上學期有顯著個別差異，但不管起始成就為何，所有學生的科學成就普遍逐漸提升。資優生科學成就起始狀態與成長率互相的解釋變異量約為 83.7%，科學能力較低的資優生隨著時間的遞嬗，其科學能力成長的速率較快，而科學能力在起始點已有較佳的水準者，其成長速率較緩。

科學成就逐步成長的結果，符合學習能力隨時間逐步提升的一般性現象，在成長速率部分，雖然多數文獻顯示，學生的起始能力高低會正向影響往後的改變速率，亦即會有馬太效應 (Walberg & Tsai, 1983) 的存在 (林碧芳, 2011)，但本研究卻有不盡相同的結果，未見馬太效應。此應是資優群體的特殊性所致，在初始能力相對較不優秀的學生，因為具有潛質，有可能迎頭趕上，也就是本研究在成長速率部分呈現的是天花板效應。

(三) 科學成就的起始狀態與科學自我概念的起始狀態之間呈現顯著的中度正相關，科學成就成長率與科學自我概念的變化速率並無顯著相關。

在本縱貫資料分析中，科學成就與科學自我概念在八年級初始時呈現中度相關的結果，與多數以橫斷面進行的研究結果相同，亦即科學成就愈好的人有較佳的科學自我概念。但是科學成就成長與科學自我概念的變化速率並無顯著關係，心理學中學習態度對學習成就改變量影響的自驗預言 (self-fulfilling prophecy)，以及社會學中學習成就對學習態度改變量影響的威斯康辛模式 (Wisconsin Model) 觀點，皆未出現於國中資優群體中。

(四) 資優生科學自我概念與科學成就之間的因果關係，呈現科學自我概念影響科學成就的「自我彰顯」關係。

Marsh 等 (1999) 認為，自我概念與科學成就之間存在互為因果的關係，先前的學業成就會影響個人學業自我概念，而目前的學業自我概念又會影響日後的學業成就表現，在國內近似的研究中，也支持情意特質與學習成就之間互為因果的關係 (巫博瀚、陸偉明, 2010；陳

俊瑋, 2011)。本研究結果, 資優生的科學自我概念對科學成就的影響較明顯, 所呈現的是「自我彰顯關係」。此一結果符合 De Fraine 等 (2007) 認為青春階段學生, 自我概念對學習成就有較大的影響。且相較於以一般學生為對象的研究, 此一影響力更為明顯, 本研究以資優生群體為對象, 研究結果不僅揭示了此一群體的殊異性, 也提醒我們不能忽視對資優生進行情意教育的重要性, 由於目前資優生的安置, 全部採取分散式, 在有限的教學時間中, 學科的加深與加廣是多數教師為資優生設計課程時的唯一考量, 本研究發現, 科學自我概念將影響對科學成就, 因此我們在資優課程安排中有必要將情意教育融入其中。

(五) 資優女生的科學自我概念比資優男生低, 性別所解釋的初始變異有 10.5%; 但是在科學成就部分, 男、女生在八年級上學期並無差異, 隨著學習時間的向前推移, 能力的成長速率也無顯著的差異, 性別所能解釋成就的變異相當有限。

本研究結果發現, 資優男、女生在科學成就的表現上並無軒輊, 成就的提升速率也相近似, 並不符性別本質論的觀點, 資優女生並未因為大腦結構的差異而在科學學習上屈居下風。但是值得注意的是, 資優男、女生在科學自我概念上呈現的明顯差異, 女生與男生有相同的成就, 但卻無相稱的自我概念, 此一結果, 支持性別建構論的主張, 也就是性別刻板印象, 在女性社會化的過程中已對其造成相當的影響, 使其降低對自我在科學表現的期許與看法。

相較於過往研究, 本研究之具體貢獻如下:

(一) 採用潛在成長模式進行資料分析

有別於一般對於跨時間點資料所採用的重複量數變異數分析, 潛在成長模式可以透過截距潛在變項與斜率潛在變項的平均數變化, 來瞭解整體樣本的成長變化型態, 也可以透過截距潛在變項與斜率潛在變項的變異數變化, 來瞭解個體內成長軌跡的個別差異。再者, 以多變項潛在成長模式對於科學自我概念與科學成就兩者的潛在成長變化, 以及科學自我概念與科學成就兩者的潛在成長變化的關係, 也是過去研究較少觸及的部分。

(二) 以資優生為對象, 進行縱貫資料的蒐集與分析

本研究有別於一般橫斷面的調查, 對資賦優異學生進行為期 2 年四波次的縱貫性調查, 從累積的觀察資料中, 釐清科學自我概念與科學成就的因果關係, 並瞭解兩變項的變化趨勢; 此外, 也探討男、女生在科學自我概念與科學成就的成長軌跡之差異。但值得注意的是, 由於資優生能力優異的特質, 使得科學成就表現呈現正偏態, 科學能力分配的變異程度變小, 造成縱貫資料中, 前後期科學能力相關係數偏低。

(三) 對資優生科學自我概念作針對性且完整的探討

根據理論, 一般自我概念與學科自我概念並不相同, 學科自我概念也因學科領域的差異而有不同, 本研究特別針對科學自我概念做探討, 提供資優生在科學自我概念的清晰表現。

(四) 提供資優生科學成就的真實能力估計值

如果用一般的成就測驗重複測量可能會有練習的效應，用不同的成就測驗又有成績比較的問題，本研究中的科學成就測驗，乃透過 IRT 模式進行測驗的垂直等化，以估計每一位學生在各波次的科學能力分數，如此，個體在不同階段的科學成就方可進行比較，研究者可據此瞭解學生學習成就的變化趨勢。

二、研究建議

(一) 未來資料蒐集的時間點可以加長，以取得更豐富的資料

本研究在科學成就部分僅進行三波資料的蒐集，所以只能做直線模式的假設，未來若能有更多波段重複測量的資料，將有助於瞭解資優生科學成就軌跡的變化。另外，研究指出，青少年階段自我概念會呈現谷底翻升的現象，本研究僅蒐集青少年前期國中階段的資料，隱約可見此一轉折點發生在九年級上學期，因為九年級下學期的科學自我概念已呈現微微上升的狀態，青少年後期是否就呈現穩定上升的趨勢，也有賴蒐集更多重複測量的資料；最後，成長測量的精確與可靠性會隨波數增加而提升，如果資料蒐集的時間加長，也能看到科學成就與科學自我概念更明顯的發展關係。

(二) 正視情意教育的重要，提升資優生的科學自我概念

本研究發現，科學自我概念影響科學學習成就，資優生有優於一般學生的天賦，我們在致力於讓具有天賦的資優生有更佳的成就表現時，不應小覷個體內在動力對個人的影響，Park (2011) 的研究也發現，影響學習成效除了認知因素外，也包含非認知的態度與自我概念。美國組織行為學家 Luthans 和 Youssef (2004) 提出心理資本 (psychological capital)，說明具有豐富心理資本的人能更勇於面對挑戰、求取成功、有正向的歸因，即使遇到挫折也能勇於承擔並迅速恢復。國中階段正值青少年身心變化時期，我們提供給資優生的資優方案不能僅著重於課業等認知層面，教師與家長必須正視到情意課程的重要性，以富厚學生的心理資本，當學生對自己的學業有更高的期望與信念時，將促使個人的行為表現有相對應的提升，潛能方能充分開展。

(三) 教師應有性別警覺意識，營造公平的學習環境，減少資優女生受到性別刻板印象的威脅

研究結果發現，資優女生相較於男生，有相同的科學成就，卻有較低的科學自我概念，由此一結果可見，女生在科學的學習上並無能力不足的問題，但是在社會化的過程，可能受到性別刻板印象的威脅，而產生科學自我概念下降的現象。教師宜有性別警覺意識，自省自己是否受到社會性別期待的影響，將科學視為是男生天生適合的學科，或是有女生科學能力好就不像女生等迷思想法。而在教學歷程中，宜注意避免將錯誤的期待加諸於學生身上，並

多提供科學領域女性工作者作為楷模，促使資優女生能正向看待自己在科學方面的天賦，進而認同科學，願意選擇自己的優勢能力，讓自己的天賦充分發揮。

誌謝

本研究承行政院國家科學委員會補助研究經費（計畫編號：NSC-97-2511-S-153-007-MY2），謹此致謝。

參考文獻

一、中文文獻

余民寧、趙珮晴、陳嘉成（2010）。以社會認知生涯理論探討影響選擇數學職業意圖的因素。

教育科學研究期刊，**55**（3），177-201。doi:10.3966/2073753X2010095503007

【Yu, M.-N., Chao, P.-C., & Chen, C.-C. (2010). Investigating the factors on mathematics career-choice intentions with the social cognitive career theory. *Journal of Research in Education Sciences*, 55(3), 177-201. doi:10.3966/2073753X2010095503007】

巫博瀚、陸偉明（2010）。延宕交叉相關與二階層線性成長模式在臺灣青少年自尊的發現。測驗學刊，**57**（4），541-565。

【Wu, P.-H., & Luh, W.-M. (2010). Teenagers' development of self-esteem in Taiwan: Cross-lagged panel correlation and hierarchical linear growth model. *Psychological Testing*, 57(4), 541-565.】

林碧芳（2011）。家庭文化資本與個人學習動機對青少年學習成就影響之貫時研究（未出版博士論文）。國立政治大學，臺北市。

【Lin, P.-F. (2011). *The panel study of effects of family cultural capital and individual learning motivation on adolescent learning achievement* (Unpublished doctoral dissertation). National Chengchi University, Taipei, Taiwan.】

侯雅齡（2010a）。科學自我概念之大魚小池效應探究：資優生教育安置方式的思考。教育科學研究期刊，**55**（3），61-87。doi:10.3966/2073753X2010095503003

【Hou, Y.-L. (2010a). The big-fish-little-pond effect on science self-concept: Some implications in educational placement for gifted students. *Journal of Research in Education Sciences*, 55(3), 61-87. doi:10.3966/2073753X2010095503003】

侯雅齡（2010b）。「國民中學自然科學性向測驗」之編製。測驗學刊，**57**（1），29-58。

【Hou, Y.-L. (2010b). The development of natural science academic aptitude tests for junior high school students. *Psychological Testing*, 57(1), 29-58.】

徐秋月、林哲彥、張銘秋（2011）。學生科學表現分析。載於臺灣 PISA 國家研究中心（主編），臺灣 PISA 2009 結果報告（pp. 151-186）。臺北市：心理。

【Shyu, C.-Y., Lin, J.-Y., & Chang, M.-C. (2011). The analysis of science performance. In Taiwan PISA National Center (Ed.), *Taiwan PISA 2009 national report* (pp. 151-186). Taipei, Taiwan: Psychological.】

教育部統計處（2012）。歷年大專校院學生人數－按性別與領域別分。取自 http://www.edu.tw/statistics/content.aspx?site_content_sn=8168

【Department of Statistics, Ministry of Education. (2012). *The number of undergraduate students: Classified according gender and college department*. Retrieved from http://www.edu.tw/statistics/content.aspx?site_content_sn=8168】

陳俊璋（2011）。學生教育抱負與學習成就關係之研究：長期追蹤資料之分析。當代教育研究，**19**（4），127-172。

【Chen, C.-W. (2011). The relationship between the educational aspirations of students and their learning achievements: An analysis of panel data. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 19(4), 127-172.】

陳皎眉、孫旻暉 (2006)。從性別刻板印象威脅談學業表現上的性別差異。《教育研究月刊》，147，19-30。

【Chen, J.-M., & Suen, M.-W. (2006). The stereotype threat effects and the sex differences in achievement. *Journal of Education Research*, 147, 19-30.】

項樂琦 (2008)。刻板印象威脅下的青少年：男性化特質對邏輯分析表現與信心的效果 (未出版碩士論文)。國立臺灣大學，臺北市。

【Hsiang, L.-C. (2008). *Adolescent girls under stereotype threat: The effect of masculin traits on analytical performance and confidence* (Unpublished master's thesis). National Taiwan University, Taipei, Taiwan.】

黃曬莉 (2007)。性別歧視的多面性。載於黃淑玲、游美惠 (主編)，*性別向度與臺灣社會* (pp. 3-24)。臺北市：巨流。

【Huang, L.-L. (2007). The diverse dimensions of sex discrimination. In S.-L. Hwang & M.-H. You (Eds.), *Gender dimensions in Taiwanese society* (pp. 3-24). Taipei, Taiwan: Chuliu.】

蔡麗玲、王秀雲、吳嘉苓 (2007)。性別化的科學與科技。載於黃淑玲、游美惠 (主編)，*性別向度與臺灣社會* (pp. 201-224)。臺北市：巨流。

【Tsai, L.-L., Wang, H.-Y., & Wu, C.-L. (2007). Gendered science and technology. In S.-L. Hwang & M.-H. You (Eds.), *Gender dimensions in Taiwanese society* (pp. 201-224). Taipei, Taiwan: Chuliu.】

Moir, A., & Jessel, D. (2000)。腦內乾坤—男女有別、其來有自 (洪蘭，譯)。臺北市：遠流。(原著出版於 1989 年)

【Moir, A., & Jessel, D. (2000). *Brain sex the real difference between men and women* (D. L. Hung, Trans.). Taipei, Taiwan: Yuan-Liou. (Original work published 1989)】

Roger, L. J. (2002)。男生女生大腦不同？(王紹婷，譯)。臺北市：新新聞。(原著出版於 1999 年)

【Roger, L. J. (2002). *Sexing the brain* (S.-T. Wang, Trans.). Taipei, Taiwan: The Journalist. (Original work published 1999)】

二、外文文獻

Anderman, E. M., & Maehr, M. L. (1994). Motivation and schooling in the middle grades. *Review of Educational Research*, 64(2), 287-309. doi:10.3102/00346543064002287

Arnot, M., David, M., & Weiner, G. (2000). Closing the gender gap: Postwar education and social change. *Gender and education*, 12(3), 399-407. doi:10.1080/713668304

Beckett, L. A., Tancredi, D. J., & Wilson, R. S. (2004). Multivariate longitudinal models for complex change processes. *Statistics in Medicine*, 23(2), 231-239. doi:10.1002/sim.1712

Benbow, C. P., & Stanley, J. C. (1980). Sex differences in mathematical ability: Fact or artifact? *Science*, 201(4475), 1262-1264. doi:10.1126/science.7434028

Benbow, C. P., & Stanley, J. C. (1983). Sex differences in mathematical ability: More facts. *Science*, 222(4627), 1029-1031. doi:10.1126/science.6648516

Bentler, P. M., & Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of

- covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606. doi:10.1037//0033-2909.88.3.588
- Bollen, K. A. (1986). Sample size and Bentler and Bonett's nonnormed fit index. *Psychometrika*, 51(3), 375-377. doi:10.1007/BF02294061
- Brickhouse, N. (1994). Bringing in the outsiders: Reshaping the sciences of the future. *Journal of Curriculum Studies*, 26(4), 401-416. doi:10.1080/0022027940260404
- Byrne, B. M., & Gavin, D. A. W. (1996). The Shavelson model revisited: Testing for the structure of academic self-concept across pre-, early, and late adolescents. *Journal of Educational Psychology*, 88(2), 215-228. doi:10.1037//0022-0663.88.2.215
- Calsyn, R., & Kenny, D. (1977). Self-concept of ability and perceived evaluations of others: Cause or effect of academic achievement? *Journal of Educational Psychology*, 69(2), 136-145. doi:10.1037//0022-0663.69.2.136
- Clark, A., & Trafford, J. (1996). Return to gender: Boys' and girls' attitudes and achievements. *The Language Learning Journal*, 14(1), 40-49. doi:10.1080/09571739685200371
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. doi:10.1037//0033-2909.112.1.155
- Cole, D. A., Maxwell, S. E., Martin, J. M., Peeke, L. G., Seroczynski, A. D., Tram, J. M., ... Maschman, T. (2001). The development of multiple domains of child and adolescent self-concept: A cohort sequential longitudinal design. *Child Development*, 72(6), 1723-1746. doi:10.1111/1467-8624.00375
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- De Fraine, B., Van Damme, J., & Onghena, P. (2007). A longitudinal analysis of gender differences in academic self-concept and language achievement: A multivariate multilevel latent growth approach. *Contemporary Educational Psychology*, 32(1), 132-150. doi:10.1016/j.cedpsych.2006.10.005
- Duncan, T. E., Duncan, S. C., & Strycker, L. A. (2006). *An introduction to latent variable growth curve modeling: Concepts, issues, and applications* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eccles, J. S., Midgley, C., Wigfield, A., Buchanan, C. M., Reuman, D., Flanagan, C., & Iver, D. M. (1993). Development during adolescence: The impact of stage-environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American Psychologist*, 48(2), 90-101.

doi:10.1037//0003-066X.48.2.90

- Finkel, S. E. (1995). *Causal analysis with panel data*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Fredricks, J. A., & Eccles, J. S. (2002). Children's competence and value beliefs from childhood through adolescence: Growth trajectories in two male-sex-typed domains. *Developmental Psychology*, 38(4), 519-533. doi:10.1037//0012-1649.38.4.519
- Greenberg, D. F. (2008). Causal analysis with nonexperimental panel data. In S. W. Menard (Ed.), *Handbook of longitudinal research: Design, measurement, and analysis* (pp. 259-278). Amsterdam, the Netherlands: Elsevier.
- Guay, F., Marsh, H. W., & Boivin, M. (2003). Academic self-concept and academic achievement: Developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 124-136. doi:10.1037//0022-0663.95.1.124
- Han, L., & Hoover, H. D. (1994, April). *Gender differences in achievement test scores*. Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, New Orleans, LA. Retrieved from ERIC database. (ED369816)
- Helmke, A., & Van Aken, M. A. G. (1995). The causal ordering of academic achievement and self-concept of ability during elementary school: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 87(4), 624-637. doi:10.1037//0022-0663.87.4.624
- Hoelter, J. W. (1983). The analysis of covariance structures: Goodness-of-fit indices. *Sociological Methods & Research*, 11(3), 325-344. doi:10.1177/0049124183011003003
- Inzlicht, M., & Ben-Zeev, T. (2000). A threatening intellectual environment: Why females are susceptible to experiencing problem-solving deficits in the presence of males? *Psychological Science*, 11(5), 365-371. doi:10.1111/1467-9280.00272
- Jacobs, J. E., Lanza, S., Osgood, D. W., Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Changes in children's self-competence and values: Gender and domain differences across grades one through twelve. *Child Development*, 73(2), 509-527. doi:10.1111/1467-8624.00421
- Jordan, N. C., Kaplan, D., & Hanich, L. B. (2002). Achievement growth in children with learning difficulties in mathematics: Findings of a two-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 586-597. doi:10.1037//0022-0663.94.3.586
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). New York, NY: Guilford.
- Kurtz-Costes, B. E., & Schneider, W. (1994). Self-concept, attributional beliefs, and school achievement: A longitudinal analysis. *Contemporary Educational Psychology*, 19(2), 199-216. doi:10.1006/ceps.1994.1017

- Luthans, F., & Youssef, C. M. (2004). Human, social, and now positive psychological capital management: Investing in people for competitive advantage. *Organizational Dynamics*, 33(2), 143-160.
- Marsh, H. W. (1989). Age and sex effects in multiple dimensions of self-concept: Preadolescence to early adulthood. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 417-430. doi:10.1037/0022-0663.81.3.417
- Marsh, H. W. (1990). The structure of academic self-concept: The Marsh/Shavelson model. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 623-636. doi:10.1037//0022-0663.82.4.623
- Marsh, H. W. (1992). Content specificity of relations between academic achievement and academic self-concept. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 35-42. doi:10.1037//0022-0663.84.1.35
- Marsh, H. W., Byrne, B. M., & Yeung, A. S. (1999). Causal ordering of academic self-concept and achievement: Reanalysis of a pioneering study and revised recommendations. *Educational Psychologist*, 34(3), 155-167. doi:10.1207/s15326985ep3403-2
- Marsh, H. W., & Craven, R. (1997). Academic self-concept: Beyond the dustbowl. In G. Phye (Ed.), *Handbook of classroom assessment: Learning, achievement, and adjustment* (pp. 131-198). Orlando, FL: Academic Press.
- Marsh, H. W., Hau, K. T., & Kong, C. K. (2002). Multilevel causal ordering of academic self-concept and achievement: Influence of language of instruction (English compared with Chinese) for Hong Kong students. *American Educational Research Journal*, 39(3), 727-763. doi:10.3102/00028312039003727
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2004). The role of academic self-concept and interest in determining academic achievement. In H. W. Marsh, J. Baumert, G. E. Richards, & U. Trautwein (Eds.), *CD-Rom of the third international biennial SELF research conference in Berlin (Germany)*. Sydney, Australia: University of Western Sydney.
- Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1997). Causal effects of academic self-concept on academic achievement: Structural equation models of longitudinal data. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 41-54. doi:10.1037//0022-0663.89.1.41
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 international science report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 international science report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS

- International Study Center, Boston College.
- Marx, D. M., & Roman, J. S. (2002). Female role models: Protecting women's math test performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 28(9), 1183-1193. doi:10.1177/01461672022812004
- Muijs, R. D. (1997). Predictors of academic achievement and academic self-concept: A longitudinal perspective. *British Journal of Educational Psychology*, 67(3), 263-277. doi:10.1111/j.2044-8279.1997.tb01243.x
- Park, Y. (2011). How motivational constructs interact to predict elementary students' reading performance: Examples from attitudes and self-concept in reading. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 347-358. doi:10.1016/j.lindif.2011.02.009
- Rhodes, J., Roffman, J., Reddy, R., & Fredriksen, K. (2004). Changes in self-esteem during the middle school years: A latent growth curve study of individual and contextual influences. *Journal of School Psychology*, 42(3), 243-261. doi: 10.1016/j.jsp.2004.04.001
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2001). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407-441. doi:10.3102/00346543046003407
- Steele, C. M., & Aronson, J. (1995). Stereotype threat and the intellectual test performance of african Americans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(5), 797-811. doi:10.1037//0022-3514.69.5.797
- Stoel, R. D., Peetsma, T. T. D., & Roeleveld, J. (2001). Relations between the development of school investment, self-confidence, and language achievement in elementary education: A multivariate latent growth curve approach. *Learning and Individual Differences*, 13(4), 313-333. doi:10.1016/S1041-6080(03)00017-7
- Tucker, L. R., & Lewis, C. (1973). A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, 38(1), 1-10. doi:10.1007/BF02291170
- Van Damme, J., Opdenakker, M.-C., De Fraine, B., & Mertens, W. (2004). Academic self-concept and academic achievement: Cause and effect. In H. W. Marsh, J. Baumert, G. E. Richards, & U. Trautwein (Eds.), *CD-Rom of the third international biennial SELF research conference in Berlin (Germany)*. Sydney, Australia: University of Western Sydney.
- Van de gaer, E., De Fraine, B., Pustjens, H., Van Damme, J., De Munter, A., & Onghena, P. (2009). School effects on the development of motivation toward learning tasks and the development of

- academic self-concept in secondary education: A multivariate latent growth curve approach. *School Effectiveness and School Improvement*, 20(2), 235-253. doi:10.1080/09243450902883920
- Walberg, H. J., & Tsai, S.-L. (1983). Matthew effects in education. *American Educational Research Journal*, 20(3), 359-373. doi:10.2307/1162605
- Watt, H. M. G. (2004). Development of adolescents' self-perceptions, values, and task perceptions according to gender and domain in 7th- through 11th-grade Australian students. *Child Development*, 75(5), 1556-1574. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00757.x
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81. doi:10.1006/ceps.1999.1015
- Wigfield, A., Eccles, J. S., Mac Iver, D., Reuman, D. A., & Midgley, C. (1991). Transitions during early adolescence: Changes in children's domain-specific self-perceptions and general self-esteem across the transition to junior high school. *Developmental Psychology*, 27(4), 552-565. doi:10.1037/0012-1649.27.4.552
- Willis, S. (1989). *'Real girls don't do maths': Gender and the construction of privilege*. Geelong, Australia: Deakin University Press.
- Young, J. F., & Mroczek, D. K. (2003). Predicting intraindividual self-concept trajectories during adolescence. *Journal of Adolescence*, 26(5), 586-600. doi:10.1016/S0140-1971(03)00058-7
- Zanobini, M., & Usai, C. (2002). Domain-specific self-concept and achievement motivation in the transition from primary to low middle school. *Educational Psychology*, 22(2), 203-217. doi:10.1080/01443410120115265
- Zhang, L., & Manon, J. (2000, April). *Gender and achievement-understanding gender differences and similarities in mathematics assessment*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

Journal of Research in Education Sciences

2013, 58(2), 57-90

doi:10.3966/2073753X2013065802003

Longitudinal Study of Gifted Students' Science Self-Concept and Science Achievement

Ya-Ling Hou

Department of Special Education,
National Pingtung University of Education

Abstract

This study investigated the development of the science self-concept and science achievement of 381 gifted adolescent students in 16 junior high schools in Kaohsiung who were enrolled in classes ranging from Grade eight, first semester, to Grade nine, second semester, through repeated assessments. Structural equation modeling with latent growth curve models and a cross-lagged panel model were used to analyze the four waves of gifted students' data. The results of this study showed that the gifted students experience an increase in science achievement during the junior high school period. Furthermore, students were shown to have a declining science self-concept in middle years, followed by an increase that began in and continued beyond Grade nine, second semester.

A positive relationship was found between the students' science self-concept and their science achievement. The multivariate multilevel growth curve model suggested that the development of the science self-concept was not related to the development of science achievement. A cross-lagged panel correlation analysis showed that the science self-concept to predict the subsequent science achievement was statistically significant. No significant difference was found between genders in science achievement; however, the gifted girls' score on the science self-concept was lower than the boys'. Finally, conclusions and suggestions for the practical application of and future research on the science self-concept and science achievement are proposed.

Corresponding Author: Ya-Ling Hou, E-mail: yalingho@mail.npue.edu.tw

Manuscript received: Jun. 6, 2012; Revised: Jan. 8, 2013, Feb. 28, 2013; Accepted: Mar. 14, 2013.

Keywords: cross-lagged panel model, multivariate latent growth curve model, science achievement, science self-concept, gifted students